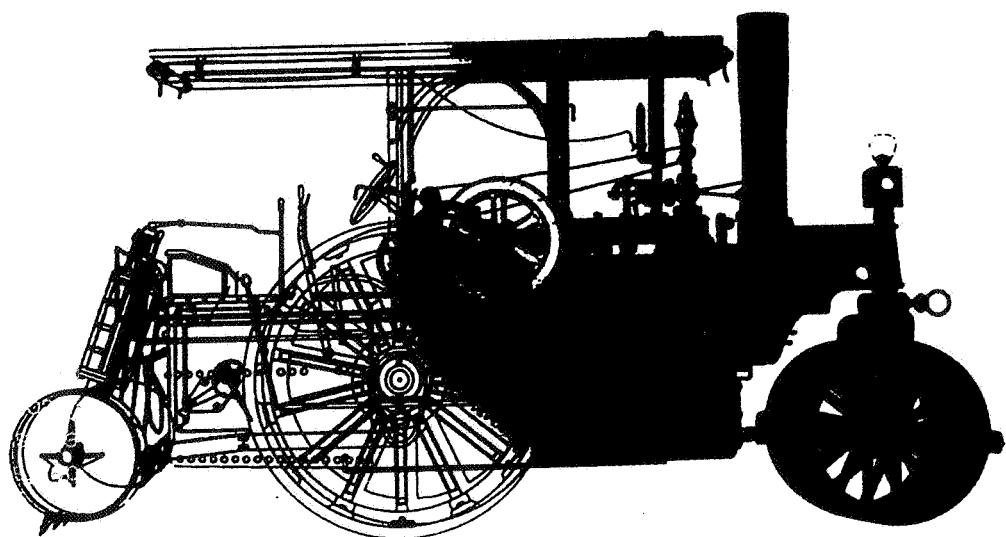


EMILIO CHIRONE
STEFANO TORNINCASA

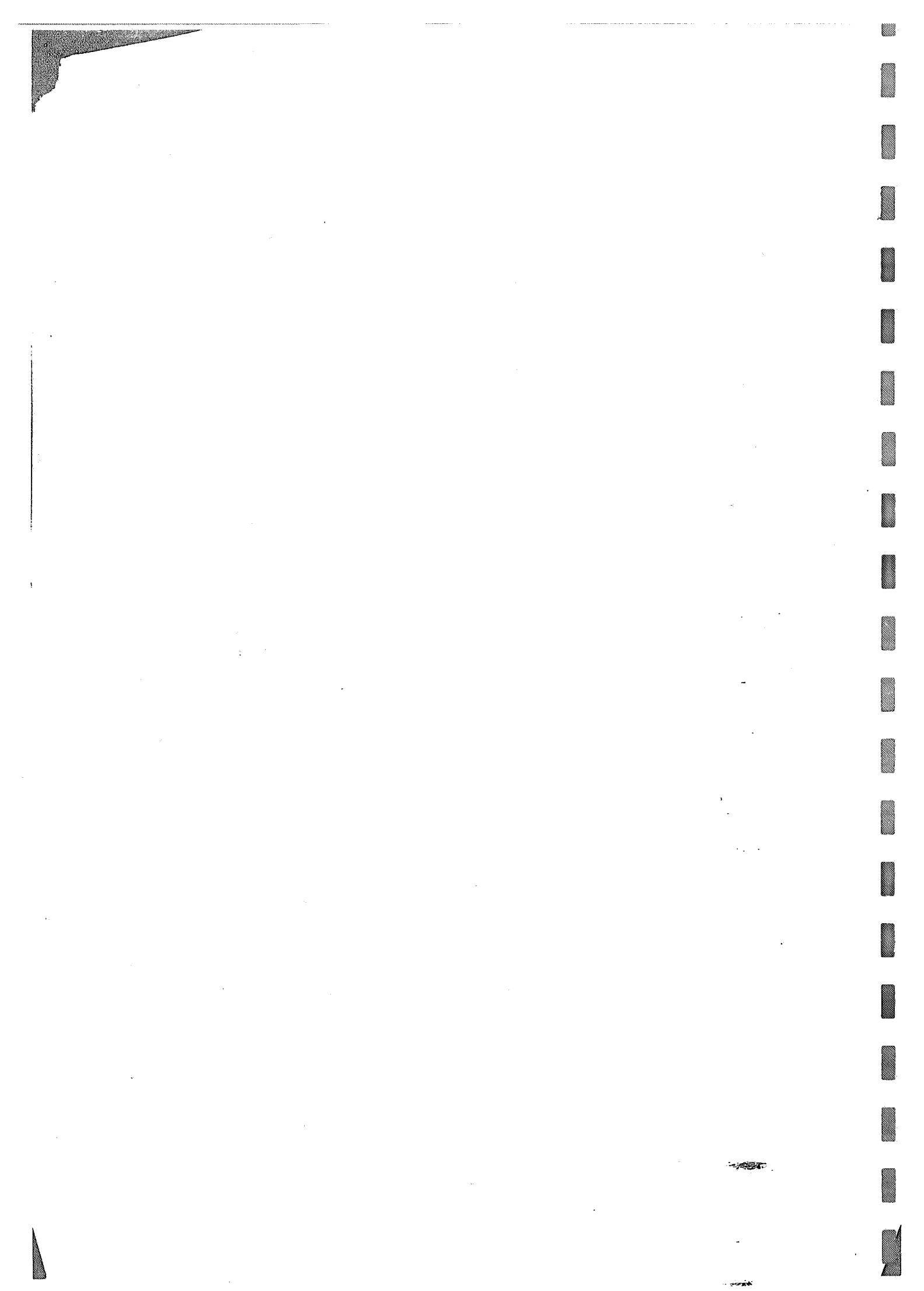
disegno tecnico industriale

1



EDIZIONI

il capitello



La pubblicazione di un nuovo testo di Disegno Tecnico, visto che già ne esistono molti e di buon livello, si giustifica per due considerazioni. La prima, che il disegno, per molti anni disciplina tranquilla e sonnacchiosa, fra le consolidate regole della geometria descrittiva e la sicurezza della normativa tecnica in lentissima evoluzione, è stato investito da una bufera informatica che ha cambiato il modo non solo di eseguire, ma anche di pensare la raffigurazione degli oggetti della tecnica, per cui è opportuno raccogliere e mettere in chiaro quel che oggi rimane (ed è molto) di una tradizione che ha sempre costituito un elemento fondamentale nella progettazione e nella produzione industriale.

La seconda nasce dalla concreta esigenza di disporre di uno strumento didattico di supporto ai corsi che nelle Facoltà di Ingegneria intendono fornire, sia a livello di Laurea, sia soprattutto di Diploma, la necessaria conoscenza delle tecniche di rappresentazione, del linguaggio grafico e delle sue convenzioni e dei problemi legati alla documentazione tecnica nel processo industriale.

Che cosa è dunque e che cosa non è questo testo? Non è un manuale tecnico (come detto all'inizio ne esistono di ottimi) né una raccolta di tabelle e prescrizioni, né tanto meno un'enciclopedia di tutti i possibili tipi di disegno tecnico. Vuole essere una guida all'uso corretto del disegno, nella sua insostituibile funzione di strumento per l'organizzazione e la stesura della documentazione necessaria a rendere fattibile un progetto, a costruire concretamente un oggetto, sia questo un particolare di macchina od una struttura più complessa.

È stato quindi dato spazio alle regole di rappresentazione secondo le norme nazionali ed internazionali, accompagnate dalle osservazioni dettate dall'esperienza degli autori.

Si è ritenuto indispensabile affiancare la trattazione, quasi in ogni capitolo, con esercizi appropriati (ed i colleghi sanno come ciò sia necessario, ma anche difficoltoso) e procedere anche ad una trattazione, ampia e completa nei limiti di un corso introduttivo, del disegno computerizzato: la scelta a questo proposito del riferimento ad Autocad è motivata dalla diffusione di tale programma e della relativa facilità con cui ne possono disporre gli studenti. Un capitolo specifico è stato dedicato agli sviluppi che i programmi più recenti offrono per la rappresentazione spaziale degli oggetti ed alle conseguenze che ciò comporta anche nel disegno meccanico.

Nel testo sono state inserite anche parti che le esigenze di tempo non consentono di sviluppare nei corsi, ma che rispondono a richieste specifiche che possono presentarsi nell'esecuzione di un disegno. In particolare nei capitoli che richiedono ampio spazio per argomenti di tipo geometrico si è cercato contemporaneamente un approccio semplificato che consentisse di eseguire immediatamente delle rappresentazioni corrette anche senza approfondimenti teorici: ciò ha portato in qualche caso a delle ripetizioni e forse anche a delle omissioni.

Progetto grafico e copertina:
MARIO TENNA

Coordinamento grafico editoriale:
DANIELA TENNA MILLESIMO

Videimpaginazione:
SIMONETTA VARETTO
della

grafica
design... TORINO

Videocomposizione:
TIZIANA FASSONE
MARIANGELA TANCREDI

Elaborazioni grafiche al computer:

STEFANO FORESTO
ROBERTA FREZZATO
STEFANO LABATE
ANGELO MILLESIMO
RICCARDO PESSANA
ANDREA TENNA
SIMONETTA VARETTO

Disegni in copertina:

C.WYKES e gli studenti del Politecnico di Torino
e dell'Università di Brescia.

Realizzazione:
UFFICIO TECNICO il capitello

Impianti fotostatici:
LITHONOVAT TORINO

Incisione lastre:
FOTOINCISA EFFEGI - SAVIGLIANO (CN)

Stampa:
LA GRAFICA - BOVES (CN)

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

L'Editore, nell'ambito delle leggi internazionali sul copyright,
è a disposizione degli avenuti diritti non potuti rintracciare.

I diritti di traduzione, di riproduzione e di adattamento, totale
o parziale, con qualsiasi mezzo, compresi microfilm e copie
fotostatiche, sono riservati per tutti i Paesi.

Si ritengono contratteggiate le copie non firmate
o non munite del contrassegno della S.I.A.E.

1^a edizione: ottobre 1996

Ristampa:
4 3 2 2000 1999 1998

© Edizioni il capitello
Via Sacra di San Michele, 27
10139 Torino

*I dati normativi presenti nel testo sono necessariamente parziali ed incompleti,
elaborati per esigenze didattiche e non professionali.*

*Citazioni e riferimenti precisi possono essere fatti solo disponendo delle pubblica-
zioni ufficiali edite dall'UNI, Ente Italiano di Unificazione, disponibili presso la
sede centrale dell'ente, via Battistotti Sassi 11 b, 20133 Milano, Tel. 02-70024200
o presso gli uffici periferici*

*Un ringraziamento a Giorgio Cornetti e Giuseppe Colosi senza il cui incoraggia-
mento non sarebbe stata realizzata quest'opera.*

Data l'importanza che l'argomento riveste, anche ai fini della qualità di prodotto, un particolare rilievo è stato dato al disegno funzionale e di conseguenza alle tolleranze geometriche che si avviano a diventare elemento essenziale del disegno per la produzione anziché una aggiunta opzionale come spesso sino ad ora è accaduto.

Rimanendo sul filone dei temi legati al discorso sulla qualità del processo di produzione industriale non è stato trascurato, almeno a livello introduttivo, l'accenno alle problematiche sul disegno come documento integrante di tale processo.

Sono stati inseriti anche capitoli che devono tenere conto del riferimento a materie affini, che non in tutti i piani di studi sono presenti: senza invadere altri settori è necessario quindi sviluppare argomenti senza i quali alcune regole e procedure di disegno restano immotivate (esempio tipico quello delle lavorazioni meccaniche o degli strumenti di misura).

Il disegno di oggetti concretamente realizzabili e non di pure astrazioni geometriche deve prevedere l'uso di quegli elementi normalizzati che si ritrovano simili in ogni costruzione (collegamenti, ingranaggi, ecc.) e di cui devono essere conosciuti, accanto alle norme di rappresentazione semplificata, i tipi principali e le modalità di impiego, ed a ciò sono dedicati i capitoli dal 14 al 17.

Va sottolineato che non essendo questo volume un manuale professionale per progettisti, ma una guida didattica nella formazione dei tecnici a livello superiore, sono state anche qui operate delle scelte che, come tutte le scelte, comportano delle limitazioni e delle rinunce. Gli autori si augurano che tali scelte siano comprese e condivise da chi utilizzerà il testo, così come si augurano di ricevere critiche e suggerimenti tesi a rendere più utile quest'opera.

Infatti per quanto siano stati grandi l'impegno e la fatica (e lo sono stati!) impiegati nell'elaborazione dei testi e delle illustrazioni, nel reperimento della documentazione, nella preparazione degli esercizi, è inevitabile la presenza di errori, di confusioni e di omissioni e non è quindi di maniera il ringraziamento che viene anticipatamente inviato a chi vorrà segnalarli.

In tema di ringraziamenti alcuni sono doverosi già ora: a chi ha curato la grafica che rende il testo particolarmente valido sotto quest'aspetto, a chi ha fornito consigli ed incoraggiamenti agli autori. Vanno menzionati in primo luogo i colleghi del Politecnico di Torino e delle Università di Brescia e Catania, e tutti i docenti universitari di Disegno Tecnico che da anni, singolarmente ed attraverso l'Associazione Disegno di Macchine, operano per l'adeguamento della materia all'evoluzione dei tempi e degli studi. Né possono essere dimenticati i colleghi degli Istituti Tecnici e Professionali, con cui da anni si sviluppa il discorso iniziato insieme nelle prime esperienze di insegnamento. Infine, e non ultimo, un ringraziamento va agli studenti che in tanti anni hanno sempre risposto con attenzione e apprezzamento ad un'attività che in loro ha trovato la sua principale motivazione.

GLI AUTORI

EMILIO CHIRONE

Professore ordinario di Disegno Tecnico Industriale presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia.

STEFANO TORNINCASA

Professore associato di Disegno di Impianti e Sistemi Industriali presso la Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino.

il disegno, fondamento della progettazione e della comunicazione

1

DISEGNO E PERCEZIONE

Il disegno è un mezzo di comunicazione basato sull'uso di segni (linee, curve, punti) tracciati su di una superficie, che devono essere visti ed interpretati: è quindi un'espressione grafica interpretata mediante percezione visiva.

L'uomo infatti conosce la realtà circostante essenzialmente mediante la vista. L'occhio viene spesso paragonato ad una macchina fotografica: i raggi luminosi che consentono di vedere gli oggetti determinano sulla retina un'immagine rovesciata e rimpicciolita dello spazio (fig. 1). L'immagine è costituita da un insieme di elementi, ciascuno con una sua posizione, colore, intensità, e viene ricostruita dal cervello nella sua realtà spaziale. Infatti le informazioni rappresentanti l'immagine vengono trasferite dalla retina al cervello dove avviene l'interpretazione secondo associazioni basate sull'esperienza, sulla conoscenza e sulla creatività di ogni individuo.

Pertanto la percezione è da intendersi come risultante di una ricerca conoscitiva condotta dal cervello che elabora secondo le sue esigenze, le informazioni fornite dai sensi. L'aspetto di un oggetto non è mai rivelato esclusivamente dalla sola immagine che giunge all'occhio. In figura 2, ad esempio, è facile riconoscere una stanza con pareti e pavimento rettangolari, ma ci si basa sull'esperienza, su informazioni presenti nella memoria, perché in realtà nel disegno compaiono trapezi e rombi.

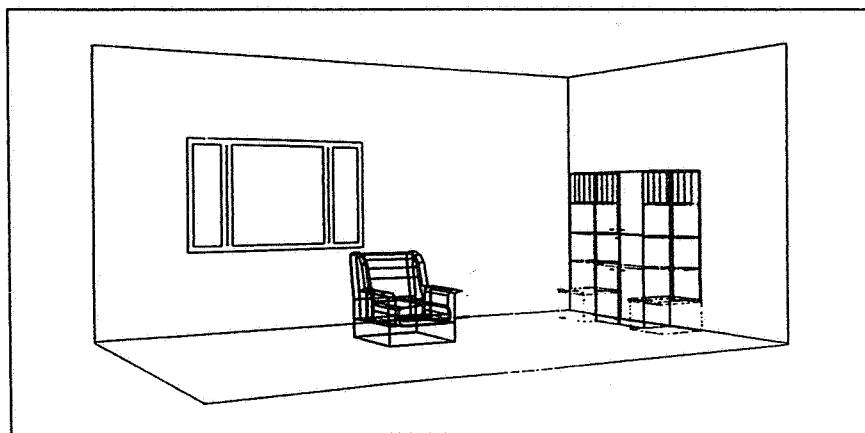
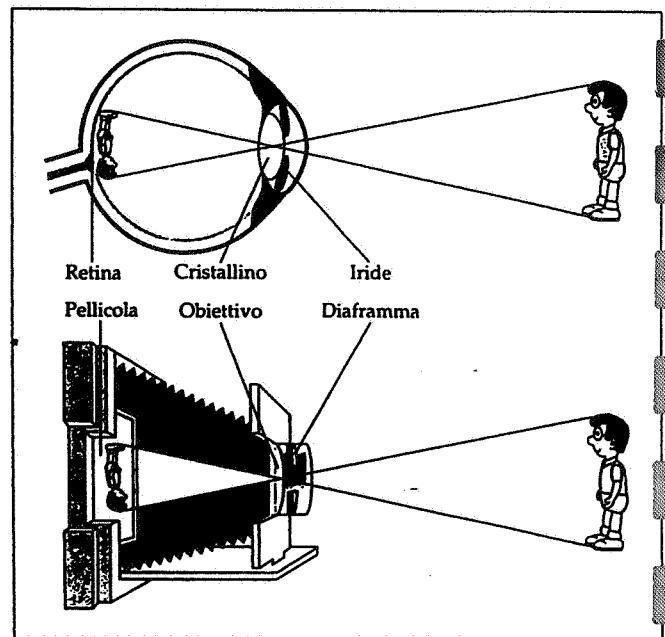


Fig. 2. Le linee, che formano figure geometriche piane sul foglio, vengono interpretate dal cervello che ricostruisce un'immagine spaziale.

LA PERCEZIONE VISIVA

L'immagine che appare sul monitor di un computer è composta da un mosaico di punti luminosi colorati, chiamati **pixel** (abbreviazione di *Picture Element*, elemento di immagine), a ciascuno dei quali è possibile associare un determinato numero di **bit** (abbreviazione di *BInary digit*, cioè *numero binario*, unità minima di informazione che un computer può manipolare) in una zona della memoria del computer, ottenendo alla fine sul monitor l'immagine rappresentata in forma digitale o a **bitmap** (*mappa dei bit*): queste immagini costituiscono un'analogia digitale del modo in cui vediamo gli oggetti.

Tutte le immagini, percepite dall'occhio umano, da una macchina fotografica o da un computer, sono di tipo **bitmap**, costituite da una mappa di informazioni elementari dell'immagine reale.

Anche forme relativamente semplici (cilindri, coni, sfere, ecc.) hanno nella realtà delle strutture formali complesse (colori, materiali, ecc.), decodificate solo considerando interrelazioni e complementarietà tra le parti che le costituiscono.

L'uomo quindi ha bisogno di interpretare queste informazioni, in modo da creare forme che possano essere facilmente comprensibili, e inviare, in tal modo al cervello delle informazioni meno equivoci possibili. In questo modo si ottiene la **percezione della realtà**, trasformando l'immagine bitmap in isolati e distinti oggetti; tutto questo viene ottenuto nel cer-

vello attraverso un processo dinamico di riconoscimento, selezione e localizzazione spaziale degli oggetti. La rappresentazione così ottenuta, passando da un insieme di punti a linee, forme, superfici (le cosiddette *primitive grafiche*) viene definita di tipo **vettoriale**. Ne segue che la morfologia completa degli oggetti è presente unicamente nella formazione della percezione e la vera forma di un oggetto trova la sua prima definizione nelle sue esenziali *configurazioni spaziali*.

Appare chiaro il rapporto stretto, la corrispondenza biunivoca che esiste tra il disegno e la percezione visiva, in quanto nel processo di visione interviene un processo soggettivo di percezione della realtà esterna secondo un fenomeno complesso con componenti biologiche e psicologiche: *chi deve riprodurre le immagini reali deve tenere conto di questi elementi*.

Poiché il cervello trasforma un'immagine bitmap in un'immagine vettoriale, la realtà può essere rappresentata direttamente attraverso primitive grafiche, di significato predeterminato ed univoco. La corretta interpretazione del concetto di disegno è quindi quella di *veicolo segnico*, cioè quella di un mezzo adatto alla comunicazione ed all'informazione il cui apprendimento è chiaramente di carattere visuale. A questo livello il disegno è divenuto *linguaggio grafico*, che si pone dei problemi di comunicazione a livello visivo mediante simboli.



Un'immagine bitmap a 256 toni di grigio (8 bit).

Basandosi sul processo di interpretazione, che il cervello compie operando su quanto viene rilevato visivamente, è possibile rappresentare la



Fig. 3. Sfruttando la capacità del cervello di ricostruire il significato di un messaggio visivo interpretando le linee tracciate nel disegno, è possibile trasmettere un'informazione partendo da un disegno semplificato o simbolico. Entrambi i disegni sono riconosciuti dal cervello come figure femminili.

realità anche attraverso simboli e segni convenzionali ai quali si attribuiscono significati prestabiliti e precisi (fig. 3). Il discorso sui rapporti fra il disegno, gli aspetti fisiologici della percezione e quelli psicologici sulle conoscenze che ne derivano ci porterebbe assai lontano: in questa sede ci si occuperà del disegno inteso come strumento operativo, in grado di fornire informazioni oggettive e quantificate. Il disegno è un mezzo di comunicazione istintivo ed immediato e precede l'invenzione della scrittura, altro fondamentale mezzo di comunicazione. La scrittura è in realtà anch'essa una forma di disegno via via semplificatosi fino a raggiungere le funzioni di simbolo, passando cioè dalla rappresentazione di un oggetto a quella del suono originariamente collegato a quell'oggetto (fig. 4).

Il linguaggio e la parola scritta, quasi insostituibili quando si vogliono trasmettere sensazioni o stati d'animo, sono meno efficienti del disegno per fornire rapidamente dati su forma, dimensioni e caratteristiche costruttive di un oggetto. Ciò perché le informa-

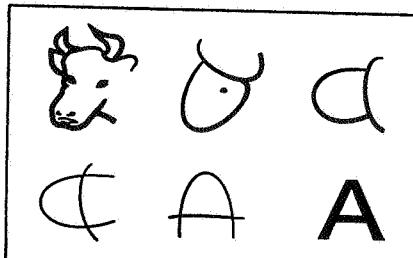


Fig. 4. Il disegno che rappresenta una testa di bue (alef nelle lingue semitiche) associato al suono a, attraverso successive semplificazioni diviene la lettera A.

zioni presenti nel disegno sono percepibili nel loro insieme e possono essere "lette" stabilendone l'ordine e l'importanza secondo diverse esigenze, mentre nella forma scritta le varie informazioni sono disposte una di seguito all'altra e bisogna procedere in sequenza dalle prime alle successive per capirne il significato: per mezzo del disegno è quindi possibile avere immediatamente sia la visione sintetica di molti dati integrati fra di loro sia l'informazione specifica su determinate particolarità.

DISEGNO "TECNICO"

Quando si pensa al "progetto", di una macchina o di un manufatto, immediatamente si pensa anche al "disegno", cioè ad una rappresentazione dell'oggetto, da diversi punti di vista o scomposta in parti, per renderne più facile la costruzione. Ciò sembra oggi del tutto normale, addirittura ovvio, ma in realtà per scoprire le origini di questa associazione di idee non si risale molto indietro nel tempo: infatti il disegno tecnico come è oggi comunemente inteso nasce in pratica solo alla fine del XVIII secolo, con la rivoluzione industriale, e non si trovano per i tempi più antichi documenti che si possano definire disegni tecnici costruttivi.

È opportuno però chiarire innanzi tutto alcuni termini.

Se infatti si definisce *disegno* la rappresentazione su un piano bidimensionale, per mezzo di linee e segni, di un oggetto, reale od immaginario, allora ogni forma di raffigurazione è un disegno.

Se si definisce *disegno tecnico* una rappresentazione dell'oggetto finalizzata ad utilizzazioni pratiche, alla trasmissione di informazioni, si riesce a restringere il campo di interesse, escludendo quei disegni che si prefiggono di rappresentare gli oggetti per comu-



Fig. 6. Testa e gambe di profilo, occhio e torso di fronte: la tipica rappresentazione degli antichi Egizi trasmette con un'unica immagine il massimo di informazione ed il disegno, pur con aspetti realistici, è convenzionale, basato su un particolare codice di raffigurazione ed interpretazione.

nicare emozioni e sensazioni, od anche a scopo solo ornamentale, cioè quanto può essere definito *disegno artistico* (fig. 5).

Il modo di rappresentare un oggetto per trasmettere informazioni dipende



Fig. 5. Nel disegno artistico c'è una visione soggettiva del mondo reale e quindi la rappresentazione non può essere usata per scopi tecnici (Van Gogh Vincent, la sedia del pittore ad Arles).

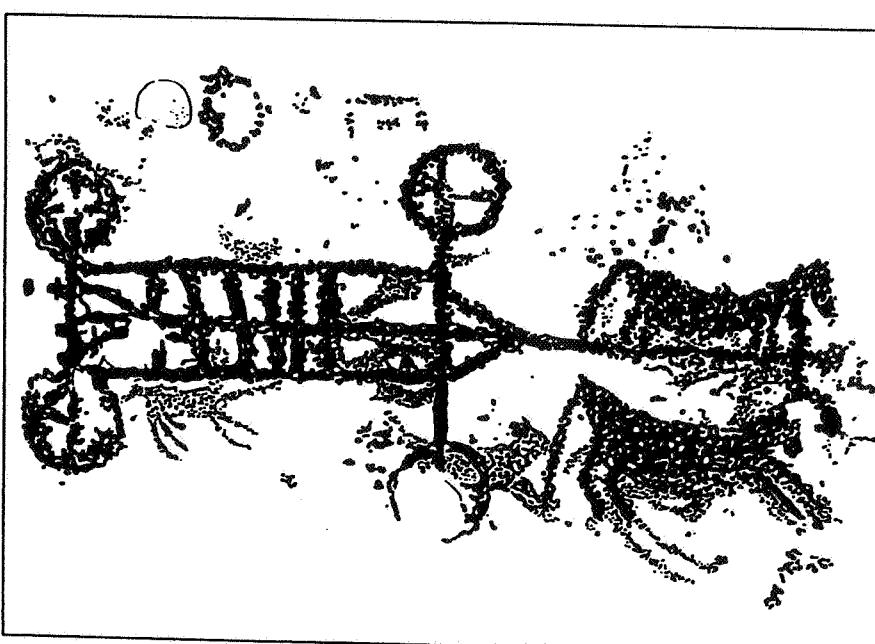


Fig. 7. Nel noto graffito della Val Camonica la tecnica di rappresentazione, pur se primitiva, consente un'informazione completa (Capo di Ponte, Brescia, VII sec. a. C.).

dall'ambiente culturale in cui si opera, per cui chi raffigura in un certo modo un oggetto sa che chi guarda è in grado di comprendere la figura in tutti i suoi significati. È noto ad esempio che nell'antico Egitto la rappresentazione era condotta in modo da presentare nello stesso disegno parti di profilo e di fronte (fig. 6): questi elementi definivano una persona od una divinità nei suoi aspetti più significativi e non suscitavano in chi li vedeva la stessa sensazione di rappresentazione scorretta che può provare in noi. Un procedimento analogo era utilizzato anche per rappresentare completamente una costruzione. Questa tecnica di rappresentazione globale, in cui appaiono contemporaneamente e collegate fra loro parti dell'oggetto viste da diversi punti, si ritrova in altri disegni antichi, come in figura 7, e attraverso il Medioevo, si presenta ancora nei disegni di bambini, ma anche, a riprova della sua efficacia anche se non corrisponde ai metodi di rappresentazione oggi codificati, in alcune occasioni, come ad esempio in illustrazioni di guide turistiche, per riassumere in un'unica immagine molte informazioni visive su di un edificio od una piazza.

La rappresentazione di un oggetto viene infatti scelta in funzione degli utilizzatori e degli obiettivi che si vogliono raggiungere: ad esempio in un disegno utilizzato per scopi pubblicitari o per cataloghi, si cerca di dare all'osservatore il senso di tridimensio-

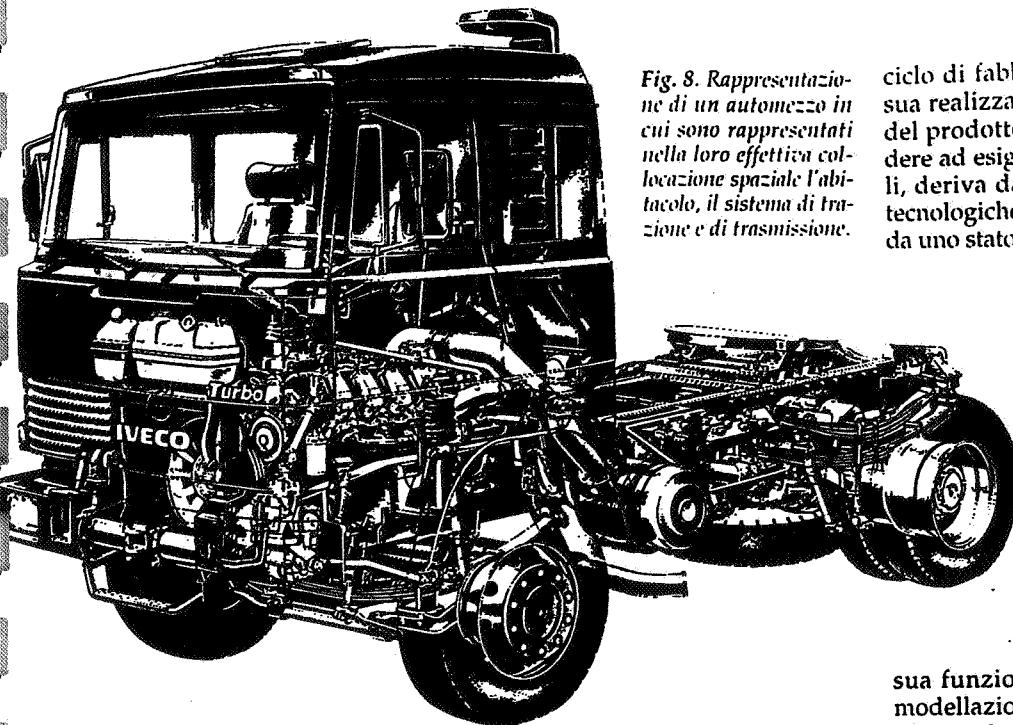


Fig. 8. Rappresentazione di un automezzo in cui sono rappresentati nella loro effettiva collocazione spaziale l'abitacolo, il sistema di trazione e di trasmissione.

alità spaziale, come in figura 8 rimanendo nel campo dell'informazione tecnica.

Disegni di questo tipo risultano di facile comprensione, ma di difficile uti-

lizzo per la fabbricazione. Infatti ogni prodotto industriale, prima di esistere materialmente, deve essere individuato mediante un'idea, un modello mentale, ma deve anche essere elaborato il



Fig. 9. L'artista ha la capacità di filtrare la realtà attraverso la sua sensibilità: le immagini di un quadro o di una scultura suscitano emozioni e sensazioni non univoche, diverse da persona a persona. Il progettista utilizza il disegno per modellare le forme e comunicare le specifiche tecniche e funzionali in modo univoco e completo; il disegno è il risultato di calcoli, dimensionamenti, ottimizzazione di forme che derivano da complessi studi e calcoli; in definitiva l'elevato patrimonio conoscitivo del progettista viene estrinsecato attraverso il disegno.

Fig. 10. Nella scala dei modelli di comunicazione, si passa da livelli di comunicazione di tipo informale, per passare gradualmente fino ai livelli di comunicazione formalizzati (come il disegno tecnico) con l'utilizzo di mezzi di espressione che permettono una interpretazione univoca e completa.



ciclo di fabbricazione che porta alla sua realizzazione concreta. La forma del prodotto finale, oltre che rispondere ad esigenze tecniche e funzionali, deriva dalle differenti operazioni tecnologiche che deve subire partendo da uno stato "grezzo".

Il disegno è quindi il modo di realizzare un modello di supporto per una riflessione conoscitiva, e, di conseguenza, è fondamento dell'azione del progettare. Sotto questo aspetto, il disegno di progetto è un elaborato grafico che, nella sua fase esecutiva, serve a definire e vagliare le ipotesi costruttive e di utilizzo del prodotto.

Una volta esaurita la sua funzione primaria nella fase di modellazione del prodotto, il disegno viene poi usato per fornire le istruzioni necessarie per la costruzione, costituendo uno strumento insostituibile per integrare le diverse fasi del processo produttivo.

La rappresentazione grafica svolge dunque contemporaneamente il duplice ruolo di *modello del prodotto* e di *mezzo di comunicazione* (fig. 9 e 10).

Come mezzo di comunicazione, il disegno dovrà consentire al destinatario di formarsi un'immagine, mentale, dell'oggetto, completa di tutti gli attributi e le qualità che gli sono proprie. Questo processo può avvenire soltanto sulla base di un *codice*, attraverso il quale la forma e gli attributi possono essere interpretati in modo univoco e completo.

Per tale motivo, l'impostazione di un elaborato grafico richiede la necessità di stabilire una "grammatica", che stabilisca le regole di rappresentazione, ed una "sintassi", con la funzione

Fig. 11. La rappresentazione della filettatura di una vite si evolve da una figura realistica ad una convenzionale, ormai comprensibile solo per chi ne conosca le regole.

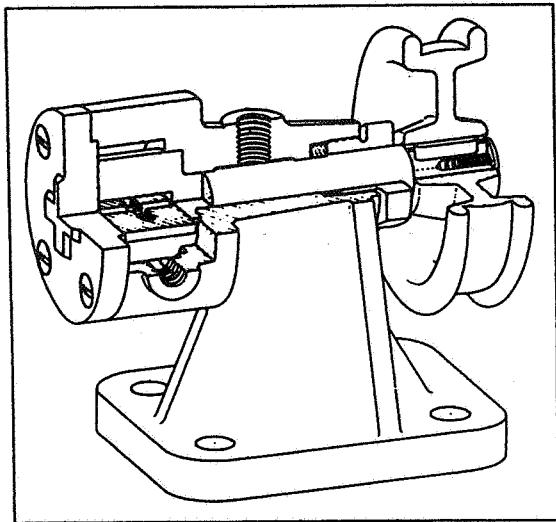
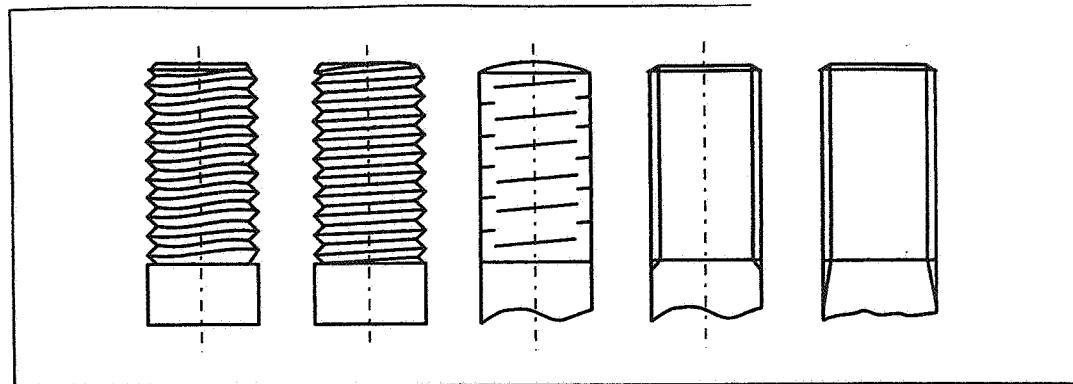


Fig. 12. Una migliore comprensione della forma complessiva e del funzionamento di una macchina si ottiene con illustrazioni di tipo figurativo.

di integrare i processi di modellazione del prodotto con quelli di fabbricazione.

La necessità di una codificazione specifica, indirizzata in senso tecnico, aumenta la potenza espressiva del linguaggio ma ne riduce l'aspetto di universalità (fig. 11). Di conseguenza l'area di comprensione del disegno "tecnico" è limitata ai diretti utilizzatori del medesimo, a differenza di quello

che accade per il disegno artistico e figurativo. Infatti, esaminando una pubblicazione di divulgazione tecnica, si può osservare che assai spesso la descrizione dei meccanismi non è condotta secondo le norme della rappresentazione normalizzata in uso per il disegno meccanico, ma è affidata a disegni prospettici ed elaborazioni di tipo figurativo (fig. 12). Sarebbe giusto quindi affermare che un disegno è definibile "tecnico" solo in base alla natura del codice impiegato per elaborare le configurazioni e non per l'oggetto raffigurato.

La definizione di disegno tecnico come disegno a fi-

ni utilitaristici, data in precedenza, non riesce a delimitarne con precisione i confini. Dire che il disegno tecnico rappresenta l'oggetto, esistente od ipotizzato, al fine di studiarlo o riprodurlo, farebbe appartenere a questa categoria ogni disegno illustrativo, non solo di oggetti creati dall'uomo, ma anche di realtà naturali, quindi una tavola anatomica, una sezione MR (Risonanza Magnetica) (fig. 13),

una carta geografica. D'altra parte sempre con sistemi di linee sul piano, diagrammi e grafici di vario tipo (fig. 14), si rappresentano fenomeni strettamente tecnici, o si usano rappresentazioni grafiche schematiche per studiare il funzionamento di elementi di macchina: tali rappresentazioni sono a pieno diritto "disegni tecnici".

Si può introdurre ancora una delimitazione, parlando di "disegno per la produzione industriale", ed in parte si ricade nell'obiezione precedente, o di "disegno meccanico", destinato a fornire le informazioni necessarie per costruire un oggetto mediante gli opportuni utensili e macchine, riproducendo con un materiale indicato quanto nel disegno è rappresentato in forma e dimensioni.

Naturalmente, come si vedrà più avanti, disegni impiegati nel campo delle costruzioni (fig. 15) o degli im-

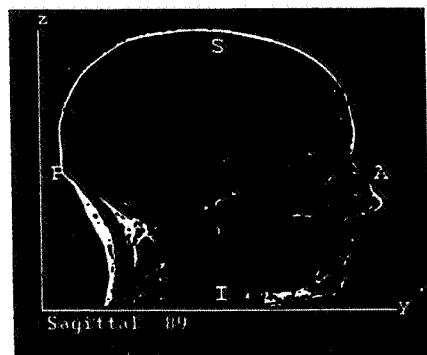


Fig. 13. Una rappresentazione del cranio ottenuta con un'apparecchiatura a Risonanza Magnetica.

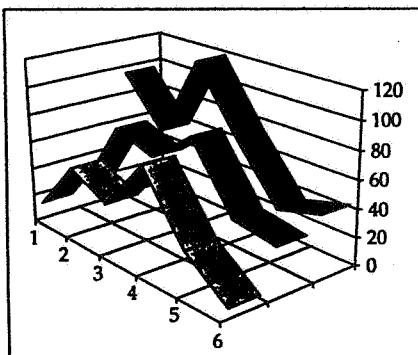


Fig. 14. Un grafico con elementi tridimensionali a nastro: può essere definito "disegno tecnico"?

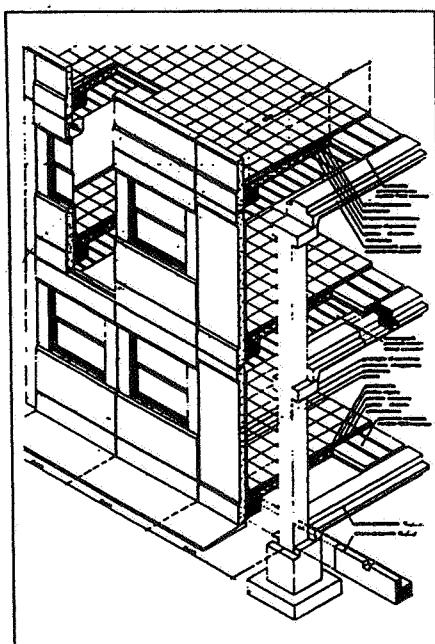


Fig. 15. Il disegno di strutture civili segue un particolare codice di rappresentazione, pur rientrando nei metodi generali del disegno tecnico.

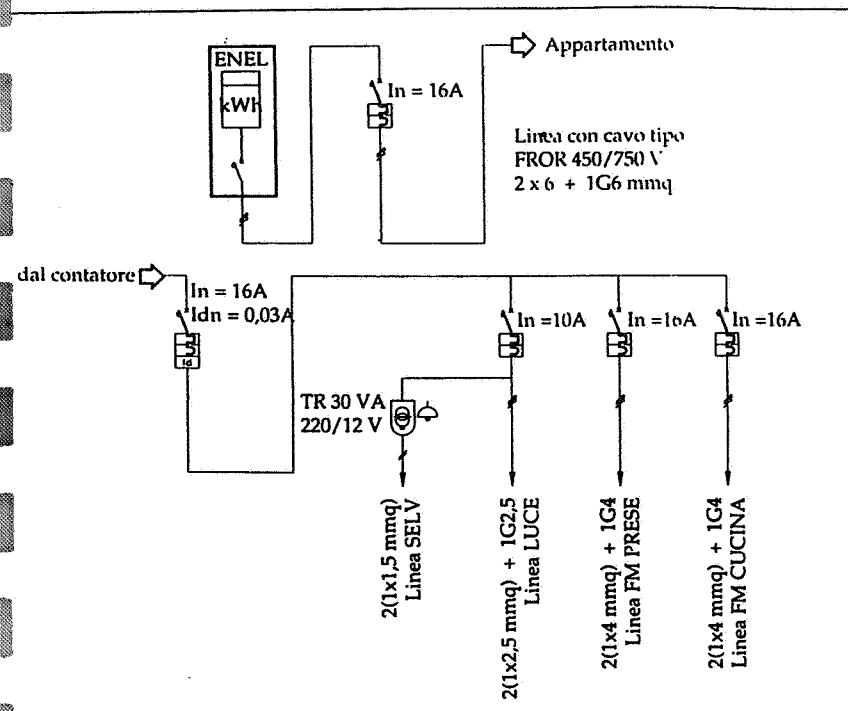


Fig. 16. Il disegno di impianti fa largo uso di schemi e simboli.

piani (fig. 16), pur avendo molti punti di contatto con il disegno meccanico, presentano caratteristiche loro proprie, elaborate per rendere più efficiente la trasmissione di informazioni specifiche.

lora sottintese fra chi disegnava e chi costruiva.

Con lo sviluppo della produzione industriale dovuta alle nuove fonti di energia si può ritenere che abbia ini-

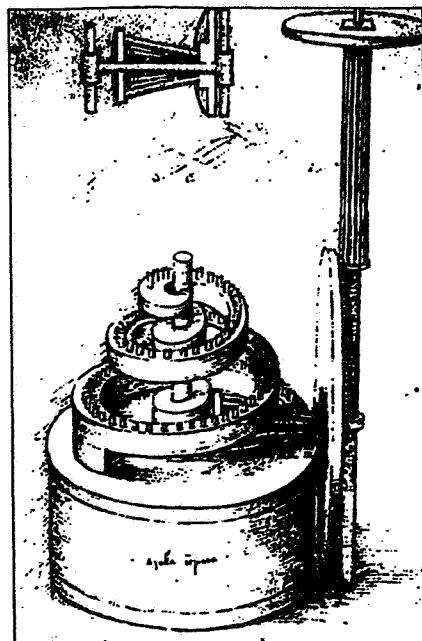


Fig. 17. I disegni di Leonardo, prescindendo dalla effettiva costruibilità degli oggetti, sono un chiaro esempio di applicazione del disegno alla tecnica (Codice Madrid I, 1490 ca.).

zio la tecnica moderna del disegno. Si hanno i primi contratti internazionali aventi per oggetto le costruzioni meccaniche, con trasferimento di disegni costruttivi completi a fabbricanti ap-

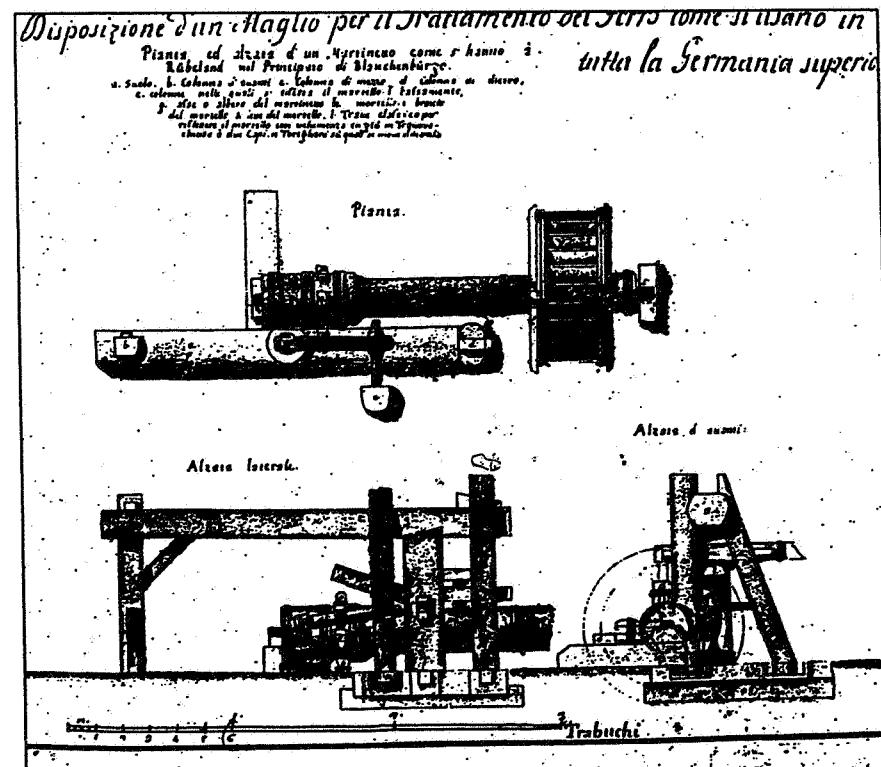


Fig. 18. Alla fine del '700 la definizione di una macchina mediante diverse viste ed il riferimento a scale dimensionali è ormai abituale (B. Nicolis di Robilant, ms. 0391, Accademia delle Scienze, Torino, 1788).

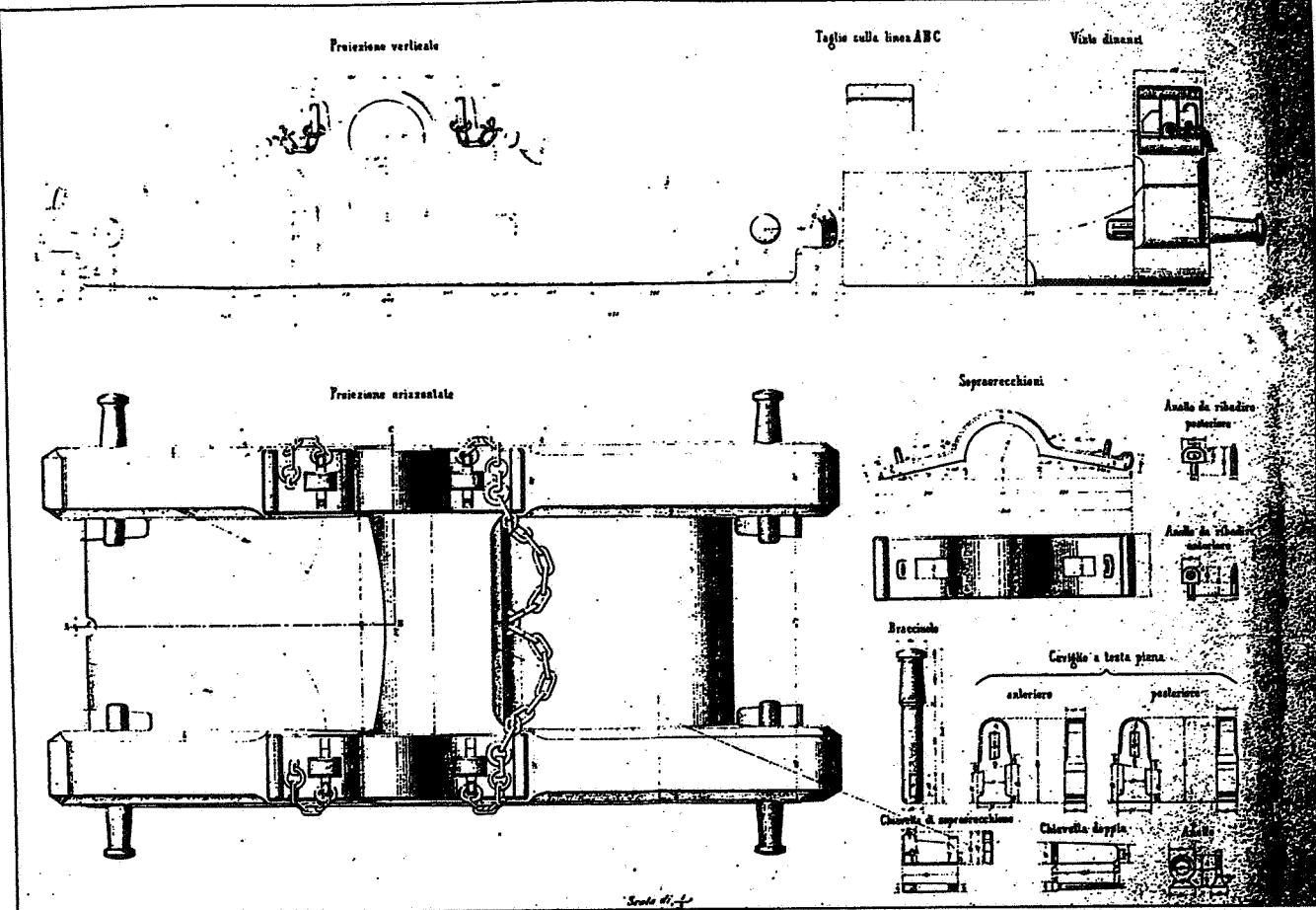


Fig. 19. Alla metà dell'800 anche la quotatura e la nomenclatura delle viste sono ormai vicine a quelle attuali (*Istruzioni sul servizio delle officine*, R. Arsenale di Torino, 1845).

partenenti a paesi differenti da quello dei progettisti. Inizia anche a svilupparsi la consuetudine della ripartizione delle commesse in lotti da realizzare presso officine diverse.

Nascono quindi fin dal primo Ottocento tutti i problemi legati all'indicazione delle dimensioni in modo esplicito, con l'apposizione delle *quote* invece del riferimento ad una scala, alla trasmissione di informazioni su tecniche esecutive senza rischio di frantamenti, e così via.

Le *tolleranze dimensionali* trovano una indicazione precisa ed esplicita solo nel Novecento, anche se da tempo erano considerate, a livello di produzione, attraverso l'impiego generalizzato di calibri, sagome e dime. Le *tolleranze geometriche* verranno impiegate diffusamente solo negli ultimi decenni.

Un disegno attuale, tralasciando per ora l'effetto dell'automazione (che comporta modifiche non solo di linguaggio, ma anche di metodo), è quindi assai differente da un disegno del secolo scorso: oggi l'immagine ha un'importanza minore rispetto alle

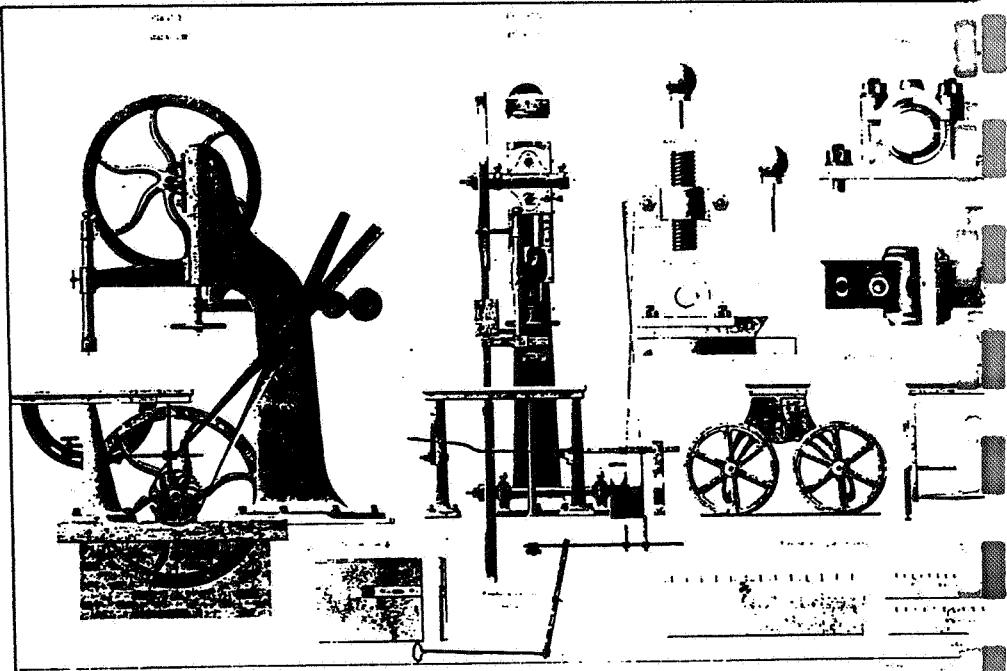


Fig. 20. Nel disegno tecnico ottocentesco, per lo più in un unico esemplare, sono ancora fortemente presenti, pur nella precisione del documento, aspetti pittorici (*Disegni di Macchine*, R. Scuola di applicazione per Ingegneri, Torino, 1878).

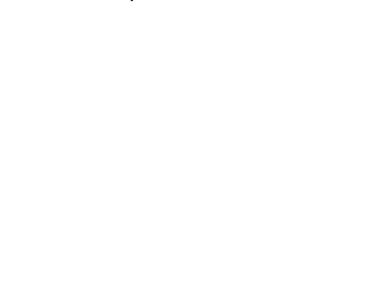
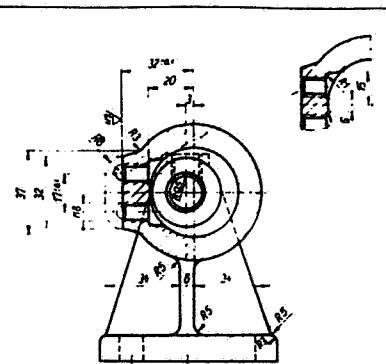


Fig. 21. Disegno di fabbricazione di un particolare (il basamento del gruppo di fig. 12): nella rappresentazione sono indicate forme, dimensioni, errori ammissibili e procedure di lavorazione

informazioni di cui costituisce il supporto ed il disegno risulta sintetico, codificato (fig. 21).

A base di tutte le considerazioni poste, si può quindi giungere alla seguente definizione di disegno tecnico:

Il disegno tecnico permette, tramite un linguaggio convenzionale di linee, di numeri, simboli e di indicazioni scritte, di fornire delle informazioni sulla funzione, sulla forma, sulle dimensioni, sulla lavorazione e sui materiali relativi ad un determinato oggetto, che potrà quindi essere costruito e senza necessità di contatto tra chi lo creata e chi deve fabbricarne.

Indubbiamente questo tipo di disegno risulta di comprensione non immediata ed è di facile accesso solo per chi possiede il codice di lettura.

Il disegno tecnico risulta sì quindi un linguaggio universale, come spesso rittono i testi, ma in un universo limitato, nei confini, relativamente stretti, degli "addetti ai lavori", cioè tecnici che hanno convenuto di fare tale metodo di comunicazione e hanno codificato.

Il codice da usare per rappresentare in modo efficace ed oggettivo gli oggetti, reali e costruibili, deve rispettare alcune regole fondamentali, cioè (fig. 22):

1) la rappresentazione deve essere univoca e fedele, non deve lasciare dubbi sulla sua interpretazione;

2) la rappresentazione deve contenere una codifica completa delle caratteri-

stiche del componente, mettendo in evidenza tutti i particolari, con forme e dimensioni;

3) deve essere garantita la trasferibilità delle informazioni tra utenti diversi;

4) è necessaria l'integrazione del processo di disegno-progettazione con le altre fasi del processo produttivo, quali la pianificazione dei cicli di lavorazione e la produzione;

5) la rappresentazione deve essere di facile interpretazione e manipolazione dei dati.

IL DISEGNO E LA GEOMETRIA

Il disegno, soprattutto nelle sue applicazioni tecniche, richiede di poter tracciare con precisione linee e curve, di costruire figure geometriche ed ha perciò con la geometria uno stretto rapporto, tenuto conto che la geometria classica prevede appunto l'uso di riga e compasso, per risolvere i problemi, procedendo quindi per via grafica.

Si deve ad Euclide, intorno al 300 a. C., l'organizzazione di tutto il sapere geometrico-matematico greco in forma tale da poter sviluppare deduzioni assolutamente rigorose partendo da pochi principi evidenti. Il periodo romano e quello medioevale non apportarono sostanziali contributi a tale patrimonio che, invece, gli Arabi elaborarono ed in parte ampliarono. Il Rinascimento italiano sviluppò lo studio delle leggi della prospettiva, ponendo le premesse per i futuri sviluppi della geometria proiettiva e descrittiva. Cartesio fondò la geometria analitica, in cui l'impostazione geometrica dei problemi viene condotta con gli stessi metodi della matematica, che innestata nel filone italiano dello studio della prospettiva portò, attraverso gli studi di Pascal, Desargues, Poncelet e Charles all'organizzazione della geometria proiettiva come scienza autonoma separata dalla geometria elementare. L'introduzione della geometria proiettiva permise di approfondire la rigorosità dei metodi di rappresentazio-

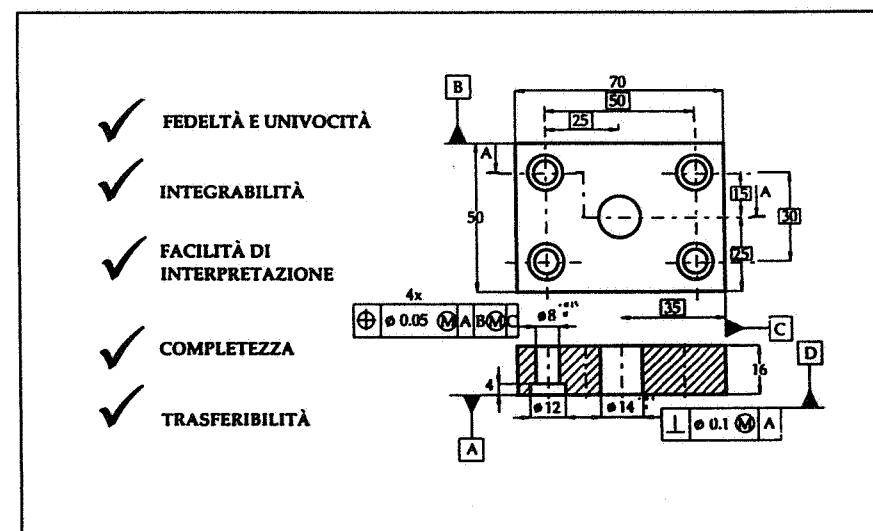


Fig. 22. Le proprietà di un sistema di rappresentazione per il disegno tecnico.

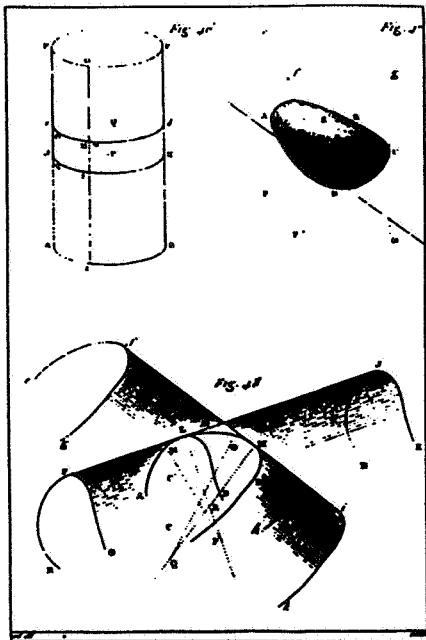


Fig. 23. Un'illustrazione dal trattato di Monge sulla geometria descrittiva (1795).

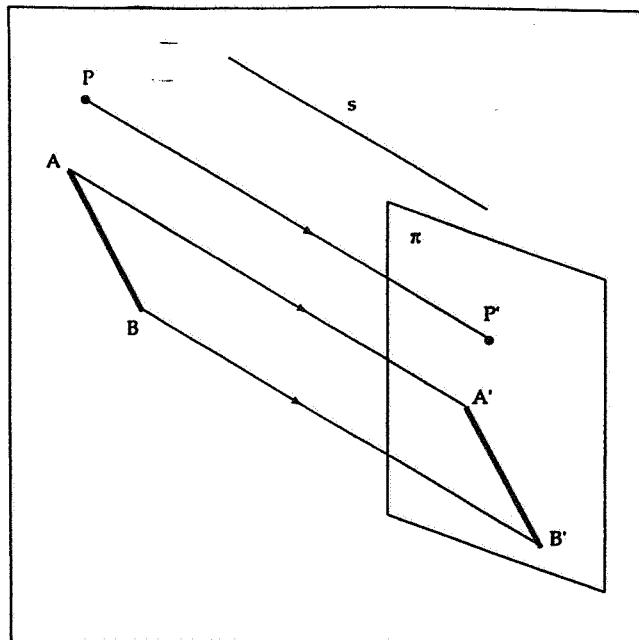


Fig. 24. Il concetto di proiezione: proiezione di un punto e di un segmento su un piano secondo una certa direzione.

ne caratteristici della *geometria descrittiva*.

Infatti il problema principale del disegno è quello di poter rappresentare su un piano bidimensionale (ad esempio un foglio di carta) un oggetto spaziale a tre dimensioni.

Sul piano di rappresentazione sono misurabili correttamente solo due dimensioni, e la terza può essere misurabile solo se messa in relazione con le prime due, realizzando delle alterazioni rispetto a quella che sarebbe un'immagine oggettiva complessiva dell'oggetto.

Osservando un oggetto tridimensionale è possibile infatti effettuare il cosiddetto "disegno dal vero", caratterizzato però da una scarsa corrispondenza dimensionale con l'oggetto stesso, e che non può quindi essere un'attendibile fonte di informazioni per risalire alla vera dimensione e quindi eseguire la ricostruzione dell'oggetto.

Questo risultato può, invece, essere acquisito applicando i metodi della *geometria descrittiva*, che si occupa della trasformazione sistematica di problemi della geometria dello spazio in problemi di geometria piana. Questi metodi consentono, dato un oggetto tridimensionale, di ottenerne su un piano bidimensionale una rappresentazione con una precisa corrispondenza dimensionale. Nello stesso tempo, è possibile, data l'immagine di una figura piana e con la conoscenza di alcune regole matematiche di rappresentazione, ricostruire la figura nello

spazio. In tal modo la rappresentazione è intesa come equivalente e perfettamente sostituibile all'oggetto reale, e ciò costituisce il fondamento del disegno tecnico. Le basi teoriche della geometria descrittiva sono legate al nome di Gaspard Monge (1746-1818), che pubblicò in Francia nel 1795 il primo trattato sistematico di geometria descrittiva, (fig. 23) in cui veniva esposto il metodo delle *proiezioni ortogonali* su due quadri tra loro perpendicolari, che vengono poi ribaltati uno sull'altro.

Questo metodo (chiamato spesso, ancora oggi, proiezione di Monge) consente la descrizione grafica in modo chiaro ed univoco di oggetti anche di notevole complessità.

I metodi di rappresentazione usati nella geometria descrittiva sono basati sul concetto geometrico di *proiezione*, che viene qui presentato nella sua generalità (fig. 24), mentre nei capitoli successivi saranno sviluppate le regole di proiezione, sia nei loro aspetti geometrici sia nelle applicazioni tecniche.

Si definisce *proiezione di un punto P su un piano π* (detto piano di rappresentazione o anche *quadro*), secondo la direzione di una retta s , non parallela a π , l'intersezione P' di π con la retta (detta raggio di proiezione o *proiettante*) passante per P parallela a s .

Se due punti A e B sono estremi di un segmento AB , ed A' e B' sono proiezioni di A e B sul piano π , il segmento $A'B'$ si dirà *proiezione di AB su π* .

Se la retta s è perpendicolare al piano π , si ha una *proiezione ortogonale*, altrimenti la proiezione si dice *obliqua*. Una classificazione dei metodi di proiezione è riportata in figura 25: nelle *proiezioni parallele*, i raggi di proiezione sono tra loro paralleli (hanno in comune un punto posto all'infinito), mentre nella *proiezione centrale* i raggi proiettanti passano tutti per un punto detto *centro di proiezione*.

I metodi più comunemente usati come tecnica di rappresentazione, qui indicati e che saranno ampiamente illustrati negli specifici capitoli, sono:

a) **Proiezione centrale o prospettiva**, con i raggi proiettanti che partono da un unico centro di proiezione posto a distanza finita dal piano di proiezione, adatta a descrivere con effetto realistico la forma degli oggetti rappresentati.

Le figure che si ottengono sono quelle che soddisfano maggiormente le esigenze sia estetiche che visive, poiché questo metodo opera in modo simile alla visione dell'occhio umano, considerato come un punto in cui convergono le immagini dei punti disposti nello spazio circostante (fig. 26).

Il metodo prospettico in pratica cerca di riprodurre, su di un piano, quanto appare dall'osservazione di un oggetto tridimensionale posto nello spazio. La rappresentazione potrebbe essere intuitiva, riproducendo semplicemente ciò che appare all'occhio che guarda attraverso una cornice, (fig. 27), ma può invece essere regolata da norme

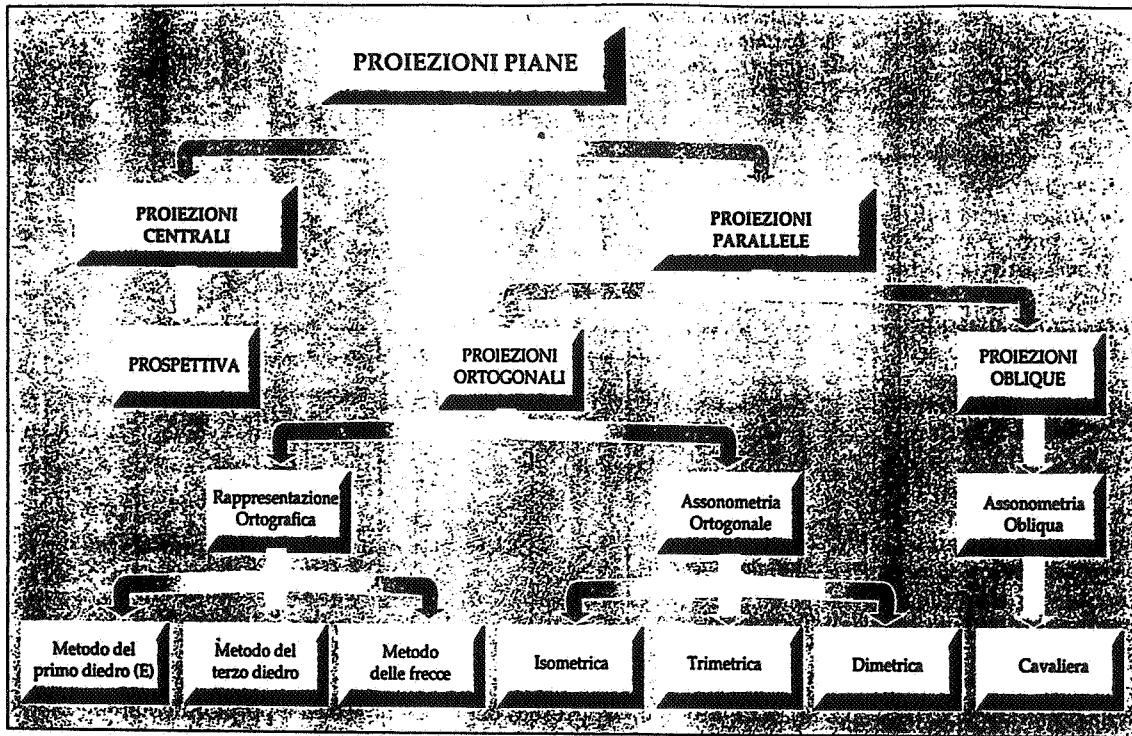
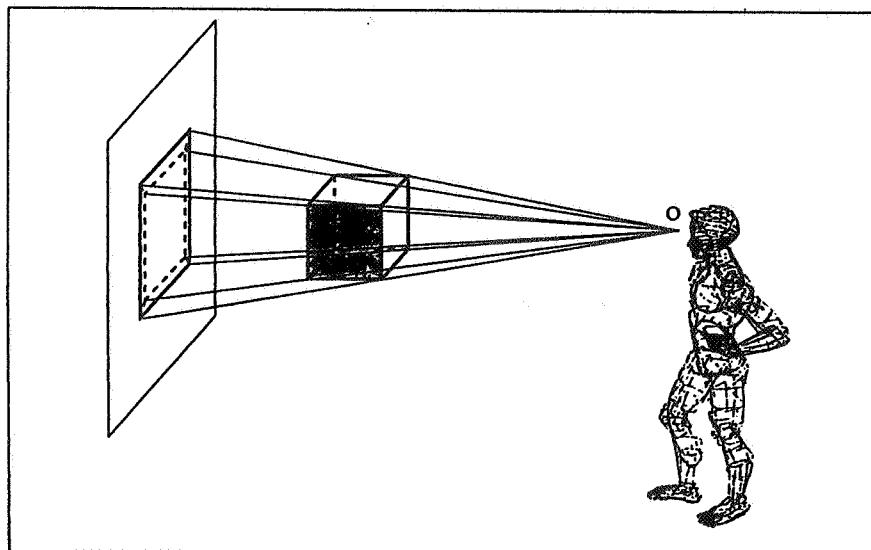


Fig. 25. Classificazione dei metodi di proiezione.



matematiche di geometria descrittiva. L'introduzione nella prospettiva di elementi quali: altezza d'orizzonte, distanza del punto di vista, angolo di campo visivo ecc., istituisce però un rapporto di dipendenza fra gli oggetti rappresentati e le caratteristiche fisiche della persona umana, per cui nello spazio prospettico l'uomo diventa il parametro caratterizzante (fig. 26).

Ciò ha indubbiamente rilevanti contenuti estetici e culturali, ma è di scarso aiuto nella definizione formale ed esecutiva di manufatti tecnici (specie se di limitate dimensioni).

Inoltre la rappresentazione prospettica non riesce ad ottenere una completa rispondenza con l'immagine risultante dalla visione reale, sia per la mancanza della percezione del rilievo

(provocata nella visione reale dalla sovrapposizione delle due immagini distinte captate dagli occhi), sia per la limitazione del cono di visione (l'immagine reale copre un campo più ampio grazie a continui spostamenti della pupilla). In definitiva in campo industriale il metodo non trova applicazione perché risulta estremamente laborioso risalire dal disegno alle caratteristiche dimensionali dell'oggetto rap-

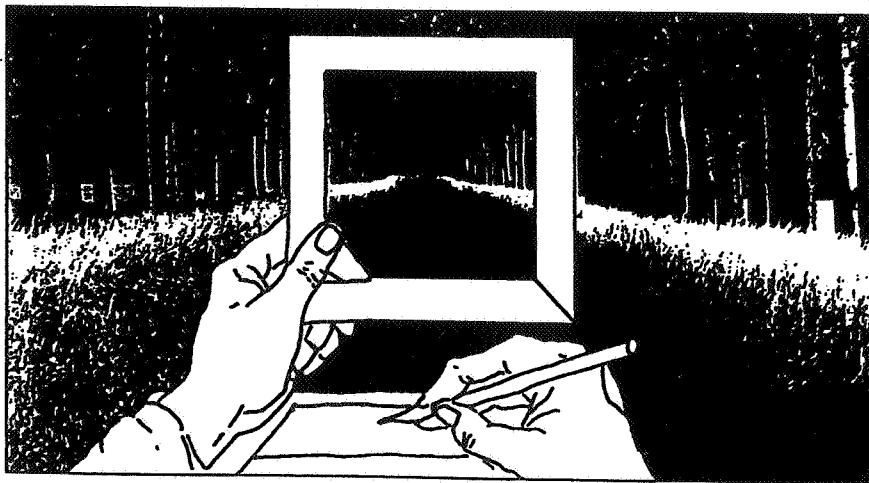


Fig. 27. Una raffigurazione dal vero, con il dovuto effetto di prospettiva, può essere ottenuta trasportando su un foglio quanto si vede attraverso una cornice posta ad opportuna distanza dall'occhio.

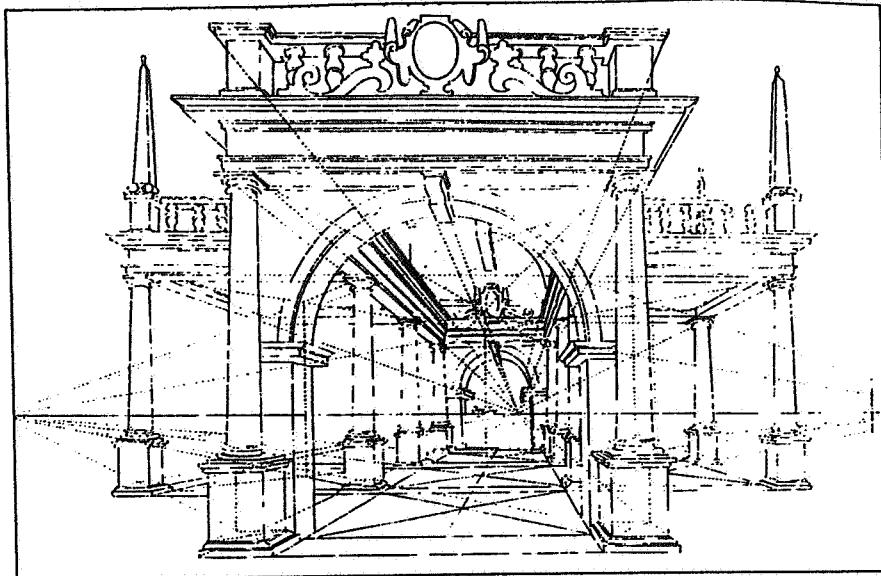
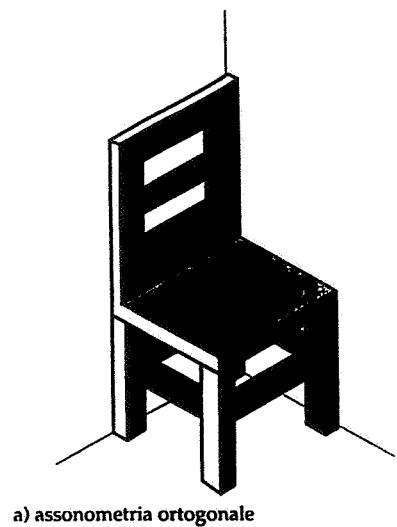
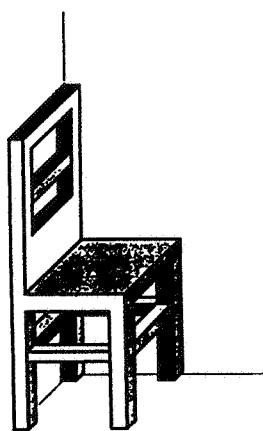


Fig. 28. La proiezione centrale o prospettiva (da J. Vredeman, 1604).



a) assonometria ortogonale



b) assonometria obliqua

Fig. 30. Le assonometrie possono essere ortogonali (a) od oblique (b): in entrambi i casi un opportuno orientamento dell'oggetto rispetto al quadro consente la proiezioni di immagini soddisfacenti per la comprensione ed anche sotto l'aspetto estetico.

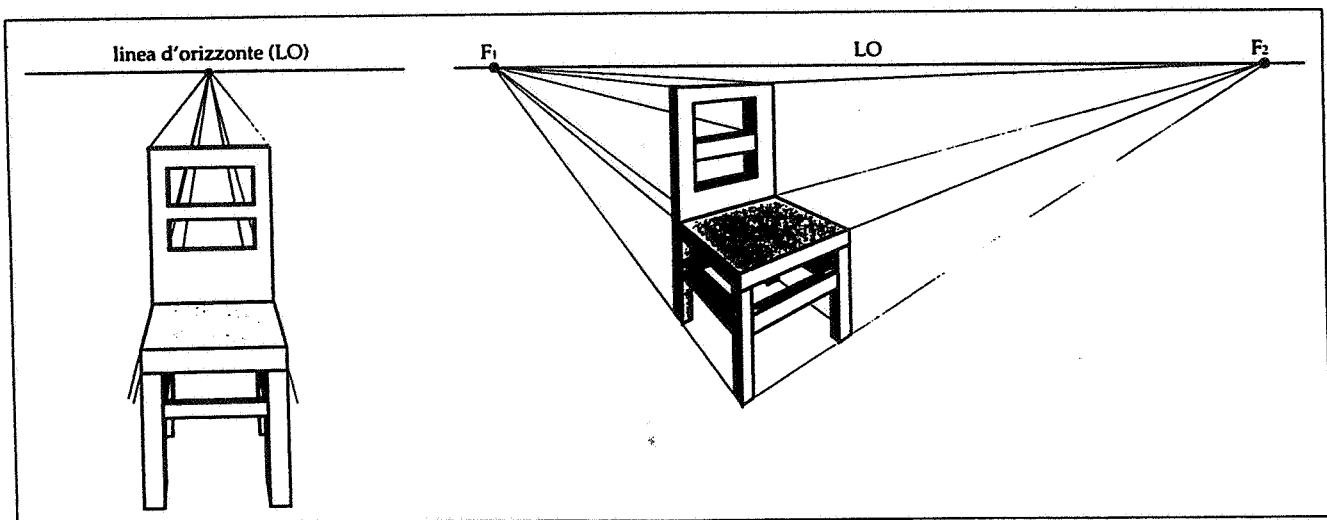


Fig. 29. Due tipi di prospettiva, rispettivamente con uno o due punti di fuga (F_1 e F_2).

presentato, mentre è impiegato in campo architettonico, per la sua efficienza nel definire con maggior illusione realistica i rapporti spaziali.

b) Proiezioni parallele, basate su una condizione astratta, cioè con raggi proiettanti provenienti tutti da un punto posto a distanza infinita e quindi fra loro paralleli, che si possono dividere in **ortogonali ed oblique**, secondo la reciproca posizione dei raggi proiettanti e del quadro (fig. 30). Se l'oggetto da rappresentare è una figura piana posta parallela al quadro, la sua proiezione sarà uguale all'oggetto, indipendentemente dalla inclinazione dei raggi proiettanti. Se la figura è disposta obliquamente rispetto al quadro, le sue dimensioni in proiezione variano secondo proporzioni dipendenti sia dall'inclinazione dei raggi proiettanti sia da quella dell'oggetto rispetto al quadro, ma mantenendo i rapporti fra le dimensioni presenti nell'oggetto reale.

L'ulteriore suddivisione delle proiezioni parallele ha significato solo se si tratta di oggetti tridimensionali: la posizione di questi rispetto al quadro ed alla direzione dei raggi proiettanti dà origine alle **assonometrie ed alle proiezioni ortografiche**.

Per comprendere la differenza fra i due tipi di proiezione si deve pensare

di proiettare su un piano un insieme di tre segmenti fra loro ortogonali uscenti da un punto: nelle proiezioni assonometriche i segmenti sono orientati in modo che sul quadro compariranno sempre tutti e tre (anche se alterati nelle dimensioni a causa della loro inclinazione rispetto al quadro), mentre nelle proiezioni ortogonali ne appariranno soltanto due posti in un piano parallelo al quadro e quindi nella loro vera grandezza, mentre il terzo, perpendicolare al quadro, risulta invisibile, proiettandosi in un punto. L'assonometria consente quindi la rappresentazione di un corpo tridimensionale, per mezzo di un'unica proiezione, e dà una visione spaziale completa, abbastanza simile alle configurazioni percepite dall'occhio umano (specie per oggetti abbastanza piccoli). Le assonometrie trovano applicazione nel campo tecnico perché, pur soddisfacendo le esigenze visive meno della prospettiva, sono di più facile esecuzione e permettono anche una descrizione dimensionale accettabile. La figura ottenuta si discosta spesso dall'immagine reale, ma risulta adatta ad individuare immediatamente le reali dimensioni dell'oggetto e permette di rappresentare facilmente le concezioni spaziali sia delle masse che dei particolari in esse inseriti. A questo è dovuta la fortuna del metodo

che, specie nel caso della rappresentazione di organi meccanici, ha completamente sostituito l'uso della prospettiva.

L'assonometria consente utili rappresentazioni di schemi di impianti complessi ed è oggi resa di più economica realizzazione dalle moderne tecniche di elaborazione dell'immagine.

Viene particolarmente impiegata per realizzare la rappresentazione "esplosa" di un meccanismo, in cui, distaccando fra di loro (secondo opportune direzioni) i vari componenti, consente una maggiore evidenziazione dei relativi rapporti e posizioni. In particolare risulta preziosa per illustrare operazioni e sequenze di montaggi anche complessi (fig. 31).

La rappresentazione ortografica, basata sulle proiezioni ortogonali elaborate da Monge, ha scopi quasi esclusivamente tecnici, è effettuata in modo convenzionale, non ha lo scopo di soddisfare l'occhio, ma solo di facilitare il massimo grado di rilevamento delle dimensioni, delle caratteristiche delle superficie, della struttura interna dell'oggetto, in definitiva di tutto ciò che è necessario per la costruzione dell'oggetto.

Il sistema consiste nel proiettare ortogonalmente, da distanza infinita, sul piano del disegno, l'oggetto da rappresentare: i raggi proiettanti disegne-

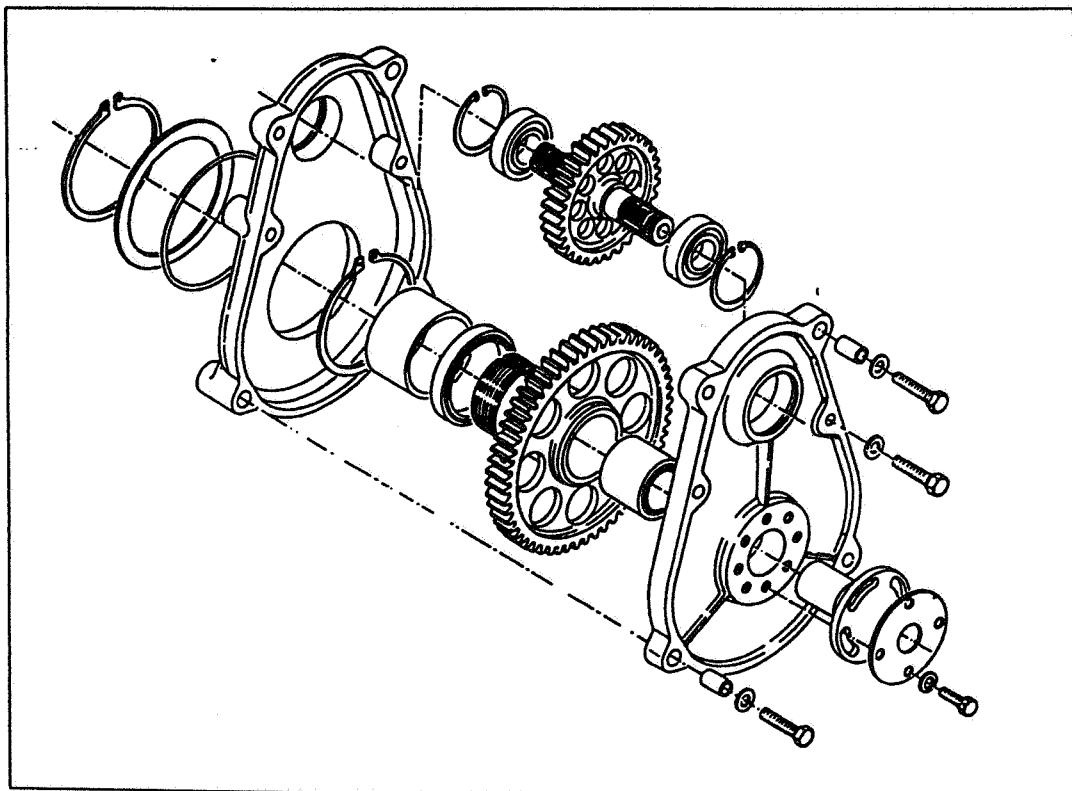


Fig. 31. Vista assonometrica esplosa.

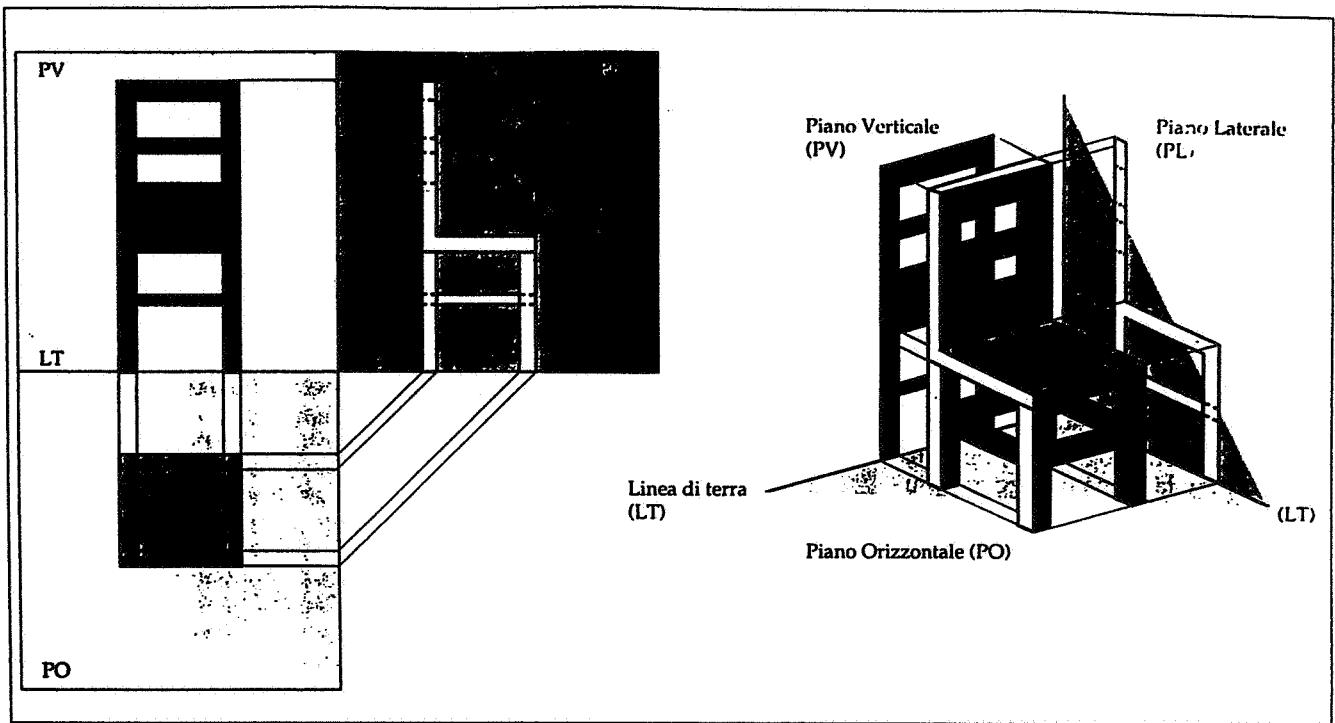


Fig. 32. Rappresentazione ortografica completa di un oggetto, mediante tre proiezioni ortogonali su tre piani coordinati, ortogonali. (Per comprendere immediatamente la collocazione dell'oggetto rispetto ai piani e la sua forma occorre ricorrere all'aiuto di una rappresentazione assonometrica).

ranno sul quadro il contorno esatto delle figure parallele al piano di rappresentazione, mentre non risulteranno visibili i segmenti perpendicolari al piano stesso. Un unico disegno non è perciò sufficiente per rappresentare completamente l'oggetto e si dovrà provvedere a proiezioni, sempre ortogonali, su altri piani, per vedere le altre parti dell'oggetto (fig. 32).

Poiché infatti, come detto in precedenza, su un piano bidimensionale sono riproducibili e misurabili con esattezza soltanto due dimensioni, la terza dimensione, caratterizzante un oggetto, sarà rappresentabile correttamente solo se accoppiata ad una delle altre due.

Si può dire che il prezzo da pagare per ottenere una rappresentazione bidimensionale esatta della forma e delle dimensioni dell'oggetto è quello di disgregarla in diverse parti, rinunciando ad un'unica rappresentazione dell'oggetto nella sua interezza.

Per riuscire quindi a percepire l'immagine tridimensionale dell'oggetto occorre la capacità (basata anche sull'esperienza) di ricomporre mentalmente le diverse immagini proiettate su diversi piani (che devono perciò avere fra loro precise relazioni).

In compenso la proiezione ortogonale restituisce all'utilizzatore l'essenza geometrica della forma, senza le altera-

zioni delle misure e degli angoli comuni alla percezione fisiologica (fig. 33). Il sistema risulta graficamente piuttosto semplice, specie se, come consuetudine nel disegno tecnico, si assumono, quali piani di proiezione, dei piani paralleli alle superfici principali dell'oggetto da rappresentare.

In realtà è implicito in esso un elevato grado di astrattezza e non è in grado di fornire in modo immediato una

completa illustrazione della realtà materiale.

È però logico che, ai fini del disegno tecnico, vengano scelti quei metodi che presentano la maggiore semplicità e tra essi il metodo delle proiezioni ortogonali è il più funzionale. Ma dato che, come si è detto, per oggetti di forma complessa il metodo delle proiezioni ortogonali richiede uno sforzo mentale non indifferente per risalire

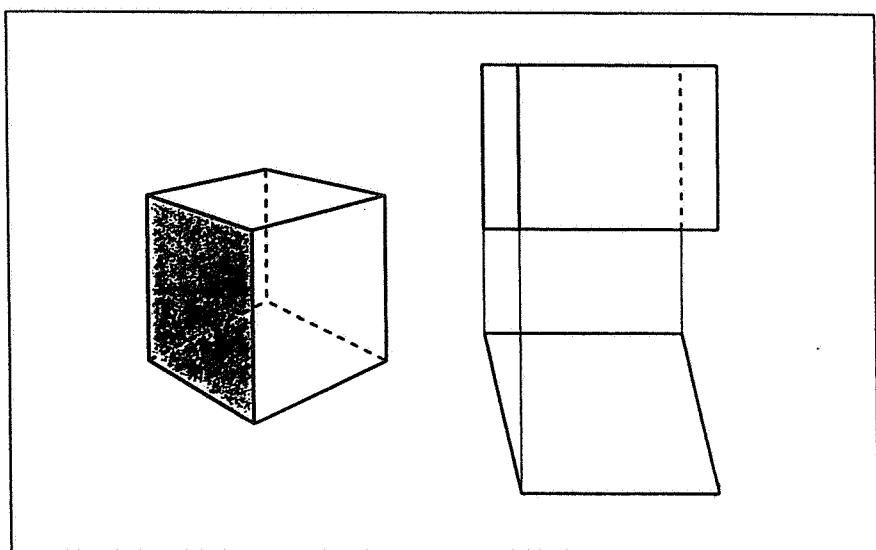


Fig. 33. La rappresentazione prospettica può portare ad interpretazioni errate: la figura di sinistra può apparire come un cubo e la sua vera forma si rileva solo con proiezioni ortogonali (a destra).

alla forma dell'oggetto rappresentato, può essere conveniente affiancarlo con disegni ottenuti mediante altri metodi di rappresentazione, come ad esempio l'assonometria o la prospettiva, come si vede nella precedente figura 32.

A questo proposito va sottolineato che è in atto una vera e propria rivoluzione nel campo della tecnologia dell'immagine grazie alle accresciute potenzialità di calcolo offerte dai personal computer dell'ultima generazione e soprattutto all'uscita sul mercato di sofisticati programmi per la modellazione tridimensionale.

Grazie a questi programmi, l'utente può rendere la scena o l'oggetto più realistici possibili (da qui il termine inglese rendering), attraverso l'uso appropriato di luci e inquadrature; si hanno a disposizione diversi tipi di sorgenti luminose regolabili in intensità e colore, ad esempio luci ambientali, luci diffuse che si propagano in tutte le direzioni, e luci puntiformi o spot, il cui cono di emissione può essere regolato (fig. 34).

La luce rappresenta l'elemento principale per la lettura della forma di un oggetto, e può dare utili indicazioni sulla correttezza del modello costruito.

Risulta allora evidente che anche in campo tecnico si aprono con questi sistemi più ampi spazi per applicazioni grafiche di tipo pittorico, di più generale e relativamente facile comprensione.

I moderni programmi consentono infatti di modellare direttamente in tre

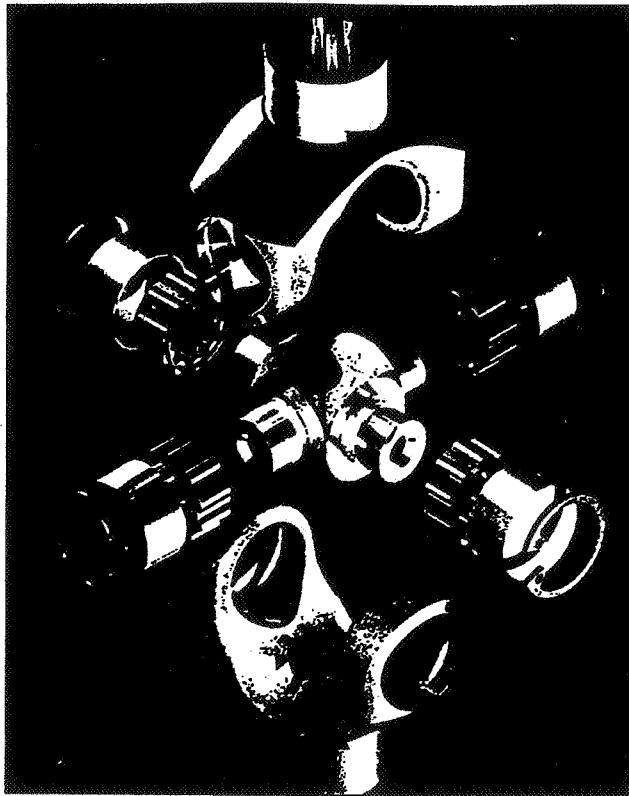


Fig. 34. Un esempio di rendering, con l'uso della luce per la verifica e la lettura delle caratteristiche funzionali e di forma di un componente meccanico. Il rendering è una tecnica di rappresentazione che consente di associare ad un oggetto caratteristiche superficiali come l'illuminazione e gli effetti di trasparenza e riflessione (Masterpiece, Bentley).

dimensioni con grande facilità e con rappresentazioni realistiche ed elevati dettagli; il programma gestisce e mantiene la coerenza delle informazioni provenienti dai vari progettisti di un'azienda con aggiornamenti in tempo reale; in questo modo è possibile montare gruppi di oggetti anche complessi nei quali l'utente in modo interattivo può prevenire le interferenze

tra i vari organi e simulare movimenti e carichi; i disegni tecnici in proiezioni ortografiche vengono prodotti direttamente dal modello solido e aggiornati automaticamente ad ogni variazione di forma o dimensione. Ogni progetto viene così studiato ed analizzato con dei benefici in termini di costo, velocità e flessibilità rispetto alle procedure tradizionali.

il disegno nel ciclo produttivo

INTRODUZIONE

La produzione industriale è alla base del sistema economico di una nazione; con essa si trasformano in beni e servizi di più alto valore le risorse umane, i materiali, i capitali.

La figura 1 mostra uno schema di un sistema produttivo semplificato: assegnata la domanda, il lavoro sarà programmato e controllato in modo da dar luogo ai beni e servizi richiesti.

Le attività di trasformazione e aumento del valore combinano e trasformano le risorse usando una qualche forma di tecnologia (meccanica, chimica, elettronica). Questa trasformazione crea nuovi beni e servizi, che per il consumatore hanno più valore di quanto l'acquisizione e i costi di processo degli input ne abbiano per l'organizzazione.

Si può definire come produttività la misura del rendimento delle risorse nella produzione di beni e servizi:

$$\text{produttività} = \frac{\text{valore dell'output}}{\text{costo dell'input}}$$

La sostituzione delle macchine al lavoro manuale segna l'inizio della rivoluzione industriale alla fine del '700; con lo sviluppo delle macchine operatrici l'attività manifatturiera si indirizza alla grande produzione di serie ed ai primi del '900 comincia l'era della gestione o *management scientifico* della produzione, con F. Taylor. L'approccio di Taylor al problema consisteva nel dividere ogni lavorazione in piccole operazioni elementari, per poter più facilmente mi-



Fig. 1. Schema semplificato di un sistema produttivo.

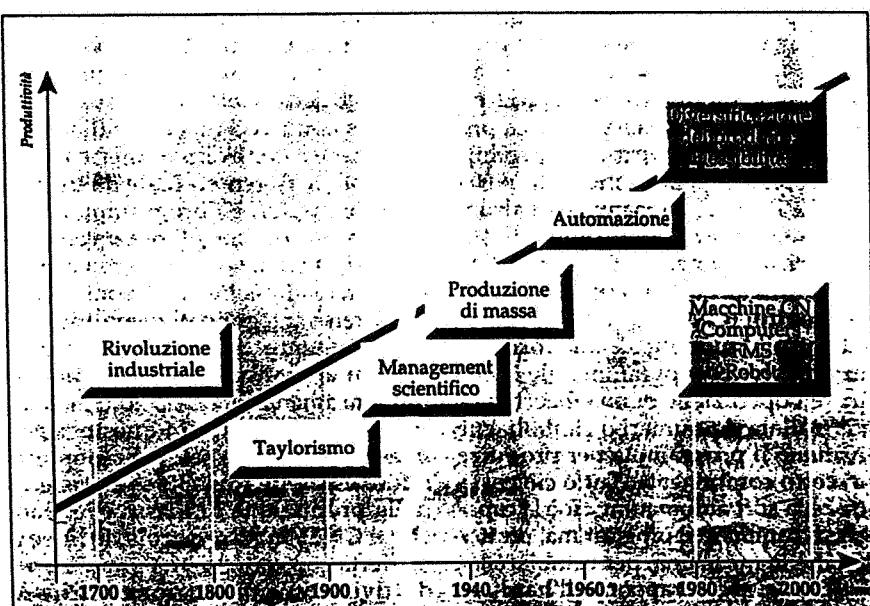


Fig. 2. Lo sviluppo produttivo degli ultimi 300 anni.

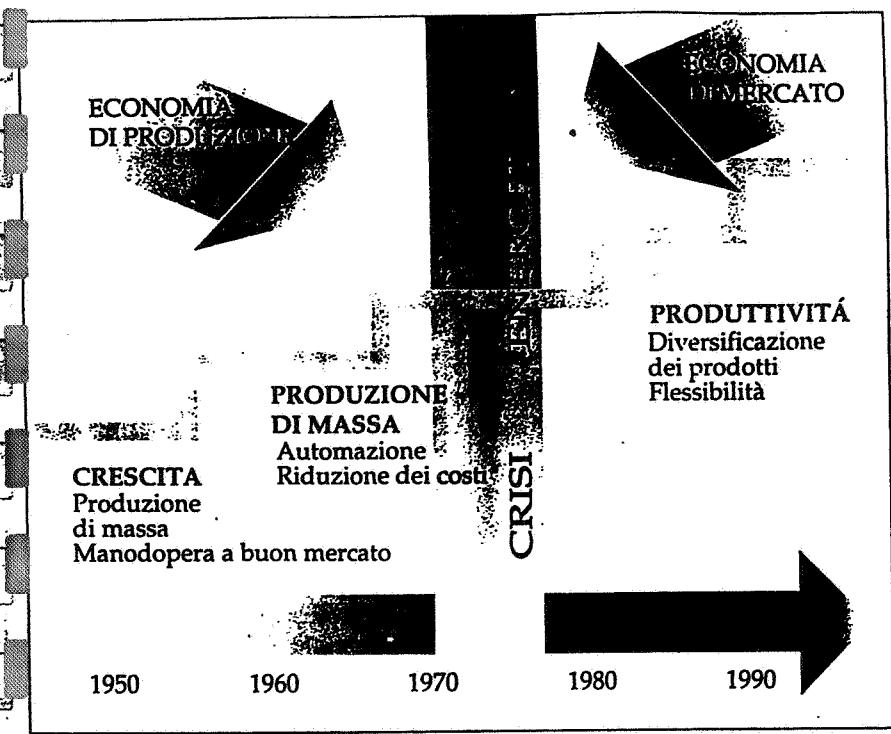


Fig. 3. L'evoluzione industriale tra il 1950 e il 1990.

gliorare i metodi di lavoro e ridurre i tempi impiegati.

Tale sistema, volto esclusivamente all'aumento della produzione, non solo trascurava i problemi fisiologici e psicologici del lavoratore, ma anche quelli della distribuzione e del consumo.

Negli anni '60 i tempi di consegna e la qualità dei prodotti non erano infatti fattori importanti, poiché il mercato si configurava ancora insaturo e a regime quasi monopolistico in numerosi settori merceologici.

Con lo sviluppo delle tecniche di ricerca operativa e la diffusione del computer, l'industria raggiunse poi un livello di automazione senza precedenti. In particolare, con lo sviluppo dei controlli automatici tra il 1960 e il 1970, il controllo manuale di alcune macchine fu rimpiazzato dal controllo numerico (Numerical Control, NC) e più tardi dal Computerized Numerical Control (CNC).

Il controllo numerico è una forma di automazione programmabile nella quale l'operazione di una macchina è controllata da numeri o simboli, che formano il programma per produrre un certo componente. Tutto ciò costituisce la *soft automation*, cioè la capacità di cambiare il programma, piuttosto che la macchina, per cambiare la lavorazione: si contrappone all'*hard automation*, poco flessibile, incapace di riconfigurarsi facilmente ad un cam-

bio di operazione, costituita essenzialmente da macchine e stazioni di lavoro predisposte per operazioni specifiche su un dato prodotto.

Dagli anni '80 ad oggi vi è stata una vera e propria rivoluzione, nel senso che alcuni principi che sono stati alla base dell'organizzazione industriale fin dalla sua nascita sono stati completamente rinnegati (fig. 3).

Intorno agli anni '80 l'avvento dei Sistemi Flessibili di Lavorazione (*Flexible Manufacturing Systems, FMS*) e del controllo numerico diretto (*Direct Numerical Control, DNC*), portarono all'integrazione aziendale e quindi alle cosiddette isole di automazione. Nei sistemi DNC un certo numero di macchine a controllo numerico sono controllate in tempo reale da un singolo computer, e i programmi per la lavorazione dei singoli pezzi vengono caricati e inviati secondo le esigenze. Un sistema flessibile di lavorazione è un sistema integrato di dispositivi per il trattamento di pezzi, materiali e macchine utensili CNC, che può simultaneamente processare lotti medi di una varietà di parti; in questo senso questi sistemi sono nati per riempire il vuoto esistente tra le linee a trasferta della produzione di massa e le macchine CNC. In altre parole, le linee a trasferta consentono una grande produttività nella produzione di grosse quantità di componenti simili o identici; non esiste flessibilità e non sono

ammessi cambiamenti nel progetto del prodotto. Al contrario, le macchine a CNC sono altamente flessibili e possono essere riprogrammate per compiere differenti operazioni, ma non offrono una grande produttività. I sistemi FMS rappresentano il ponte di collegamento tra questi due estremi: ogni parte viene automaticamente trasportata alle macchine dopo l'identificazione delle operazioni che deve subire; la sequenza del ciclo viene determinata da uno *schedulatore* e quindi viene determinata l'ordine e la successione di caricamento di ciascuna macchina CNC. Un computer centrale controlla il flusso dei materiali, e le singole macchine utensili.

La collaborazione tra macchine computerizzate e robot industriali ha dato flessibilità ai sistemi produttivi: essi possono ricevere informazioni e reagire ad esse, in tempo reale; si possono realizzare prodotti personalizzati ad un ritmo che prima era pensabile solo con una complicata e farraginosa automazione di serie. La vecchia strategia della produzione di massa, derivante dalla teoria dell'economia di scala, non è più ritenuta valida ed è stata sostituita da una nuova strategia che facilita la flessibilità, riduce il tempo di progettazione del prodotto all'interno dell'azienda, il tempo dell'immissione sul mercato per i nuovi prodotti e i tempi di consegna ai clienti dei prodotti esistenti.

Le caratteristiche più importanti di questa nuova strategia sono:

- a) aumento della diversità del prodotto
- b) riduzione del ciclo di vita del prodotto
- c) priorità operativa basata sulla qualità e non sul profitto immediato.

Il progresso della tecnologia dell'informazione è rivolto negli anni 2000 verso un modello CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), cioè un modello che riproduce la struttura dei prodotti e la logica dei processi. Tale strumento riesce così ad integrare tutte le risorse di fabbrica in un quadro unico, che rappresenta il sistema di riferimento per la pianificazione ed il controllo della produzione. Le sue funzioni meccanizzano logistica, acquisizione ordini ed avanzamento lavorazioni; specifiche elaborazioni calcolano i termini di approvvigionamento, pilotano il *mix* giornaliero di produzione e colloquiano con i macchinari intelligenti disposti nel reparto.



IL CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

Per una corretta comprensione e valutazione dell'importanza del disegno, all'interno del ciclo di lavorazione di un componente, è opportuno esaminare e commentare le varie attività collegate alla progettazione e alla produzione di un certo prodotto all'interno di un'azienda. Tutte le attività collegate al ciclo di vita del prodotto si possono suddividere in tre parti: progetto, industrializzazione, produzione. La figura 4 mostra i vari passi da seguire nel ciclo produttivo di un qualsiasi componente. Il ciclo viene condizionato dai clienti e dal mercato: nella realtà si possono distinguere due generi di aziende, cioè quelle che lavorano su "commessa" e quelle che lavorano per "magazzino". Nel primo caso, la funzione di concezione del prodotto deriva da un'esigenza dello stesso cliente, mentre nel secondo caso il progetto e la produzione di un prodotto nascono nell'ambito di una precisa strategia aziendale di mercato. Anche le previsioni sui ricambi necessari durante l'uso del prodotto e la sua sorte finale (eliminazione o eventuale riciclo) fanno parte di una ingegnerizzazione corretta.

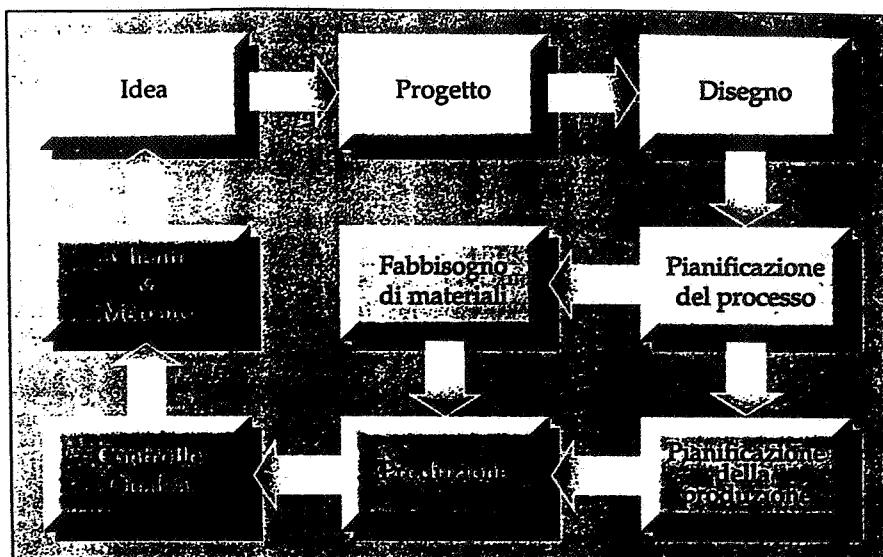


Fig. 4. Il ciclo di vita del prodotto.

Dall'idea al progetto

La progettazione può essere definita come il processo di ideazione, selezione ed analisi delle forme di un oggetto o di un prodotto, al fine di permettere una data funzione; questo processo si svolge in due parti, cioè in una prima fase di tipo *creativo* (fig. 5) nella quale si deve tener conto di alcuni fattori che vincolano le modalità di progettazione, come i problemi tecnici (l'identificazione delle specifiche del progetto) e quelli commerciali (il mer-

cato, i costi di produzione e la tempistica di esecuzione del prodotto). L'idea iniziale viene man mano rifiinta, analizzata e migliorata per trasformarla alla fine in un progetto preliminare o avanprogetto, nel quale la soluzione concettuale individuata viene sviluppata dettagliatamente (molte volte si presenta sotto forma di uno schizzo). La seconda fase consiste nell'analisi della funzionalità di ciascun componente, fino alla ottimizzazione finale della forma, delle dimensioni. Lo stadio finale è rappresentato

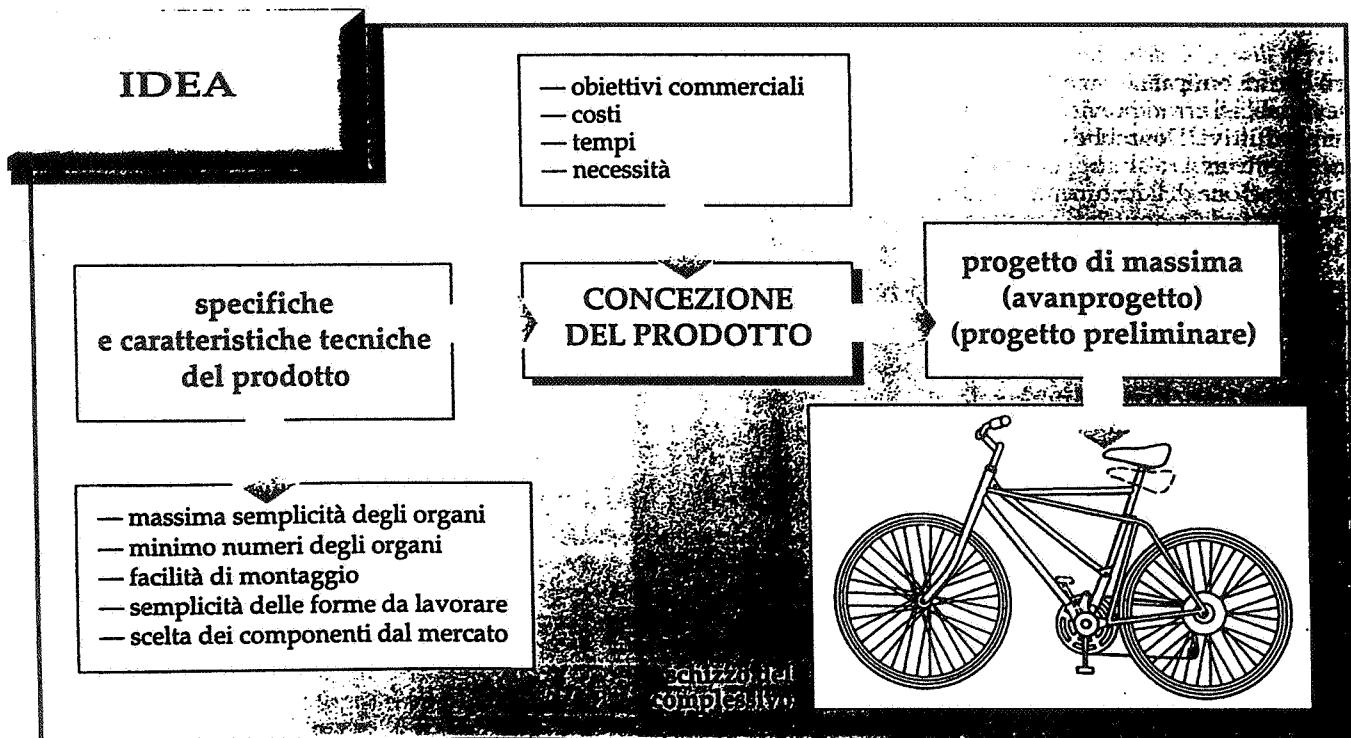
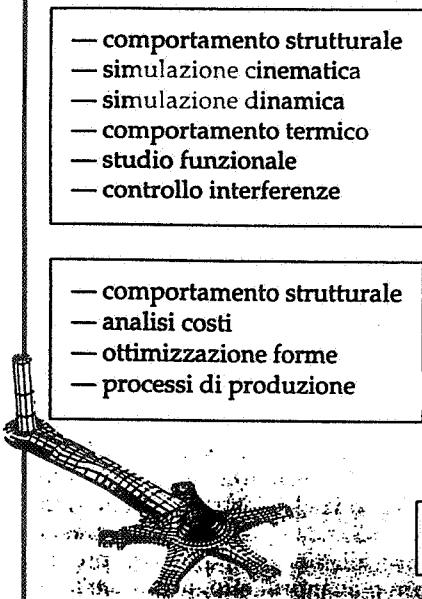


Fig. 5. Il progetto "concettuale": attraverso le specifiche tecniche e gli obiettivi commerciali si ottiene un progetto preliminare.

PROGETTO COSTRUTTIVO



analisi e ottimizzazione
per complessivo,
gruppi e sottogruppi

disegni di gruppo

disegni dei particolari

analisi particolari

disegno ottimizzato

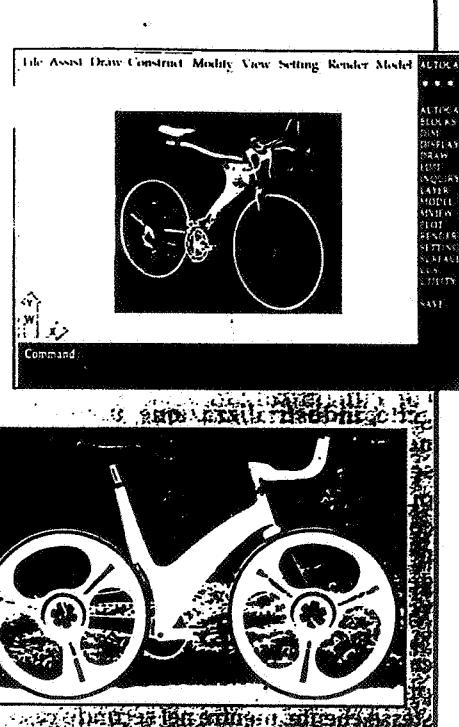


Fig. 6. Il progetto "costruttivo": l'utilizzo di programmi di Computer Aided Engineering (CAE) permette di simulare il comportamento strutturale dei complessivi e dei particolari, senza costruire alcun prototipo. Viene oltresì eseguito uno studio funzionale, cinematico e dinamico, fino ad ottenere una completa ottimizzazione delle forme. Dal progetto costruttivo scaturiscono i disegni di fabbricazione dei particolari.

dal progetto costruttivo, che viene determinato con tecniche di analisi e di simulazione computerizzate sempre più sofisticate e complesse (fig. 6); la documentazione tecnica finale è costituita da una serie di disegni (complessivi e *disegni di dettaglio* dei particolari) che identificano in modo completo le forme, gli errori previsti ed i processi produttivi. Dovrebbe contemporaneamente essere sviluppata anche la preparazione dei documenti necessari per l'uso e la manutenzione del prodotto (*manuali*).

Dal progetto alla produzione

Dalla progettazione si passa alla industrializzazione, che rappresenta il ponte di collegamento tra l'area progettuale e l'area produttiva; in pratica dall'analisi dei disegni si ricavano tutte le istruzioni e gli elementi necessari per la produzione.

Le principali funzioni di industrializzazione sono:

- a) la pianificazione del processo (*Process Planning*), che definisce:
 - cosa produrre
 - come produrre
 - con quali mezzi di produzione

b) la pianificazione della produzione (*Production Planning*), che definisce:

- quante unità produrre
- quando e dove
- da chi devono essere prodotte.

Nel *process planning* viene formulato un piano di produzione che specifica la sequenza di operazioni richieste per ottenere ogni singolo componente

prodotto. Questa sequenza viene spesso ottenuta sotto forma di un documento denominato foglio di produzione, che contiene una lista delle lavorazioni, degli utensili e delle macchine utensili adoperate.

Il *production planning* è spesso chiamato piano aggregato di produzione, ed il suo obiettivo è quello di programmare quantità e tempi di produzione a

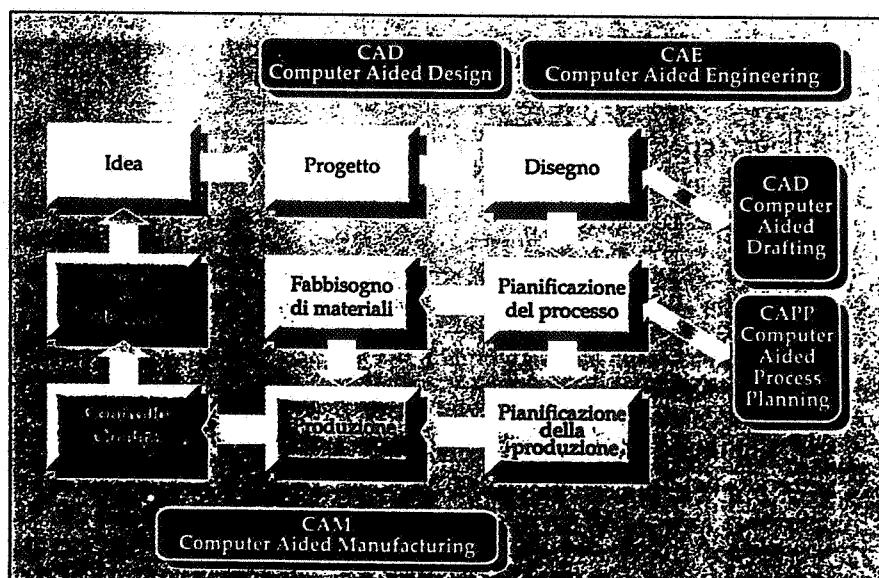


Fig. 7. Un sistema integrato CAD/CAM ed il ciclo di vita del prodotto.

medio termine (da tre mesi ad un anno) aggiustando il ritmo di produzione, la forza lavoro e l'inventario dei materiali. Obiettivo del piano aggregato è di reagire alla domanda irregolare del mercato, utilizzando con efficienza le risorse interne.

Viene chiamato aggregato poiché non si occupa del singolo bene o servizio, ma li amalgama in categorie omogenee e coordina in maniera integrata tutte le attività produttive dei diversi sottosistemi costituenti la struttura aziendale.

L'input deriva dalle previsioni di vendita (Marketing) e dagli ordini acquisiti (Ufficio Vendite).

La pianificazione della produzione si occupa anche delle fasi di *scheduling*, cioè al problema di determinare l'ordine e la sequenza di lavorazione per assegnare determinati lotti da produrre ai singoli centri di lavorazione: l'obiettivo è quello di ottenere la massima utilizzazione delle macchine e delle attrezzature, con la riduzione dei tempi di attesa, in modo tale da prevedere la consegna del prodotto nei termini prestabiliti da un'eventuale commessa.

Parecchi fattori rendono l'attività di schedulazione molto complessa: prima di tutto, il numero delle parti da schedulare può essere molto elevato; ciascuna parte ha un proprio ciclo di lavorazione da seguire e richiedere l'impegno di più macchine utensili. Ciascuna macchina può eseguire diverse lavorazioni e avere differenti capacità.

In questa realtà aziendale, la possibilità di utilizzare un sistema integrato CAD/CAM (Computer Aided Design - Computer Aided Manufacturing) lungo l'intero processo di realizzazione di un prodotto, può apparire di estremo interesse (fig. 7).

Le tecniche di *Computer-Aided Design* e disegno automatico sono utilizzate nella concezione, progetto e documentazione del prodotto. Inoltre l'uso di programmi di analisi e di ottimizzazione progettuale permettono di testare e simulare completamente il comportamento dei modelli (*Computer Aided Engineering, CAE*).

I disegni dei componenti vengono realizzati con la massima precisione e velocità con programmi di disegno automatico (*Computer Aided Drafting, CAD*).

I cicli di lavorazione sono generati in modo automatico da appropriati programmi, col calcolo dei tempi di ogni operazione e con la scelta appropriata

dei parametri di lavorazione (*Computer Aided Process Planning, CAPP*). I vantaggi che si ottengono sono molteplici, e possono essere così riassunti:

- riduzione dei tempi globali del ciclo produttivo,
- maggiore precisione nella realizzazione del prodotto,
- eliminazione di alcuni lavori manuali,
- maggiore creatività in fase concettuale,
- miglioramento della qualità del prodotto,
- semplificazione delle revisioni,
- integrazione tra area tecnica, gestionale e produttiva.

Il computer viene anche utilizzato per la pianificazione della produzione, il fabbisogno dei materiali, la schedulazione, il controllo della lavorazione e della qualità.

L'ingegneria simultanea

Nella fase di ingegnerizzazione del prodotto oggi si tende alla cooperazione diretta di ingegneri e tecnici in un processo che viene chiamato *Concurrent Engineering*, (che può essere tradotto col termine di *ingegneria simultanea*) nel senso che una serie di attività sviluppate in parallelo possono concorrere alla definizione del prodotto finale. Le fasi di ideazione, di progettazione e di industrializzazione non vengono più considerate cronologicamente separate, ma coordinate in parallelo. In questo modo vengono elaborate insieme:

- a) le conoscenze tecniche e scientifiche;
- b) le conoscenze basate sull'esperienza dei precedenti prodotti e processi;
- c) i dati di produzione per indicare

quali siano le soluzioni che rendono più economici e efficienti la produzione e l'assemblaggio;

d) le conoscenze dei fornitori e dei clienti, per individuare i materiali più facilmente reperibili e meno costosi, insieme agli aspetti di manutenibilità e affidabilità.

L'integrazione di questi fattori permette non solo di aumentare la soddisfazione nel lavoro, ma di concentrare tutte le competenze nella fase iniziale di sviluppo del progetto; questo consente di ridurre gli oneri legati alle modifiche e nello stesso tempo di abbreviare notevolmente il ciclo di vita del prodotto all'interno dell'azienda.

3

IL CAD/CAM NEL PROCESSO PRODUTTIVO

Nella valutazione economica dell'introduzione di tale tecnologia all'interno di un'azienda, l'attività produttiva va divisa in quattro categorie (fig. 8).

- 1) Processi a flusso continuo (*Continuous-Flow Processes*)
- 2) Produzione di massa di prodotti discreti (*Mass Production*)
- 3) Produzione a lotti (*Batch Production*)
- 4) Produzione unitaria (*Job Shop Production*).

Nel primo caso si ha la produzione di grandi quantità di beni in modo continuo: ad es. le acciaierie, raffinerie, cementifici o industrie chimiche, nelle quali la produzione, il controllo e l'ottimizzazione delle operazioni può avvenire in modo completamente auto-

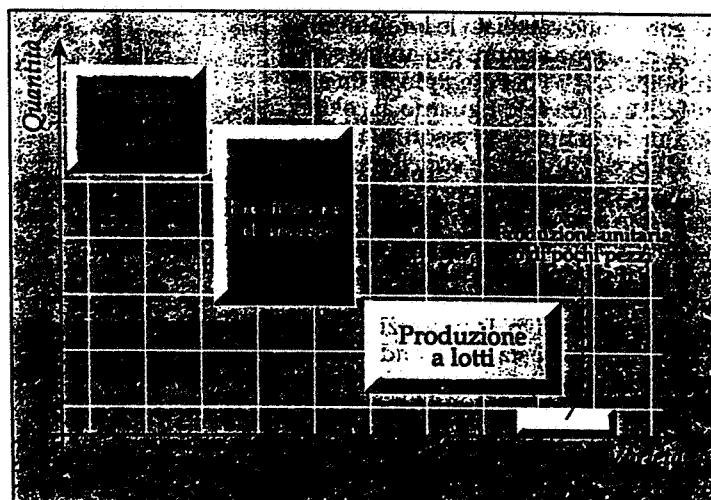


Fig. 8. Classificazione delle attività produttive.

LE NUOVE STRATEGIE

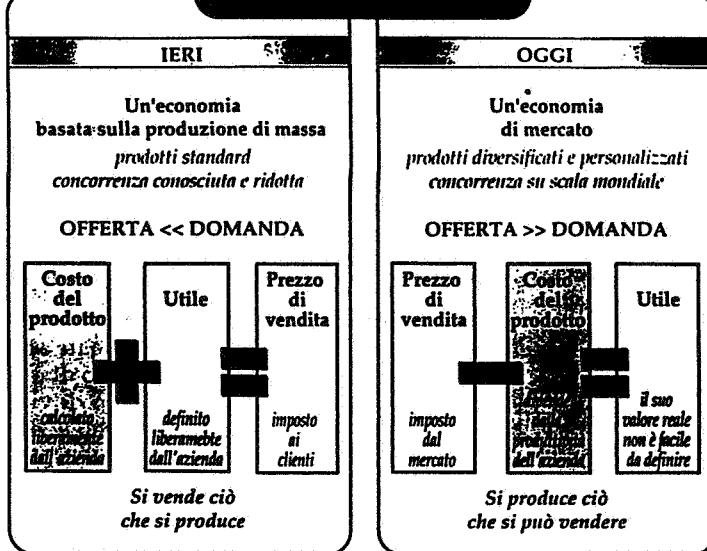


Fig. 9. La differenza tra la strategia produttiva di ieri e oggi.

cess planning e di schedulazione devono essere altamente informatizzati, a causa delle frequenti revisioni di approvvigionamento e avanzamento. Il prodotto segue le richieste dei clienti e viene modificato di conseguenza.

Nel caso di produzione a magazzino, è necessario disporre di un buon programma previsionale, mentre nella produzione su commessa bisogna essere in grado di reagire molto velocemente e quindi bisogna disporre di un sistema molto flessibile. In questo caso, oltre all'uso di robots, si ricorre alle macchine a controllo numerico e in qualche caso, ai sistemi flessibili di produzione. Infine, nella produzione Job shop, si producono basse quantità di prodotti specializzati, come nel caso di costruzione di prototipi, macchine utensili e aerei. Questi prodotti hanno un bassissimo livello di standardizzazione che richiede una attitudine alla produzione flessibile. In questo caso sono evidenti i vantaggi introdotti dal controllo numerico, nel quale il livello di flessibilità ottenibile è ancora maggiore per la possibilità di interagire direttamente con l'elaboratore che controlla il processo e modificare facilmente via software le specifiche di lavorazione del prodotto (fig. 10). La differenza tra la produzione di massa e la produzione per lotti può essere esplorata in termini di organizzazione del processo produttivo. Infatti, tradizionalmente l'organizzazione per

matico. Il secondo caso riguarda le industrie che producono grandi quantità di un solo prodotto, con qualche variazione nei modelli e si può parlare di produzione di tipo discontinuo; è il caso di industrie automobilistiche o costruttrici di elettrodomestici, che prevedono linee di assemblaggio automatico, con l'uso frequente di robots per saldature, verniciature, assemblaggi. Tutti i prodotti sono altamente standardizzati, con l'uso di macchine dedicate e specializzate e quindi estremamente costose a tal punto da dover essere ammortizzate solo con grossi volumi di produzione. I due termini *hard automation* e *Detroit style automation* sono stati coniati per descrivere la produzione di massa: infatti la produzione è *hard* nel senso che è dedicata e molto poco flessibile; e veniva usata soprattutto nell'industria automobilistica, da qui il termine *Detroit style automation*. Negli ultimi vent'anni i clienti hanno cambiato le loro abitudini, e chiedono sempre più ampie scelte nell'acquisto per esempio di un'autovettura, non solo riguardo al colore, ma anche ai tipi di accessori, al numero di porte, di cambio ecc.; il risultato è che ciascun produttore di auto è formato non solo alla costruzione di nuovi modelli, ma ad offrire un'ampia scelta di modelli per ciascun segmento con frequenti *upgrades* o *restylings*. Per questo motivo, la produzione automobilistica si sta muovendo verso un tipo di produzione che assume le caratteristiche della produzione a lotti. Nella produzione a lotti si hanno quantità medie dello stesso prodotto o componente, e il lotto viene prodot-

to una sola volta o ripetuto periodicamente (aziende editoriali, industrie tessili, macchine utensili ed alcuni macchinari industriali).

Volumi medi e ampio catalogo caratterizzano le fabbriche che ricadono in questa categoria, soprattutto nel settore meccanico. Il flusso produttivo è costituito da piccole serie di articoli uguali che si alternano in rapida successione: il processo è variabile e non si presta ad essere ottimizzato una volta per tutte. I macchinari devono essere molto flessibili: i sistemi di pro-

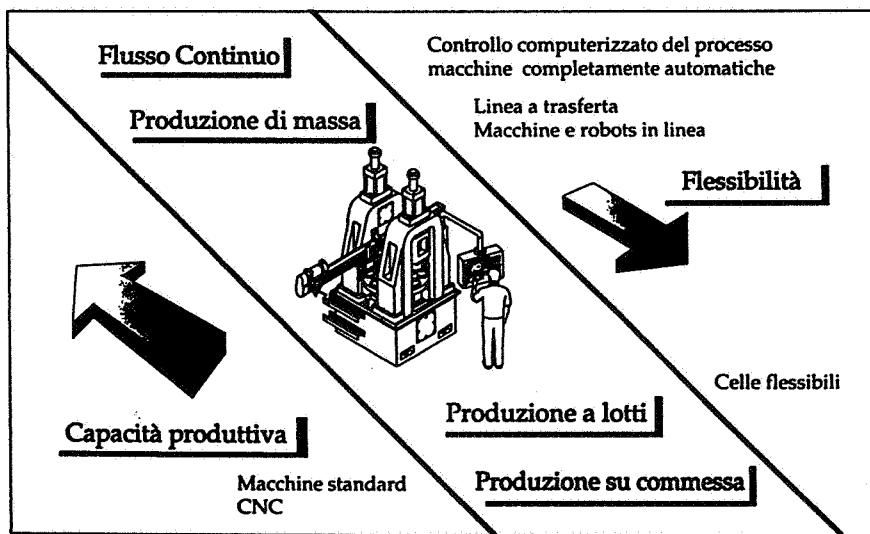


Fig. 10. Caratteristiche delle attività produttive.

Volumi	Altissimi	Medi	Bassi
Abilità e destrezza nel lavoro	Bassa	Media	Alta
Macchine ed attrezzature speciali	Alta	Media	Bassa

Fig. 11. Differenza tra le attività produttive.

processo in cui il layout aziendale è basato sull'organizzazione per reparto o per processo di lavorazione, è associata alla produzione per lotti (quindi grande flessibilità, ma tempi lunghi di attraversamento). L'approccio per prodotto, che implica la disposizione del layout secondo il ciclo di lavorazione del prodotto, è associato con la produzione di massa.

Per rilevare la differenza tra automazione e tecnologia CAD/CAM, è opportuno effettuare una valutazione semplificata del tempo speso per progettare, pianificare e produrre un certo componente. Indicando con T_1 il tempo richiesto per produrre il singolo prodotto, che tiene conto dei tempi di lavorazione, di assemblaggio e di controllo, e con T_2 il tempo associato con la pianificazione e l'avvio di ciascun lotto di produzione (che include i tempi di emissione degli ordini dei pezzi grezzi, il tempo richiesto per schedulare il lotto e la messa a punto dei tempi delle singole operazioni); T_3 è il tempo richiesto per la progettazione e per la stesura dei cicli di lavorazione e che viene speso una sola volta nella vita del prodotto. B indica poi il numero dei lotti di produzione e Q il numero di unità per ciascun lotto, per semplicità assunto uguale per ciascun lotto, per cui il numero totale di unità prodotte durante il ciclo è $B \times Q$.

Il tempo speso durante il ciclo di vita del prodotto sarà allora:

$$T = BQT_1 + BT_2 + T_3$$

e dividendo per il numero di unità prodotte, si otterrà il tempo medio per ciascuna unità di produzione:

$$t = T_1 + \frac{T_2}{Q} + \frac{T_3}{BQ}$$

Nel caso dei processi a flusso continuo e di produzione di massa, i termini T_2 e T_3 sono trascurabili poiché sono ripartiti su un elevato numero di unità prodotte, e in questo caso diventa importante il termine T_1 .

Nel caso della produzione a lotti, se il lotto è molto grande, i termini T_2 e T_3 possono ancora essere trascurabili. Infine, nella produzione Job Shop, dato che le quantità prodotte sono basse, diventano importanti i termini T_2 e T_3 , cioè i costi dominanti del prodotto.

Mentre l'automazione è rivolta alla riduzione del termine T_1 , la tecnologia CAD/CAM è focalizzata principalmente sui termini T_2 e T_3 , e risulta quindi valida in aziende nelle quali diventa dominante l'attività di pianificazione e progettazione.

I SISTEMI CAD

Volendo tentare una definizione dei sistemi di *Computer Aided Design*, si può dire che la tecnica CAD coinvolge ogni tipo di attività di progettazione, per concepire, sviluppare, analizzare o modificare un progetto.

La figura 12 mostra le funzioni che dovrebbero caratterizzare un sistema CAD completo, dalla fase di concezione del prodotto, fino ad arrivare alla creazione di un database per la produzione. Vi quindi sono parecchie ragioni per implementare un sistema CAD, e le principali sono:

1. **Migliorare la produttività del progettista.** Esso è aiutato nella visualizzazione del prodotto assemblato con i relativi particolari. In una normale attività di progetto, le informazioni sul prodotto da elaborare sono tradizionalmente trasferite attraverso documenti eseguiti secondo regole basate essenzialmente su una rappresentazione grafica bidimensionale, il tutto integrato con una serie di informazioni simboliche. Il miglioramento della produttività dipende dai seguenti fattori:

- complessità dei disegni
- livello di dettaglio
- grado di ripetitività delle parti progettate
- grado di simmetria
- estensione delle librerie delle entità comunemente usate

All'aumentare di questi fattori cresce-

no i vantaggi del CAD. I primi quattro punti non richiedono ulteriori spiegazioni, mentre è opportuno soffermarsi sull'ultimo per il quale vi sono oggi diverse soluzioni in elaborazione. Un utile aiuto può infatti essere fornito da librerie che agevolino il progettista nella scelta e nella rappresentazione del disegno di particolari frequentemente ricorrenti nella progettazione o che devono essere scelti da cataloghi di fornitori o dalle tabelle di standardizzazione interna dell'azienda. La libreria dei componenti normalizzati contiene tutte le informazioni sui pezzi standardizzati secondo le norme internazionali, compresi materiali, utensili e attrezzature. Un'altra libreria dà la possibilità all'azienda di standardizzare i propri componenti in modo tale da parametrizzare le dimensioni e le geometrie dei pezzi più ricorrenti. Al progettista resta così il compito di determinare tali dimensioni tramite l'analisi delle opportune tabelle in relazione alle funzioni richieste al particolare.

2. **Migliorare le qualità del progetto.** Un sistema CAD completo permette una molteplicità di funzioni, di analisi e di ottimizzazione quali l'analisi delle interferenze, il calcolo automatico delle tolleranze, l'interfacciamento con programmi ad elementi finiti, la simulazione cinematica; tutto questo influenza positivamente sull'aspetto qualitativo del progetto.

3. **Migliorare le comunicazioni.** Le informazioni esplicative nel disegno, che viene utilizzato per trasferire la

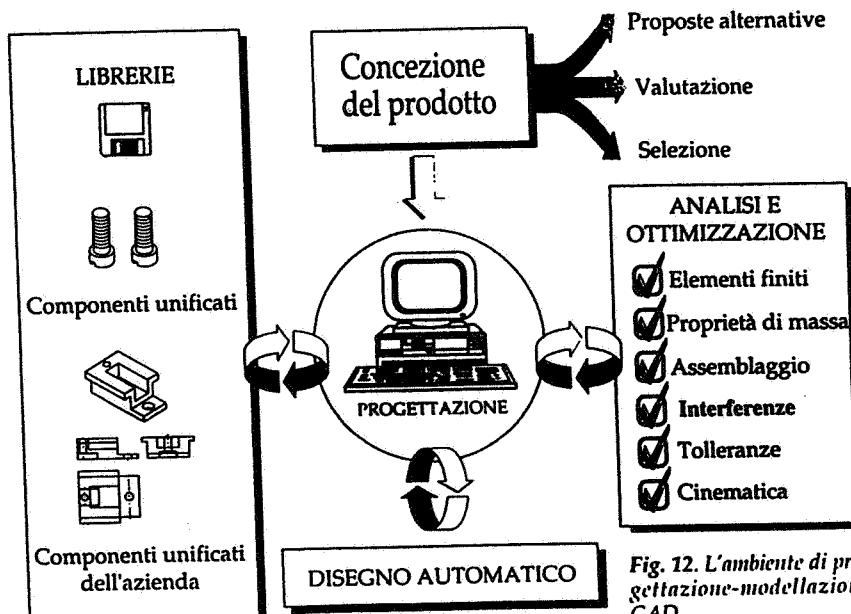


Fig. 12. L'ambiente di progettazione-modellazione CAD.

descrizione del pezzo meccanico, non sono ovviamente sufficienti a descrivere completamente e univocamente il pezzo, se non utilizzate dall'utente esperto che le integra e le interpreta sulla base di convenzioni che egli conosce; il risultato dipenderà dalla capacità di interpretazione del disegno di ogni persona. Un sistema integrato basato sulle tecniche CAD/CAM permette di garantire congruenza e univocità delle informazioni.

4. Creare una base dati per la produzione. Un sistema completamente integrato con unico database, contenente tutte le informazioni sull'oggetto della progettazione e della produzione, può ridurre notevolmente i tempi parziali di ogni fase e globalmente di tutto il processo, garantendo la completezza e la corrispondenza delle informazioni, quindi un legame diretto tra il progetto e la produzione per cui tutti i dati generati durante il concepimento e l'ingegnerizzazione del prodotto vengono utilizzati nella programmazione della produzione (fig. 13).

Le funzionalità principali di un sistema CAD

I sistemi CAD orientati al disegno o sistemi per il drafting, offrono un insieme di comandi che consentono di automatizzare le fasi del disegno maggiormente ripetitive, migliorando ed uniformando la qualità ed integrando le tecnologie informatiche nella classificazione ed archiviazione della documentazione tecnica. Esempi di sistemi CAD che rientrano in questa categoria sono: AutoCAD (AutoDesk), GBG DraftMaker (Cad.Lab), Personal Designer (ComputerVision), Microstation (Bentley), ecc. All'interno di questi programmi è molte volte disponibile la modellazione solida, cioè la possibilità di supportare non solamente operazioni ed interrogazioni relative agli aspetti geometrici bidimensionali degli elementi rappresentati, ma anche interrogazioni su proprietà fisiche come volume, massa, baricentro, momento d'inerzia, in modo tale da poter effettuare una completa verifica funzionale nell'attività di progettazione. Le principali funzionalità offerte dai sistemi CAD sono:

1. Comandi di produzione e modifica di disegni; uno dei più evidenti vantaggi nell'utilizzo di un sistema CAD rispetto all'impiego di tecniche tradizionali, consiste nella grande facilità e rapidità con cui è possibile mo-

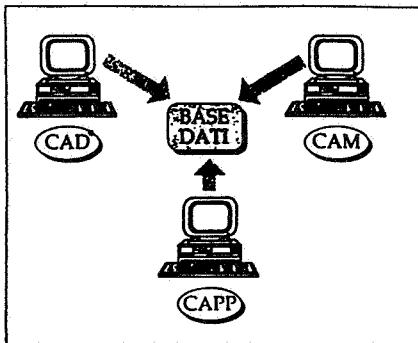


Fig. 13. La base dati orientata alla produzione.

dificare, anche in modo radicale un disegno. Le funzionalità di modifica consentono all'utente del sistema CAD di cancellare parti del disegno, di modificare gli attributi grafici di alcune entità (come il colore o il tipo di linea), oppure di effettuare operazioni di scalatura, traslazione, rotazione, specularità di parti del disegno.

2. Comandi di strutturazione del disegno; infatti il disegno può essere organizzato in modo logico ed ordinato con una stratificazione a più livelli (*layers*) o strati. Ciascuno strato o livello raggruppa entità simili come ad esempio la quotatura, i pezzi unificati, oppure i vari particolari di un complessivo; l'utente ha la possibilità di controllare la visibilità dei livelli come se si trattasse di fogli trasparenti sovrapponibili. Un'altra tecnica di strutturazione consiste nell'inserimento nel disegno delle entità precedentemente aggregate denominate blocchi o simboli (*blocks*). In questo modo è possibile inserire nel disegno dei particolari standardizzati definiti in una libreria esterna come simboli unificati, elementi filettati, o elementi grafici più ricorrenti, consentendo di realizzare con rapidità e precisione anche disegni molto complessi.

3. Automatizzazione di attività ripetitive; l'attività di disegno tradizionale comprende delle operazioni che, benché richiedano tempi molto lunghi, sono fondamentalmente ripetitive e possono essere facilmente automatizzabili. Le funzioni generalmente automatizzate nei sistemi CAD sono ad esempio quelle che offrono adeguati comandi per l'esecuzione delle sezioni degli oggetti, consentendo di campire automaticamente un profilo chiuso con un tipo di campitura selezionato o definito dall'utente. L'intervento del disegnatore si limita alla selezione del profilo o alla selezione di

un punto interno di un'area, e il programma provvede in modo automatico ad individuare l'area da campire. Un'altra attività ripetitiva è rappresentata dalla *quotatura*. I sistemi CAD consentono di creare ed organizzare in modo semplice e automatico la quotatura del disegno; le quote risultano legate dinamicamente alle entità geometriche, con aggiornamento automatico del valore al variare delle dimensioni e quindi con la possibilità di aumentare la produttività dei disegni soggetti a frequenti modifiche.

4. Comandi di visualizzazione; le funzioni di visualizzazione dei sistemi CAD sono simili a quelle che potremmo ottenere osservando un foglio da disegno con una macchina fotografica, in quanto è possibile ingrandire o rimpicciolire il disegno coi comandi di *Zoom*, oppure spostare il punto di vista in modo da inquadrare tutti i dettagli. Inoltre è possibile organizzare il disegno secondo *viste multiple*, in modo tale da controllare parti del disegno poste anche a distanza sul medesimo foglio. Le funzioni di visualizzazione modificano solo il modo con cui viene visualizzato il disegno, ma non il disegno stesso.

5. Comandi di interrogazione del disegno; nei sistemi CAD il disegno deve essere utilizzabile non solo per quanto attiene alla rappresentazione grafica ma anche consentendo l'accesso al database e offrendo quindi la possibilità di conoscere, per le entità grafiche nel disegno, angoli, lunghezze, distanze, aree, volumi, coordinate, ecc., anche se non definiti esplicitamente. Le capacità di interrogazione del modello possono essere utilizzate per automatizzare alcune attività, come, ad esempio, per calcolare una stima dei costi di produzione dell'oggetto e generare automaticamente la distinta base dei componenti presenti.

6. Interfaccia di programmazione; numerosi sistemi CAD offrono delle interfacce di programmazione con le quali l'utente può accedere a tutte le funzionalità del sistema CAD; in questo modo è possibile sviluppare programmi di utilità che automatizzano l'uso delle sequenze di comandi più ripetitive oppure effettuare il collegamento ad una base dati esterna. Tipici esempi sono rappresentati dal linguaggio Autolisp e dall'Autocad Development System (ADS) disponibili in Autocad.

AUTOCAD: UN SOFTWARE DI COMPUTER AIDED DRAFTING

Un sistema di Computer Aided Drafting permette di ottenere una precisione molto superiore rispetto al disegno realizzato a mano: è possibile dimensionare automaticamente gli elementi geometrici, nonché calcolare distanze. Le funzioni di zoom permettono di ingrandire il più piccolo dettaglio di un disegno e lavorare come se si usasse un microscopio, oppure lavorare su elementi di dimensione di molti chilometri con una definizione pari di centimetro.

Autocad è un programma potente e flessibile in quanto non solo consente di svolgere una serie di attività di disegno, ma incorpora avanzate funzionalità fra cui la modellazione solida in tre dimensioni e il rendering.

Questo software è stato commercializzato la prima volta nel dicembre 1982 dall'Autodesk Inc., azienda californiana, ed è stato oggetto di numerosi arricchimenti, miglioramenti e correzioni raggiungendo prestazioni sempre più elevate. Oggi Autocad è l'applicazione CAD per personal computer più diffusa, e per questo motivo è divenuto un programma CAD di riferimento.

Fra le caratteristiche più apprezzate di questo software, c'è la semplicità d'uso: mediante Autocad è possibile creare disegni almeno con la stessa velocità con cui si opererebbe manualmente, ma con in più la possibilità di correggere e copiare un disegno, evitando le inevitabili e noiose operazioni di revisione.

Un'altra caratteristica di Autocad è la capacità di unire informazioni non grafiche ad un oggetto o ad un intero disegno (ad esempio materiali, costi, lavorazioni); tali informazioni sono dette attributi e possono servire ad esempio a realizzare la distinzione delle parti che compongono un determinato disegno oppure costruire sofisticati database grafici.

E' possibile memorizzare i simboli e le entità più utilizzati e richiamarli al momento opportuno, raggruppare parti correlate del disegno, attivare o disattivare o placere la visualizzazione. In questo modo è possibile generare una libreria illimitata di entità di disegno e simboli personalizzati, per poterli inserire in disegni differenti.

Release / Anno / Caratteristiche

1	1982
2	1984 quotatura, livelli
2.1	1985 visualizzazione tridimensionale di linee, rimozione linee nascoste
2.18	1986 introduzione del linguaggio di interfaccia Autolisp
2.5	1986 supporto di memoria estesa ed espansa, zoom dinamico
2.6	1987 quotatura associativa, comandi trasparenti
9	1987 uso del coprocessore matematico, menu a tendina e a icone
10	1988 piena funzionalità 3D, finestre multiple, visione prospettica
11	1990 plottaggio di viste multiple, ambiente di programmazione in C
12	1992 174 nuove funzioni, collegamento con database, rendering
13	1995 modellazione solida integrata, nuova interfaccia utente
14	1997 miglioramento dell'interfaccia grafica

Fig. 1. La storia di Autocad.

Infine si può automatizzare il programma tramite script di comando che eseguono una serie di istruzioni in sequenza; Autocad è inoltre dotato di un linguaggio di programmazione interno, Autolisp, allo scopo di avviare routine complesse che generano, editano o modificano il disegno.

Autodesk durante questi anni ha modificato il software, tenendo presente le indicazioni e le esigenze dei disegnatori che lo hanno utilizzato: la tabella della figura 1 dà un elenco riassuntivo dei più importanti cambiamenti avvenuti dalla versione (release) in avanti.

Iniziare a lavorare con Autocad

Dopo aver lanciato Autocad e completato la sua configurazione, appare la schermata principale divisa in cinque sezioni (fig. 2): la linea di comando, che viene utilizzata per immettere comandi dalla tastiera e per rispondere ai messaggi di richiesta visualizzati dal programma.

L'area grafica dove vengono creati i disegni, ed occupa la maggior parte dello schermo. La linea di stato, contenente delle informazioni sul disegno corrente, come le coordinate del cursore e il nome del piano corrente di disegno. I menu di schermo laterali con un insieme di sottomenu con tutti i comandi disponibili; portando il cursore oltre la linea di stato vengono visualizzati i menu a rotolo o a discesa, con un'interfaccia utente più immediata e l'uso di icone per la selezione delle varie opzioni (fig. 3).

Il cursore a croce presente sullo schermo è collegato ai movimenti del mouse; in alternativa però è possibile usare i tasti freccia della tastiera, controllando la velocità ed il passo di spostamento del cursore con i tasti PAG+ e PAG-.

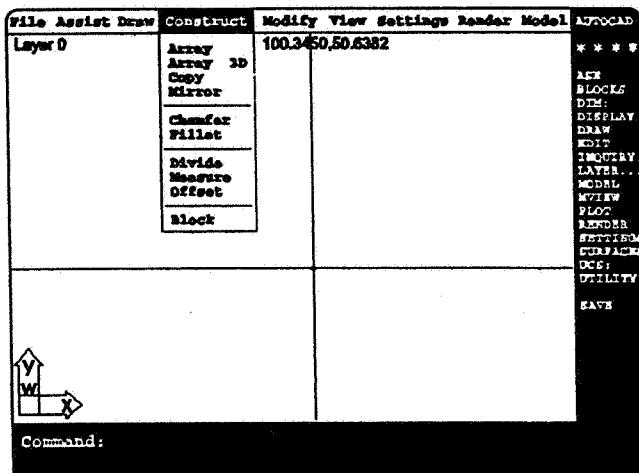


Fig. 2. La schermata principale di Autocad per DOS con i menu a rotolo.

Inserimento di coordinate

Vi sono molti modi per specificare le coordinate di un punto:

- digitare le coordinate assolute tramite tastiera;
- digitare le coordinate relative tramite tastiera;

A U T O C A D

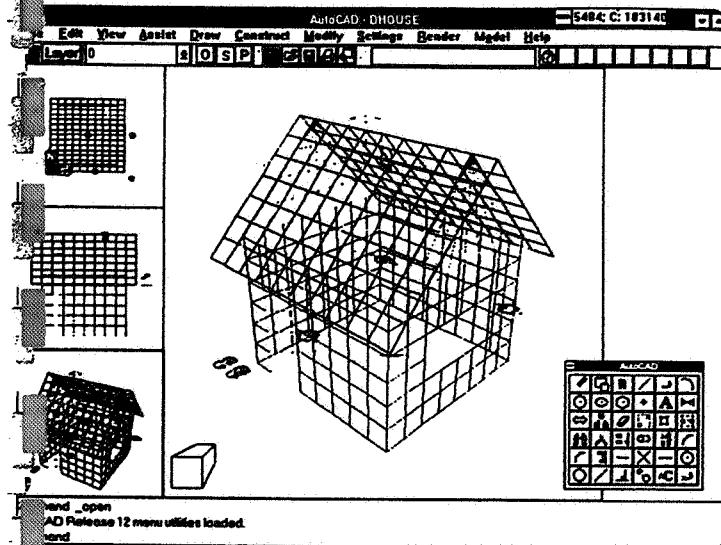


Fig. 3. La schermata principale di Autocad per Windows.

- selezionare un punto sullo schermo con il dispositivo di puntamento oppure usando i tasti direzionali della tastiera;
 - servirsi dello *snap ad oggetto* per specificare un punto relativo ad un'entità già esistente;
 - Servirsi di una combinazione di questi metodi utilizzando filtri che compongono un punto partendo da diverse specifiche.

Coordinate assolute

Sono le coordinate che si riferiscono al sistema di riferimento corrente. È possibile immettere delle coordinate assolute utilizzando uno dei quattro formati:

- a) coordinate cartesiane
 - b) coordinate polari
 - c) coordinate cilindriche
 - d) coordinate sferiche

Coordinate cartesiane

È possibile specificare un punto digitando dalla tastiera i valori di X, Y e Z (in notazioni decimali, frazionarie o scientifiche) separati da una virgola. Ad esempio, per specificare un punto con una coordinata X di 3, una coordinata Y di 3 e una coordinata Z di 5.5 basta digitare (fig. 4):

3.3.5.5

Se si omette il valore Z, questo assume l'elevazione corrente.

Coordinate polaris

È possibile specificare un punto digitando la sua distanza dall'origine del sistema di coordinate corrente ed il suo angolo nel piano XY separato dal simbolo <. Per specificare, ad esempio, un punto ad una distanza di 8.5 unità di disegno dall'origine ad un angolo di 45 gradi relativi all'asse X (nel piano XY), basta digitare:

8.5<45

La linea ottenuta sarà quella visibile in figura 5; normalmente Autocad specifica gli angoli in gradi decimali. Si ha:

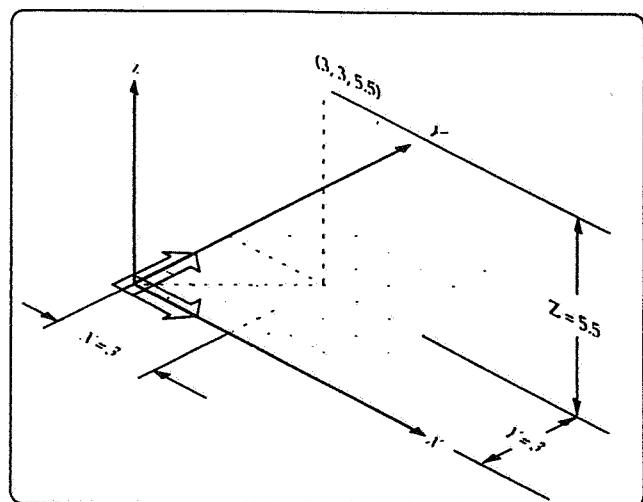


Fig. 4. Inserimento di coordinate cartesiane.

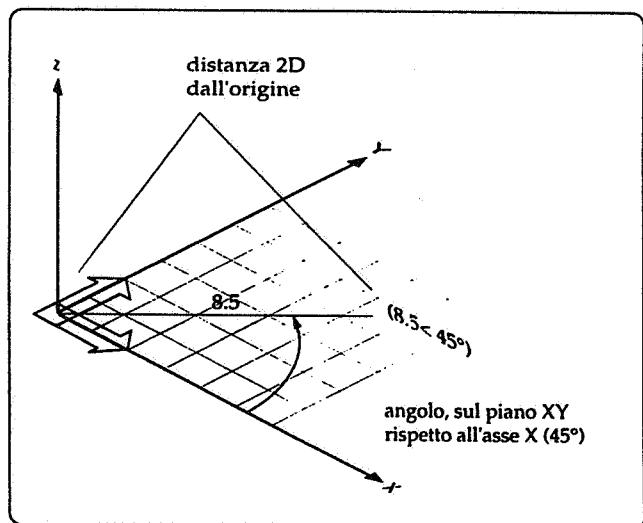


Fig. 5. Inserimento di coordinate polari.

però la possibilità di specificare un angolo in gradi centesimali, radianti, in gradi, minuti e secondi e in unità topografiche.

Quando si ricorre ad un angolo per specificare una direzione, bisogna ricordare che viene applicata questa convenzione: gli angoli aumentano in senso antiorario e zero gradi si trova immediatamente a destra (est) del punto iniziale, come mostra la figura 6. La direzione dell'angolo zero gradi e il senso nel quale l'angolo aumenta possono essere modificati mediante il comando **UNITS** oppure **DDUNITS**.

Coordinate cilindriche

Il formato del punto cilindrico è una variante 3D del formato polare. Il punto viene specificato dalla sua distanza dall'origine degli assi, il suo angolo nel piano XY ed il suo valore Z. La distanza e l'angolo vengono separati dal simbolo <, e l'angolo e il valore Z da una virgola. Ad esempio,

A U T O C A D

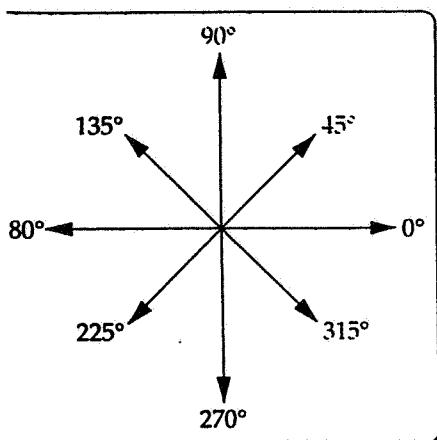


Fig. 6. Specificazione degli angoli.

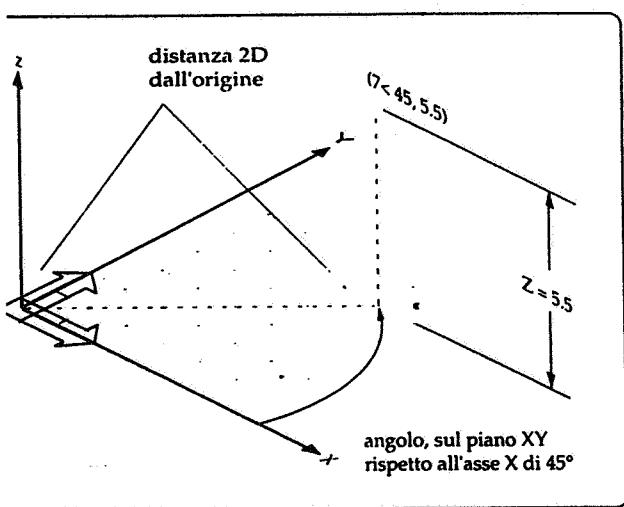


Fig. 7. Specificazione delle coordinate cilindriche.

Per specificare un punto ad una distanza di 7 unità di disegno dall'origine, ad un angolo di 45 gradi relativi all'asse X nel piano XY e con la coordinata Z 5,5, basta digitare:

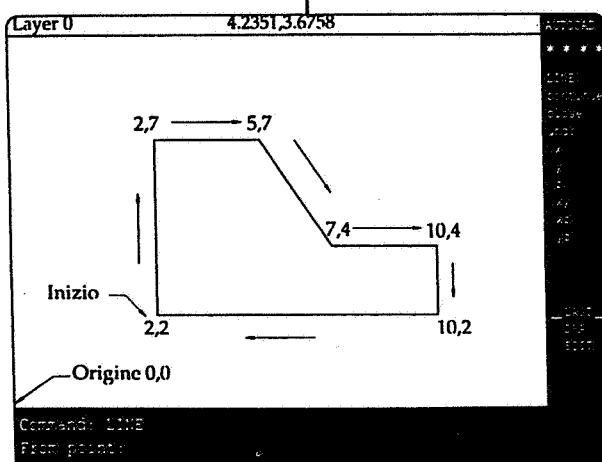
7<45.5.5

La figura 7 illustra la specificazione delle coordinate cilindriche.

Coordinate sferiche

Il formato del punto sferico è un'altra variante 3D del formato polare. Utilizzando questo formato, un punto viene specificato dalla sua distanza dall'origine del sistema di coordinate corrente, dal suo angolo nel piano XY e dal suo angolo rispetto al piano XY, ogni valore separato con il simbolo <.

Ad esempio, per specificare un punto alla distanza di 9 unità di disegno dall'origine ad un angolo di 45 gradi dall'asse



The diagram shows a vertical dashed line representing the Z-axis. A horizontal dashed line represents the XY-plane. A solid line segment connects the origin to a point in the first quadrant. The angle between the vertical Z-axis and this line segment is labeled as 45°. The angle between the XY-plane and this line segment is labeled as 38°.

Fig. 8. Specificazione delle coordinate sferiche.

X {nel piano XY} e ad un angolo di 38 gradi rispetto al piano XY, basta digitare (fig. 8):

9<45<38

Coordinate relative

Come è stato illustrato in precedenza, le coordinate assolute sono relative all'origine corrente. Se si desidera specificare un punto come sfasamento dall'ultimo punto specificato, basta digitare @ prima delle specificazioni seguenti. Se l'ultimo punto specificato era (10,6,4), si può digitare:

@2.5,-1.3,1.5

che equivale alla specificazione delle coordinate assolute (12.5,4.7,5.5).

Con le coordinate relative, una coordinata Z non definita è pari a zero. Nonostante questo, se l'ultimo punto specificato era (10,6,2) le coordinate relative @2.5,1.3 sarebbero equivalenti alle coordinate assolute (12.5,4.7,2), indipendentemente dall'elevazione corrente.

È possibile utilizzare un qualsiasi formato di coordinate assolute (cartesiano, polare, sferico o cilindrico) per la specificazione relativa. Ad esempio, se l'ultimo punto specificato era (10 6 2), l'immissione:

@0.3

oppure

@3<90

corrisponderebbe alle coordinate assolute (10, 9, 2).

Fig. 9. Coordinate assolute; immettete le seguenti sequenze di comandi:

Command: Line
From point: 2,2
To point: 2,7
To point: 5,7
To point: 7,4
To point: 10,4
To point: 10,2
To point: C,

A U T O C A D

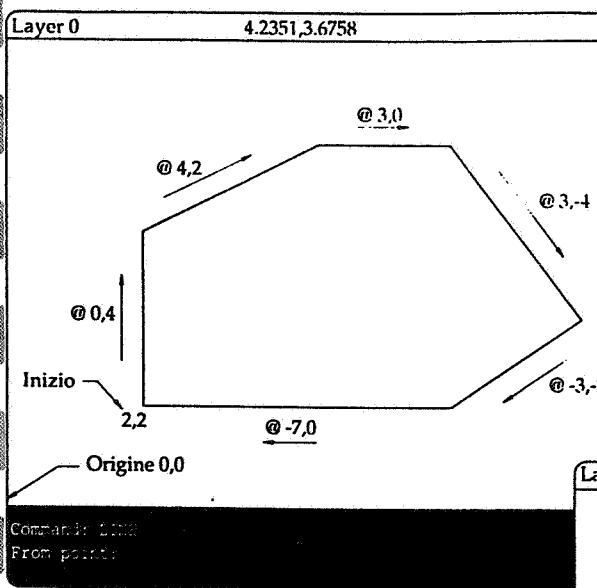


Fig. 10. Coordinate relative; immettete le seguenti sequenze di comandi:

Command: Line
From point: 2,2
To point: @0,4
To point: @4,2
To point: @3,0
To point: @3,-4
To point: @-3,-2
To point: @-7,0
To point: Enter

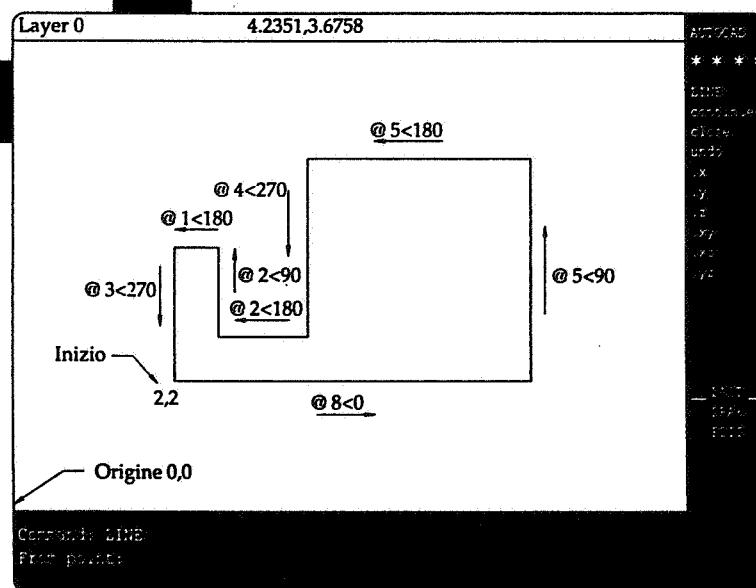


Fig. 11. Coordinate polari; immettete le seguenti sequenze di comandi:

Command: Line
From point: 2,2
To point: @8<0
To point: @5<90
To point: @5<180
To point: @4<270
To point: @2<180
To point: @2<90
To point: @1<180
To point: @3<270
To point: Enter

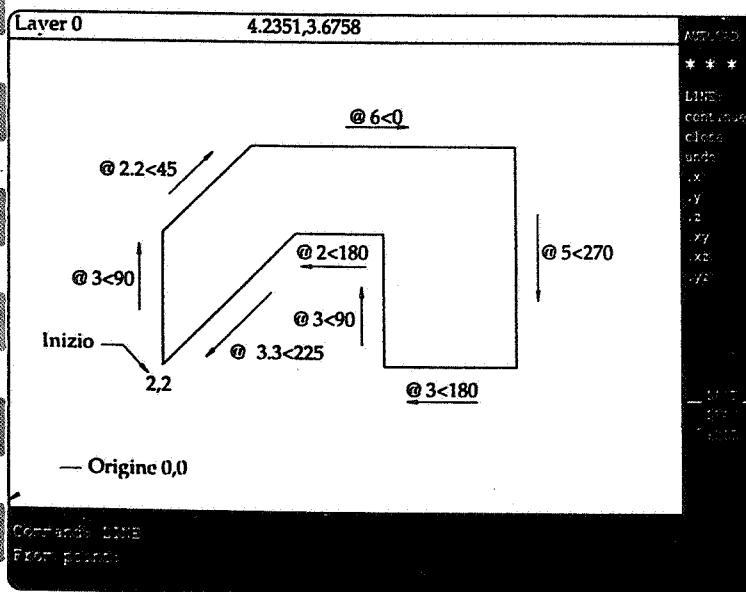


Fig. 12. Coordinate combinate; immettete le seguenti sequenze di comandi:

Command: line
From point: 2,2
To point: @3<90
To point: @2.2<45
To point: @6<0
To point: @5<270
To point: @3<180
To point: @3<90
To point: @2<180
To point: @3.3<225
To point: Enter

A U T O C A D

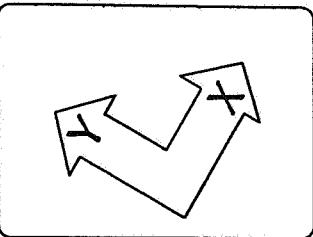
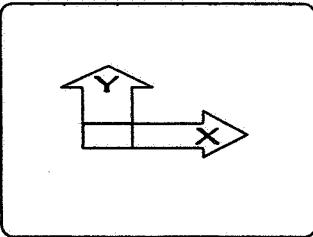
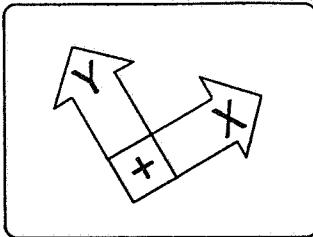
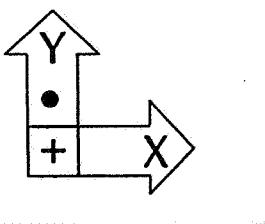


fig. 13. Varie forme dell'icona nel sistema di riferimento.

Ultime coordinate

L'immissione di @ rappresenta un'abbreviazione per la specifica "@0,0,0", oppure per la specifica polare @0<angolo" ad indicare una traslazione 0 rispetto all'ultimo punto. Ad esempio, se l'ultimo punto specificato era 5,5,5), con @ si specificherebbe ancora lo stesso punto 5,5,5). Autocad memorizza le coordinate 3D X,Y,Z dell'ultimo punto immesso.

La componente Z viene utilizzata solo se il comando corrente accetta l'immissione di punti tridimensionali.

I Sistema di Coordinate Globali

Autocad si serve di un sistema di coordinate cartesiane fisse, che chiameremo **Sistema di Coordinate Globali (WCS = World Coordinate System)** che è fisso e non può essere modificato. È possibile però creare un sistema di coordinate arbitrario chiamato **Sistema di Coordinate Utente (UCS = User Coordinate System)** all'interno del sistema di coordinate globali. L'origine del nuovo sistema di coordinate può essere collocata dove si vuole nel sistema di coordinate globali, gli assi possono essere girati e ruotati a piacimento.

Non esiste limite al numero di sistemi di coordinate utente che possono essere utilizzati in un disegno.

Un sistema di coordinate utente può essere utilizzato sia per applicazioni bidimensionali che tridimensionali. Ad esempio, modificando l'origine e ruotando il piano XY attorno all'asse Z, si può stabilire un sistema di coordinate per ogni locale di una pianta d'interni, indipendentemente dalla posizione in cui si trova ogni singolo locale. Per facilitare il controllo dei diversi sistemi di coordinate definiti nel disegno, è stata introdotta un'icona del sistema di coordinate. Tale icona mostra l'orientamento dell'UCS corrente indicando la direzione positiva degli assi X e Y.

Nella figura 13 sono riportati alcuni esempi dell'aspetto che può assumere un'icona del sistema di coordinate e del tipo di informazioni che può trasmettere. Se il sistema corrente è il Sistema di Coordinate Globali, sul lato indicante l'asse Y dell'icona appare una W. Se l'icona è collocata all'origine dell'UCS corrente, alla sua base appare un +. Alla base del segnalatore appare un quadrato se si sta visualizzando l'UCS dall'alto (la sua direzione Z positiva).

Se si guarda all'UCS corrente lateralmente, in modo che uno degli assi risulti invisibile (o formi con un altro asse un angolo di visuale inferiore ad un grado), l'icona viene sostituita da una matita spezzata che indica l'impossibilità di definire punti tramite puntamento (fig. 14).

Autocad adotta la convenzione della mano destra, illustrata nella figura 15 per definire i sistemi di coordinate. Il significato di questa convenzione è spiegabile se si pone la

mano destra vicino allo schermo, si estende il pollice in direzione dell'asse X positivo e si punta l'indice nella direzione dell'asse Y positivo. Questa è approssimativamente la posizione dell'asse Z positivo.

Coordinate globali

Come già accennato, i punti sono espressi relativamente al Sistema di Coordinate Utente (UCS) corrente. Autocad dispone però di un dispositivo per permettere l'immissione di punti nelle coordinate globali (WCS).

Basta aggiungere un asterisco (*) davanti alla componente X. Ad esempio:

*3,4,5

rappresenta il punto (3,4,5) nel Sistema di Coordinate Globali, indipendentemente dal Sistema di Coordinate Utente corrente.

Analogamente, le coordinate cilindriche:

*92<45,2

specificano il punto 92 unità dall'origine del sistema globale, ad un angolo di 45 gradi dall'asse X (nel piano XY) e con il valore Z pari a 2. Questo modo globale è valido anche per le coordinate relative. Ad esempio:

@*0,1,5,0

e

@*1.5<90

rappresentano entrambi uno sfasamento di 1.5 unità dall'ultimo punto, in una direzione parallela all'asse Y. Si noti che l'asterisco deve seguire il simbolo @.

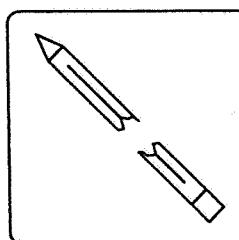


Fig. 14. Icona del sistema di riferimento a "matita spezzata".

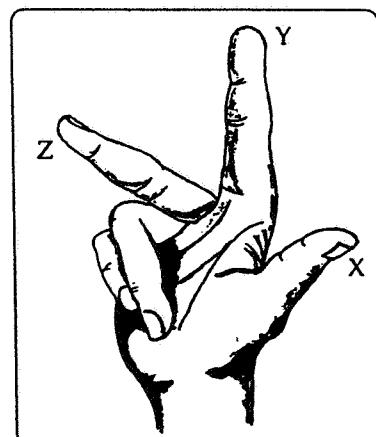


Fig. 15. La regola della mano destra per definire il sistema di coordinate.

A U T O C A D

Unità di disegno e scale

La distanza fra due coordinate viene misurata in unità. Quindi, una linea disegnata fra i punti (1, 1) e (1, 2) è lunga 1 unità, come anche una linea disegnata fra i punti (1, 1, 0) e (1, 1, 1).

Naturalmente è possibile fornire le coordinate di un punto con numeri decimali: la base di dati grafica di Autocad memorizza fino a 14 cifre significative per ogni punto.

Un'unità può corrispondere a qualsiasi tipo di misura richiesta dal disegno; può essere in centimetri, in millimetri, in pollici, in piedi, ecc.. Si può così disegnare usando unità del mondo reale, evitando errori di conversione. Quando il disegno è terminato, è possibile stamparlo nella scala desiderata.

Autocad consente di scegliere tra vari formati per la visualizzazione e l'immissione di coordinate e distanze. Per esempio, si può scegliere la notazione decimale, frazionaria, architettonica, scientifica e anche formati ingegneristici. Lo stesso vale per gli angoli, i gradi decimali sono la norma, ma si possono scegliere gradi centigradi, radianti, o unità topografiche.

Limiti ed estensione del disegno

Il programma Autocad presuppone che si stia disegnando in un'area rettangolare. I limiti del disegno sono appunto i lati di questo rettangolo in termini di coordinate di disegno. È possibile selezionare un limite qualsiasi. Supponiamo di voler disegnare un componente di 150 millimetri d'altezza per 250

millimetri di larghezza. Possiamo dare all'unità di disegno il valore di 1 millimetro e far corrispondere l'angolo a sinistra in basso del circuito stampato alle coordinate (0,0). Possiamo quindi impostare i limiti del disegno col comando LIMITS:

```
ON/OFF/<lower left corner> 0,0 Upper right corner  
300,200
```

È comunque possibile cambiare questi limiti qualora ci si accorga che sono troppo restrittivi per il disegno che si sta creando. Esiste anche la possibilità di disattivare del tutto il verificatore limiti di Autocad.

L'estensione del disegno è definita come la grandezza corrente del disegno e mostra l'area nella quale al momento sono contenute informazioni grafiche. Se si immaginano una serie di rettangoli che circondano le entità del disegno, l'estensione propria del disegno sarà definita dal rettangolo più piccolo all'interno del quale trovano posto tutte le entità.

Entità di disegno

Con entità del disegno si intendono elementi predefiniti che possono essere inseriti nel disegno con un solo comando. Linee, archi e cerchi sono le entità utilizzate più frequentemente. Testi, attributi e quotature sono altrettante entità di uso corrente. I tipi di entità forniti dal programma Autocad sono (fig. 16):

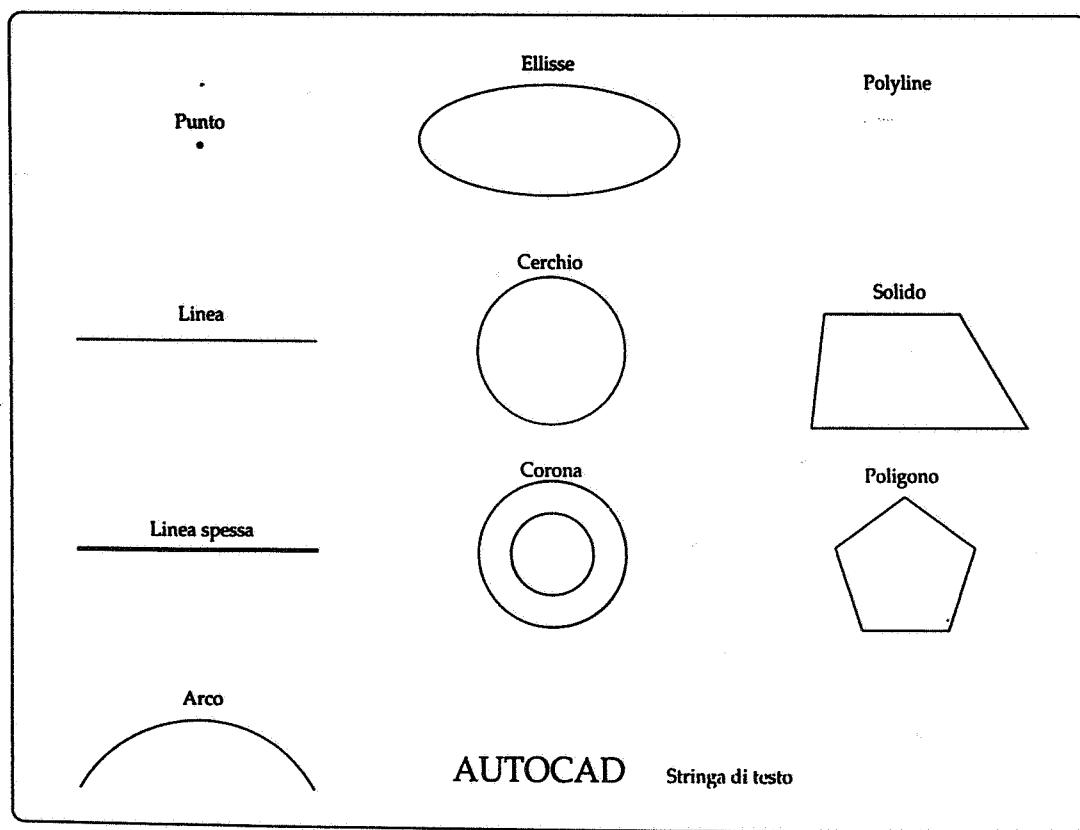
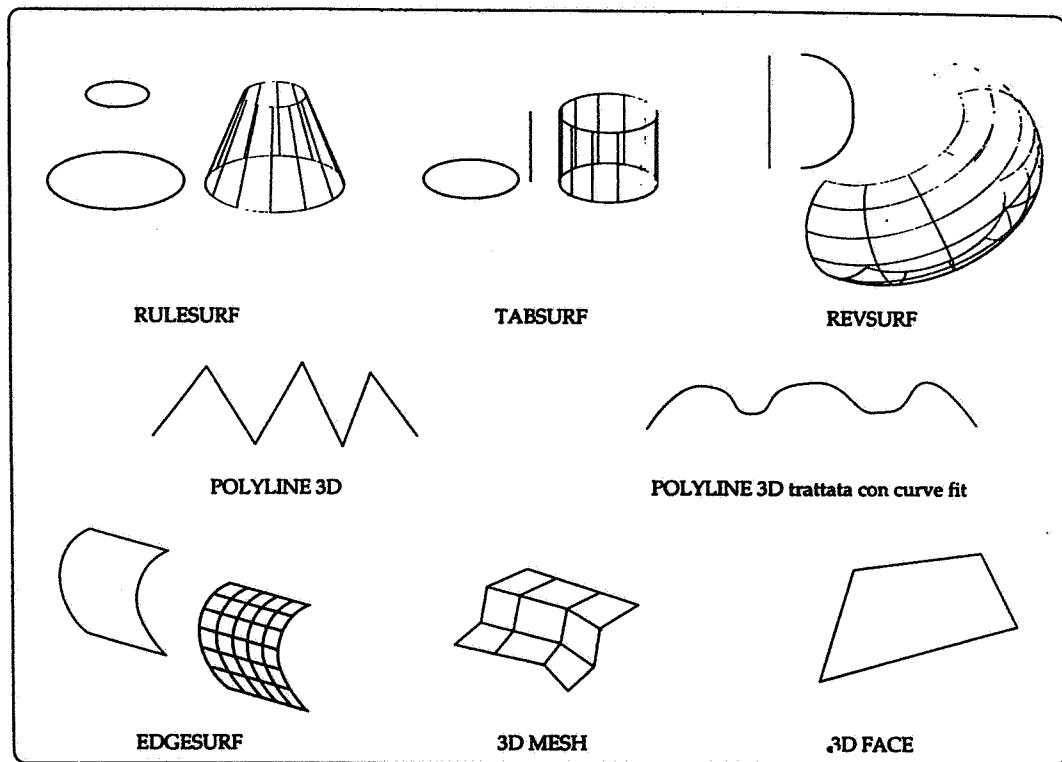


Fig. 16. Le principali primitive o entità di Autocad.

AUTOCAD

Fig. 17. Le entità di Autocad per il disegno tridimensionale per superfici.



Linee, Archi e Cerchi

Quando si disegna un segmento di linea si possono fornire sia coordinate bidimensionali (x,y) che tridimensionali (x,y,z).

Linee, archi e cerchi possono essere disegnati con vari metodi e vari tipi di linea. Le entità punto possono essere disegnate utilizzando sia coordinate bidimensionali che tridimensionali.

Testo

È possibile scrivere righe di testo con una pluralità di caratteri (*fonts*) differenti e variarne le dimensioni e l'inclinazione. Si possono creare stili di testo servendovi delle funzioni e dei comandi di Autocad.

Tracce

Le tracce sono linee bidimensionali con superficie piena e spessore definibile.

Solidi

I poligoni sono oggetti bidimensionali a più lati lati con superficie piena.

Blocchi, attributi

I blocchi sono oggetti composti formati da gruppi di entità. Gli attributi aggiungono a blocchi informazioni testuali costanti o variabili.

Quotature

Le quotature sono entità composte dello stesso genere dei blocchi, comprendenti linee, archi, frecce e un testo.

Polilinee

Le polilinee sono formate da linee bidimensionali o segmenti di arco, con tipi di linea, larghezza variabili. Attraverso semplici comandi è possibile costruire ellissi, poligoni regolari, cerchi pieni e anelli a partire da polilinee.

Polilinee 3D

Si tratta di oggetti tridimensionali composti da segmenti di retta (non è possibile servirsi di archi o tipi di linea differenti).

Facce 3D

Si tratta di sezioni planari a tre o quattro lati. Possono essere combinate per costruire oggetti più complessi.

Reti 3D (3DMesh)

Si tratta di reti poligonali tridimensionali di geometria rettangolare. È possibile specificare le dimensioni della fetta e la posizione dei suoi vertici. Vengono forniti comandi per la costruzione di superfici rigate, di rivoluzione e cilindri orientati.

Polireti (Polimesh)

Le polireti sono delle reti poligonali di geometria arbitraria. Una polirete si crea definendo i vertici e le facce composte da questi vertici. Definire una polirete permette di evitare la creazione di molte facce 3D senza rapporto con i vertici coincidenti.

A U T O C A D

Proprietà delle entità

Ad ogni entità può essere assegnata un'elevazione (una distanza sull'asse Z al di sopra o al di sotto del piano XY dell'UCS corrente). Inoltre è possibile dare a molte entità uno spessore, il che significa che possono essere innalzate di un certo valore. È possibile innalzare entità solo in direzione positiva sull'asse Z (direzione d'estensione) dell'UCS nel quale è stata creata.

Per controllare quale sia la direzione positiva dell'asse Z, si usa la convenzione della mano destra.

Colori e tipi di linea

Ad ogni entità possono essere associati un colore e un tipo di linea.

Il colore ha un numero da 1 a 255 e definisce il colore con cui gli elementi vengono disegnati sullo schermo grafico (fig. 19). Il tipo di linea è una sequenza di segmenti, spazi e punti.

Usando queste proprietà, si possono mettere in evidenza dettagli importanti e modifiche recenti, o indicare relazioni tra entità.

Ai primi numeri di colore sono stati assegnati dei nomi standard; si tenga però presente che i colori effettivamente visualizzati dipendono dal tipo di monitor a disposizione. Nel caso dei monitor monocromatici, i numeri di colore non hanno alcun effetto sullo schermo. Tuttavia, l'uso di numeri di co-

DASHED	
HIDDEN	
CENTER	
PHANTOM	
DOT	
DASHDOT	
BORDER	
DIVIDE	
CONTINUOUS	
codice colore nome	
1	rosso
2	giallo
3	verde
4	ciano
5	blu
6	magenta
7	nero
8	grigio
9	rosso intenso
10	giallo intenso
11	verde intenso
12	ciano intenso
13	blu intenso
14	magenta intenso
15	grigio intenso

lore ha un senso anche se il monitor è monocromatico; quando si invia l'output ad un plotter multiplenne, si può assegnare a ciascun numero di colore una penna diversa o un'altra larghezza di pennino.

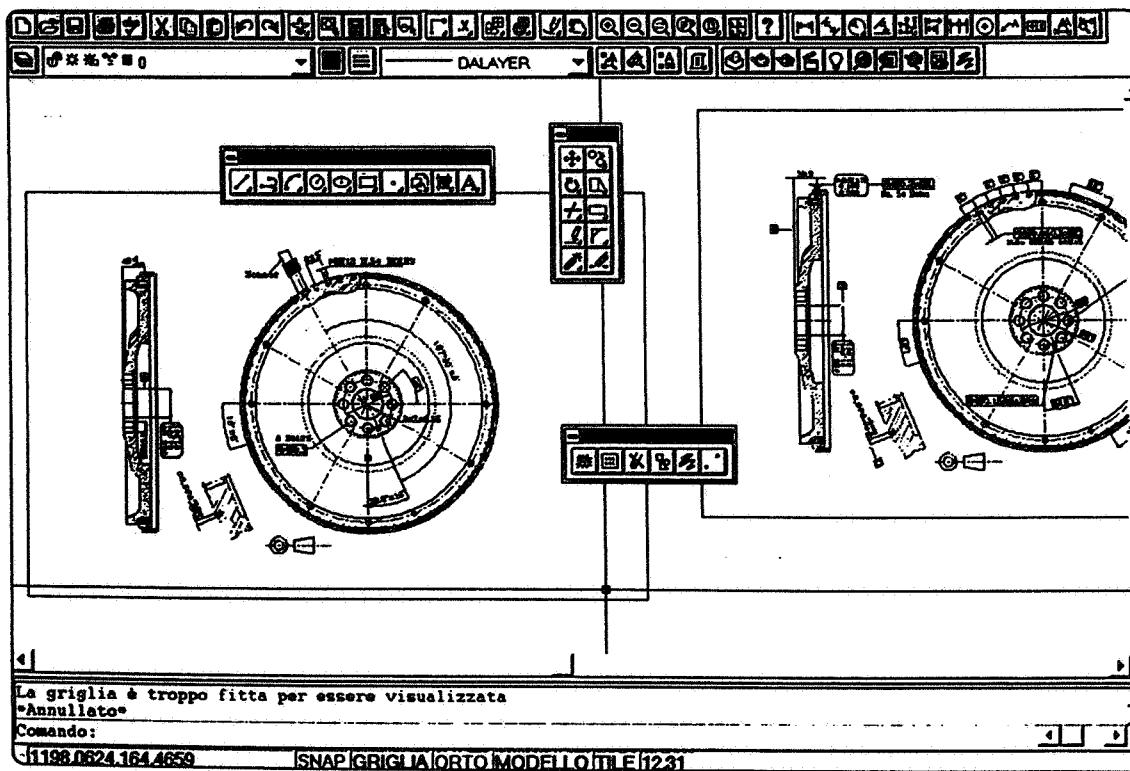


Fig. 19. La schermata principale di AutoCAD 13.

norme e strumenti per il disegno

NORMAZIONE ED UNIFICAZIONE

Nella fase artigianale della produzione di manufatti, in pratica fino alla fine del XVIII secolo, le eventuali piccole differenze dimensionali e formali fra un primo modello di riferimento (o progetto) e le sue ripetizioni costruite potevano per lo più essere trascurate, non essendovi in genere una produzione ripetitiva di pezzi da assemblare.

La produzione industriale si basa invece su un carattere iterativo, in cui ogni fase lavorativa del prodotto deve essere organizzata e controllata in maniera tale da consentire una resa sempre uguale.

Questo tipo di produzione comincia con l'800, distinguendosi in tre fasi, la prima fino alla prima guerra mondiale, con l'introduzione e lo sviluppo delle macchine, la seconda fino agli anni 60, della produzione di massa, e la terza, in cui ci troviamo, dell'automazione dei processi produttivi.

In precedenti tipi di produzione, anche se definiti di serie (lavorazioni artigianali eseguite con mezzi parzialmente meccanizzati e con la produzione di numerosi esemplari simili), il controllo della produzione era relativo, non interessando la precisa identità di ogni pezzo. Nella effettiva produzione industriale il concetto di serie riguarda non soltanto la quantità dei pezzi prodotti, ma la tipologia produttiva. I limiti di inesattezza ammissibili per i prodotti di serie sono quindi diversi da quelli relativi alla diversità dei manufatti artigianali prodotti in

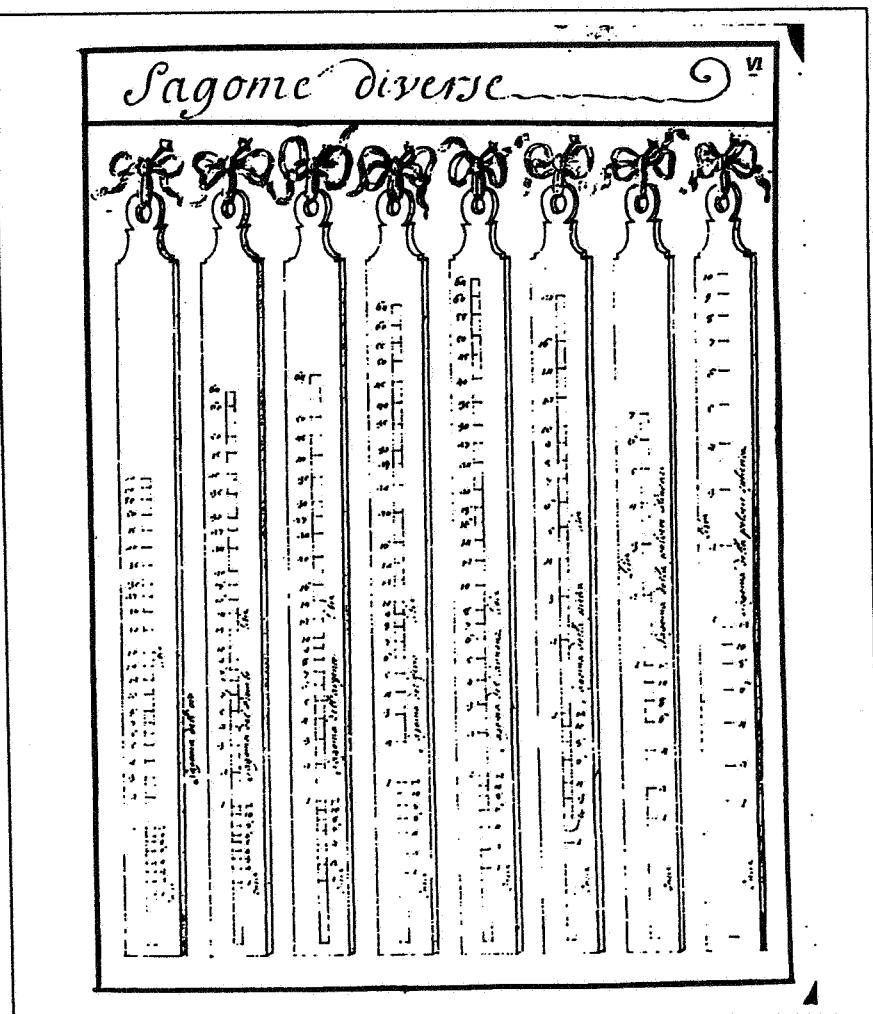


Fig. 1. Un esempio di normazione del XVIII secolo nel campo dell'artiglieria.

grande quantità (anzi in questi l'inesattezza appare spesso come un pregiro che garantisce la manualità esecutiva e l'originalità dell'oggetto).

Un altro aspetto della limitazione della variabilità ammissibile nella produ-

zione di serie industriale è che essa, oltre a costituire un dato tecnico fondamentale, pone anche dei condizionamenti formali. La macchina come strumento moltiplicatore di un dato modello richiede che questo debba essere

concepito come oggetto compiuto, che non debba subire modifiche od aggiustamenti successivi: di conseguenza deve essere definito uno *standard* o *norma campione*, al quale si fa costante riferimento.

Che cosa si intende dunque per **norma**?

Una definizione possibile è quella di «*regola che fissa le condizioni di esecuzione di un oggetto o di elaborazione di un prodotto di cui si vogliono unificare l'impiego od assicurare l'intercambiabilità*».

Insieme al termine intercambiabilità, di cui è chiaro il significato, compare quello di **unificazione**. È bene allora rivedere qualche definizione.

La **normazione** è l'azione che porta a stabilire ed applicare regole per mettere ordine in un determinato campo di attività, a vantaggio e con la collaborazione di tutti gli interessati, al fine di raggiungere un'economia generale ottimale, tenuto conto delle esigenze funzionali e di sicurezza. La normazione si basa sui risultati acquisiti dalla scienza e dalla tecnica al momento della definizione, nonché sull'esperienza di tutti gli interessati, allo scopo di fissare prescrizioni valide anche per tempi successivi e che rappresentino motivo di progresso. Oggetti tipici di normazione sono le unità di misura, i termini ed i simboli, la sicurezza delle persone e delle cose, nonché i prodotti ed i metodi (designazione, indicazioni di forma e dimensioni, limiti delle stesse, caratteristiche per definire qualità e campo di utilizzo, metodi di prova, ecc.). Dalla normazione conseguono specifiche, cioè indicazioni precise di un insieme di condizioni che devono essere soddisfatte da un determinato prodotto, materiale o processo, comprendenti i metodi di verifica delle stesse, e semplificazioni cioè riduzione del numero di tipi di prodotto in commercio al valore necessario per soddisfare le esigenze prevalenti. L'unificazione è una forma di normazione che riunisce diverse prescrizioni dimensionali o altre specificazioni, in modo da definire prodotti intercambiabili od accoppiabili, in numero relativamente ridotto di tipi e varianti (fig. 2). In realtà l'unificazione ha origini antiche: in fondo anche l'alfabeto è un codice unificato (entro certi limiti!), così come le note musicali, certi elementi architettonici. I Romani nell'ambito di territori assai vasti unificarono pesi e misure, calendario, e così via, ad esempio determinando il consumo di acqua con elementi modulari calibrati (le *fistulae*).

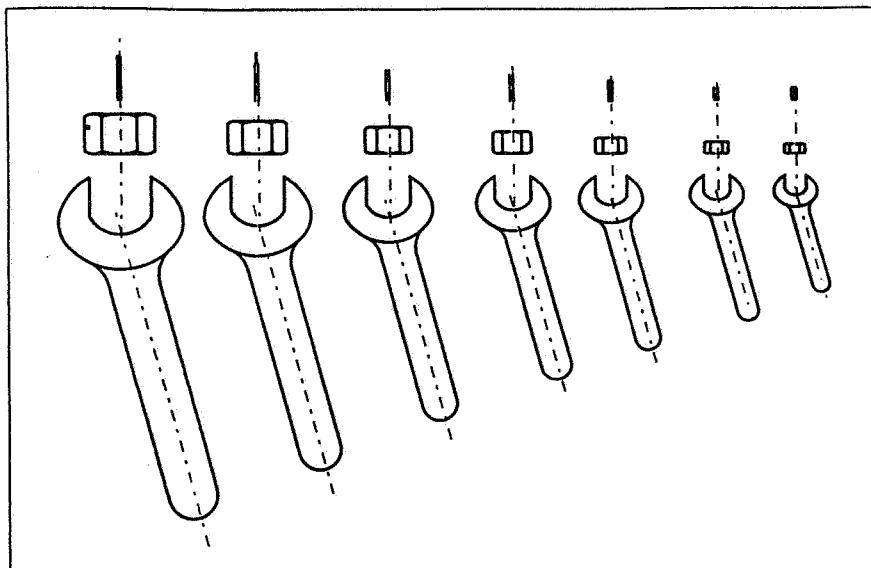


Fig. 2. L'unificazione degli elementi (dadi e spine elastiche) semplifica la disponibilità degli attrezzi (chiavi) riducendone il numero.

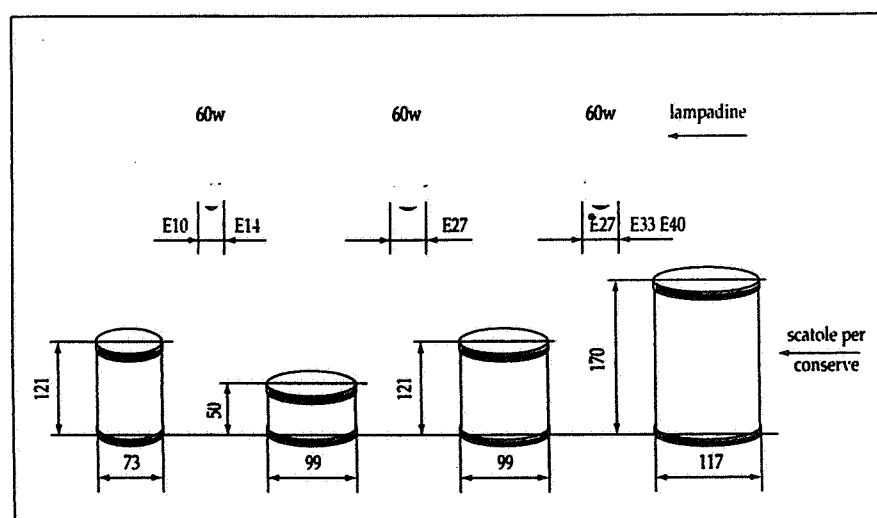


Fig. 3. L'unificazione è presente in molti aspetti della vita quotidiana.

Se torniamo agli inizi della rivoluzione industriale si pensi al sistema metrico decimale, cui seguirono verso la metà dell'800 l'unificazione delle misure elettriche o quella dei binari ferroviari. L'unificazione in campo industriale si sviluppò però dagli inizi del XX secolo, come reazione alla varietà e complessità di uno sviluppo produttivo tumultuoso. Già in precedenza vi erano stati tentativi sporadici e non coordinati di normazione ed unificazione, che hanno lasciato una traccia profonda (filettature Whitworth, coni Morse, attacchi Edison), ma soprattutto nelle industrie meccaniche ed in particolare automobilistiche si ebbe il maggior successo degli sforzi di unificazione, con immediata ricaduta negli altri settori industriali. Per opera prima di

associazioni tecniche di ingegneri e poi dei governi nacquero gli enti nazionali di unificazione, cominciando ovviamente dall'Inghilterra nel 1901. In Italia, nono paese a darsi un organismo di questo tipo, l'UNI nasceva nel 1921, con il nome di UNIM (in cui la M indicava la meccanica come settore prevalentemente interessato). Il rapido sviluppo e l'affermazione di tali organismi si deve al fatto che l'unificazione consente di ottenere sistemi più perfezionati ed economici di produzione, limitando molteplicità di tipi di prodotti con la stessa funzione, eliminando incertezze e confusione, creando le premesse per la produzione in grande serie, la collaborazione fra le varie industrie e l'abbattimento dei costi (fig. 3). Non mancano tuttavia al-

cuni inconvenienti, legati soprattutto al metodo di elaborazione della normativa. L'esigenza di una norma si fa infatti sentire nel momento in cui lo sviluppo industriale ed il progresso tecnologico hanno portato ad un'area di impiego di un prodotto o di un metodo tanto diffusa da richiedere una messa a punto valida per tutti: in altri termini una norma non può rappresentare un'innovazione, ma la presa

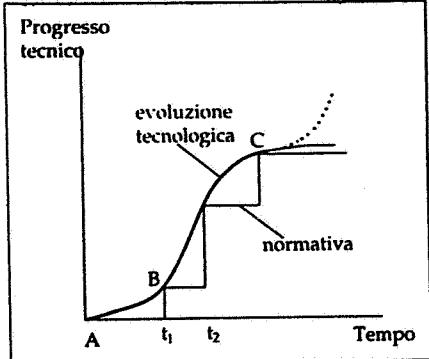


Fig. 4. Le norme inseguono lo sviluppo tecnologico.

d'atto di un'evoluzione. Per di più la preparazione della norma, in particolare se di valore internazionale, richiede tempi piuttosto lunghi, per la necessità di ripetute consultazioni fra gli interessati. Può essere utile il riferimento al diagramma, del tutto qualitativo, ma significativo, di figura 4: in esso sono riportate in ascisse i tempi (in unità a piacere, dell'ordine degli anni) ed in ordinate il progresso tecnico (posto che sia possibile definirlo con un parametro numerico) relativo ad un determinato oggetto di normizzazione. In linea di massima si può ritenere che in un primo tempo il progresso sia lento (invenzione, messa a punto, definizione), poi rapido (diffusione, miglioramenti), tendendo quindi a stabilizzarsi. La norma interviene ad un certo punto, «fotografa» la situazione e la tiene costante per un certo periodo, prende poi atto dei cambiamenti intervenuti e si modifica in relazione a questi, stabilizzandosi nella nuova posizione, ... e così via. Per ridurre lo svantaggio bisognerebbe introdurre la norma solo dopo il punto C, con il rischio di giungere in ritardo (oppure di vedere un nuovo ciclo evolutivo, linea a tratti, vanificare la scelta). È perciò evidente che un certo ritardo prima e il rifacimento periodico delle norme poi, possono essere considerati fisiologici, almeno in certi settori a più rapida evoluzione. Come illustrazione di questo discorso si riportano le riproduzioni parziali di due tavole, pubblicate ad oltre sessant'anni di distanza e riguardanti i tipi di scritte da utilizzare nel disegno tecnico (fig. 5): l'argomento non è evidentemente fra quelli più sensibili all'innovazione tecnologica, tuttavia le modifiche sono state influenzate oltre che da esigenze di maggior chiarezza e di adeguamento a riferimenti internazionali, anche da introduzione di nuovi strumenti di tracciatura e di riproduzione (microfilmatura ad es.). Ed è logico ritenere che l'uso di riproduzione su schermo elettronico dovrà in termini brevi portare ad ulteriori modifiche o aggiornamenti.

UNIM	DISEGNI TECNICI Caratteri e Cifre	2 31 Dicembre 1922
2,5	ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefhijklmnopqrstuvwxyz 1234567890 VII XI V	— 5 — 5 — 5 — 8
3,5	ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefhijklmnopqrstuvwxyz 1234567890 XI V XVII	— 8 — 8 — 16
5	ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefhijklmnopqrstuvwxyz 1234567890 XII VI II	— 8 — 8 — 10
7	ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ abcdefhijklmnopqrstuvwxyz 1234567890 XII VI	— 10 — 10 — 15
10	ABCDEFHIJKLMNOPQ..YZ 1234567890 VI XII	— 15 — 20

I caratteri massicci corrono per le letterature e i simboli: ogni massiccio per i simboli, le annotazioni ecc. — Il tipo di scrittura con caratteri più 10 mm tra i raggruppamenti di caratteri deve comprendere la scrittura minuziosa.
L'altezza delle lettere minuziose è 0,75 dell'altezza del corrispondente massiccio.
I caratteri dell'altezza 2,5 e 3,5 mm si devono riconoscere e quindi possono essere raggruppati indifferentemente in piedi o vertici.
I caratteri dell'altezza di 5 mm e oltre si riconoscono con segno "normografo".
Gli interstizi fra le lettere sono di due dimensioni per ogni tipo di scrittura. Gli interstizi minori si consigliano fra le lettere successive scritte con una medesima dimensione di caratteri; gli interstizi maggiori per le sue successive scritte con dimensioni di caratteri diverse; in tal caso, almeno al 1/2 interstizio appartenente alla dimensione maggiore di caratteri.

È consigliabile avere presenti queste norme e, soprattutto per disegni destinati a essere riprodotti, di utilizzarne una che sia di misura minima pari a 2,5 mm. In ogni caso, è importante che gli interstizi delle stesse si accorgano di essere in rapporto di 1/2, almeno allorché si applicano le norme.

DT	Scritture sui disegni e documenti relativi	Disegni tecnici Sostituzione UNIM 2	UNI 7559
Technical drawings - Writing drawings and associated documents			
La presente norma concorda con la Norma ISO 3098-1.			
Dimensioni in mm			
1. Oggetto e campo di applicazione			
La presente norma stabilisce le forme e le disposizioni delle lettere e delle cifre da impiegare nell'esecuzione dei disegni tecnici e relativi documenti. La norma si applica alla scrittura effettuata a mano libera o con macchina oppure con caratteri trasferibili o altri sistemi.			
2. Principi generali			
2.1. I requisiti richiesti alle scritture sui disegni tecnici e relativi documenti sono: — leggibilità; uniformità e omogeneità; riproducibilità nella stessa scala o in formato ridotto con qualsiasi sistema. Per soddisfare questi requisiti devono essere ripetute le prescrizioni e le specifiche contenute seguenti.			
2.2. I caratteri devono essere chiaramente distinguibili fra loro, in modo da evitare qualsiasi possibilità di confusione anche in caso di piccole riproduzioni. Pertanto, è opportuno che fra il tratto e il fondo del segno (preferibilmente con superficie speculare) esista un buon contrasto.			
2.3. La spazio fra ciascun carattere deve essere di almeno due volte la grossezza di cui la linea, in quanto necessario sia nei procedimenti di stampa, sia in molti sistemi di riduzione (vedere fig. 1 e i pregevoli I e III). Nel caso della stampa della linea di due caratteri adiacenti da diversa natura deve essere di almeno due volte la grossezza della linea più grande. Questa regola deve essere osservata anche nella composizione di disegni o documenti per i quali non è prevista la microfilmatura.			
2.4. La grossezza della linea da impiegare per i caratteri — massiccio dove essere leggibile e quello dei caratteri minuziosi in modo da facilitare la scrittura.			
3. Proporzionamento della scrittura			
Il proporzionamento deve essere effettuato secondo le seguenti prescrizioni (vedere anche figura).			
3.1. L'altezza <i>h</i> si assume come elemento base per il dimensionamento della scrittura.			
3.2. I valori delle altezze <i>h</i> , espressi in millimetri, da impiegare sono i seguenti:			
3.3. Le altezze <i>h</i> e <i>c</i> , rispettivamente delle lettere maiuscole e di quelle minuscole, non devono essere minori di 2,5 mm. Però, usando assieme caratteri maiuscole e minuscole, quando l'altezza <i>c</i> è 2,5 mm le lettere minuscole si attribuisce il valore minimo di 2,5 mm, l'altezza <i>h</i> deve essere al 3,5 mm.			
<small>La norma UNI 7559 sono ragionevoli anche noncuranti, cioè se non si utilizzano, una o più dimensioni indicate nel testo "ragionevoli". È importante tuttavia che gli interstizi delle stesse si accorgano di essere in rapporto di 1/2, almeno allorché si applicano le norme.</small>			

Fig. 5. Norme relative ai caratteri impiegati nei disegni.

NORMAZIONE OGGI

In base a quanto detto finora è evidente che la normazione implica il superamento dei confini nazionali e contemporaneamente i limiti di questo o quel settore produttivo per estendere la sua influenza su tutti gli aspetti della vita quotidiana, passando dalla semplice definizione di aspetti dimensionali, attraverso la regolamentazione di procedure e controlli fino a definire le prestazioni di prodotti e processi (fig. 6).

La normazione, o standardizzazione (calco del termine inglese *standardization*), ha acquistato un peso ed un'autorità crescente anche con lo sviluppo dei concetti di qualità totale e di soddisfazione e tutela del consumatore. L'evoluzione ha portato ad una nuova definizione della norma, vista ora come «documento, elaborato con il consenso degli interessati ed approvato da un organismo ufficialmente riconosciuto, che fornisce regole, indicazioni e caratteristiche, relative a determinate attività ed ai loro risultati

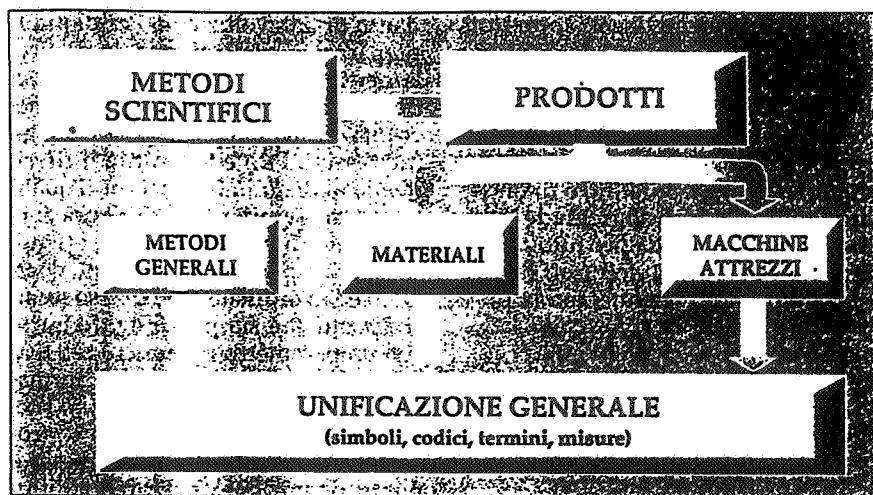


Fig. 6 Livelli di normazione.

allo scopo di ottenere il miglior ordine in un determinato contesto, per usi comuni e ripetuti».

L'organismo che coordina l'attività di normazione a livello mondiale, l' ISO (*International Organization for Standardization*), a sua volta definisce la normazione stessa come «attività svolta per stabilire, relativamente a problemi effettivi e potenziali, disposizioni per

gli usi comuni e ripetitivi, miranti ad ottenere l'ordine migliore in un determinato contesto».

La Comunità Europea ha individuato fra le barriere da eliminare come ostacoli all'integrazione continentale quelle «tecniche», dovute a norme e regolamentazioni diverse nei vari stati. Di conseguenza gli stati europei sono impegnati ad armonizzare le norme esistenti, facendo riferimento ad una normazione internazionale elaborata in particolare dal CEN (*Comité Européen de Normalisation*).

Nell'ambito di questo argomento è mantenuta una differenza fra *regole tecniche*, specifiche particolari la cui osservanza è obbligatoria nell'interesse della salute e della sicurezza dei cittadini e che vengono emanate dalle Pubbliche Amministrazioni, e *norme tecniche*, emanate dagli Enti normatori, tenuto conto del livello tecnologico, la cui osservanza è volontaria ma che garantisce per chi la osserva il riconoscimento di conformità alle direttive che ne autorizzano la circolazione sul mercato (fig. 7). Riassumendo, si possono incontrare i documenti seguenti:

- *specifica tecnica*, prescrive i requisiti richiesti a prodotti, processi o servizi,
- *codice di pratica*, raccomanda regole e procedure per progettare, costruire, controllare ed usare prodotti od apparecchiature,
- *norma*, già definita in precedenza, può comprendere un codice di pratica o coincidere con esso,
- *regola tecnica* (o regolamento, *regulation*), emanata da una Pubblica Autorità, può comprendere norme, specifiche tecniche, codici di pratica, e va obbligatoriamente osservata.

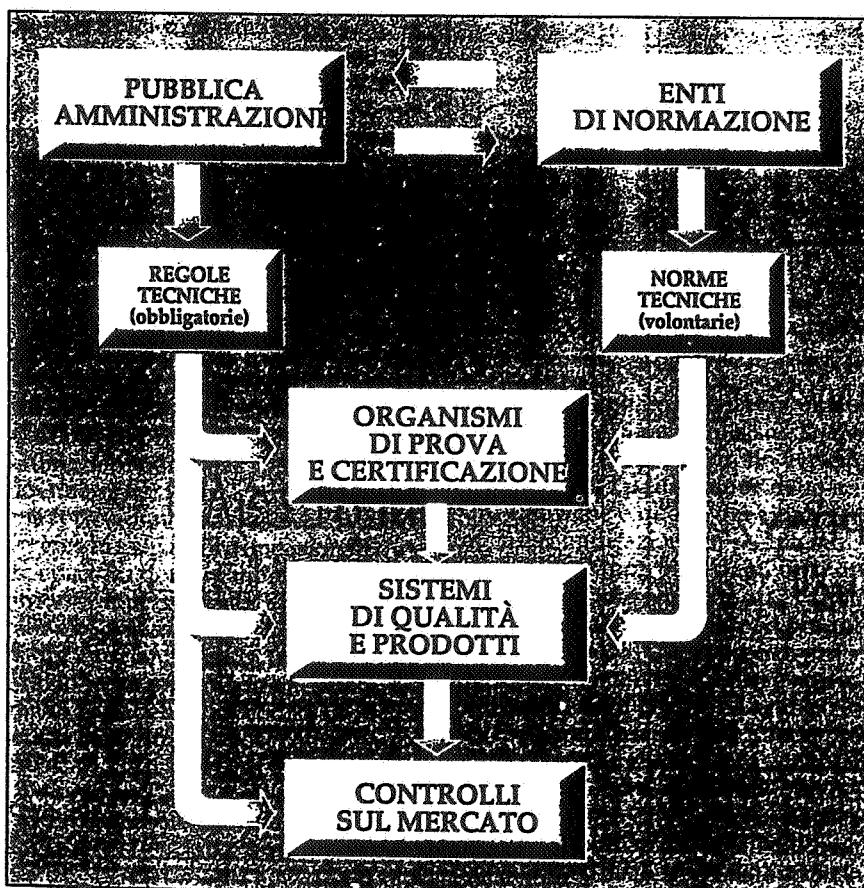


Fig. 7 Schema di interazione fra enti preposti alla regolamentazione.

Tab. 1.



Fig. 8 Territorio di azione degli enti normatori.

Gli Enti normatori, più volte citati, ISO, UNI, CEN, (fig. 8), sul cui sviluppo storico si è già fatto qualche cenno, sono indicati nella tabella 1 insieme ad altri enti di singoli paesi cui talvolta si fa riferimento in particolari settori ad esempio, le sigle DIN o ASA sono familiari agli appassionati di fotografia, SAE a chi richieda un lubrificante per auto o AISI per chi scelga un acciaio inossidabile.

Si noti che, per motivi storici, la normazione in campo elettrico è affidata ad enti specifici (CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, CENELEC e IEC rispettivamente per l'Italia, l'Europa ed il mondo) che operano in stretta coordinazione con i precedenti.

Gli enti operano concretamente attraverso segreterie, commissioni e gruppi di lavoro per temi e settori specifici: le Commissioni dell'UNI e gli Enti federati, relativi a particolari settori produttivi, sono indicati nella tabella 2.

L'elenco in pratica indica gli attuali settori di attività, che potranno ovviamente cambiare od aumentare secondo nuove necessità.

ENTI DI NORMAZIONE	
a livello mondiale:	
ISO	<i>International Standards Organization</i> , elabora e pubblica norme tecniche internazionali e coordina le attività normative nazionali, con scambio di informazioni e stesura di raccomandazioni per l'armonizzazione delle prescrizioni fra gli stati aderenti all'organizzazione (76 nel 1994), operando con comitati e sottocomitati tecnici e gruppi di lavoro.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> , dal 1906 cura la normativa nel settore elettrico.
a livello europeo:	
CEN	<i>European Committee for Standardization</i> , Comitato Europeo di Normazione, nato nel 1961, fra 18 paesi europei (aderenti alla CEE ed all'EFTA), pianifica, redige e adotta le norme europee EN.
CENELEC	Comitato Europeo per la Normazione Elettrotecnica, dal 1973 ha operato con successo per la creazione di norme comuni fra i citati 18 paesi nel settore dell'elettrotecnica.
ETSI	<i>European Telecommunication Standards Institute</i> , è attivo dal 1988 per l'elaborazione di norme europee nel campo delle telecomunicazioni
a livello di singole nazioni, in Italia...	
UNI	<i>Ente Nazionale Italiano di Unificazione</i> , elabora le norme italiane, collabora con gli enti normatori internazionali, concede l'eventuale marchio UNI a prodotti conformi a determinate norme.
CEI	<i>Comitato Elettrotecnico Italiano</i> , opera in analogia e collaborazione con l'eventuale marchio UNI, per il settore elettrico.
... e in altri paesi:	
AFNOR	<i>Association Française de Normalisation</i> , emana le norme NF (Normalisation Française).
BS	British Standards sono invece le norme emesse in Gran Bretagna dalla British Standards Institution.
DIN	<i>Deutsche Industrie Normen</i> , sono quelle pubblicate in Germania dall'omonimo ente, spesso fonte di riferimento per molti altri paesi.
ANSI	<i>American National Standards Institute</i> (che ha sostituito con maggior autorevolezza l'ASA, American Standards Association), negli Stati Uniti d'America emana norme che spesso si basano su corrispondenti specifiche elaborate da associazioni tecniche di categoria, fra cui se ne ricordano alcune, assai citate anche a livello internazionale (dal nome è facilmente individuabile il settore di competenza):
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
AWS	<i>American Welding Society</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>

Tab. 2.

UNI ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE	
LE COMMISSIONI DELL'UNI	
Acustica	Saldature
Alimenti e bevande	Segni grafici e segnaletica
Ambiente	Servizi e attività commerciali e artigiane
Apparecchiature e attrezzi per uso medico	Sicurezza
Apparecchi di sollevamento e relativi accessori	Trasmissioni oleo-idrauliche e pneumatiche
Applicazioni dell'illuminotecnica	Trasporti interni
Carta	Tribologia
Ceramiche e tecniche avanzate	Uni-Cei - Metrologia generale
Colorimetria	Uni-Cei-Cnr Normative quadro per le attività o di certificazione
Comportamento all'incendio	Unificazione dell'utensileria per lavorazioni meccaniche
Container	Valvole industriali
Costruzioni stradali e opere civili delle infrastrutture	Ventilatori industriali
Disegni tecnici e documentazione tecnica dei prodotti	Vetro
Documentazione, informazione automatica, micrografia	Vibrazioni
Edilizia	
Energia nucleare	GLI ENTI FEDERATI ALL'UNI
Ergonomia	CIG comitato italiano gas
Gemmologia	CTI comitato termotecnico italiano
Gomma	CUNA commissione tecnica di unificazione dell'autoveicolo
Gráfica	STANIMUC servizio tecnico autonomo normalizzazione italiana macchine utensili e collaudi
Imballaggi	UNAVIA commissione tecnica di unificazione nell'aeronautica
Impianti e attrezzi sportivi e ricreativi	UNICEMENTO ente di normazione dei leganti idraulici malte calcestruzzi cemento armato
Informatica medica	UNICHIM associazione per l'unificazione nel settore dell'industria chimica
Ingegneria strutturale	UNIFER ente nazionale di unificazione del materiale ferrotranviario
Legno	UNINFO normazione delle tecniche informatiche e loro applicazioni
Logistica	UNIMET sezione di unificazione metalli non ferrosi
Manutenzione	UNIPLAST ente italiano di unificazione nelle materie plastiche
Metodi statistici per la qualità	UNITEX associazione nazionale per l'unificazione nel settore tessile
Metrologia della portata, pressione, e temperatura	UNSIDER ente italiano di unificazione siderurgica
Metrologia dimensionale e delle superfici	
Mobili	
Motori	
Navale	
Normativa prove utensili	
Organi meccanici	
Pompe e piccole turbine idrauliche	
Prodotti di cemento rinforzato con fibre	
Protezione attiva contro gli incendi	
Protezione dei materiali metallici contro la corrosione	
Provve non distruttive	
Qualità e affidabilità	
Recipienti trasporto gas	

Fig. 9. Normografo.

NORME PER IL DISEGNO TECNICO

Scrittura

Se il disegno è strumento primario per la comunicazione in ambito tecnico, o, come spesso si dice, il linguaggio della tecnica, è logico che le prime forme di normazione, nei diversi paesi, abbiano riguardato proprio il disegno tecnico, stabilendone, come per ogni linguaggio, le forme grammaticali e sintattiche che assicurassero chiarezza ed uniformità di significato.

Anche fra le prime norme emanate dall'UNI vi erano quelle relative al disegno, e precisamente quelle che fissano caratteri e linee da impiegare nei disegni tecnici.

Nella figura 5 precedente si è fatto riferimento a quella prima norma sui caratteri e le cifre e si è già fatto cenno alla sua evoluzione. La stessa figura è di riferimento per i caratteri previsti attualmente dall'unificazione italiana. Le norme ISO, recepite in Italia, prevedono anche la forma dei caratteri greci, cirillici e delle modifiche all'alfabeto latino caratteristiche di diverse lingue.

Per tutte le scritture è previsto, accanto al carattere *leggero* (tipo A), con rapporto 1:14 fra grossezza della linea ed altezza dei caratteri maiuscoli, quello *pesante* (tipo B), con rapporto 1:10. Per consentire senza difficoltà il tracciamento di scritte conformi alle prescrizioni si utilizzavano apposite mascherine, i cosiddetti *normografi*, (fig. 9) anche se i disegnatori più esperti hanno sempre preferito una scrittura a mano libera, più «personale» anche se riferita alle forme normalizzate. Successivamente vennero resi disponibili i caratteri ricalcabili, che accanto ai tipi normalizzati, offrivano una grande varietà di caratteri (fig. 10a). Oggi, nei programmi di disegno automatizzato, si trovano serie numerosissime di caratteri (*fonts*, fig. 10b), per cui è prevedibile che anche la normativa liberalizzi l'uso di diversi caratteri nei disegni tecnici, fatte salve chiarezza ed univocità di interpretazione.

Possono tuttavia valere ancora alcune regole previste nella UNI 7559:

— distinguibilità dei caratteri (evitare confusioni fra lettere e cifre simili; ad

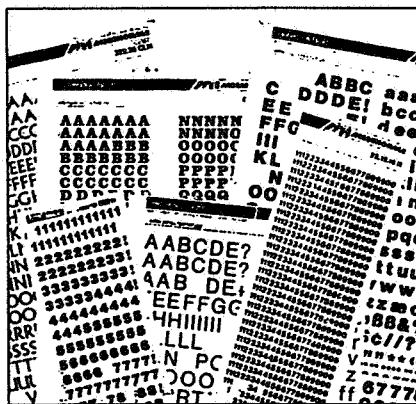


Fig. 10a. Caratteri trasferibili.

esempio nelle indicazioni alfanumeriche che compaiono sui disegni si dovrebbero evitare per quanto possibile i caratteri D,I,J,L,O,Q per la possibile ambiguità con le cifre 1 e 0)

— spaziatura fra i caratteri di spessore almeno doppio rispetto a quello delle linee (per assicurare chiarezza in fase di riproduzione in riduzione)

— stessa grossezza di linee per caratteri maiuscoli, minuscoli e cifre (salvo particolari esigenze di differenziazione)

— altezza dei caratteri non inferiore a 2,5 mm (le altezze di carattere normalizzate sono 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20 mm); non minore di 3,5 mm per disegni su fogli di formato A0 ed A1 (ved. paragrafo relativo ai formati).

— opportuno contrasto fra scritte e sfondo (con attenzione ai problemi della riproduzione); a questo proposito si ricorda che esistono prescrizioni specifiche per disegni destinati alla microfilmatura (UNI ISO 6428).

Linee

Il disegno è costituito da un insieme di linee ed è possibile affidare alle linee stesse il compito di trasmettere particolari informazioni, oltre che delineare il contorno di un oggetto.

Le linee previste dall'unificazione secondo la norma UNI 3968 si distinguono per spessore e tipo di tratto.

Lo spessore (o grossezza) di linea, scelto per garantire il mantenimento dei rapporti fra le varie linee nel caso di microfilmature, varia da 0,18 a 2 mm (tab. 3): nei disegni tecnici si usa-

**Avant Garde Demi Oblique
Bodoni Bold Italic
Clearface Heavy Italic
Futura Extra Bold
Garamond Light Italic
Glypha Bold
Impact
Monaco
Opyima Bold Oblique
Rockwell Bold Italic
1 Stone Serif Semibold
Utopia black
Zapf Chancery**

Fig. 10b. Alcuni esempi di fonts.

no due spessori definiti grosso e fine, in rapporto 2:1 fra loro ed in valore assoluto proporzionali alle dimensioni del disegno.

Tab. 3.

SPESSORI DI LINEA UNIFICATI							
0,18	0,25	0,35	0,50	0,70	1	1,4	2

Nello stesso disegno, scelti i valori di grossezza delle linee, questi non devono essere variati. I vari tipi di linee previsti dalla UNI 3968 (tab. 4) hanno campi di applicazione definiti nel disegno tecnico industriale. Qualora venissero utilizzati in altri campi, occorre prevedere sul disegno una *legenda* esplicativa del loro significato.

Anche in questo caso la facile disponibilità di diversi tipi di linee nei programmi di disegno automatico supera i limiti imposti dall'attuale norma. Occorre ovviamente una certa cautela nella scelta di linee per scopi particolari, ed anche qui occorrerà sempre una legenda che spieghi il significato delle linee utilizzate.

Nell'impiego delle linee unificate vige una specie di ordine gerarchico, per cui, nel caso in cui risultino sovrapposte, la linea più significativa prevale sulle altre, secondo il seguente ordine:

— contorni e spigoli in vista (linea continua grossa, tipo A);

— contorni e spigoli nascosti (linea a tratti, tipo E o F);

— tracce dei piani di sezione (linea mista fine, grossa alle estremità ed alle variazioni della traccia dei piani di sezione, tipo H);

— assi di simmetria o tracce di piani di simmetria (linea mista fine, tipo G);

TIPO DI LINEA		APPLICAZIONI GENERALI
A	continua grossa	contorni e spigoli in vista
B	continua fine regolare	spigoli fittizi in vista linee di misura linee di riferimento linee di richiamo tratteggi di sezioni contorni delle sezioni ribaltate in luogo assi di simmetria composti da un solo tratto
C	continua fine irregolare	interruzioni di viste e di sezioni non coincidenti con un asse di simmetria
D	continua fine regolare con zig-zag	
E	a tratti grossa	E contorni e spigoli nascosti
F	a tratti fine	F
G	mista fine	assi di simmetria tracce di piani di simmetria traiettorie linee e circonferenze primitive
H	mista fine, grossa alle estremità ed alle variazioni di direzione	traccia dei piani di sezione
J	mista grossa	indicazione di superficie o zone oggetto di prescrizioni particolari
K	mista fine a due tratti brevi	contorni di pezzi vicini posizioni intermedie ed estreme di parti mobili contorni iniziali, eliminati con successiva lavorazione parti situate anteriormente ad un piano di sezione

Tab. 4. Linee usate nei disegni tecnici (secondo UNI 3968).

— linee per applicazioni particolari (linea mista fine, tipo G);

— linee di riferimento (linea continua-fine regolare, tipo B).

La distanza minima fra due linee parallele in un disegno non dovrebbe essere inferiore al doppio dello spessore della linea più grossa usata e comunque non minore di 0,7 mm.

Nel disegno di pezzi accoppiati le linee di contorno delle parti contigue

coincidono. Quando due linee a tratti si incontrano, l'intersezione è evidenziata come incrocio di tratti.

Nel caso in cui delle linee, in genere fini, vengono usate come richiamo, la loro estremità sarà:

— una freccia, se la linea termina su un contorno

— un punto, se termina su una superficie

— nessun segno particolare se termina su una linea di riferimento o misura.

Scale di disegno

Sarebbe conveniente rappresentare gli oggetti nel disegno con le loro dimensioni vere, per meglio valutarli nei loro rapporti di forma e dimensione. È tuttavia evidente che oggetti di grandi dimensioni devono essere riprodotti con dimensioni inferiori a quelle reali per poter essere contenuti nel foglio, e viceversa oggetti di piccole dimensioni devono essere ingranditi per poterne comprendere le reali relazioni formali. Il rapporto fra le dimensioni reali di un oggetto e le dimensioni con cui viene riprodotto sul disegno si dice *scala del disegno*. L'indicazione sul disegno si fa generalmente scrivendo, per le scale di riduzione *scala 1:k* dove k indica, il *fattore di scala*, cioè di quanto si deve dividere la dimensione reale per ottenere quella da riportare sul disegno. Ad esempio, nella scala 1:10, 100 mm nella realtà divengono sul disegno $100:10=10$ mm.

Nel caso delle scale di ingrandimento, l'indicazione diviene *scala k:1*, dove k è il fattore per cui bisogna moltiplicare la dimensione reale per avere quella da riportare sul disegno (ad esempio scala 5:1, significa che un segmento lungo 2 mm nella realtà, sarà sul disegno lungo $2 \times 5 = 10$ mm).

Le scale previste dall'unificazione sono riportate nella tabella 5. Si noti che una riduzione in scala 1:2 comporta una riduzione delle superfici ad 1/4 del reale e dei volumi ad 1/8.

Nel disegno meccanico un oggetto riprodotto *al vero*, cioè in scala 1:1, non porta in genere indicazioni particolari, mentre negli altri casi la scala dovrà sempre essere chiaramente indicata sul disegno, in genere in basso a destra.

Una regola per scegliere la scala si basa sull'assumere 2 mm sul disegno come *dimensione minima* per elementi significativi.

Come si vedrà nel capitolo dedicato alla quotatura, l'indicazione delle misure dovrà sempre essere effettuata scrivendone il valore reale, indipendentemente dal fattore di scala.

Tab. 5.

CATEGORIA	SCALE NORMALIZZATE		
	50:1	20:1	10:1
Scale di ingrandimento	5:1	2:1	
Scala al naturale			1:1
Scale di riduzione	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000
	1:2000	1:5000	1:10000

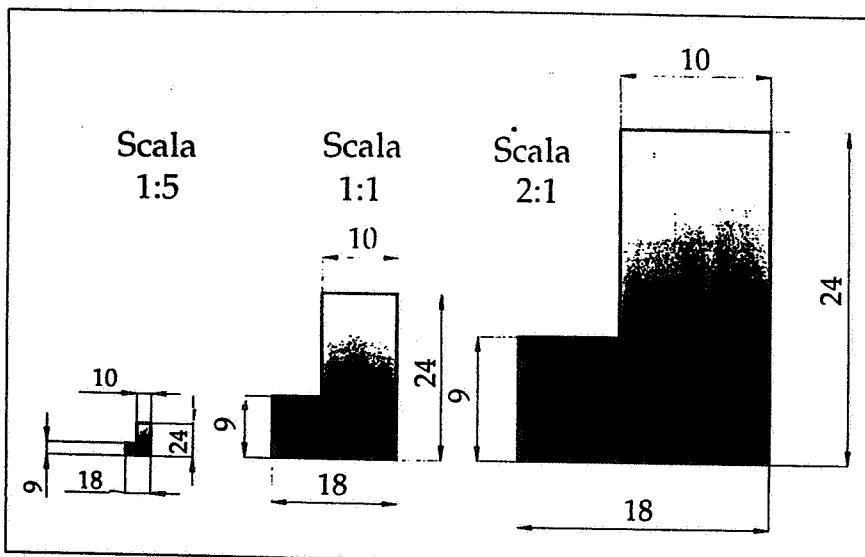


Fig. 11. Rappresentazione dello stesso oggetto secondo diverse scale.

Talora si fa uso (e ciò avveniva anche in disegni tecnici antichi) di una scala di riferimento grafica cioè un segmento su cui sono riportate lunghezze con l'indicazione del loro valore reale. Si noti che si possono avere nel disegno automatico dei problemi in relazione a fattori di scala anomali legati alla riproduzione su plotter o per via fotostatica, e sarebbe allora opportuno riportare sul disegno la scala grafica.

Fogli da disegno

Anche per quanto riguarda il formato dei fogli da usare per il disegno, esistono regole precise. La norma UNI 936 riguarda esclusivamente i fogli per il disegno tecnico; esistono però altre norme relative a formati di carta per scrivere, per l'editore, ecc.

I fogli da disegno, nei formati unificati, possono essere realizzati con carta di diverso spessore, ma sempre liscia. I fogli possono essere realizzati con diversi materiali e presentarsi opachi, traslucidi o trasparenti. Particolarmente adatti a riproduzioni sono i fogli in poliestere.

Il formato base è un foglio dell'area di 1 m², di forma rettangolare, con lato maggiore di 1189 mm e lato minore di 841 mm; il rapporto fra le dimensioni dei lati è perciò $\sqrt{2}$, il che consente il dimezzamento dell'area dimezzando il lato più lungo, mantenendo invariato il rapporto fra i lati (fig. 12). In pratica ogni formato unificato si ottiene dal precedente dividendo per 2 il lato maggiore. Nella tabella 6 sono indicati i formati unificati contraddistinti dalla lettera A, seguita dal numero di dimezzamenti effettuati per giungere al forma-

to considerato, partendo dal formato base indicato ovviamente con A0. Oltre a quelli indicati, sono in pratica usati anche formati corrispondenti ad A5 ed A6, ma non per il disegno tecnico, per cui il formato A4 costituisce il formato minimo di riferimento.

Sono previsti anche formati allungati, partendo dal formato A3 moltiplicando per 3 o 4 il lato minore e dal formato A4 moltiplicando per 3, 4 o 5 il lato minore. Ulteriori formati, di impiego meno comune, sono ottenuti moltiplicando per un certo numero di volte il lato più corto di un formato base: tali formati vengono indicati con la sigla del formato di partenza per il numero di volte per cui viene moltiplicato il lato corto, ad esempio, A3 x 6 è il formato 420 x 1783 mm. Sulle dimensioni dei fogli si ha una tolleranza di ± 2 mm (± 3 per misure > 600 mm). Se il foglio viene usato tenendo come base il lato maggiore si dirà usato in orizzontale (tipo X secondo le norme ISO), se ha come base il lato minore si dirà in verticale (tipo Y secondo l'ISO). In genere i disegni tecnici riportano, in corrispondenza all'angolo inferiore destro, un riquadro per iscrizioni (si veda in proposito il cap. 8); tale riquadro fornisce l'indicazione per il senso di lettura del disegno.

I fogli vengono squadrati con una incorniciatura tracciata con linea continua.

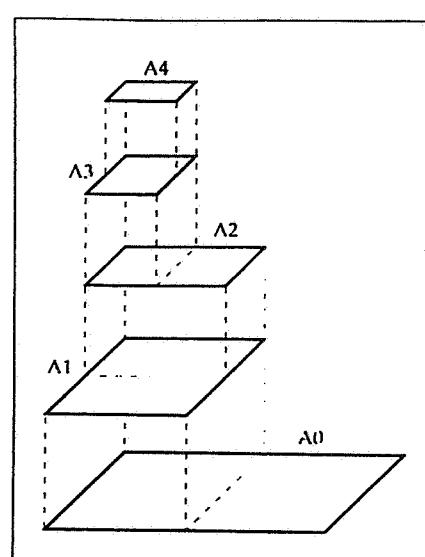


Fig. 12. Relazioni fra i formati dei fogli.

nua di grossezza minima 0,5 mm, posta almeno a 10 mm dal bordo del foglio (a 20 mm per i formati A0 ed A1, fig. 13). Per consentire fori per la fascicolazione e l'archiviazione il margine sul lato sinistro del foglio può essere sempre di 20 mm.

Si noti che è ammessa una maggiorazione di 20 mm sul contorno dei formati unificati, allo scopo di evitare rotture sui fogli contenenti disegni originali destinati alla riproduzione. L'eventuale riproduzione deve perciò essere rifilata al formato unificato standard ed il contorno di rifilatura può essere indicato con linea fine.

La squadratura deve essere però effettuata, secondo le indicazioni già viste, all'interno della linea di rifilatura e non coincidente con questa come avviene erroneamente in molti fogli in commercio con il nome «doppio UNI». I fogli da disegno possono riportare ulteriori indicazioni, tendenti a precisare posizione e riferimenti dei disegni sui fogli stessi, in particolare per esigenze di riproduzione e microfotografia. Si avranno perciò:

- riferimenti di centratura (trattini posti perpendicolarmente al margine e alla cornice, in corrispondenza alla mezzeria dei lati), figura 14;
- scala graduata di riferimento, posta sul margine orizzontale, appoggiate alla squadratura e simmetrica rispetto al riferimento di centratura, figura 15 (tale scala graduata ha particolare importanza perché consente una verifica dei fattori di riduzione nel caso delle riproduzioni);
- coordinate, poste sempre sul margine, con maglie di dimensioni com-

DESIGNAZIONE	DIMENSIONI mm x mm
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

Tab. 6. Formatii unificati dei fogli da disegno.

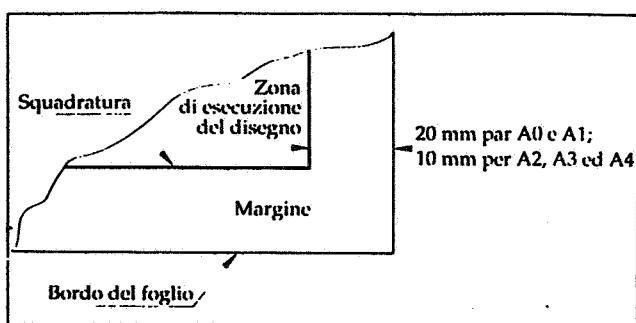


Fig. 13. Margine.

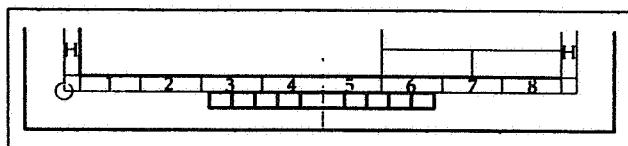


Fig. 14. Sistema di coordinate e scala graduata per formati A4, A3, A2.

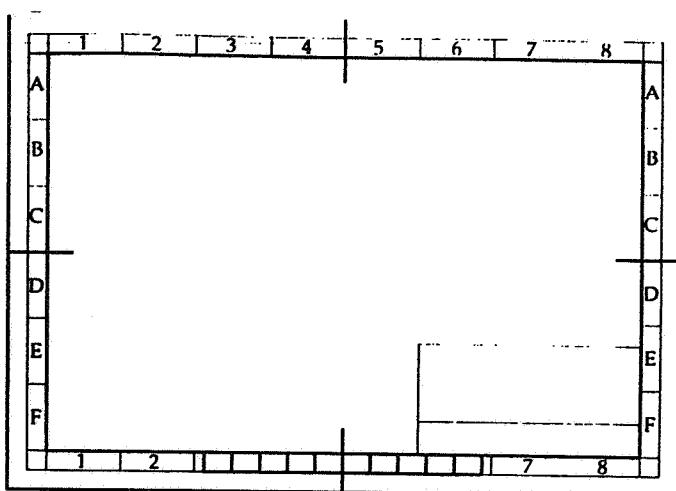


Fig. 15. Sistema di coordinate e scala graduata per formati A1 e A0.

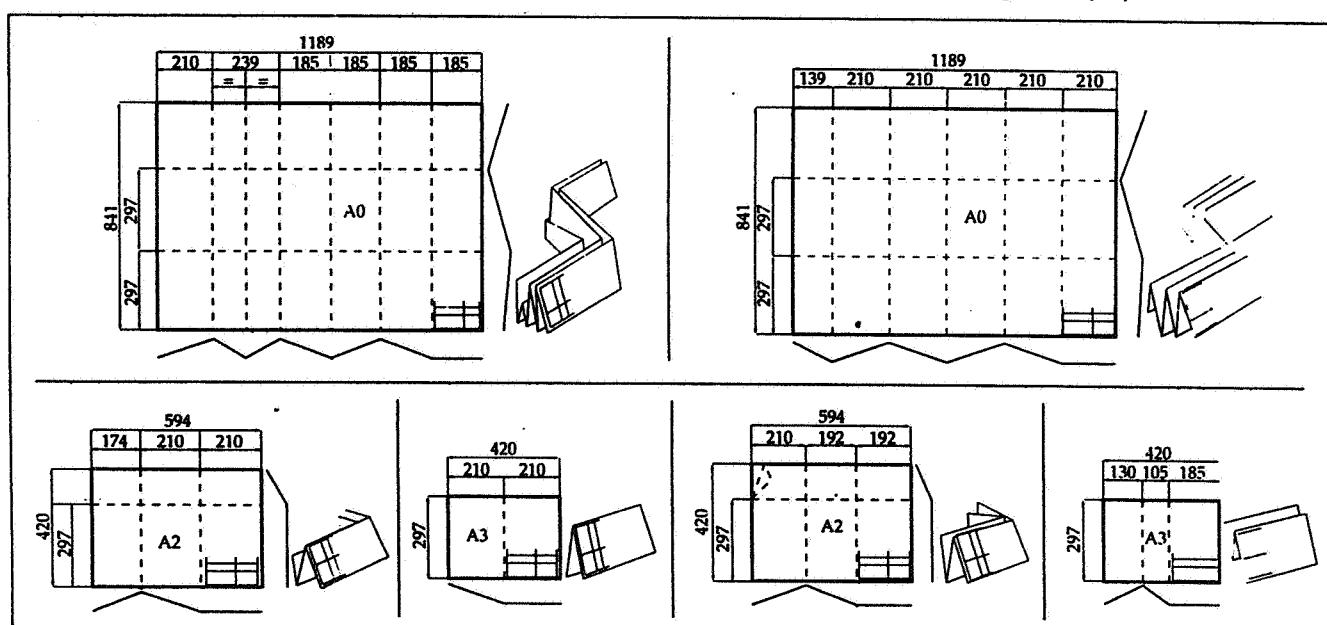


Fig. 16. Esempi di piegature normalizzate dei fogli da disegno.

prese fra 25 e 75 mm, contraddistinte da lettere, secondo il lato minore, e da numeri, secondo il lato maggiore con origine nell'angolo diagonale opposto al riquadro delle iscrizioni (il riferimento alle coordinate consente una rapida individuazione sul disegno di determinati dettagli)

— riferimenti di orientamento, costituiti da frecce collocate in corrispondenza ai riferimenti di centratura, una sul lato su cui s'appoggia il riquadro delle iscrizioni, l'altra su quello a sinistra del precedente: nel collocare il foglio sul tavolo di lavoro una delle sudette frecce deve essere rivolta verso il disegnatore.

Segni per la rifilatura possono essere evidenziati per facilitare il taglio dei fogli secondo i formati unificati. I for-

mati precedentemente visti possono essere piegati secondo precise regole, che consentono di ridurre i vari formati al formato A4, con evidente comodità di archiviazione. I tipi di piegatura sono sintetizzati in figura 16.

Si noti che sui fogli possono essere posti appositi segni per indicare le linee di piegatura. Nel caso che i fogli debbano essere rilegati in fascicoli, in contenitori che prevedono fori, questi devono essere praticati come indicato in figura 17.

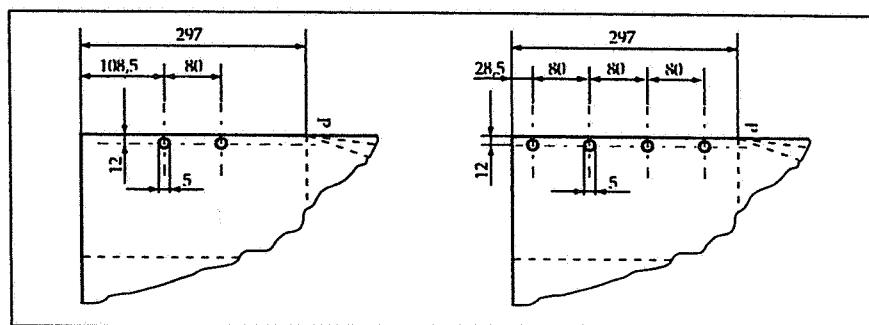


Fig. 17. Fori per la conservazione in fascicoli.

ATTREZZI PER IL DISEGNO

L'esecuzione dei disegni è facilitata dall'uso di opportuni strumenti ed attrezzi. Dal sasso appuntito con cui tracciare segni sul terreno alla penna ottica i cui movimenti vengono registrati sul monitor è stato percorso un lungo cammino, fatto talora di grandi invenzioni e talora di piccole modifiche, per rendere più rapido e preciso il tracciamento dei segni grafici. Molti attrezzi, caratteristici del posto di lavoro di un disegnatore di un decennio fa, sono ridotti al ruolo di curiosità storiche. Il tecnigrafo, a movimento ortogonale o a braccio snodato (fig. 18), an-

che se ancora del tutto efficiente, vede il suo posto preso dal plotter collegato al computer, come le tavolette portatili con squadrette e accessori utilizzabili come goniometri, misuratori e mascherine (fig. 19) cedono il passo alle applicazioni proposte per computer tipo quaderno. Quasi paradossalmente sono gli strumenti più semplici a mantenere validità, naturalmente nella versione più evoluta come efficienza e materiali: quindi, con l'avvertenza che il loro uso viene sempre più limitato dall'elaboratore elettronico, ma che risultano spesso più validi di questo per gli schizzi manuali (che costituiscono tuttora un settore rilevante del disegno tecnico, in particolare nelle fasi preliminari o più immediate di comunicazione), si possono ricordare alcuni attrezzi da disegno di comune impiego.

Per tracciare linee e scritte si usano quindi sempre le matite, con mina di grafite a diverso impasto, nella versione tradizionale con corpo prismatico in legno, ma per lo più con portamine a griffe o nella versione a mina sottile calibrata, (fig. 20). La scelta della mina dipende dal segno che si vuole ottenere, dalla mano del disegnatore e dal tipo di carta: il disegno su lucido o il tracciamento di linee sottili richiedono mine ad impasto più duro mentre per gli schizzi si usa una mina tenera. La scala di durezza delle mine, contraddistinte dalle lettere B, black, F, firm, ed H, hard, o da una scala numerica, è indicata nella tabella 7. L'uso dell'inchiostro è limitato, proprio perchè in genere riservato ai disegni originali da riprodurre e conservare, per i quali oggi si preferisce il file

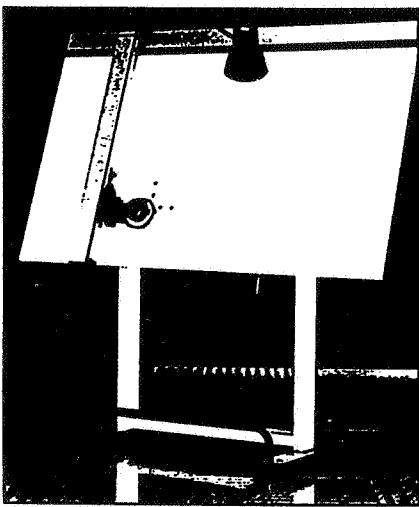


Fig. 18. Tavolo da disegno con tecnigrafo.

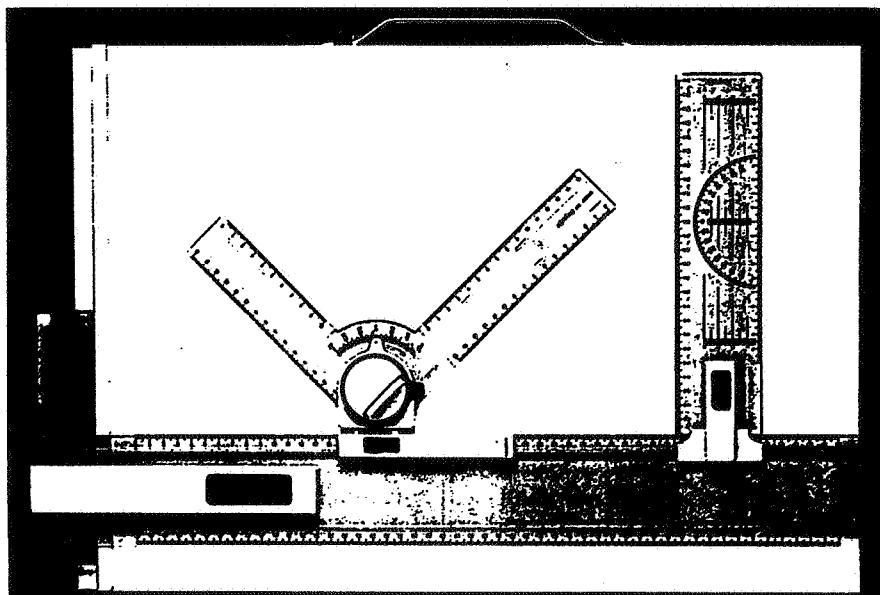


Fig. 19. Tavoletta per disegno (a destra).

		n. 0 = 5B
tenere	n. 1 = 4B	
	n. 1 1/4 = 3B	
	n. 2 = 2B	
	n. 2 1/4 = B	
	n. 2 1/2 = HB	
	n. 3 = F	
	n. 3 1/2 = H	
	n. 4 = 2H	
	n. 4 1/2 = 3H	
	n. 5 = 4H	
media	n. 5 1/2 = 5H	(Black=tratto nero)
	n. 6 = 6H	
	n. 7 = 7H	
dure	n. 8 = 8H	(Firm=tratto stabile)
	n. 9 = 9H	
		(Hard=tratto duro)
		Da 9H ad H diametro $\geq 1,8$
		da F a 6B diametro ≥ 2

Tab. 7. Durezza delle mine.

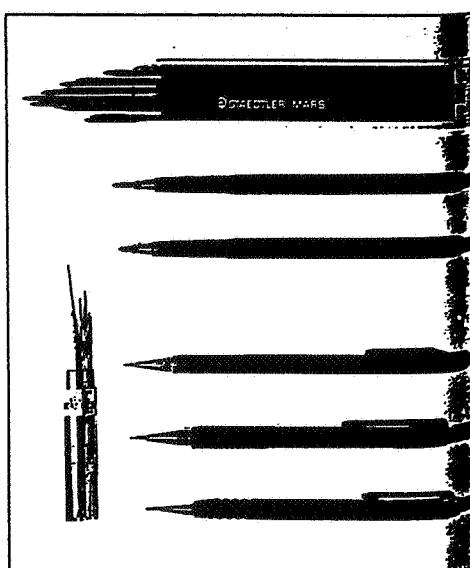


Fig. 20. Mine e portamine.

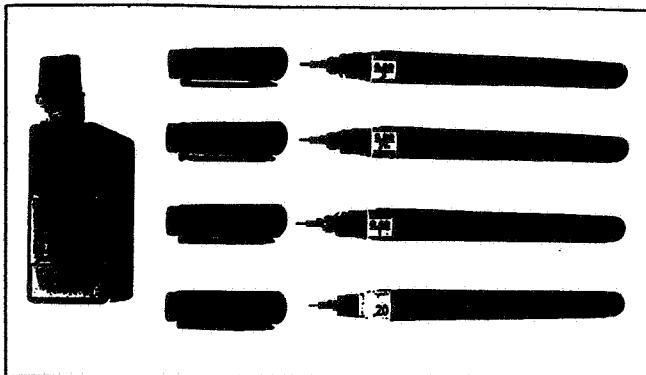


Fig. 21. Penne ad inchiostro di china.



Fig. 22. Gomme e cancellatori.

su dischetto. Sono tuttavia molto diffuse per la loro praticità (che ha di fatto eliminato il tiralinee) le penne a tubetto per inchiostro di china, con punte di diverso spessore di tratto, facilmente intercambiabili (fig. 21).

mentre intercambiabili (fig. 21). La cancellatura di linee, tracciate a matita o ad inchiostro, richiede l'uso di adeguate gomme, anch'esse di diversa composizione e forma, o di raschiatori a fibra od a lama (fig. 22).

Per bloccare i fogli sui piani di lavoro, non si usano le puntine «da disegno», adibite da tempo ad altri scopi, ma nastri adesivi appositi, che non lascino tracce e non strappino il disegno quando vengono rimossi. Come riferimento per il tracciamento delle linee si usa in genere una coppia di squadrette, una con angoli di 30° e 60° e l'altra con angoli di 45° (fig. 23), possibilmente robuste e senza graduazioni millimetriche (per le misurazioni sarebbe bene usare righelli millimetrici con incisione fine delle scale; esistono anche righelli multipli con indicazioni dimensionali secondo scale di riduzione ed ingrandimento). Per l'esecuzioni di piccoli disegni, tratteggi ed anche schizzi è un utile strumento la squadretta goniometrica di figura 24. Per il tracciamento di circonferenze si usa il compasso: simbolo da secoli, in-

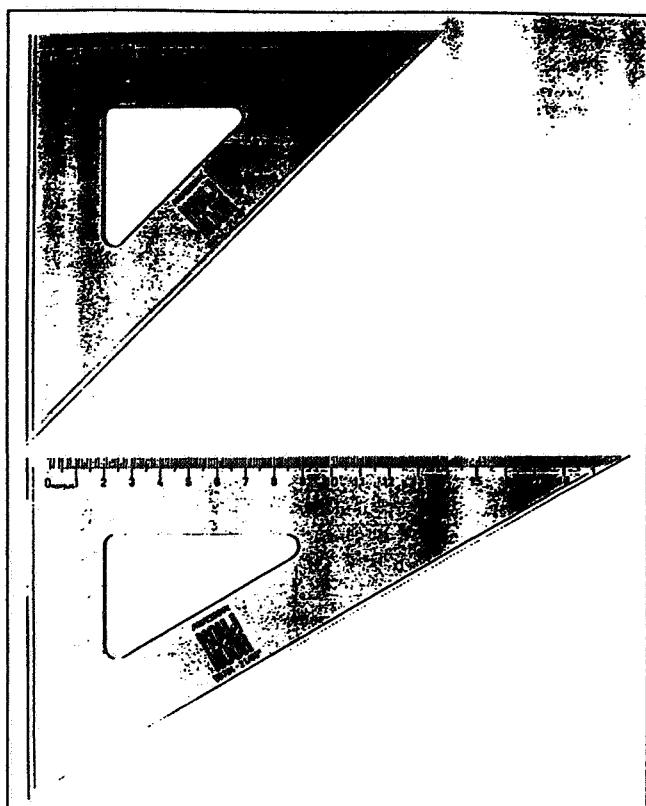


Fig. 23. Le squadrette usuali per il disegno.

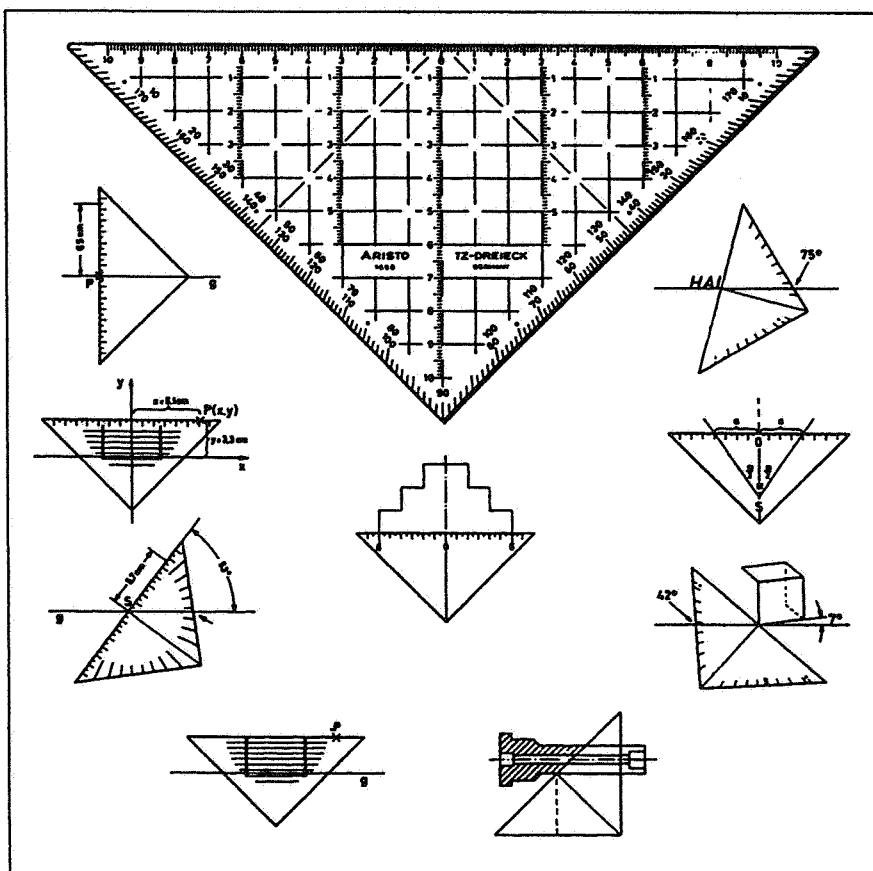


Fig. 24. Squadretta goniometrica con riferimenti paralleli e perpendicolari.

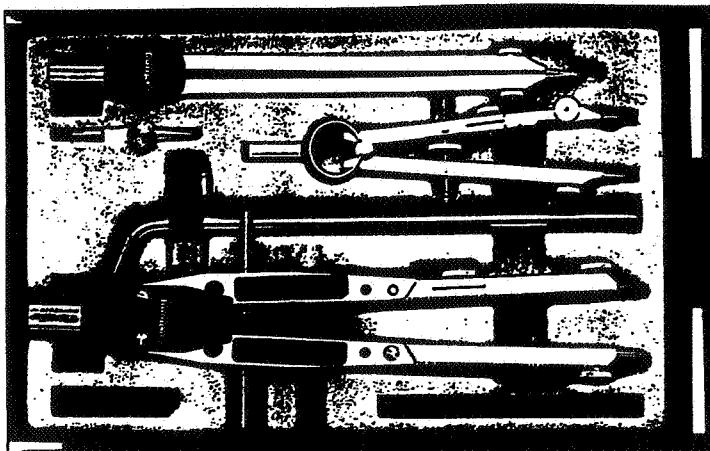


Fig. 25. Scatola di compassi per disegno tecnico.

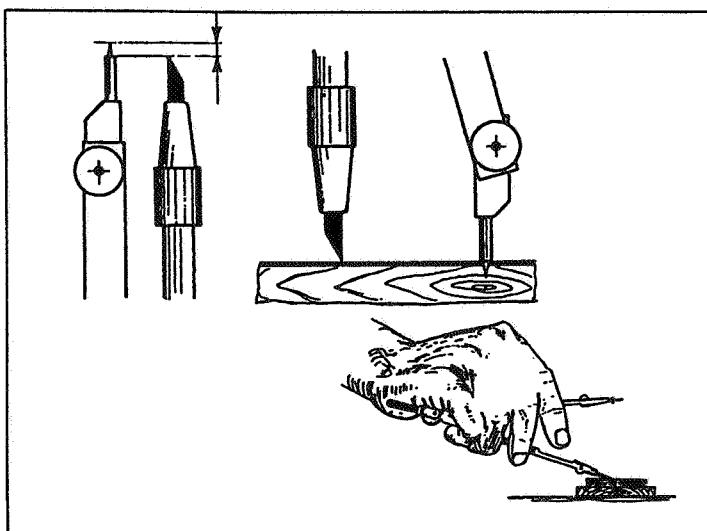
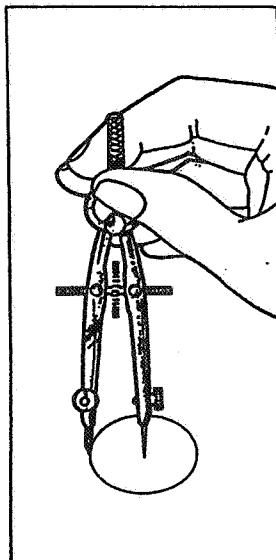
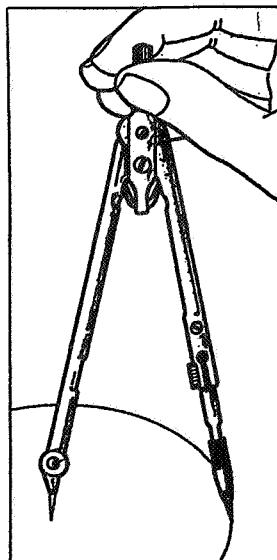


Fig. 27. Come affilare la mina per compasso

Fig. 28. Maschere

Fig. 29. Curvilinei.

sieme alla squadra, del disegno e della geometria, è troppo noto per soffermarsi sulla sua descrizione, nella sua forma classica (fig. 25), a balaustrino per cerchi di piccolo diametro, con asta di prolunga per grandi diametri, con accessori per uso di puntali a china (fig. 26). Si deve solo ricordare una semplice regola di affilatura della mina, che consente di tracciare circonferenze con tratto sufficientemente intenso (fig. 27).

I cerchi possono essere rapidamente tracciati anche con l'uso di apposite mascherine in plastica (fig. 28): maschere simili servono anche per il tracciamento di ellissi, poligoni, e svariate figure ripetitive, ma anche qui, oltre

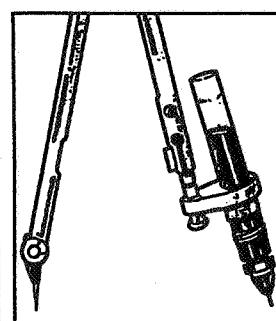
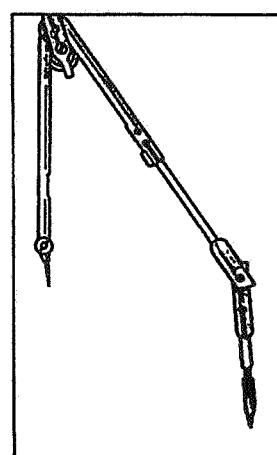
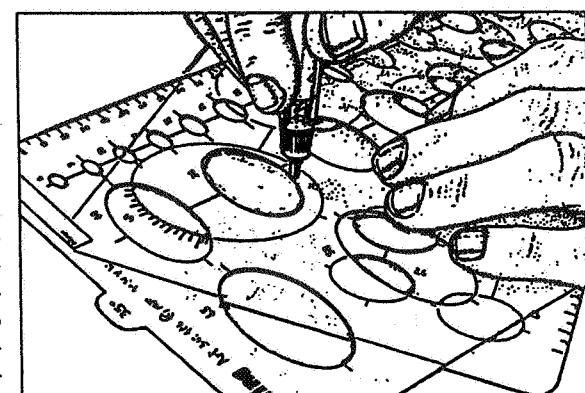


Fig. 26. Tipi di compassi ed accessori.



un certo grado di complessità, è più logico il ricorso alle librerie di simboli previste nei programmi di disegno automatico. Maschere particolari sono i cosiddetti curvilinei, di varia forma e curvatura; per raccordare punti secondo linee non riconducibili a forme semplici si usano curvilinei flessibili: il nome inglese di questi ultimi, *spline*, si ritroverà nel disegno automatico per definire curve di interpolazione elaborate al computer (fig. 29).

DISPOSITIVI PER IL DISEGNO AUTOMATICO

Il computer e i suoi componenti

L'automazione della complessa attività di disegno e progettazione è stata resa possibile, come si è più volte detto, dall'uso dell'elaboratore (*computer*) di tipo personale (*Personal Computer*) oppure stazione di lavoro per sistemi CAD (*workstation*) (fig 30.). Col termine *hardware* (*ferramenta*) si indicano tutte le parti dell'elaboratore che si possono toccare, vedere, come il monitor, la tastiera o la stampante.

Si definisce *software* l'insieme di programmi più o meno complessi che consentono all'elaboratore di svolgere diverse attività. In pratica sia hardware che software costituiscono l'attrezzatura per l'esecuzione del cosiddetto disegno automatico, o, meglio, assistito dal calcolatore: si richiameranno quindi brevemente alcune definizioni, in parte già note, e non esclusive del disegno.

L'hardware si può distinguere in unità centrale di elaborazione (CPU *Central Processing Unit*) e unità periferiche. La CPU è un microprocessore responsabile dell'esecuzione dei programmi: effettua le operazioni di calcolo ed accede ai dati in memoria centrale. Oltre alla CPU il computer può

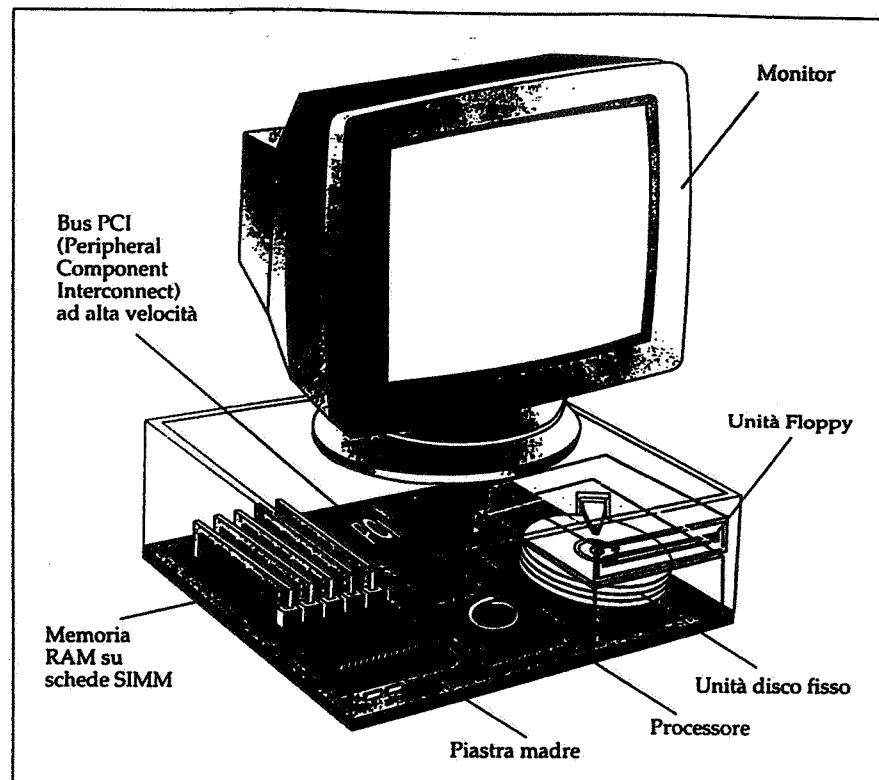


Fig. 30. Un moderno elaboratore da tavolo; il bus può essere pensato come una strada interna al computer, sulla quale viaggiano i dati.

disporre di un coprocessore matematico in grado di eseguire direttamente «in hardware» operazioni matematiche anche complesse, incrementando in modo significativo le prestazioni dell'elaboratore nell'esecuzione di programmi che richiedono quantità rilevanti di calcolo, come ad esempio i programmi di CAD o di modellazio-

ne. Ogni elaboratore fa uso di una memoria centrale (RAM, *Random Access Memory*), molto veloce, per memorizzare dati e programmi e di una memoria esterna o memoria di massa, che conserva i dati in modo permanente. Il dispositivo di memoria esterna ad accesso diretto più importante è il disco rigido (HD, *Hard Disk*) detto an-

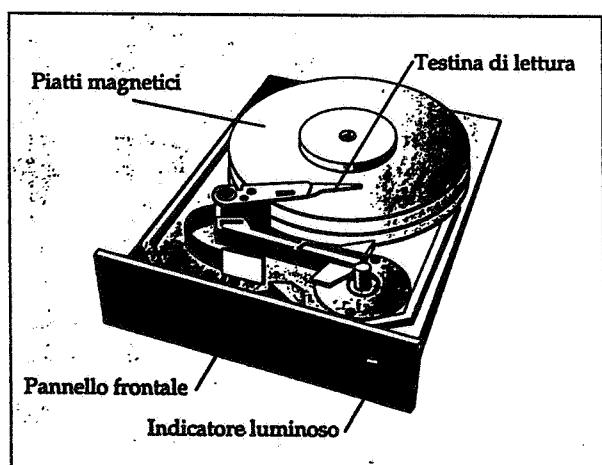


Fig. 31. Disco rigido (hard disk): un albero collegato ad un motore elettrico fa ruotare, a migliaia di giri al minuto, diversi dischi, detti piatti, rivestiti da una sostanza magnetica per la memorizzazione dei dati. Oggi sono disponibili due standard di interfaccia che permettono la gestione del disco da parte della CPU: lo standard Enhanced IDE (Integrated Drive Electronics) e quello SCSI-2 (Small Computer System Interface).

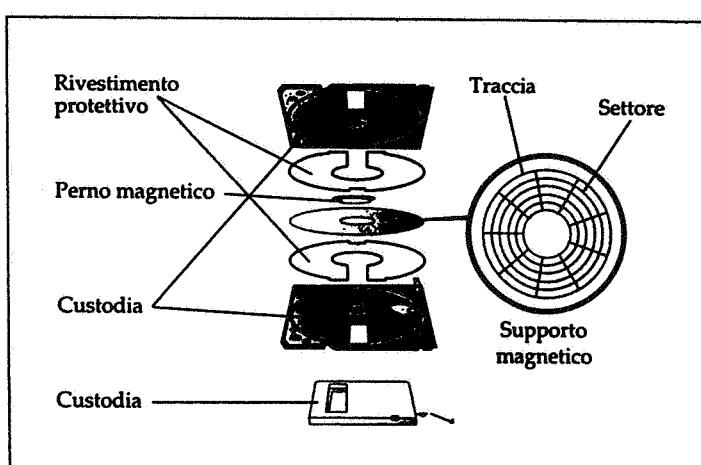


Fig. 32. L'interno di un dischetto (floppy disk): sul supporto magnetico vi sono delle divisioni logiche effettuate per poter ritrovare le informazioni memorizzate e chiamate settori e tracce. Un disco ad alta densità è composto da due facce su ognuna delle quali trovano 80 tracce e 18 settori con una capacità di memorizzazione di 512 byte, quindi con un totale di $80 \times 2 \times 18 \times 512 = 1.474.560$ byte.

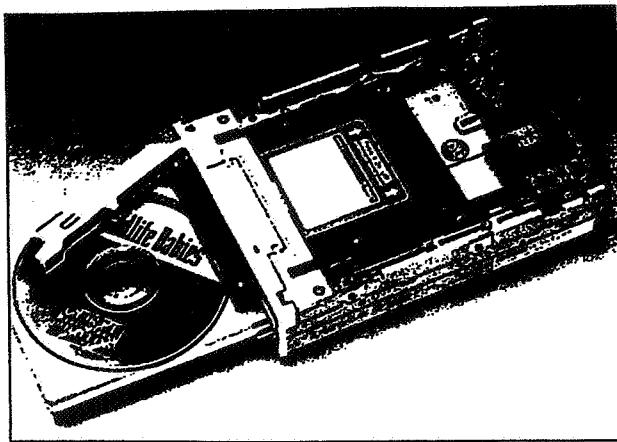


Fig. 33. Un lettore di Compact Disk: utilizza dei dischi (chiamati CD-ROM, cioè Read Only Memory) sui quali è possibile archiviare grandi quantità d'informazione. La superficie del disco contiene numerosi microfori, detti Pit e zone non modificate dette Land, che rappresentano le informazioni. Un raggio laser percepisce queste aree incise sul disco generando dei segnali che vengono trasformati in una sequenza di bit.

che disco fisso (fig. 31), caratterizzato da capacità comprese tra i 40 Mb ed i 4 Gb. I dischetti flessibili asportabili (*floppy disk*, fig. 32), inizialmente con diametro da 8 pollici, sono man mano diminuiti di diametro, aumentando nello stesso tempo la capacità di memorizzazione. La dimensione più usata attualmente è quella da 3,5 pollici racchiusa in un involucro di plastica rigida, con capacità di 720 kb, 1,44 Mb e 2,88 Mb. Si stanno diffondendo anche altri dispositivi di memoria esterna come i dischi magneto-ottici, i dischi ottici conosciuti sotto il nome di *Compact Disk* per via delle loro ridotte dimensioni (fig. 33). Altre unità di memoria esterna sono i nastri magnetici (con bobine simili alle normali musicassette e denominati *streamer*) con capacità che variano da alcune decine ad alcune centinaia di Mb e di dimensioni sempre più contenute. Va diffon-

dendosi anche l'utilizzo di nastri nel formato DAT (Digital Audio Tape) con capacità nell'ordine dei Gb.

Le unità periferiche: i dispositivi di input

Il computer riceve informazioni dall'utente per mezzo di dispositivi di ingresso (*input*) di diverso tipo. La tastiera (*keyboard*) è il più tradizionale strumento di comunicazione dell'utente con l'elaboratore (fig. 34). Questo strumento oggi è molto discusso

poiché, essendo il computer più veloce rispetto al movimento delle dita, l'uso della tastiera rallenta il lavoro in modo considerevole.

Per facilitare e velocizzare l'inserimento di dati e comandi, si sono ampiamente diffusi i *dispositivi di puntamento* (fig. 35); questi permettono di indicare direttamente una regione o un punto sullo schermo in maniera semplice e veloce. Il riconoscimento della selezione di un «oggetto» sullo schermo può attivare alcune operazioni che, senza l'ausilio del dispositivo di puntamento, richiederebbero la digitazione di lunghi comandi.

Queste tecniche di interazione sono insostituibili nel contesto di programmi grafici quali ad esempio i programmi CAD/CAE/CAM, di grafica elet-

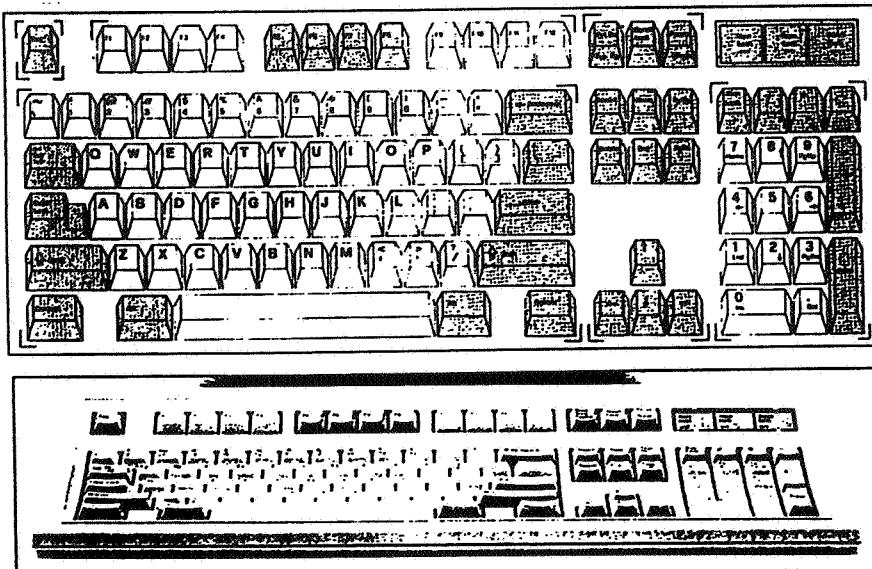


Fig. 34. Una tastiera estesa a 102 tasti: la pressione di un tasto provoca una variazione nella corrente che fluisce nei circuiti associati a quel tasto; il sistema operativo provvede a trasformare questo segnale in un carattere alfanumerico.

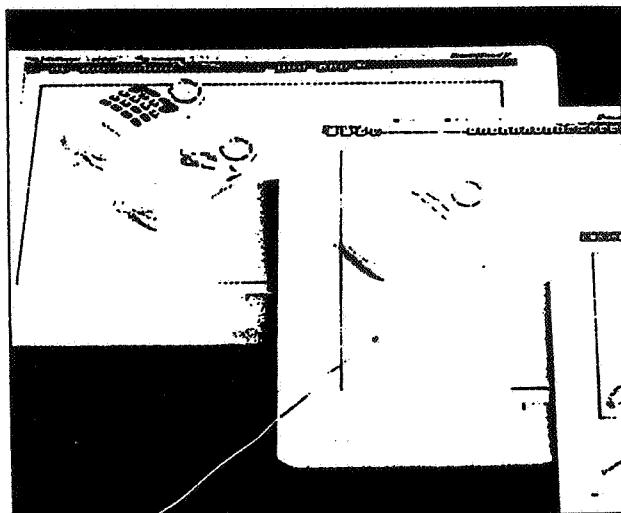


Fig. 35. Alcuni dispositivi di puntamento di un computer: penna ottica e digitizer.

tronica (Computer Graphics) e di editoria personale/aziendale (DTP Desk Top Publishing).

I dispositivi di puntamento si distinguono in *assoluti* e *relativi*. Il più diffuso dispositivo di puntamento di tipo relativo è il *mouse*, illustrato in figura 36. Il mouse è costituito da una sfera di piombo rivestita in gomma, a contatto con due rotelline collegate a delle fotocellule. Spostando il mouse su un tavolo, la pallina rotola, ed i movimenti vengono trasformati in impulsi elettrici dalle fotocellule e trasmessi ad un cursore luminoso che si sposta sullo schermo in corrispondenza con la posizione della mano.

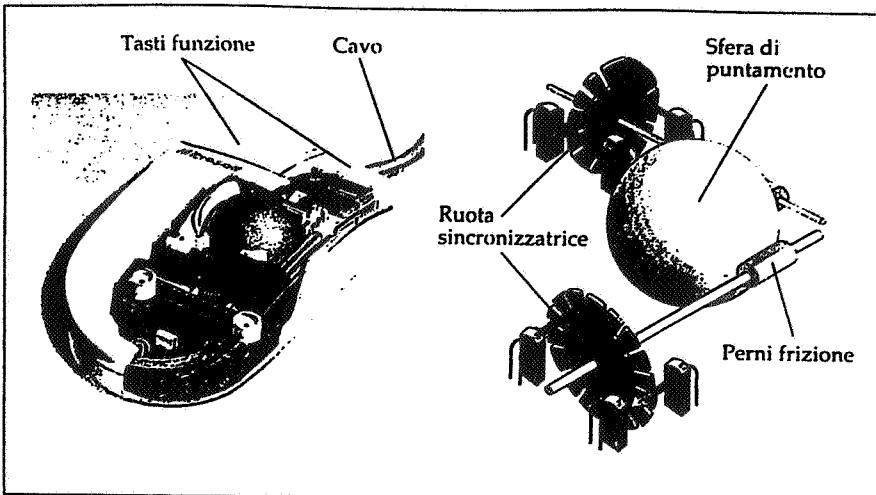
Il dispositivo in questo caso è *relativo*

Fig. 36. Schema funzionale di un mouse: i movimenti prodotti dalla sfera e trasformati in impulsi elettrici dalle fotocellule, vengono trasmessi ad un cursore luminoso che si sposta in modo coordinato e simultaneo sullo schermo.

in quanto i segnali inviati dalla fotocamera indicano le variazioni di posizione e non la posizione del dispositivo.

Il *trackball*, utilizzato nei computer portatili, funziona come il mouse, con la differenza che la pallina viene mosso direttamente dalla mano con il vantaggio di non richiedere molto spazio. Dispositivi di puntamento analoghi al mouse, ma di uso limitato principalmente ai videogiochi, sono tipo *joystick*.

I dispositivi di puntamento *assoluti* comunicano all'elaboratore la posizione in coordinate assolute di un sensore che si muove, condotto dalla mano dell'utente, entro un'area fissata di forma rettangolare. L'utente in pratica non deve trascinare il mouse sul tavolo, ma può andare ad indicare direttamente il punto. Il dispositivo di puntamento assoluto maggiormente diffuso è la *tavoletta grafica* detta anche *tavoletta digitizer* (fig. 37) indispensabile in molti programmi CAD poiché, permette, oltre all'esecuzione



dei disegni in maniera semplice l'inserimento di comandi riportati sui menu della tavoletta.

Altri dispositivi di input per l'acquisizione di immagini e di testi da supporto cartaceo sono i lettori ottici (*scanner*); questi strumenti funzionano con la stessa tecnica di una fotocopiatrice, con la differenza che le fotocopie non vengono riprodotte su carta, ma direttamente inviate nella memoria del computer.

Esistono scanner di piccole dimensio-

ni (*handy scanner*) per digitalizzare delle «strisce» di pochi cm da documenti cartacei (fig. 38), e scanner per digitalizzare fogli in formato A4 e A3. La capacità di lettura può arrivare ad altissime risoluzioni, oltre gli 800 x 800 dpi (dots per inch, punti per pollice).

Usualmente gli scanner vengono impiegati per importare immagini da manipolare secondo le esigenze, ma si va sempre più diffondendo l'abbattimento a software per il riconoscimen-

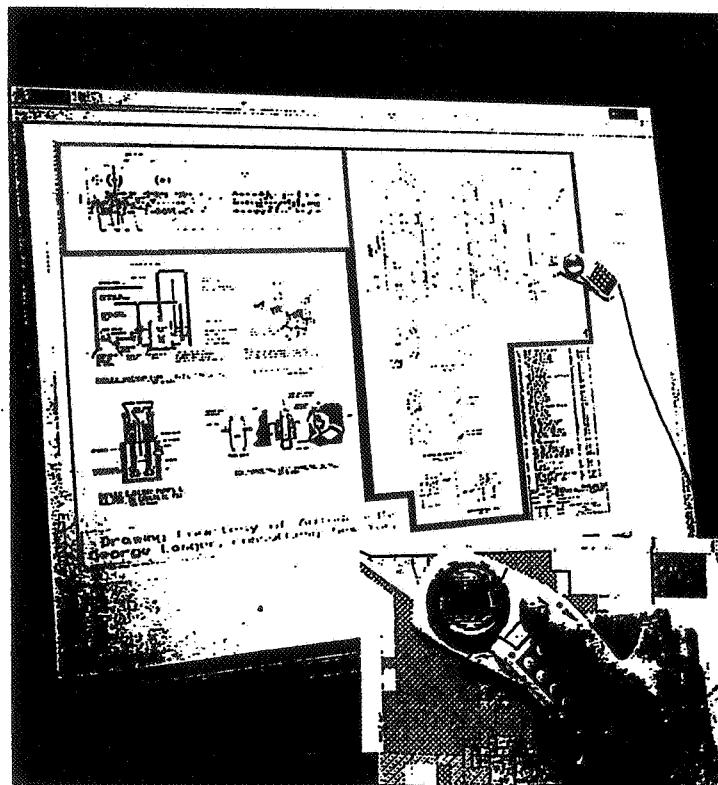


Fig. 37. Una tavoletta digitizer è formata da una base nella quale sono contenuti dei circuiti elettrici per ottenere un reticolo di coordinate ed uno strumento di puntamento quale una penna ottica o un dispositivo a più tasti.

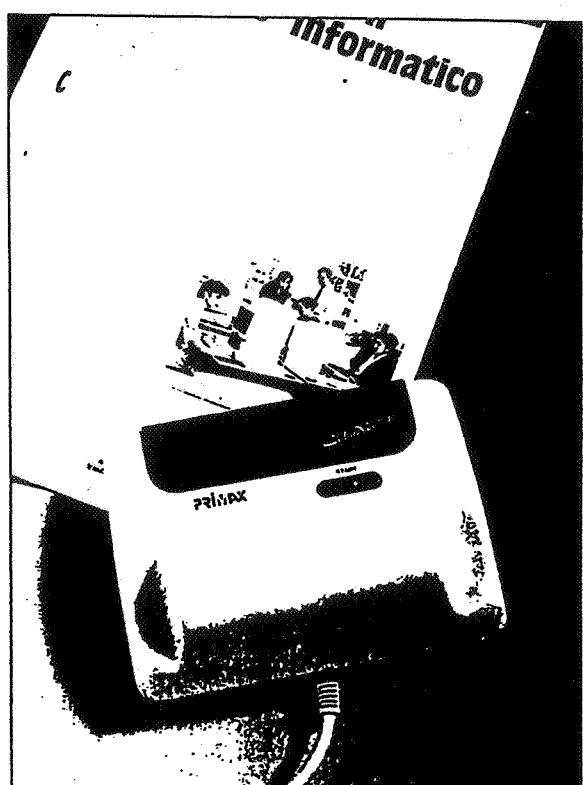


Fig. 38. Uno scanner a funzionamento manuale; oggi esistono scanner in grado di trasformare disegni in formato cartaceo (anche da A0), in un formato vettoriale ed a colori fino ad una risoluzione di 400 dpi (dot per inch, punti per pollici).

to di caratteri (OCR, Optical Character Recognition), con i quali viene analizzata l'immagine digitale costituita dal documento e riconosciuto il testo presente nel documento originale sotto forma di testo, editabile e modificabile con un programma di elaborazione testi e video scrittura (*word processing*). Un altro tipo di strumenti software abbinati allo scanner sono i programmi "Raster/Vector", che consentono di importare nel sistema CAD disegni originariamente realizzati sul supporto cartaceo.

I dispositivi di output

Quanto elaborato dal computer è reso disponibile da strumenti di comunicazione "in uscita" (*output*). Il monitor (fig. 39) è il dispositivo di output principale che ha esteso l'impiego dell'elaboratore, riservato una volta principalmente al calcolo, anche ad attività con esigenze di visualizzazione ed in-

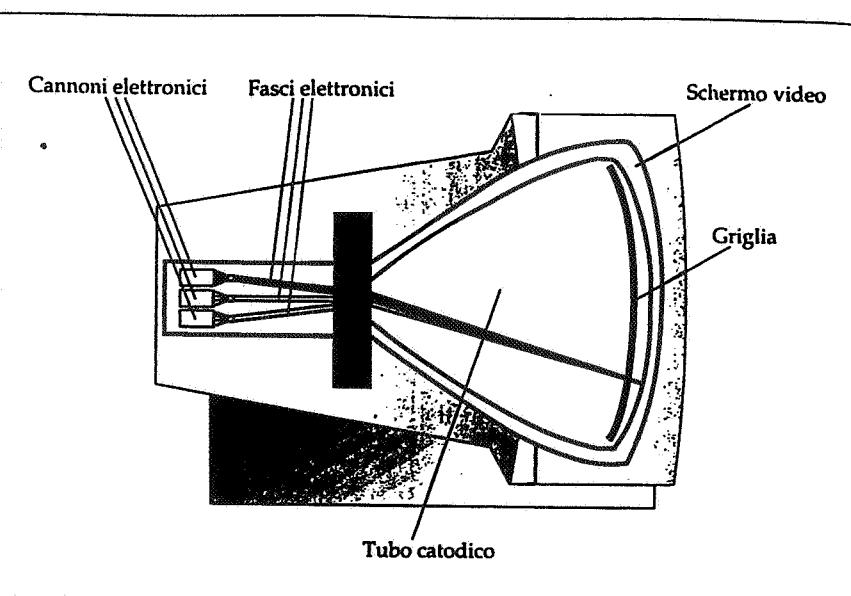


Fig. 39. Funzionamento di un monitor: la scheda video invia il segnale a 3 cannoni elettronici che emettono un flusso di elettroni all'interno del tubo a raggi catodici; i fasci elettronici, dopo essere stati allineati da una griglia, colpiscono i fosfori blu, rosso e verde, dando vita ai pixel colorati dello schermo.

Nei modelli *interlacciati* l'immagine viene rinfrescata in due passate tracciando in una passata le linee di posizione pari e nella passata successiva le linee di posizione dispari. Nei modelli non interlacciati la generazione dell'immagine avviene con un'unica passata e, pertanto, la frequenza di scansione è generalmente più alta e la qualità dell'immagine migliore. I monitor a cristalli liquidi (fig. 40) (*LCD, Liquid Cristal Display*) vengono usati per i computer portatili di peso e dimensioni contenuti. Le modalità con le quali l'adattatore video applica una carica elettrica al cristallo liquido determinano il funzionamento dello schermo a *matrice passiva* (con colori tenui, le cariche si esauriscono rapidamente), o a *matrice attiva* (con singoli transistor per cella, colori più intensi e nitidi).

Le stampanti sono dispositivi che consentono di riprodurre su supporto cartaceo immagini e testo. Le tecnologie di stampa differiscono sostanzialmente per il modo con cui l'inchiostro viene depositato sul foglio. La tecnologia ad aghi (fig. 42) è considerata la tecnologia di stampa più economica e robusta nonché veloce; le stampanti sono dotate di una testina con alcuni aghi premuti su un nastro (generalmente tra 9 a 24), che viene mossa orizzontalmente lungo il foglio in modo che ad ogni scansione vengono attivati solamente gli aghi corrispondenti all'immagine che si vuole ottenere. La tecnologia della stampa ad aghi è oggi ampiamente superata dalla

tecnologia a getto d'inchiostro e pertanto queste stampanti sono per lo più impiegate in situazioni dove è richiesta la stampa di grosse moli di dati senza il vincolo di una elevata qualità della stampa.

Le stampanti a getto d'inchiostro (*inkjet*) (fig. 41) depositano l'inchiostro sulla carta mediante un ugello posto su di una testina che spruzza sul foglio piccole gocce d'inchiostro che a contatto con l'aria si asciugano formando punti e caratteri. La qualità di stampa ottenuta è paragonabile a quella delle stampanti laser, (fino a 720x720 dpi) ad un costo più contenuto.

La tecnologia di stampa laser si è notevolmente diffusa per l'elevata qualità

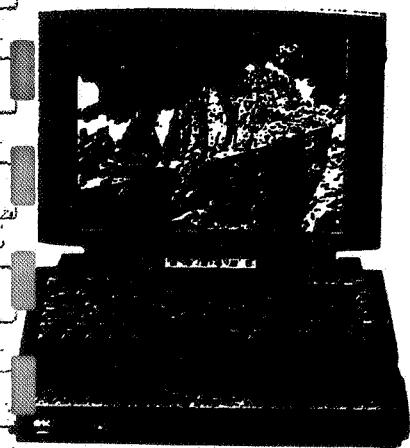


Fig. 40. Un notebook a colori con visore a matrice attiva.

terazione grafica, quali il CAD, la composizione di testi, l'editoria, la *business graphics*, ecc.

I monitor utilizzati oggi dispongono di hardware grafico (schede grafiche) che offrono dai 256 fino ai 16 milioni di colori. I monitor più diffusi utilizzano la tecnologia a scansione *raster* con un tubo a raggi catodici e con una tecnica del tutto simile a quella televisiva. Una caratteristica tecnica importante è la frequenza con la quale l'immagine viene rinnovata (*refresh*); per evitare il tremolio delle immagini la velocità di refresh deve essere elevata.

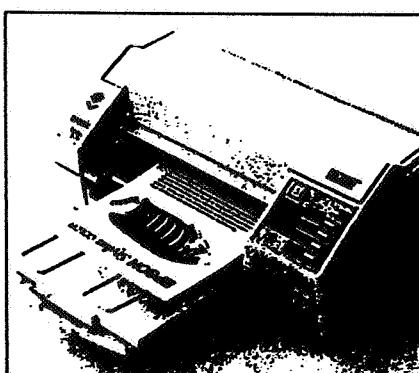


Fig. 41. Stampante a getto d'inchiostro: rappresenta un compromesso tra costi, velocità e qualità; la testina di stampa possiede moltissimi ugelli dai quali fuoriescono goccioline d'inchiostro che si depositano sulla carta durante ogni spostamento laterale.

di stampa e per il costo relativamente basso (fig. 42).

Questa tecnologia fa uso di un raggio laser che illumina un tamburo sensibile alla luce su cui vengono formati i punti e i caratteri; il rullo, nelle parti sensibilizzate dalla luce, attira particelle di inchiostro (*toner*) che, attratte dalle cariche elettrostatiche, si depositano su di esso; nella fase successiva il rullo passa sulla carta e vi deposita il toner. Questa tecnica di stampa consente di ottenere immagini con una risoluzione fino a 600x 600 punti per pollice.

I trasduttori grafici o *plotter* (fig. 43) sono il principale strumento per la riproduzione di modelli CAD su supporto cartaceo; sono caratterizzati da una tecnica di disegno di tipo vettoriale, che per precisione e qualità soddisfa le esigenze della produzione di disegni tecnici.

Si distinguono principalmente tre categorie di plotter, i plotter *a penna*, che sono veri e propri dispositivi di stampa vettoriale; hanno il grosso svantaggio della lentezza di stampa e di una manutenzione continua delle penne. I plotter *a getto d'inchiostro* adottano una tecnica di tracciatura simile a quella delle stampanti ink-jet; i costi sono abbastanza contenuti, mentre le

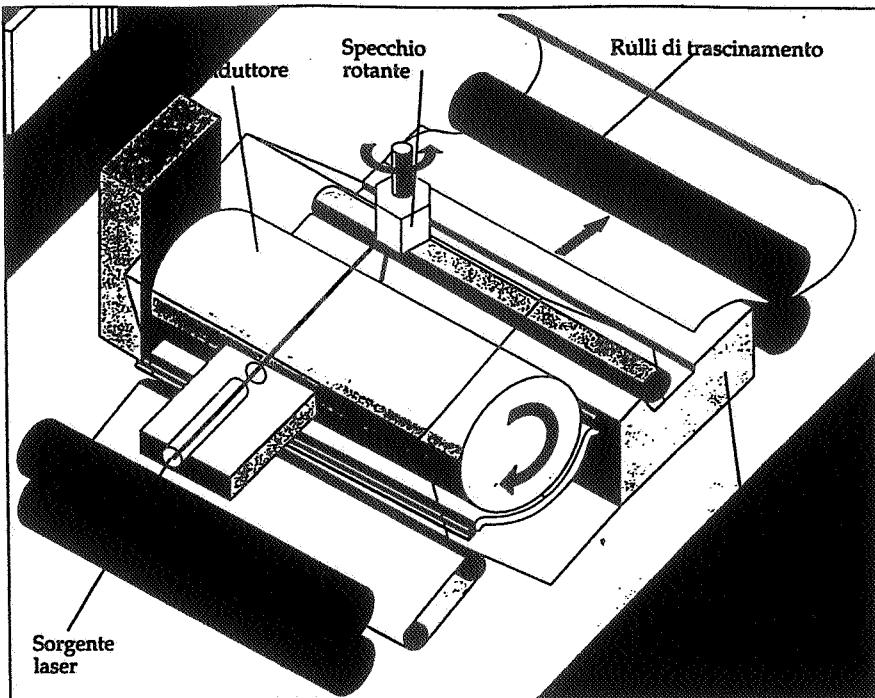


Fig. 42. Schema di funzionamento di una stampante laser: uno specchio rotante deflette un fascio laser sulla superficie di un tamburo fotosensibile che, nei punti colpiti, attrae la polvere di stampa (toner) che si deposita sulla carta.

risoluzioni possono arrivare fino a 720 dpi con 16 milioni di colori. I plotter elettrostatici adottano una tecnologia

simile a quella delle stampanti laser, con elevate velocità di stampa e risoluzioni fino a 400 dpi. Recentemente è nata la tecnologia LED (light-emitting diodes) che fa uso di una testina statica composta da una batteria di LED che impressiona un tamburo fotosensibile (fig. 44).

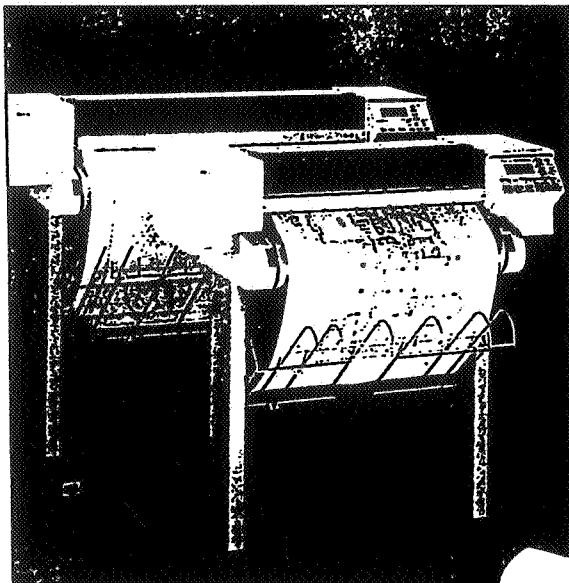


Fig. 43. Due moderni plotter a getto d'inchiostro, con formato A1 e A0.

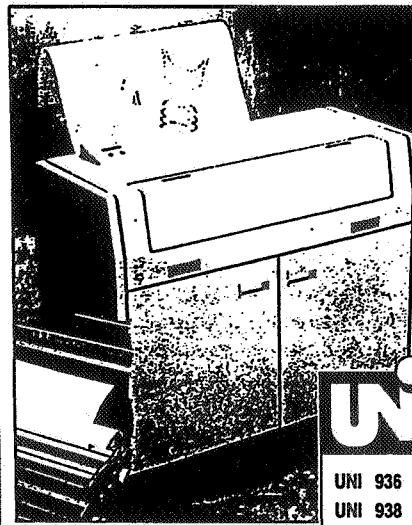
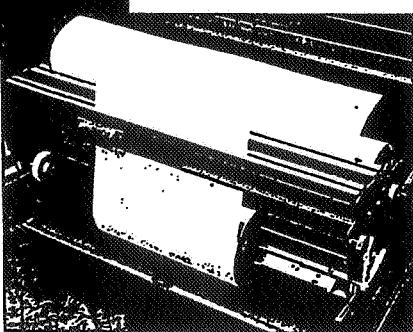


Fig. 44. Un plotter a LED monocromatico, con 32 Mb di memoria RAM e un disco rigido da 540 Mb.



ENTE NAZIONALE
ITALIANO DI UNIFICAZIONE

UNI 936	Formati dei fogli da disegno
UNI 938	Piegatura dei fogli
UNI 3967	Scale
UNI 3968	Tipi e grossezze delle linee
UNI 7559	Scritture sui disegni
UNI ISO 6428	Requisiti per microfilmature
UNI 5125-5131	Attrezzi per il disegno, tavolette, squadre, righe millimetrati, tavoli.
UNI 5279-5291	Compassi per scuole
UNI 9118	Righe per tecnigrafo
UNI ISO 9175	Punte tubolari per penne tecniche ad inchiostro di China
UNI ISO 9177	Portamine, classificazione e dimensioni
UNI ISO 9180	Mine di grafite per matite di legno

A U T O C A D

ANNO	TIPO DI CHIP	CARATTERISTICHE TECNICHE	FREQUENZA (MHz)	POTENZA STIMATA (n. di operazioni al secondo)
1982	8088	Bus dati esterno-interno 8 bit	4,77	
1983	8086	Bus interno 16 bit, esterno 8 bit	8-10	
1984	80286	Gestione dati a 16 bit	12-16	
1986	80386 DX	Gestione dati a 32 bit	16-20-33-40	
	80386 SX	Bus dati esterno a 16 bit	16-20-33	
	80386 SL	a basso consumo, per portatili	25-33	
1989	80486 DX	come 386 + coprocessore + cache	25-33-50	
	80486 SL	a basso consumo, per portatili	25-33	
	80486 SX	senza coprocessore matematico	20-25-33	
1992	80486 DX2	velocità interna doppia, esterna normale	25/50, 33/66	
1993	80486 DX4	velocità interna quadrupla, esterna normale	25/75, 25/100	
1993	Pentium 60	gestione dati a 64 bit	60	
1993	Pentium 66	gestione dati a 64 bit	66	
1994	Pentium 90	gestione dati a 64 bit	90	
1995-98	Pentium100/330	gestione dati a 64 bit	100-330	

Fig. 1. Caratteristiche dei microprocessori INTEL.

I REQUISITI HARDWARE DI AUTOCAD

Per poter usare Autocad in modo produttivo ed efficiente, è importante disporre della seguente configurazione hardware: unità centrale di elaborazione, CPU (Central Processing Unit) con un'adeguata quantità di memoria ad accesso casuale (RAM, Random Access Memory). La figura 1 elenca le differenze tra i microprocessori della famiglia Intel; la velocità di elaborazione viene misurata in megahertz (MHz) e definisce il numero massimo di istruzioni che il microprocessore può elaborare in un secondo.

Dalla versione Autocad 9 in avanti, se non si dispone di un processore Intel 80486, è necessario disporre di un coprocessore matematico. Infatti l'elaborazione grafica di Autocad si basa sulla matematica a virgola mobile, con precisione fino a 16 cifre decimali; questo metodo permette una grande precisione, poiché le informazioni vengono memorizzate sotto forma di numeri reali. La matematica in virgola mobile nelle fasi di elaborazione produce sensibili rallentamenti ed è per questo motivo che si richiede l'aggiunta di un coprocessore matematico progettato specificamente per effettuare calcoli in virgola mobile in luogo del processore principale.

Nella memoria ad accesso casuale (RAM) risiedono temporaneamente i dati durante l'elaborazione; la capacità della RAM si misura in kilobyte o megabyte; ogni kilobyte equivale a 1024 byte mentre un megabyte corrisponde a 1.048576 byte. Autocad richiede un minimo di 640 Kbyte, ma la versione 12 e la versione 13 richiedono rispettivamente un minimo di 8 ed 16 Mbyte di memoria.

Autocad è in grado di individuare la memoria aggiuntiva oltre i 640 Kb e immagazzinare in memoria una percentuale maggiore del database di disegno, e quindi aumentare le prestazioni e la velocità. La memoria aggiuntiva oltre i 640 Kb viene chiamata memoria estesa, e viene usata dai compu-

RISOLUZIONE GRAFICA:

CGA: Color Graphics Adapter 320 x 200 - 4 colori

EGA: Enhanced Graphics Adapter 640 x 350 - 16 colori

VGA: Video Graphics Array 640 x 480 punti - 16 colori - (4 bit/pixel, $2^4 = 16$)

SVGA: VGA Avanzata 800 x 600 punti, 256 colori (8 bit/pixel, $2^8 = 256$)

SVGA estesa: 1024 x 768, fino a 16,7 milioni di colori (24 bit/pixel, $2^{24} = 16,7$ m)
eventualmente con acceleratore grafico

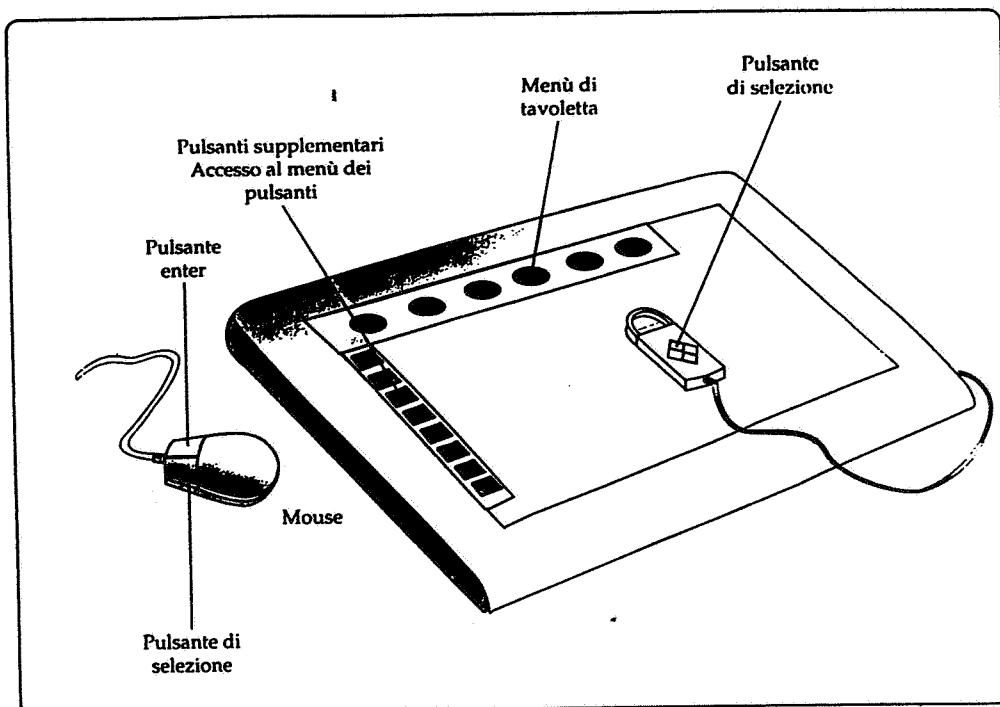
Fig. 2. Caratteristiche delle schede grafiche.

ter PC/AT in modo protetto. Il modo protetto permette al microprocessore di accedere alla memoria aggiuntiva situata tra uno e 32 Mb. Tulle le volte che i dati eccedono la dimensione della RAM Autocad memorizza i dati su disco con un sistema di paginazione di file, cioè con la creazione di un'area di lavoro temporanea su disco in files detti swap. Per questo motivo, per poter utilizzare Autocad con buone prestazioni e velocità, viene suggerito di avere molto spazio libero sull'hard disk (20 Mb per la versione 12, 35Mb per la 13).

La tabella in figura 2 dà una panoramica delle diverse schede grafiche esistenti sul mercato; per poter usare correttamente un programma di disegno automatico, merita particolare importanza la scelta del monitor e della scheda grafica, che è un dispositivo che gestisce il flusso dei dati tra il computer e lo schermo; infatti la risoluzione grafica fornisce una misura dell'accuratezza con la quale lo schermo è in grado di mostrare i dettagli del disegno, e viene determinata contando il numero dei pixel visualizzati; un pixel è l'unità di visualizzazione più piccola attivabile dal dispositivo; più alto è il numero di pixel in orizzontale ed in verticale e più accuratamente lo schermo visualizzerà i dettagli di un disegno.

Per quanto riguarda i dispositivi di inserimento dati, la

Fig. 3. Le periferiche ed Autocad. Nel caso del Mouse, il pulsante sinistro viene utilizzato per la selezione, mentre quello destro equivale al tasto "Enter".



maggior parte degli utenti di Autocad usano la tastiera ed il mouse, oppure la tavoletta grafica; il mouse è un dispositivo di inserimento più semplice: quando viene spostato su una superficie piana, il puntatore di Autocad replica fedelmente sullo schermo il movimento compiuto; inoltre l'utente può selezionare i comandi spostando il puntatore sull'area dei menu dello schermo e premendo il pulsante sinistro del mouse (fig. 3).

Infine, per quanto riguarda i dispositivi di output, il plotter a penna è il dispositivo più utilizzato per riprodurre su carta i disegni generati con Autocad; la stampante grafica laser, o a getto di inchiostro è in grado di produrre un buon output grafico, anche se esiste per ora la limitazione al formato A4.

IMPOSTAZIONE DELL'AMBIENTE DI DISEGNO

L'impostazione dell'ambiente di disegno consiste nel determinare le unità di misura, e le dimensioni dell'area di disegno.

L'ambiente di disegno sarà definito in un disegno chiamato *disegno prototipo* provvisto di impostazioni specifiche per particolari necessità e può fungere da base per disegni futuri. Il prototipo standard di Autocad si chiama *acad.dwg*, dove *.dwg* rappresenta l'estensione usata da Autocad nella memorizzazione dei file di disegno.

Autocad permette di disegnare degli oggetti in base alle loro dimensioni effettive. Si possono anche creare dei disegni che rappresentano oggetti di grandissime dimensioni (per esempio un aeroplano), oppure di dimensioni estremamente piccole (per esempio una molecola di idrogeno). Il disegno

viene creato in modo da potersi adattare allo schermo, e quindi l'utente non deve preoccuparsi della scala se non in fase di stampa.

Definizione delle unità di misura

Il comando **UNITS** permette di specificare il tipo di unità di misura; per esempio i formati ingegneristico, architettonico o metrico decimale. È possibile specificare anche le misurazioni degli angoli e il numero di cifre utilizzate per la visualizzazione decimale e frazionale degli angoli. Si tenga presente che, contrariamente ad altri programmi, viene usato il punto per la notazione decimale.

Determinazione della dimensione del foglio

Il comando **LIMITS** permette di specificare i limiti del disegno, sulla base del sistema di unità corrente. Sarebbe bene impostare dei limiti ragionevoli; ovvero, né troppo grandi né troppo piccoli rispetto alla dimensione finale. Infatti definire i limiti non significa limitare le dimensioni del disegno ma un mezzo che permette di risparmiare spazio su disco e tempo di rigenerazione, specie nel caso di disegni di grosse dimensioni, in quanto Autocad assume i limiti come riferimento per operazioni di ZOOM.

Comando: **LIMITS**

ON/OFF/<Lower left corner>: <0.00,0.00>; Premere [Enter]
Upper right corner: <12,9>: 420,297 (limiti per un foglio A3)

Rispondendo alla prima domanda con ON, si crea una barriera elettronica che impedisce il disegno all'esterno dell'area così delimitata.

Creazione di disegni e uscita da Autocad

Quando si entra in Autocad, in genere si lavora su un disegno senza nome, il che significa che è possibile iniziare a lavorare immediatamente e salvare successivamente il disegno assegnandogli un nome di file, utilizzando i comandi SAVE, SAVE AS; diversamente si può specificare subito un nome di file e quindi iniziare a lavorare utilizzando il comando NEW.

Se invece si desidera iniziare a lavorare su un disegno esistente, si deve utilizzare il comando OPEN.

In questo caso Autocad visualizza un riquadro di dialogo intitolato «Open disegno».

Per uscire da Autocad, utilizzate i comandi QUIT oppure END. Il comando QUIT consente di non salvare i cambiamenti apportati, mentre il comando END salva automaticamente le modifiche apportate prima di uscire da Autocad.

I livelli

Autocad, come tutti i programmi di disegno automatico, consente di disegnare su più livelli o layer, che si possono paragonare a tanti lucidi trasparenti sovrapposti (fig. 4); guardando i lucidi dall'alto, si possono vedere tutte le entità del disegno; è possibile quindi lavorare su un solo livello, o su tutti i livelli contemporaneamente; la figura 5 mostra la finestra interattiva per il controllo dei livelli. Un layer è contraddistinto da:

- a) Nome del layer
- b) Visibilità
- c) Numero di colore
- d) Nomi del tipo di linea
- e) congelato/scongelato

Il nome del layer è il nome usato per riferirsi ad esso nei vari comandi, con una lunghezza massima di 31 caratteri. La linea di stato, in alto a sinistra, mostra sempre il nome del

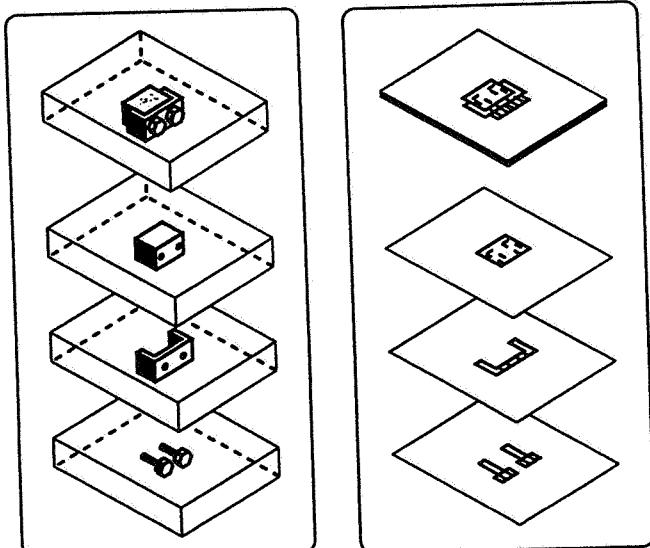


Fig. 4. I livelli.

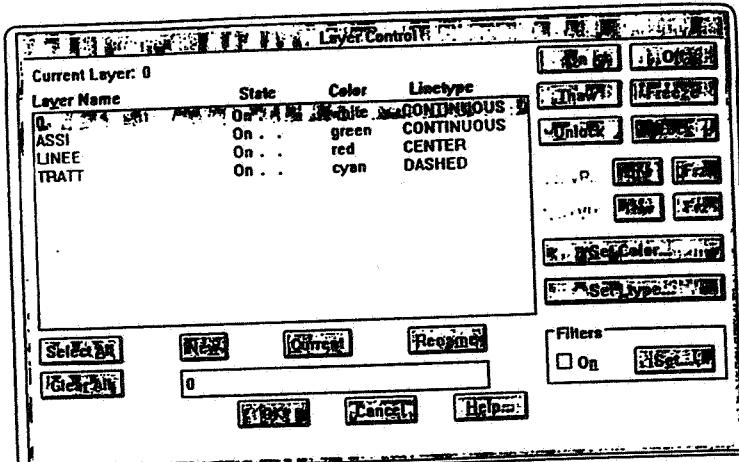


Fig. 5. Finestra di dialogo livelli.

livello corrente, che all'apertura di un nuovo file, viene chiamato livello 0.

Un layer può essere visibile (attivo) o invisibile (non attivo). Sul monitor vengono visualizzati solo i layer visibili. I layer invisibili, pur facendo parte del disegno, non sono né visualizzati né stampati. Si possono attivare o disattivare i layer a piacere, in qualsiasi combinazione.

Il numero di colore (secondo il codice indicato nel precedente capitolo) definisce il colore effettivo della visualizzazione di un layer attivato. Al layer è possibile associare un tipo di linea anche se alle singole entità si può assegnare un tipo di linea diverso da quello del layer sul quale risiedono.

Ogni layer possiede un'ulteriore caratteristica chiamata stato di congelamento o scongelamento (Freeze/Thaw).

Questo stato permette di controllare se entità presenti su un layer sono prese in considerazione da Autocad quando rigenera la visualizzazione; soltanto i layer scongelati vengono rigenerati.

Congelare un layer è come renderlo invisibile: in un disegno complesso, congelare layer inutilizzati può significare un importante incremento della velocità di rigenerazione.

I parametri dei livelli si possono cambiare in ogni momento, con l'avvertenza però che Autocad modificherà di volta in volta gli attributi dell'immagine visualizzata.

Altre impostazioni: la griglia e le modalità di cattura

La griglia è una struttura di riferimento al disegno costituita da una rete di punti visibili sullo schermo e predisposta con il comando GRID; la griglia è un sistema di aiuto visivo per l'inserimento di punti poiché consente di visualizzare le distanze sullo schermo e i margini del foglio. A questo comando è associato il tasto funzione F7.

Il modo SNAP imposta il puntatore così da essere allineato dai punti a intervalli regolari, indipendentemente dal fatto che si tratti di punti di griglia o meno. Infatti con questo comando viene definito il più piccolo movimento possibile del cursore; a questo comando è associato il tasto funzione F9. Un vincolo ulteriore al movimento del cursore è costituito dal comando ORTHO, che consente solo i movimenti ad angolo

A U T O C A D

retto, con linee parallele agli assi della griglia; anche in questo caso è possibile utilizzare un tasto funzione, e precisamente il tasto F8.

Gli snap ad oggetto (OSNAP) o modalità di cattura consentono di individuare in modo rapido l'esatta posizione di un oggetto, senza conoscerne la coordinata o disegnare linee di costruzione; un'applicazione abbastanza semplice di snap ad oggetto consiste nel congiungere il punto iniziale di una linea con il punto finale di una linea disegnata in precedenza, o di voler tracciare una tangente ad una curva.

Come si preciserà più avanti, è possibile specificare diversi modi di snap ad oggetto; ma in ogni caso al puntatore a croce viene aggiunto un mirino per indicare l'area entro la quale Autocad cerca il punto per l'operazione di snap.

Infatti in quest'area, Autocad cercherà un oggetto avente un punto che risponda ad almeno una delle condizioni specificate.

Lo snap ad oggetto riconosce solo le entità visibili sullo schermo. Quindi, tutti gli elementi che si trovano su piani disattivati e gli spazi delle linee tratteggiate, non vengono riconosciuti.

La tabella I mostra le opzioni di osnap; per l'immissione da tastiera è possibile usare i primi tre caratteri indicati in maiuscolo nella tabella.

La tabella II indica il significato dei tasti di funzione in Autocad.

Tab. I

OPZIONI	SIGNIFICATO	ESEMPIO
end	punto finale di un arco o segmento	
mid	punto medio di un segmento o un arco	
int	Intersezione di primitive	
cen	centro di un arco, cerchio o elisse	
qua	punto più vicino al quadrante di un cerchio (0, 90, 180 e 360 gradi)	
node	nodo più vicino ad un punto	
per	punto di un oggetto che forma un angolo di 90 gradi con un altro oggetto	
tan	punto di un oggetto che forma una tangente con un altro oggetto	
near	punto più vicino all'oggetto specificato	

Tab. II

TASTO	FUNZIONE
F1	Pagina grafica/testo (Help in Autocad per Windows)
F2	Pagina grafica/testo in Autocad per Windows
F6	Visualizzazione coordinate ON/OFF
F7	Griglia ON/OFF
F8	Modalità ortho ON/OFF
F9	Snap ON/OFF

Il primo disegno: utilizzo delle funzioni di editing e di visualizzazione

FASE 1 (fig. 6) - Command: LINE

LINE From point: /Selezionare un punto qualsiasi A/
To point: <Ortho on> @100,0 (Punto B)
To point: @0,100 (Punto C)
To point: @-100,0 (Punto D)
To point: CLOSE

FASE 2 (fig. 7) - Command: CIRCLE

CIRCLE 3P/2P/TTR/<Center point>: /Selezionare un punto qualsiasi E/
Diameter/<Radius>: 60

FASE 3 (fig. 8) - Command: LINE

LINE From point: MID
of /Selezionare il segmento AD/
To point: TAN
to /Selezionare la parte superiore del cerchio/
To point: /ENTER per uscire dal comando/

FASE 4 (fig. 9) - Command: LINE

LINE From point: INT
of /Selezionare il punto A/
To point: TAN
to /Selezionare la parte destra del cerchio/
To point: /ENTER per uscire dal comando/
Command: U /Per annullare il comando precedente: il segmento AF sparisce/

FASE 5 (fig. 10) - Command: LINE

LINE From point: END
of /Selezionare il segmento AD/
To point: NEAR
to /Selezionare un punto del cerchio/
To point: /ENTER per uscire dal comando/
Command: ERASE /Selezionare il segmento AF/
Select object:ENTER
1 found /Il segmento AF sparisce/
Command: REDRAW
(Ridisegna)

FASE 6 (fig. 11) - Command: LINE

LINE From point: INT
of /Selezionare il punto A/
To point: QUA
of /Selezionare la parte destra del cerchio/
To point: /ENTER per uscire dal comando/

FASE 7 (fig. 12) - Command: ZOOM

All/Center/Dynamic/Extents/Left/Previous/Vmax/Window/<Scale[X/XP]>: W
First corner: Other corner: /Ingrandire la zona del cerchio/
Command:

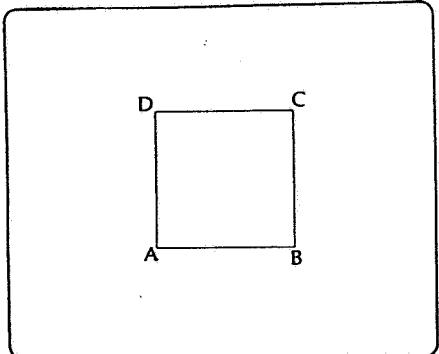


Fig. 6. Disegno di un quadrato.

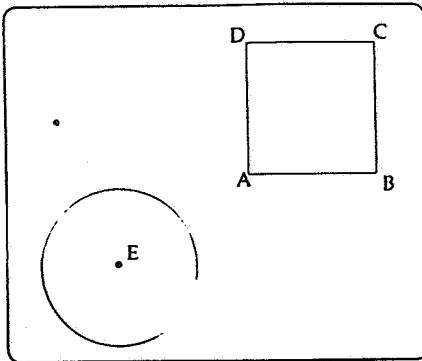


Fig. 7. Disegno di un cerchio.

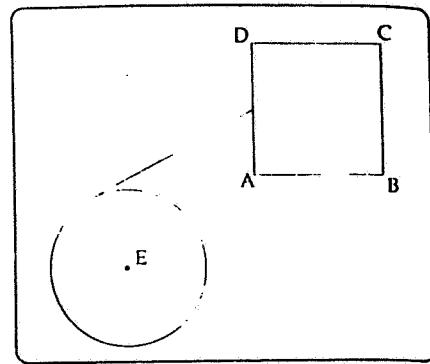


Fig. 8.

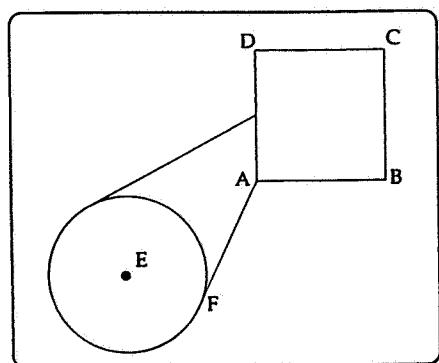


Fig. 9. Uso del comando UNDO.

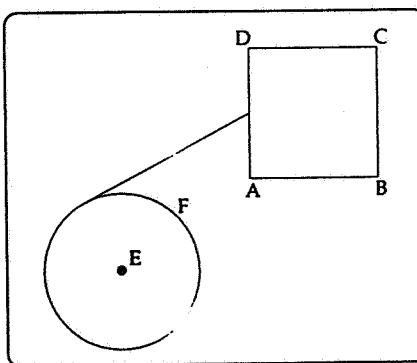


Fig. 10. Cancellazione di entità

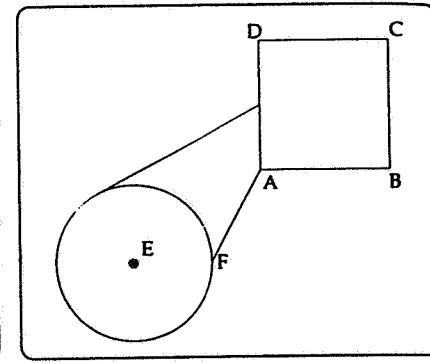


Fig. 11.

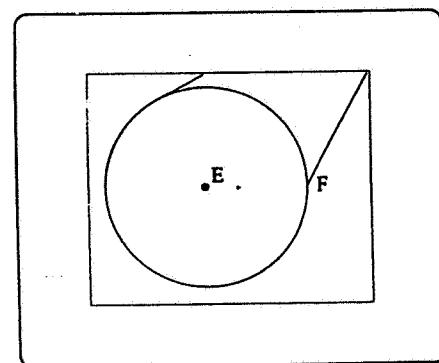


Fig. 12. Uso del comando di visualizzazione zoom finestra

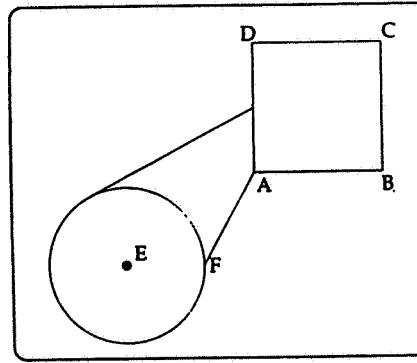


Fig. 13.

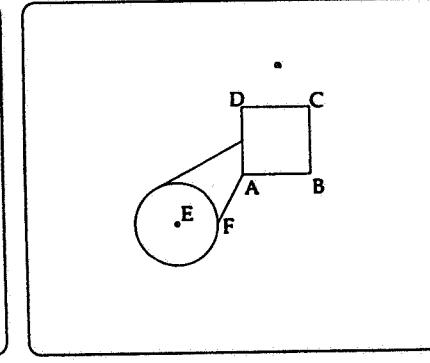


Fig. 14.

FASE 8 (fig. 13) - Command: Z

ZOOM
All/Center/Dynamic/Extents/Left/Previous/Vmax/Window/<Scale[X/XP]>: P
(Zoom precedente)

FASE 9 (fig. 14) - Command: Z

ZOOM
All/Center/Dynamic/Extents/Left/Previous/Vmax/Window/<Scale[X/XP]>:.7X
Command: Z
ZOOM
All/Center/Dynamic/Extents/Left/Previous/Vmax/Window/<Scale[X/XP]>:.E
Regenerating drawing.

costruzioni geometriche



INTRODUZIONE

Fin dalle prime epoche in cui le scienze hanno cominciato a far sentire la loro presenza nella vita dell'uomo, la geometria ed il disegno sono stati legati strettamente: si può notare come nei secoli le proprietà della geometria siano state dimostrate per mezzo del disegno ed il disegno si sia basato sulla geometria per giungere ad una rappresentazione efficace della realtà.

Si parla perciò di disegno geometrico per quel capitolo del disegno che con l'aiuto della geometria insegna a costruire i semplici elementi che troveranno applicazione nella costruzione dei più complessi disegni tecnici, come mattoni nella costruzione di un edificio.

In seguito non ci si dilungherà, nella spiegazione delle varie costruzioni, a ripetere i teoremi e le dimostrazioni proprie della geometria che si verranno via via applicando, supponendo che essi siano già noti dagli studi matematici.

Sarà però opportuno richiamare preliminarmente il concetto di retta parallela e perpendicolare, le definizioni di triangoli e di poligoni, le proprietà dei triangoli e delle varie figure geometriche, che in seguito troveranno concreta applicazione, passando ora ad esemplificare numerose costruzioni di particolare interesse nel disegno tecnico.

È noto e si vedrà più avanti, che i programmi di disegno automatico consentono la costruzione di assi, figure, tangenze, in modo semplice e veloce,

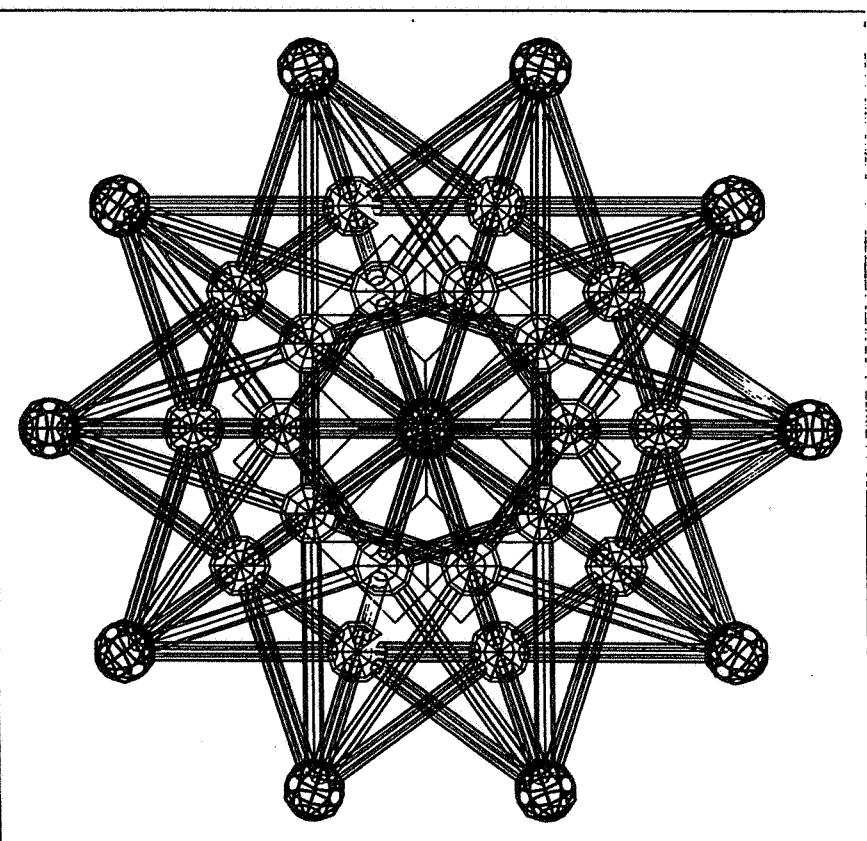


Fig. 1. Sfruttando le potenzialità del computer, è possibile ottenere delle costruzioni geometriche complesse in pochi minuti.

senza necessità di conoscere alcun formalismo geometrico; nonostante questo è opportuno approfondire le costruzioni che sono alla base di questi comandi, per poterli utilizzare nel modo più conveniente e produttivo.

Si tenga tuttavia presente che le costruzioni geometriche, per quanto eseguite con cura, difficilmente raggiungono una grande precisione. Nel caso di disegni eseguiti a mano gli errori possono essere imputati al livello di

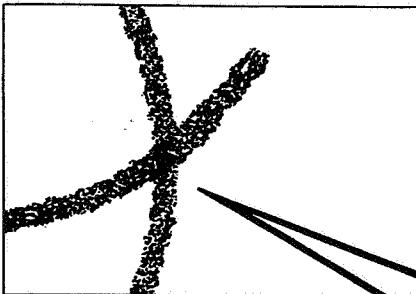
capacità manuali dell'esecutore ed alla precisione degli strumenti usati. Infatti generalmente le costruzioni si basano su una successione di passi, in ognuno dei quali si determina un punto partendo da un altro determinato in precedenza e può accadere che giunti all'ultimo punto gli errori commessi ad ogni passo si compensino ed il risultato sia accettabile oppure che gli errori si sommino e non si abbia più un risultato accettabile. Se ad esem-

pio si ingrandisce l'intersezione di due linee che determinano un punto si vede come sia piuttosto ampia la zona in cui puntare il compasso per partire a determinare il punto successivo e si possano quindi commettere errori (fig. 2).

Per migliorare la precisione è opportuno curare la pulizia dell'elaborato, predisporre gli strumenti in modo da tracciare le linee di costruzione le più sottili possibile (punte di compassi e matite molto affilate, mine dure), porre particolarmente attenzione nel puntare il compasso, valutare gli archi, tracciare le congiungenti dei punti determinati ed infine evidenziare con tratto più grosso il disegno finale solo quando sia ultimata tutta la costruzione.

Anche se il disegno viene eseguito con

Fig. 2.: L'intersezione di due linee spesso si presenta in pratica come arga anziché come punto.



segno, la traduzione grafica avrà la precisione consentita dallo strumento di traduzione, plotter, stampante o monitor. Riassumendo, nel disegno computerizzato ogni punto è approssimato rispetto alla posizione teorica calcolata, mentre nella costruzione manuale ogni punto è legato al disegno di quelli tracciati in precedenza. Nella tavola seguente sono riportate alcune figure geometriche comuni, per costituire un promemoria su base esclusivamente visiva.

Le relazioni matematiche fra i loro vari elementi sono infatti talmente note da non venire richiamate in questa sede!

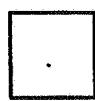
Tab. 1: Promemoria di forme e nomenclatura di figure geometriche.

LINEE	rettta	semiretta	segmento	curva	spezzata	mista				
ANGOLI										
 Un angolo è formato da due semirette (lati) uscenti da un punto O detto vertice.										
ANGOLI SUPPLEMENTARI E COMPLEMENTARI										
 Due angoli sono supplementari quando la loro somma è un angolo piatto. Sono complementari due angoli la cui somma è un angolo retto, come α e β di questa figura, cioè quando la loro somma è 90° .										
TRIANGOLI (in base agli angoli)			TRIANGOLI (in base ai lati)							
QUADRILATERI										

POLIGONI REGOLARI



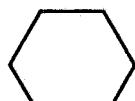
triangolo
equilatero



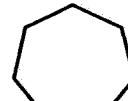
quadrato



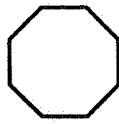
pentagono



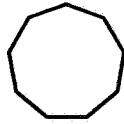
esagono



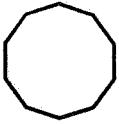
ettagono



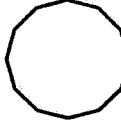
ottagono



ennagono

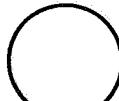


decagono



dodecagono

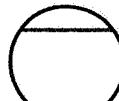
FIGURE CURVILINEE



cerchio



circonferenza



segmento
circolare



settore
circolare



corona
circolare



ellisse

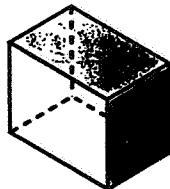


ovolo



ovale

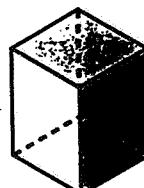
PRISMI



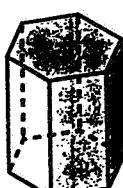
parallelepipedo



a base triangolare



a base quadrata



a base esagonale

CONI



generico

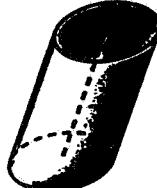


tronco di cono

CILINDRI

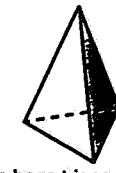


generico

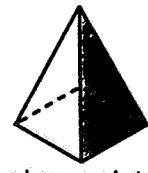


obliquo

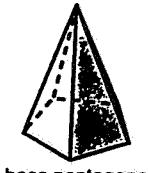
PIRAMIDI



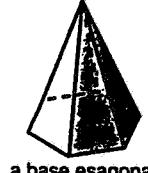
a base triangolare



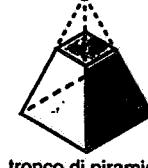
a base quadrata



a base pentagonale

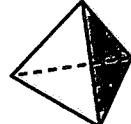


a base esagonale

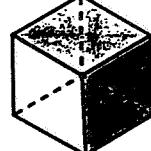


tronco di piramide

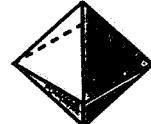
POLIEDRI REGOLARI



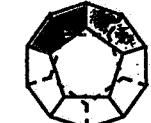
tetraedro (4 facce)



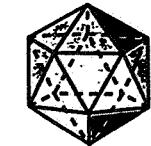
esaedro o cubo (6 facce)



ottaedro (8 facce)



dodecaedro (12 facce)

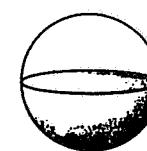


icosaedro (20 facce)

SFERA E SOLIDI DERIVATI



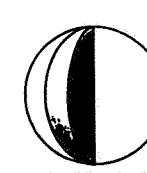
sfera



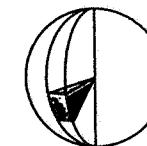
semisfera



calotta sferica



spicchio sferico



settore

COSTRUZIONI FONDAMENTALI

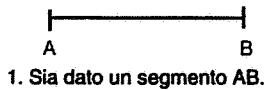
Costruzione di assi, bisettrici, perpendicolari e parallele

Le figure seguenti indicano i procedimenti per l'ottenimento di alcune co-

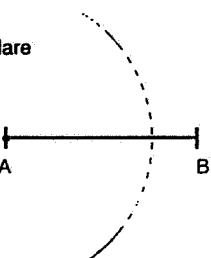
struzioni fondamentali del disegno; ogni passo di costruzione è evidenziato in successione, fino all'ottenimento dell'elemento finale.

1 - Asse di un segmento

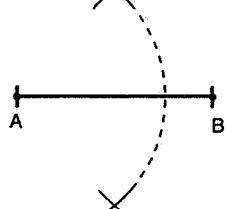
L'asse di un segmento è la perpendicolare passante per il suo punto di mezzo.



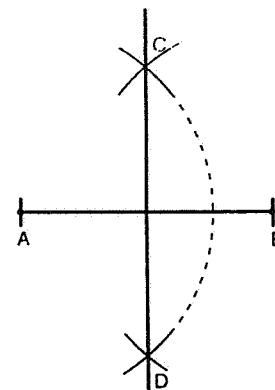
1. Sia dato un segmento AB.



2. Puntare il compasso in A e, con apertura a piacere (purché maggiore della metà del segmento AB), tracciare un arco di circonferenza (o anche solo due archetti).

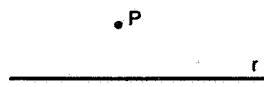


3. Puntare in B con la stessa apertura e tracciare i due archi che intersecano i precedenti in C e D.

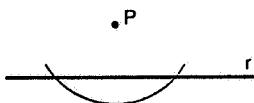


4. L'asse sarà dato dalla congiungente CD.

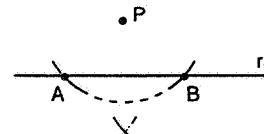
2 - Perpendicolare ad una retta passante per un punto fuori di essa



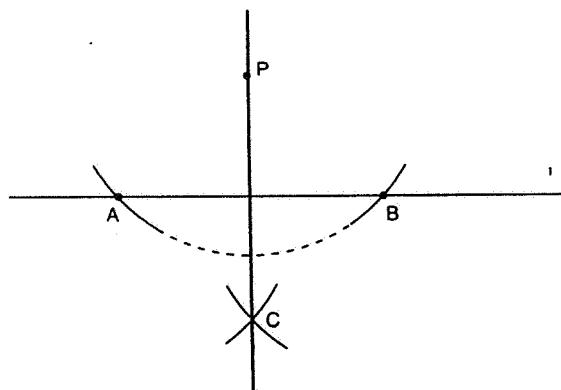
1. Siano dati una retta r ed un punto P fuori di essa.



2. Tracciare un arco di circonferenza (o anche solamente un arco) che intersechi la retta con centro in P e raggio a piacere.



3. Puntare il compasso in A e B e tracciare con lo stesso raggio i due archi che individuano il punto C.

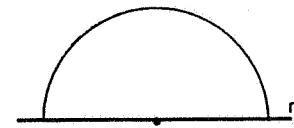


4. La congiungente PC è la perpendicolare alla retta r dal punto P.

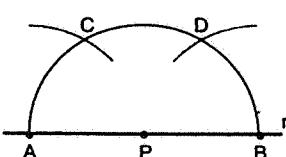
3 - Retta parallela ad una retta data



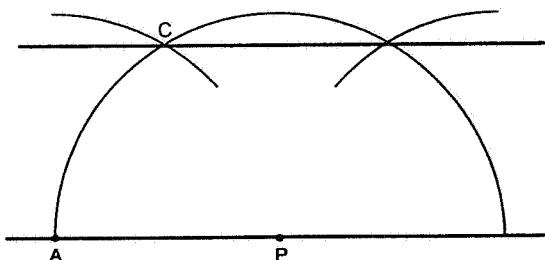
1. Sia data una retta r.



2. Centrando il compasso in un punto qualunque P su di essa, tracciare, con apertura a piacere, una semicirconferenza.



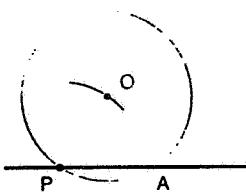
3. Puntando in A e B, tracciare, con la stessa apertura, due archi che individuano i punti C e D.



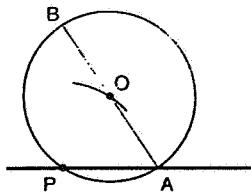
4. La congiungente CD è parallela alla retta data r.

4 - Perpendicolare ad una retta passante per un punto su di essa

1. Sia data una retta r ed un punto P su di essa.

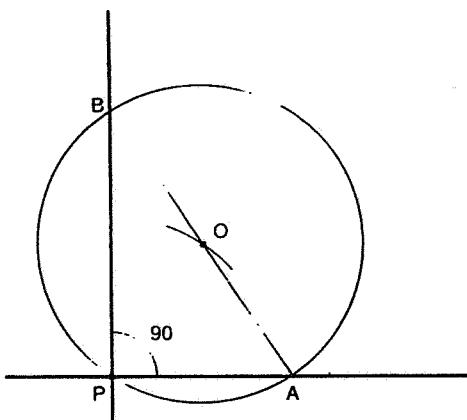


2. Puntare in P e tracciare un arco di circonferenza con apertura del compasso a piacere.



3. Centrare su un punto O scelto a piacere su di esso e tracciare, con la stessa apertura, una circonferenza.

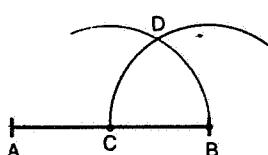
4. Congiungendo A con O disegnare il diametro AB .



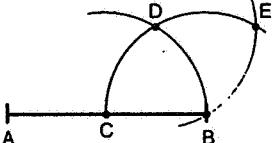
5. La congiungente BP è la perpendicolare richiesta (infatti il triangolo APB è inscritto in una semicirconferenza, pertanto è rettangolo con angolo retto in P).

5 - Perpendicolare nel punto estremo di un segmento (I)

1. Sia dato un segmento AB .

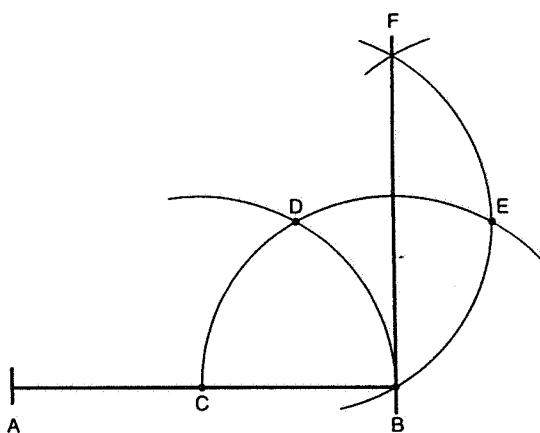


2. Puntare il compasso nello estremo B con apertura a piacere e tracciare una semicirconferenza che interseca il segmento nel punto C .



3. Con la stessa apertura del compasso puntare in C e tracciare l'arco BD .

4. Con centro in D tracciare l'arco che individua il punto E ; centrando in E tracciare l'arco che individua il punto F .

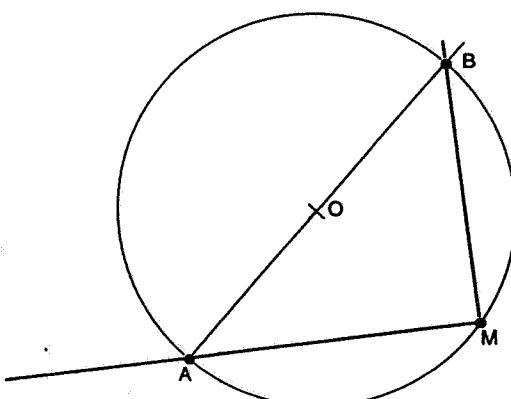


5. La congiungente BF è la perpendicolare in B al segmento dato.

6 - Perpendicolare all'estremità (II) di un segmento

1. Fissato un punto O qualunque, si tracci una circonferenza di raggio OM che interseca il segmento in A .

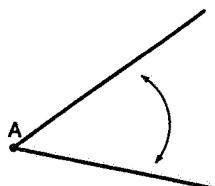
2. Tracciare il diametro AOB . Individuando il punto B , opposto ad A . La retta MB è la perpendicolare in M alla semiretta: infatti l'angolo BMA essendo inscritto in una semicirconferenza è uguale a 90° .



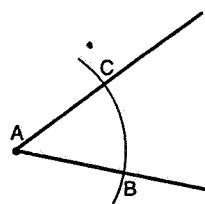
Da questo esempio, confrontato con il precedente, si vede come siano possibili diverse soluzioni per uno stesso problema.

7 - Bisettrice di un angolo

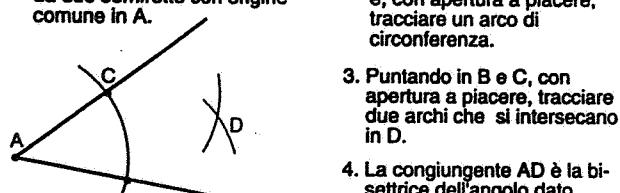
La bisettrice è la linea che divide l'angolo in due angoli uguali.



1. Sia dato un angolo formato da due semirette con origine comune in A.

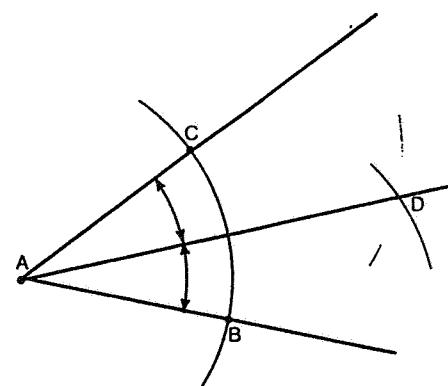


2. Puntare con il compasso in A e, con apertura a piacere, tracciare un arco di circonferenza.



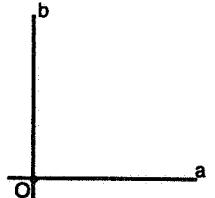
3. Puntando in B e C, con apertura a piacere, tracciare due archi che si intersecano in D.

4. La congiungente AD è la bisettrice dell'angolo dato.

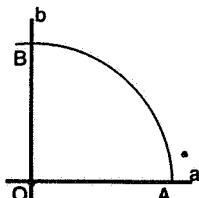


Per dividere un angolo in quattro parti uguali è sufficiente ripetere la costruzione delle bisettrici anche per i due angoli risultanti dalla prima divisione in due.

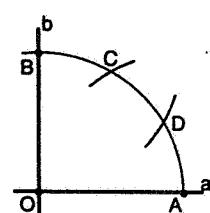
8 - Divisione di un angolo retto in tre parti uguali



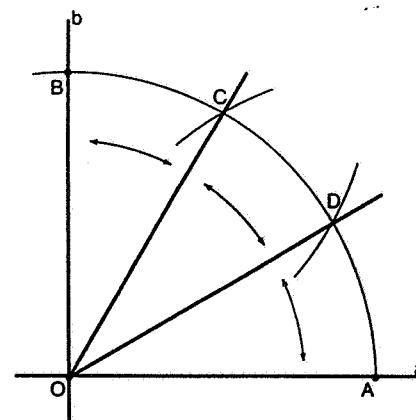
1. Sia dato un angolo retto formato dalle due semirette a e b con origine comune in O.



2. Puntando il compasso in O, con apertura a piacere, tracciare un arco di circonferenza che individua i punti A e B.



3. Puntare in A e, con la stessa apertura di compasso, tracciare l'arco che interseca il precedente nel punto C. Puntare in B e tracciare l'arco che individua il punto D.

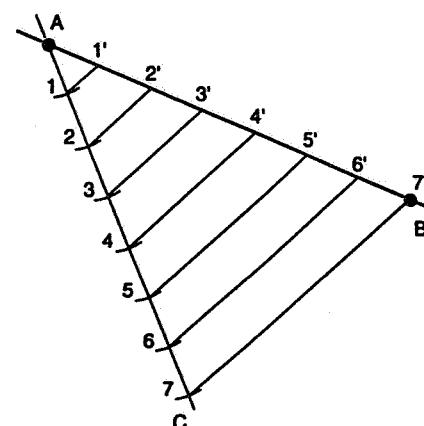


4. Le semirette congiungenti O con C e O con D dividono l'angolo in tre parti uguali. Il procedimento serve anche per costruire angoli di 30° (e di 60°).

9 - Divisione di un segmento di retta in parti uguali

Sia da dividere il segmento AB in sette parti uguali.

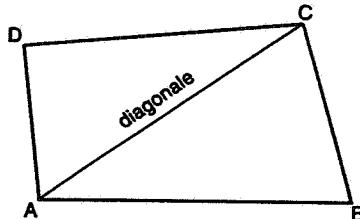
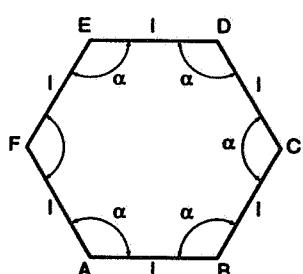
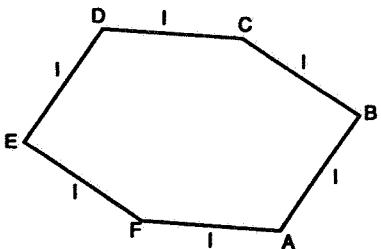
1. Si tracci innanzitutto una retta AC formante un angolo qualunque con AB.
2. Si riportino su questa retta per mezzo di un compasso sette segmenti uguali di lunghezza arbitraria.
3. Si unisca il punto 7 con il punto B.
4. Le parallele al segmento 7-B ora tracciato, passanti per i punti 1, 2, 3, 4, 5, 6, dividono il segmento AB in sette parti uguali. Questa costruzione (applicazione del teorema di Talete) è comoda per tracciare una scala di riferimento.



COSTRUZIONE DI POLIGONI

Tab. 2: Richiamo di definizioni per poligoni e triangoli.

POLIGONI



Un poligono è una spezzata chiusa, cioè una spezzata con il primo estremo del 1° segmento coincidente con l'ultimo estremo dell'ultimo segmento della spezzata. I segmenti sono i lati del poligono e, nel loro insieme, ne costituiscono il perimetro.

Elementi del poligono. Di un poligono si devono considerare i lati, gli angoli ed i vertici. In un poligono ci sono tanti angoli quanti sono i vertici.

Un poligono, qualunque ne sia la forma, è **equilatero** se tutti i suoi lati sono uguali, è **equiangolo**, se tutti i suoi angoli sono uguali.

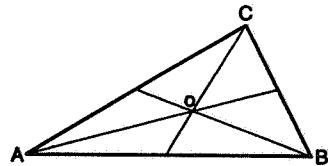
Un poligono è **regolare** se è contemporaneamente equilatero ed equiangolo.

Diagonale di un poligono è il segmento che congiunge due vertici non consecutivi. Si possono perciò tracciare una o più diagonali, secondo il numero di lati, nei poligoni con almeno 4 lati.

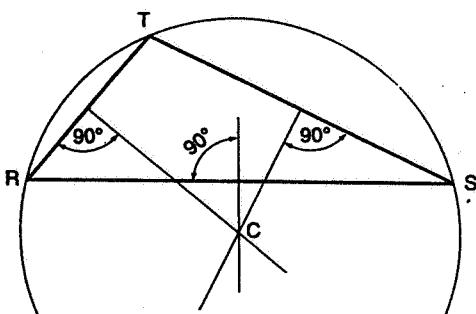
TRIANGOLI

Ogni triangolo ha 4 punti notevoli, detti rispettivamente **baricentro**, **Incentro**, **circocentro**, **ortocentro**. Questi quattro punti coincidono fra loro nel triangolo equilatero.

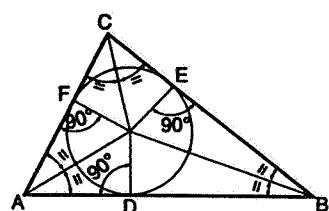
BARICENTRO (intersezione mediane)



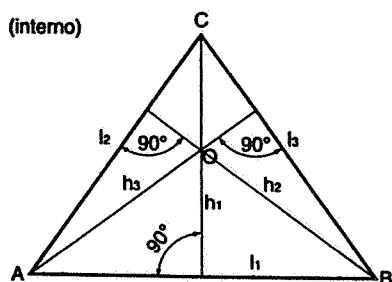
CIRCOCENTRO (centro circ. circoscritta, intersezione degli assi dei lati)



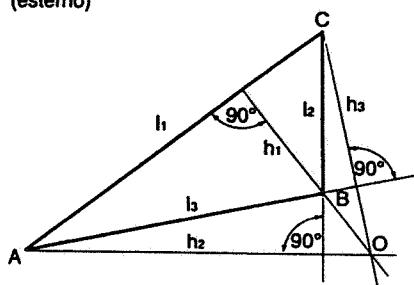
INCENTRO (centro circ. inscritto intersezione fra le bisettrici degli angoli)



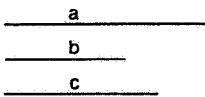
ORTOCENTRO (intersezione altezza)



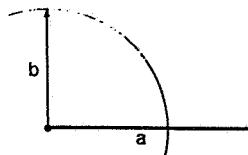
(esterno)



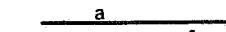
10 - Triangolo di lati assegnati



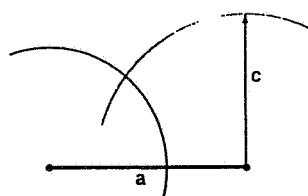
1. Siano dati i tre lati a, b e c.



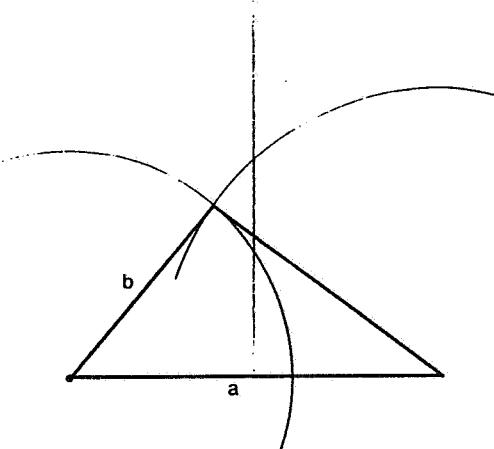
3. Puntare il compasso in un estremo di a con apertura di compasso uguale al lato b e tracciare un arco di circonferenza.



2. Disegnare il lato a.

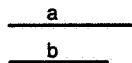


4. Puntare il compasso nell'altro estremo di a e, con apertura uguale al lato c, descrivere un arco di circonferenza che intersechi il precedente.

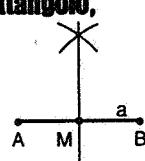
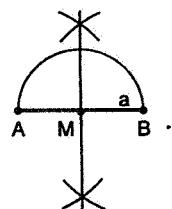


5. Congiungendo gli estremi di a con il punto di intersezione si ottiene il triangolo cercato.

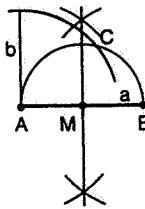
11 - Costruzione di un triangolo rettangolo, dati l'ipotenusa e un cateto



1. Siano dati l'ipotenusa a ed il cateto b.

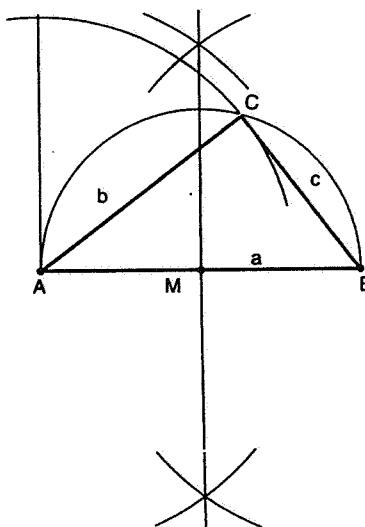


2. Disegnare l'ipotenusa a e trovarne il punto di mezzo M.



3. Con centro in M tracciare una semicirconferenza di diametro a. Ricordare che tutti i triangoli che hanno un lato coincidente con il diametro e un vertice su di una semicirconferenza sono rettangoli.

4. Puntando in un estremo della ipotenusa con apertura di compasso pari al cateto b, tracciare l'arco che interseca la semicirconferenza in C.

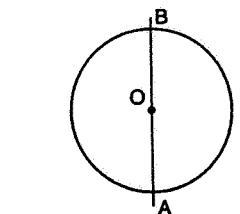
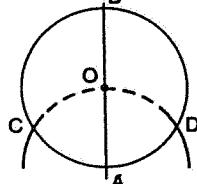


5. Congiungendo il punto C con gli estremi dell'ipotenusa si ottiene il triangolo cercato.

12 - Triangolo equilatero inscritto in una circonferenza

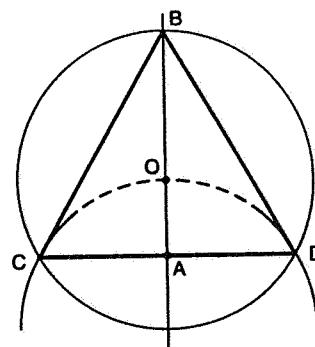


1. Sia data una circonferenza di centro O e raggio r.



2. Disegnare un suo diametro AB.

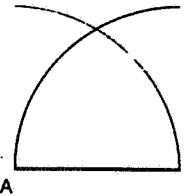
3. Centrando in A con apertura di compasso r, tracciare una semicirconferenza (o solo due archi).



4. Disegnare il triangolo con vertici BCD.
Se la costruzione viene fatta partendo dal punto B invece che A, il triangolo risultante sarà capovolto rispetto al precedente.

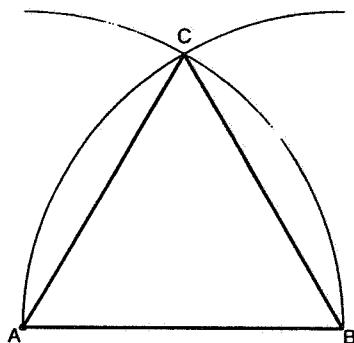
13 - Triangolo equilatero dato il lato

1. Sia dato il lato l .



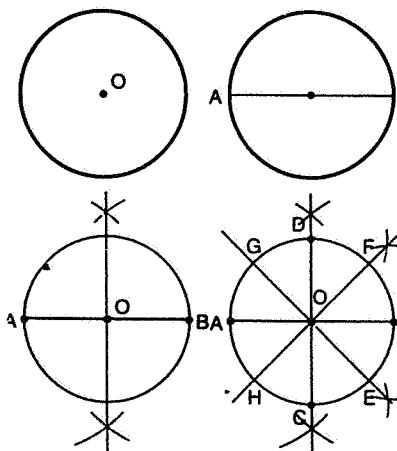
2. Con apertura di compasso pari ad l puntare in un estremo e descrivere un arco.

3. Con la stessa apertura, puntando nell'altro estremo, descrivere l'arco che interseca il precedente.



4. Disegnare il triangolo congiungendo gli estremi del lato con il punto individuato.

14- Quadrato inscritto in una circonferenza

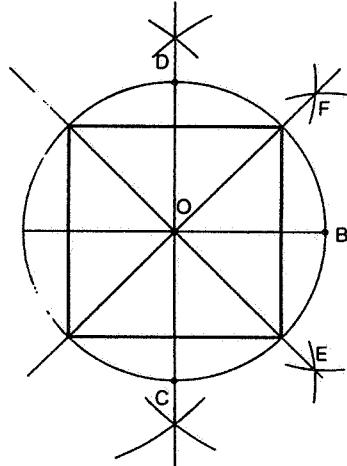


1. Sia data la circonferenza di centro O e raggio r .

2. Tracciare il diametro AB .

3. Trovarne l'asse.

4. Per costruire il quadrato con lati paralleli agli assi occorre tracciare le bisettrici dei quattro quadranti, cioè gli assi inclinati a 45° (ved. costr. 7).

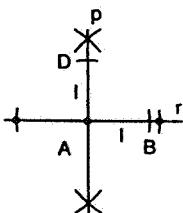


5. Unendo i punti E , F , G , H , si ottiene il quadrato richiesto.

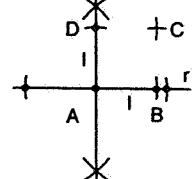
15 - Quadrato dato il lato

1. Sia dato il lato l .

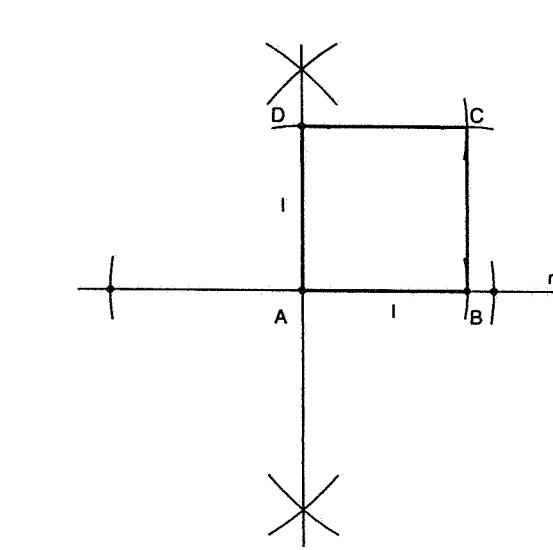
2. Tracciare una retta r .



3. Disegnare la perpendicolare p passante per un suo punto A (vedi costruzione n. 2).



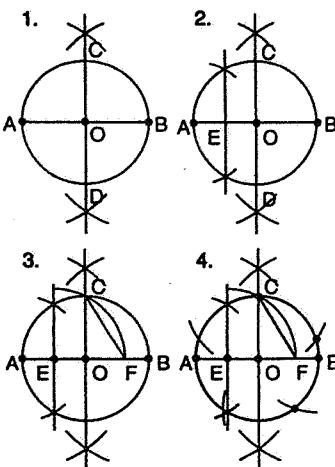
4. Puntando in A con apertura di compasso uguale ad l individuare sulle perpendicolari i punti B e D .



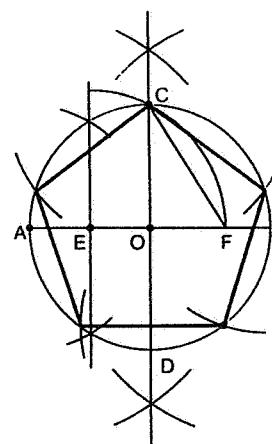
5. Puntando in B e D , sempre con apertura uguale ad l , individuare il punto C .

6. Il quadrato richiesto si ottiene unendo B con C e C con D .

16 - Pentagono regolare inscritto in una circonferenza

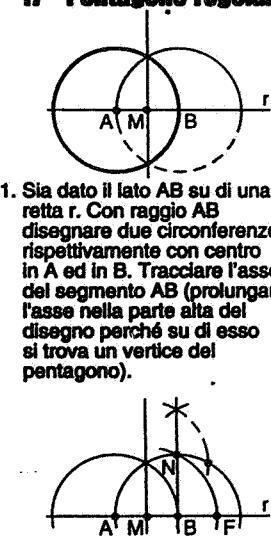


1. Sia data una circonferenza di centro O e raggio r . Individuare il diametro AB . Trovare l'asse di AB .
2. Trovare l'asse del segmento AO e quindi il suo punto di mezzo E .
3. Puntare il compasso in E e tracciare l'arco di raggio CE . La corda CF corrisponde alla lunghezza del lato del pentagono cercato.
4. Riportare 5 volte la lunghezza CF sulla circonferenza.

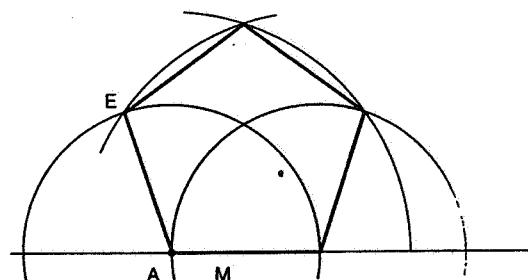


5. Congiungendo consecutivamente i punti trovati si ottiene il pentagono richiesto.

17 - Pentagono regolare dato il lato

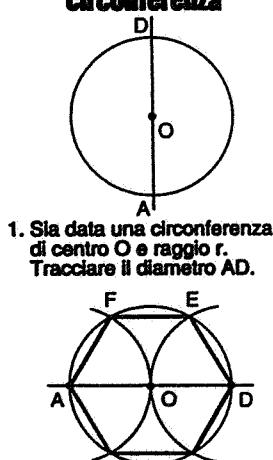


1. Sia dato il lato AB su di una retta r . Con raggio AB disegnare due circonference rispettivamente con centro in A ed in B . Tracciare l'asse del segmento AB (prolungare l'asse nella parte alta del disegno perché su di esso si trova un vertice del pentagono).
2. Disegnare la perpendicolare di AB passante per B (vedi costruzione n. 6).
3. Puntare il compasso in M con apertura MN e tracciare l'arco che individua il punto F .
4. Con apertura AF , puntare in A e tracciare l'arco che interseca la circonferenza di centro B nel punto C e l'asse del segmento AB nel punto D . Puntare in B , sempre con apertura AF e individuare il punto E .

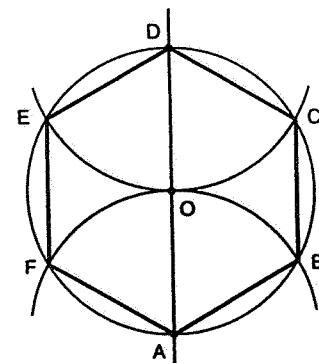


5. Tracciare il disegno del pentagono unendo B con C , C con D , D con E ed E con A .

18 - Esagono regolare inscritto in una circonferenza

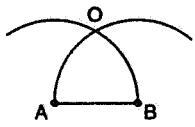


1. Sia data una circonferenza di centro O e raggio r . Tracciare il diametro AD .
2. Puntando in A e in D con apertura del compasso pari ad r , tracciare due semicirconferenze.
4. Per ottenere un esagono con due lati opposti orizzontali è sufficiente procedere alla costruzione partendo dal diametro orizzontale AD .

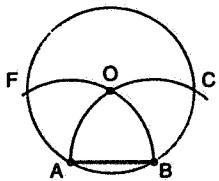


3. Disegnare l'esagono congiungendo consecutivamente i punti trovati.

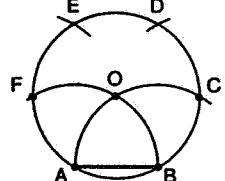
19 - Esagono regolare dato il lato



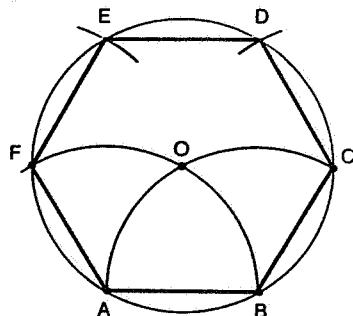
1. Sia dato il lato dell'esagono AB. Puntando rispettivamente in A e in B, con apertura di compasso pari ad AB, tracciare due archi che si intersecano in O. Il punto O è il centro della circonferenza circoscritta all'esagono.



2. Disegnare la circonferenza di centro O e raggio AB.

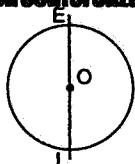


3. Sempre con la stessa apertura, con centro in C e F, individuare i punti D ed E.

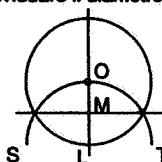


4. Disegnare l'esagono congiungendo consecutivamente i punti trovati.

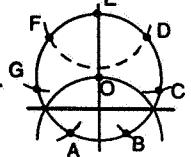
20 - Ettagono regolare inscritto in una circonferenza



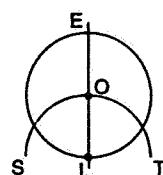
1. Sia data una circonferenza di centro O e raggio r. Individuare il diametro EL.



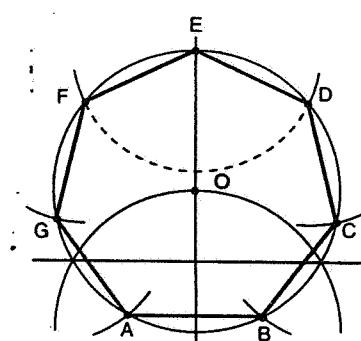
2. Con centro in L e apertura del compasso pari ad r, tracciare l'arco che individua i punti S e T.



3. Unendo S con T si determina il punto M. SM corrisponde alla lunghezza del lato dell'ettagono.

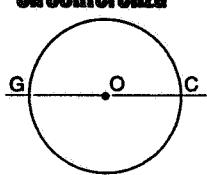


4. Riportare la lunghezza SM sette volte sulla circonferenza.

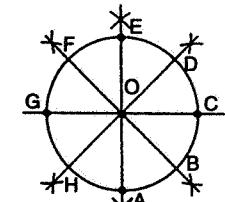
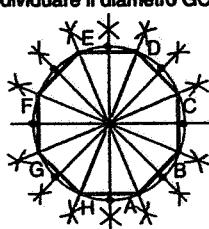


5. Congiungendo consecutivamente i punti trovati si ottiene l'ettagono richiesto.

21 - Ottagono regolare inscritto in una circonferenza

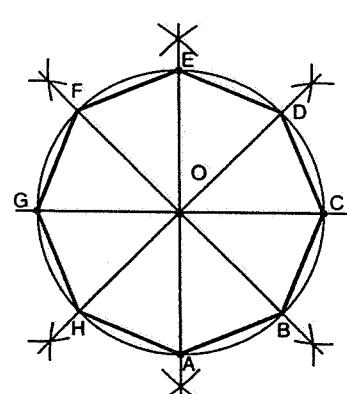


1. Sia data la circonferenza di centro O e di raggio r. Individuare il diametro GC.



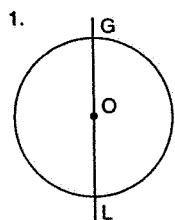
2. Tracciare l'asse del diametro GC. Tracciare le bisettrici dei quattro quadranti.

4. Per ottenere un ottagono con due lati opposti orizzontali occorre individuare sulla circonferenza altri otto punti, tracciando le bisettrici degli otto angoli costruiti precedentemente.

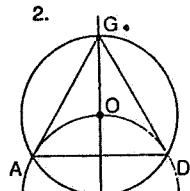


3. Unendo consecutivamente i punti trovati si ottiene l'ottagono richiesto.

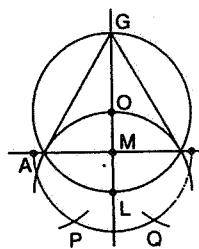
22 - Ennagono regolare inscritto in una circonferenza



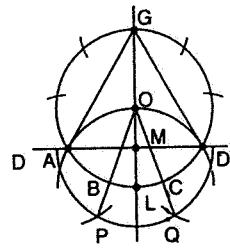
1. Sia data una circonferenza di centro O e raggio r . Tracciare il diametro verticale ed il suo prolungamento nella parte bassa del disegno.



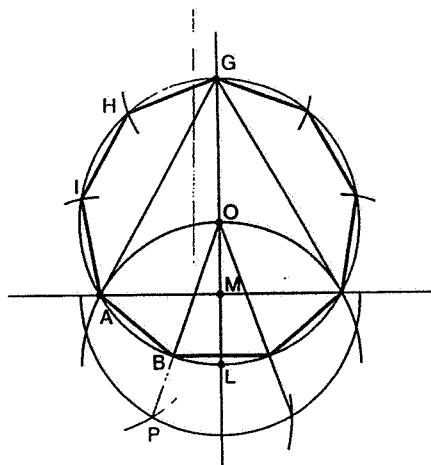
2. Procedere come per la costruzione del triangolo equilatero disegnando l'arco che individua i punti A e D , che sono già due vertici dell'ennagono.



3. Con centro nel punto M e raggio r tracciare una semicirconferenza e dividerla in tre parti uguali riportando su di essa la lunghezza del raggio.

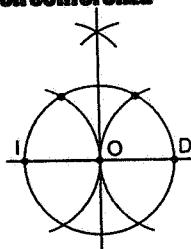


4. Congiungere il centro O con i punti P e Q . Si ottengono così i vertici B e C . Per completare il disegno dell'ennagono riportare la lunghezza del lato sulla restante porzione di circonferenza, oppure ripetere la precedente costruzione anche per gli altri due lati del triangolo equilatero.

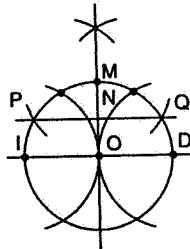


5. Unendo consecutivamente i punti trovati si ottiene l'ennagono richiesto.

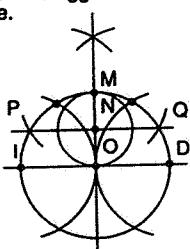
23 - Decagono regolare inscritto in una circonferenza



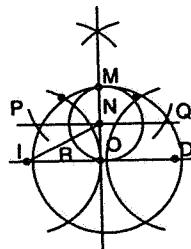
1. Sia data una circonferenza di centro O e di raggio r . Tracciare il diametro orizzontale e con raggio r trovarne l'asse.



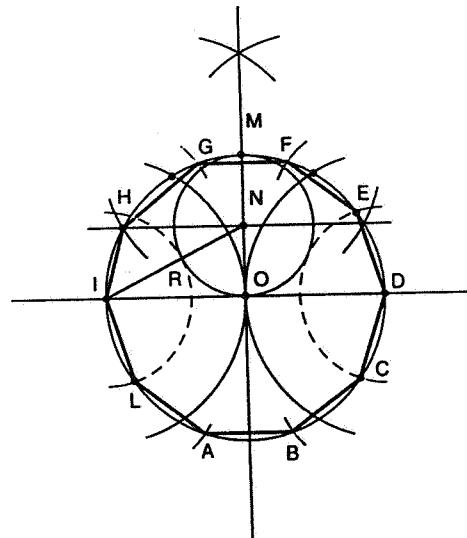
2. Puntando in M , sempre con la stessa apertura, individuare i punti P e Q . Tracciare la corda PQ .



3. Con centro nel punto N disegnare la circonferenza di raggio MN (pari ad $r/2$).

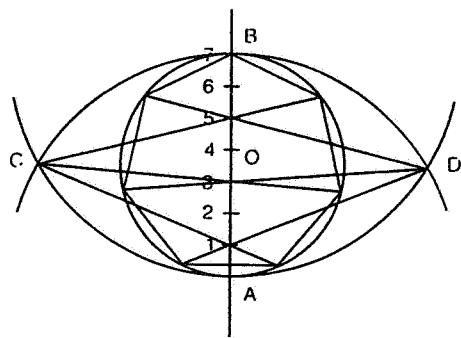
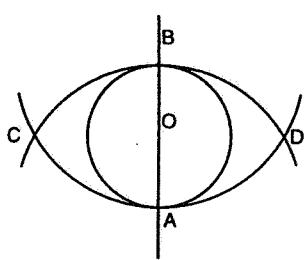
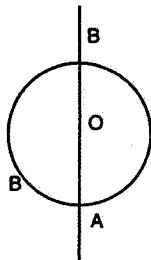


4. Tracciando la congiungente IN individuare il segmento IR , lato del decagono inscritto.



5. Riportare dieci volte la lunghezza del lato sulla circonferenza. Unendo consecutivamente i punti trovati si ottiene il decagono richiesto.

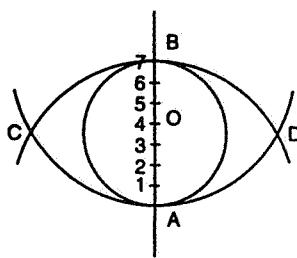
24 - Poligono regolare di n lati (in dispari) inscritto in una circonferenza



1. Sia data una circonferenza di centro O e di raggio r e si voglia inscrivere in essa un poligono regolare qualsiasi con numero di lati dispari (ad esempio 7). Tracciare il diametro verticale AB.

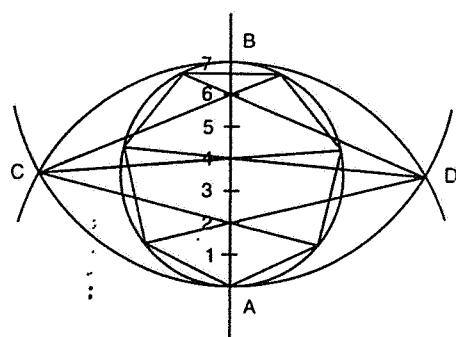
2. Con raggio pari al diametro della circonferenza puntare in A e in B in modo da determinare i punti C e D.

5. Disegnare il poligono congiungendo consecutivamente i punti trovati.



3. Dividere il diametro verticale in tante parti quanti sono i lati del poligono richiesto.

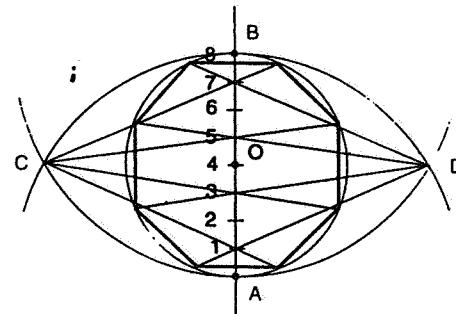
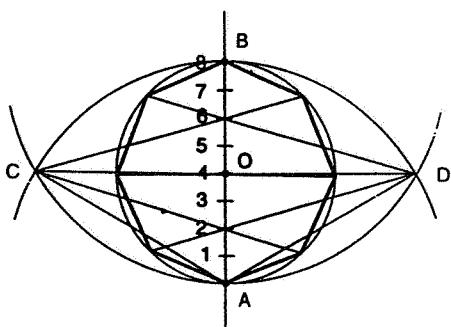
4. Congiungere rispettivamente i punti C e D con i punti segnati con numero dispari e prolungare fino ad intersecare la circonferenza.



6. Se si vuole ottenere un poligono con un lato orizzontale nella parte alta del disegno è sufficiente congiungere i punti C e D con i punti segnati con numero pari.

25 - Poligono regolare di n lati (in pari) inscritto in una circonferenza

1. Sia data una circonferenza di centro O e raggio r e si voglia inscrivere in essa un poligono regolare qualsiasi con numero di lati pari, ad esempio 8. La costruzione è uguale alla precedente, salvo le seguenti variazioni:



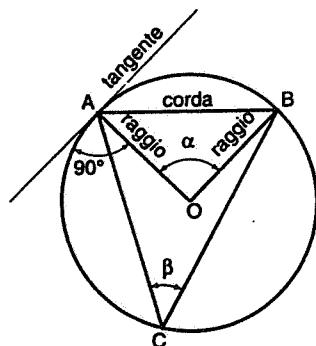
- se i punti C e D vengono congiunti ai numeri dispari del diametro verticale si ottiene un poligono con due lati opposti orizzontali.

- se i punti C e D vengono collegati ai numeri pari si ottiene un poligono con i vertici sugli estremi del diametro verticale.

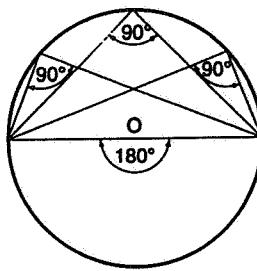
N.B.: I poligoni di $2n$ lati si ottengono da quelli di n lati costruendo come nuovi vertici le intersezioni degli assi degli n lati con la circonferenza circoscritta.

CIRCONFERENZE ARCHI E RACCORDI

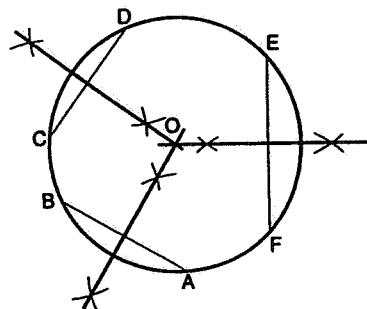
Tab. 3: Proprietà della circonferenza e dei suoi elementi geometrici.



I segmenti AC e BC che congiungono gli estremi dell'arco AB con un punto generico C della circonferenza formano tra loro l'angolo β , detto angolo alla circonferenza, l'angolo α è l'angolo al centro.
L'angolo alla circonferenza ACB ha un'ampiezza metà dell'angolo al centro AOB insieme sullo stesso arco AB.



Conseguenza della proprietà precedente è che un angolo alla circonferenza inscritto in una semicirconferenza (angolo al centro piatto) è sempre retto (90°).



Gli assi di tutte le corde di una circonferenza passano per il centro.

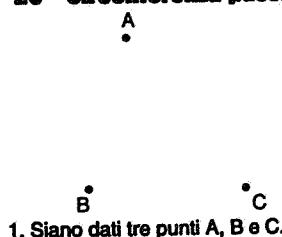
Raccordi

Un raccordo consiste nel collegare due tratti di linea (retta o curva) as-

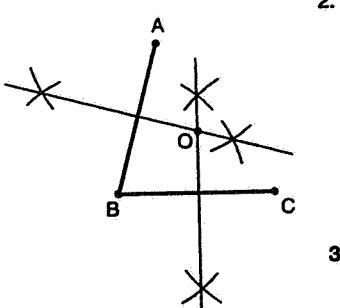
segnata con tratti di curva; per evitare discontinuità nel punto di contatto delle curve, è necessario che il tratto da raccordare ed il tratto di raccordo

abbiano in tale punto la stessa tangente.

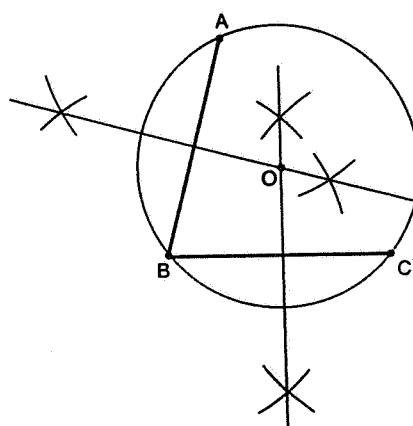
26 - Circonferenza passante per tre punti dati



2. Congiungere A con B e trovarne l'asse.



3. Congiungere B con C e trovarne l'asse.



4. Il punto O, intersezione dei due assi, è il centro della circonferenza cercata.

La costruzione serve anche per individuare il cerchio circoscritto ad un triangolo (o ad un poligono regolare di cui si conoscono tre vertici consecutivi).

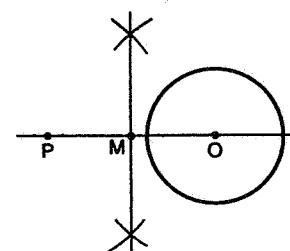
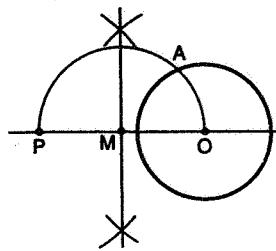
27 - Determinare il centro di un arco di cerchio

Una volta scelti tre punti su questo arco, il problema è ricondotto alla costruzione precedente.

28 - Tangente ad una circonferenza da un punto esterno ad essa

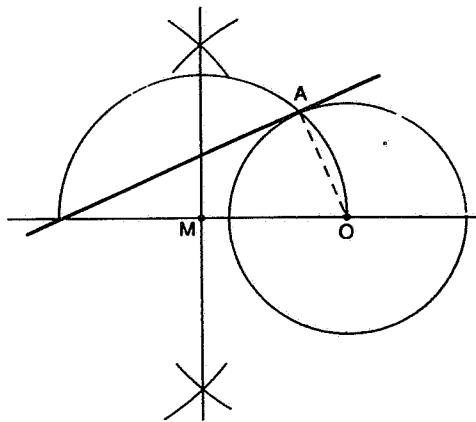


1. Siano dati una circonferenza di centro O ed un punto esterno P.



2. Tracciare la congiungente PO e disegnane l'asse.

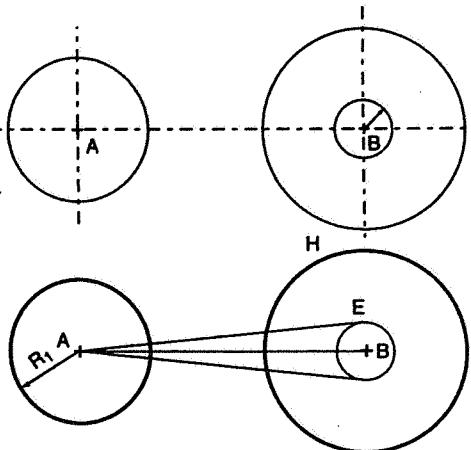
3. Tracciare la semicirconferenza di raggio OM con centro nel punto M.



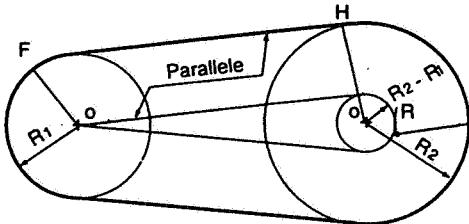
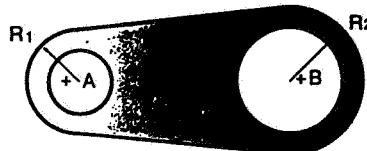
4. La congiungente PA è la tangente cercata.

29 - Tracciare le rette tangenti a due circonference date

1. Si traccia una circonferenza con centro in B e con raggio R_2 .



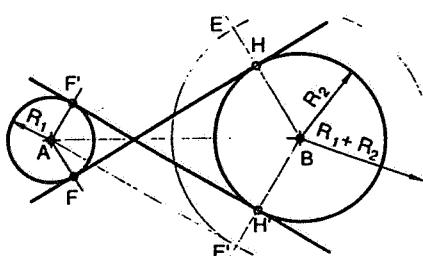
2. Dal centro A si mandano le tangenti a questa circonferenza secondo la costruzione già vista. Si congiunge B con il punto di tangenza E e si prolunga fino ad H. Da A si manda una parallela alla BH e si trova il punto F di intersezione.



3. La linea parallela alla AE, passante per F ed H, è la tangente cercata.

30 - Tangenti interne a due circonference

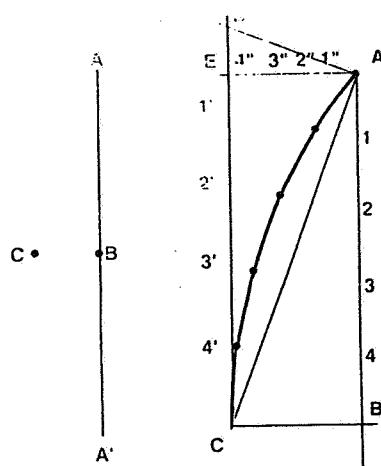
La costruzione è analoga alla precedente, con la differenza che nella prima fase si traccia, con centro in B, una circonference di raggio R_1+R_2 .



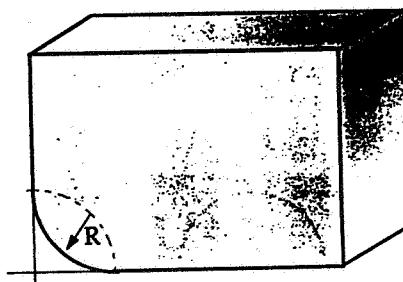
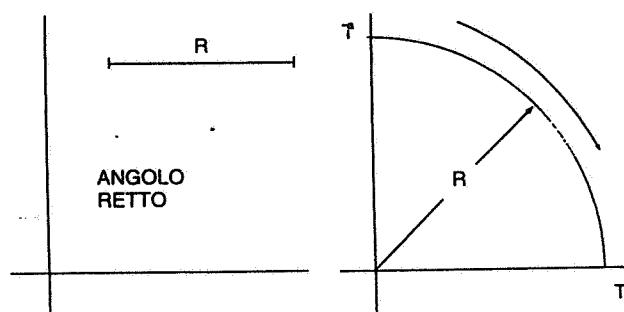
31 - Tracciare un arco di cerchio il cui centro sia inaccessibile

Devono essere note la corda AA' e la distanza BC.

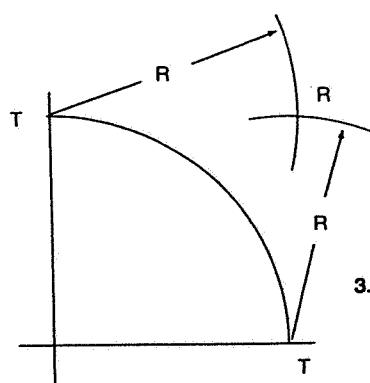
1. Unire il punto A con il punto C e tracciare AD perpendicolare al segmento AC e tracciare CD parallela ad AB.
2. Condurre la perpendicolare AE dal punto A alla retta DC.
3. Dividere in uno stesso numero di parti uguali i segmenti AB, CD e AE e unire le divisioni come indicato in figura.
4. Le intersezioni delle rette (1, 1') e (C, 1''), (2, 2') e (C, 2''), ecc. Sono punti dell'arco cercato.



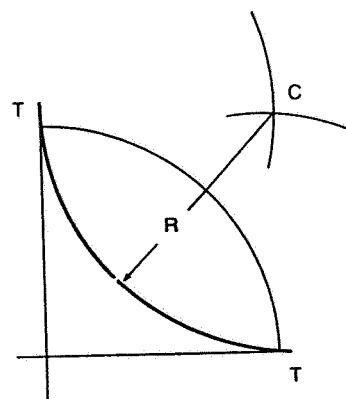
32 - Raccordare con un arco di raggio R due rette formanti un angolo retto.



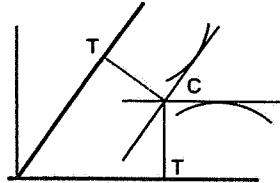
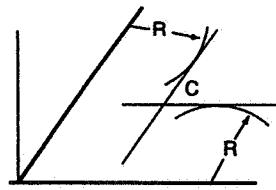
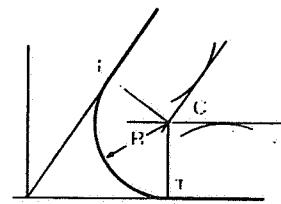
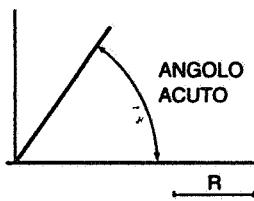
1. Se le due rette sono perpendicolari tra loro, la determinazione del centro C risulta semplice, come indicato in figura.
2. Centrando nell'intersezione dei due lati da raccordare, con raggio R, si ottengono i punti equidistanti T.



3. Centro in T, sempre col raggio R, si tracciano i due archi che si tagliano in C, centro dell'arco di raccordo richiesto. È evidente che per C e V passa l'asse della corda TT'.

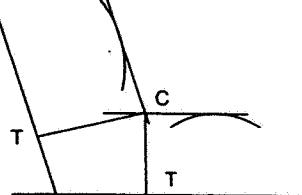
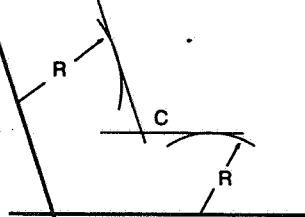
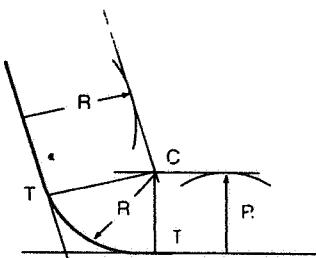
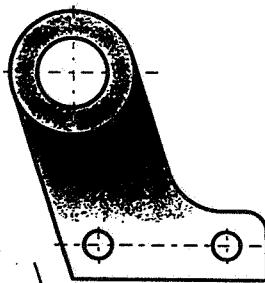
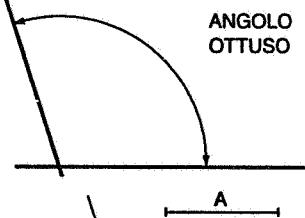


33 - Raccordare con un arco di raggio R due rette formanti un angolo acuto.



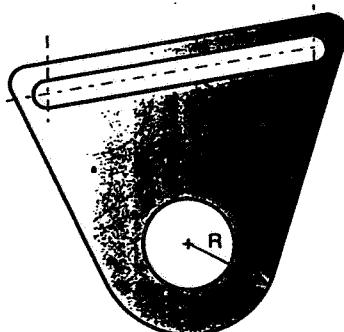
Se le due rette formano un angolo acuto, si possono condurre, a distanza R , due rette parallele che si incontrano in C , centro del raccordo.

34 - Raccordare con un arco di raggio R due rette formanti un angolo ottuso

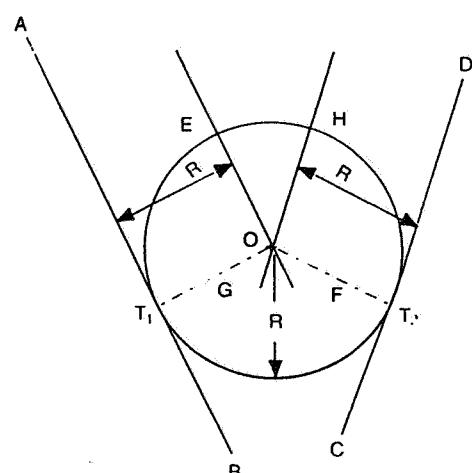


La procedura è analoga al caso precedente.

35 - Raccordare con un raggio R due rette convergenti in un punto fuori dal foglio

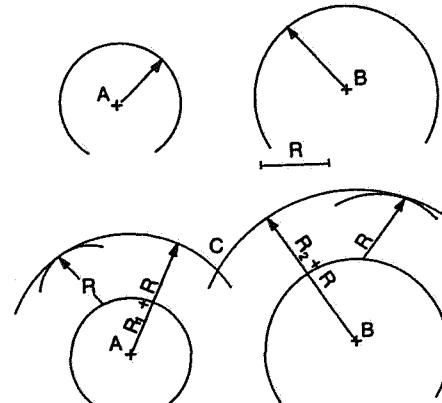


La procedura è analoga al caso precedente.



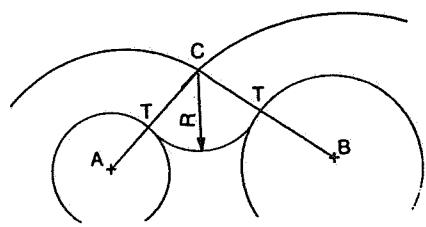
36 - Raccordo di archi con tangenza esterna

Supponendo che siano dati i seguenti elementi: i raggi dei due archi R_1 ed R_2 e relativi centri, il raggio R dell'arco di tangenza, si richiede: di determinare la posizione del centro O dell'arco tangente, di determinare i punti di tangenza T e di tracciare l'arco tangente.

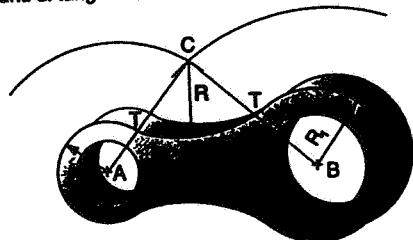


1. Usando i centri A, ed B, si descrivono due archi di raggio (R_1+R) ed (R_2+R) , la cui intersezione determina il centro C dell'arco tangente.

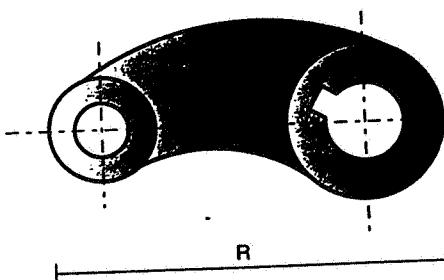
2. Per determinare i punti di tangenza si tracciano i segmenti Ac , ed Bc che si intersecano con i cerchi dati nei punti T .



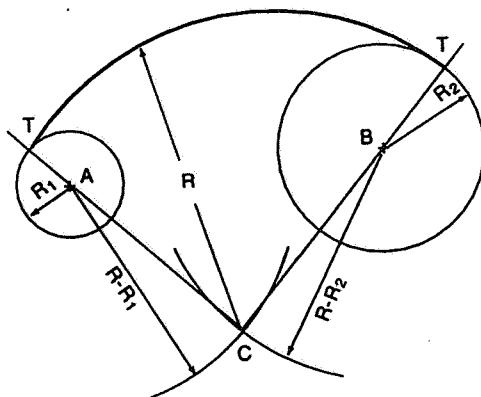
3. Usando il punto C come centro, con raggio R si traccia un arco tra i punti di tangenza così determinati.



37 - Raccordo di archi con tangenza interna

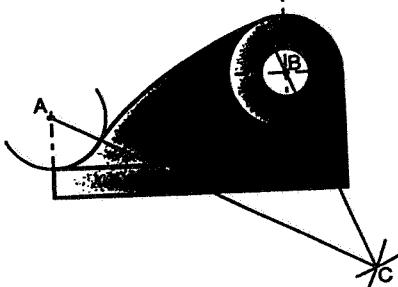


Dati come prima due archi di raggio R_1 ed R_2 e relativi centri, il raggio R dell'arco tangente, si richiede di determinare i punti di tangenza T , di disegnare l'arco tangente.

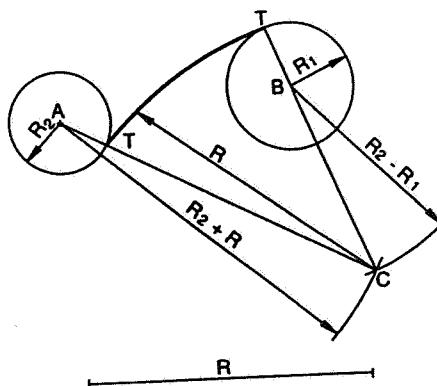


Dai punti A ed B si tracciano due cerchi di raggi $(R-R_1)$ ed $(R-R_2)$. L'intersezione di questi archi dà il punto C centro dell'arco tangente.

38 - Raccordo con tangenza combinata

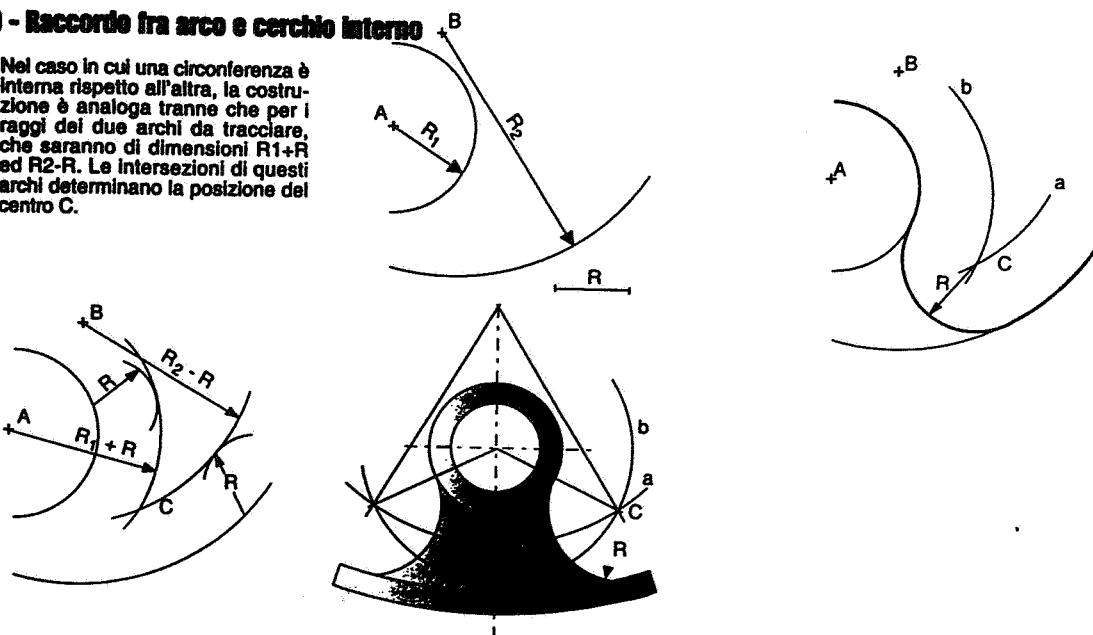


1. La costruzione è analoga alla precedente, con la sostituzione della somma dei raggi R ed R_1 alla loro differenza.



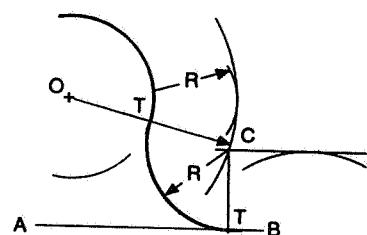
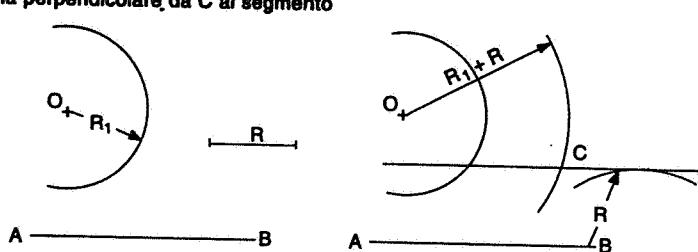
48 - Raccordo fra arco e cerchio interno

Nel caso in cui una circonferenza è interna rispetto all'altra, la costruzione è analoga tranne che per i raggi dei due archi da tracciare, che saranno di dimensioni R_1+R ed R_2-R . Le intersezioni di questi archi determinano la posizione del centro C.

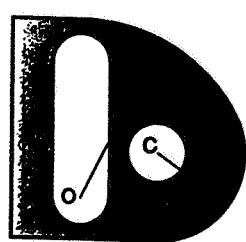


49 - Raccordo fra arco e retta (I)

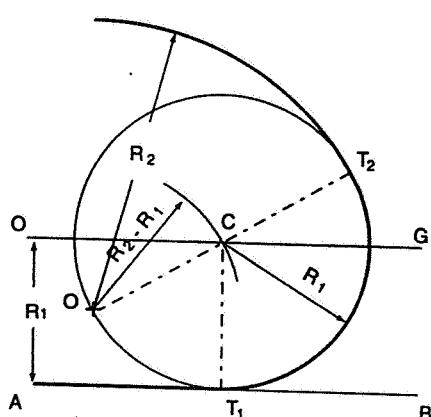
Arco di raggio R tangente ad un arco di raggio R_1 e ad un segmento AB. Si possono considerare due casi:
Nel primo caso il raccordo ha un flesso e si traccia una parallela alla retta data e a distanza R. Con centro O e raggio R_1+R si disegna l'arco di circonferenza che interseca in C la parallela al segmento AB. C è il centro del raccordo richiesto. I punti di tangenza si determinano segnando la congiungente CO e la perpendicolare da C al segmento AB.



49 - Raccordo fra arco e retta (II)

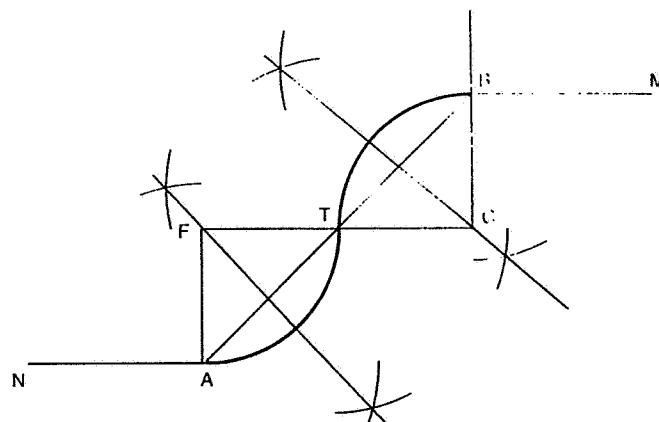
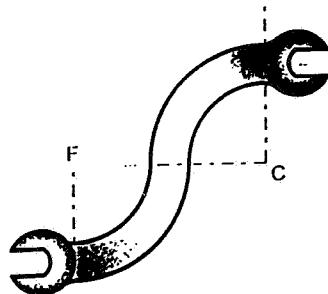


Nel secondo caso il raccordo è senza flesso. Tracciata la parallela ad AB a distanza R_1 con centro O si traccia l'arco di raggio R_2-R . L'intersezione C è il centro cercato. Mandando per P la perpendicolare a AB e tracciando la congiungente OC si determinano i punti di tangenza T_1 , T_2 .



42- Raccordo fra semirette

Nel raccordo di due semirette, di origine A e B, con archi di cerchio assegnati R, si può seguire la procedura indicata in figura. Si congiunge A con B, e si ottiene il punto medio T del segmento AB. Da A e B si tracciano due perpendicolari che incontreranno gli assi dei segmenti AT e TB rispettivamente nel punto F e C, centri dei raccordi cercati.



5

CURVE NOTEVOLI

Ellisse

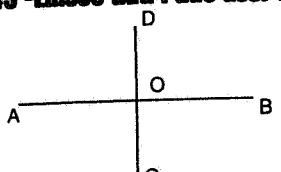
L'ellisse è la curva descritta da un punto che si muove su di un piano mantenendo costante la somma delle sue distanze da due punti fissi F_1, F_2 , chiamati fuochi. L'ellisse ha due assi di

simmetria: l'asse maggiore, che è il maggiore dei diametri ed è uguale alla somma costante delle distanze dei punti dell'ellisse dai fuochi; l'asse minore, perpendicolare all'asse maggiore, che è il minore dei diametri. L'ellisse si può definire anche come il luogo dei punti del piano la cui somma delle distanze da due punti fissi detti fuochi è costante; la costante è l'asse maggiore. L'importanza della costruzione dell'ellisse risiede nel fatto che ogni

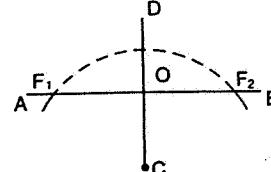
circonferenza proiettata su un piano che non sia ad essa parallelo, ha per proiezione un'ellisse.

Ovvero, se il piano della circonferenza e il piano di proiezione formano fra loro un angolo diverso di 90° , la proiezione della circonferenza è un'ellisse (se l'angolo è di 90° , la proiezione è un segmento). Tali concetti verranno ampiamente ripresi nei capitoli riguardanti le proiezioni, le sezioni e le intersezioni.

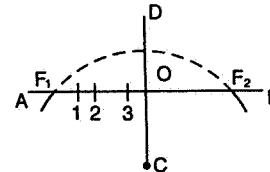
43 -Ellisse dati i due assi (1)



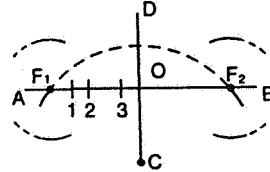
1. Siano dati AB, diametro maggiore e CD, diametro minore dell'ellisse.



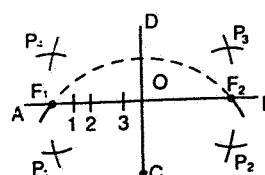
2. Puntare il compasso in C con apertura OA e tracciare l'arco che individua su AB i fuochi F_1 e F_2 . Infatti per essi vale la relazione:
 $CF_1 + CF_2 = BF_1 + BF_2 = AB$.



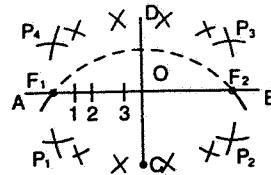
3. Segnare sul diametro maggiore, nel tratto F_1O , i punti 1, 2, 3, ecc. a piacere.



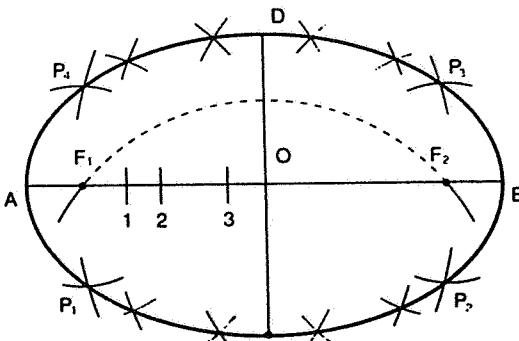
4. Con il raggio $A-1$ puntare in F_1 e in F_2 e tracciare quattro archetti.



5. Con raggio $B-1$ puntare in F_1 ed F_2 e tracciare altri quattro archetti che intersecano i precedenti nei punti P_1, P_2, P_3 , e P_4 dell'ellisse.

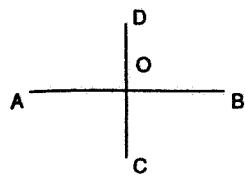


6. Ripetere l'operazione per i punti 2, 3, ecc.

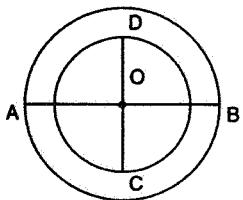


7. Disegnare l'ellisse congiungendo con una linea curva continua i punti trovati.

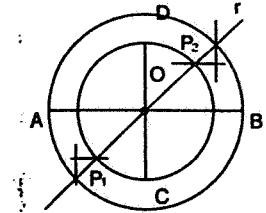
44 - Ellisse dati i due assi (II)



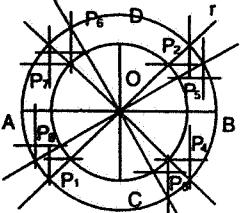
1. Siano dati il diametro maggiore AB e il diametro minore CD.



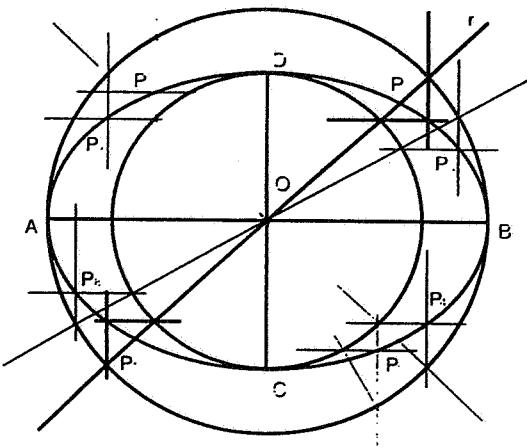
2. Con centro in O tracciare la circonferenza di diametro AB e quella di diametro CD.



3. Disegnare a piacere una retta r passante per O. Dai punti di intersezione con le circonferenze condurre le parallele agli assi ortogonali. I punti individuati P_1 e P_2 sono punti dell'ellisse.



4. Ripetere l'operazione con un opportuno numero di rette.



5. Disegnare l'ellisse congiungendo con una linea curva continua i punti trovati.

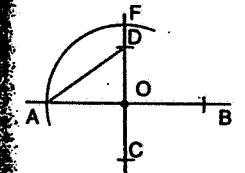
Ovale

Alcune parti di macchine posseggono curve convesse consistenti in un certo numero di archi raccordati fra di loro (curve policentriche). Una curva convessa aperta è detta

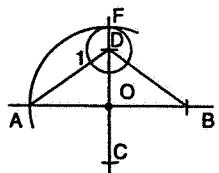
curva composita, se invece è chiusa, è denominata ovale.

In molti casi l'ovale è utilizzato per approssimare l'ellisse (si veda il capitolo 7).

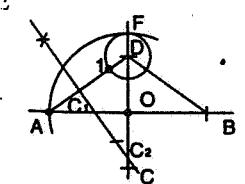
45 - Ovale dati gli assi (I)



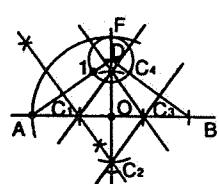
1. Siano dati gli assi AB e CD. Congiungere A con D e, puntando in O con raggio OA, tracciare l'arco AF.



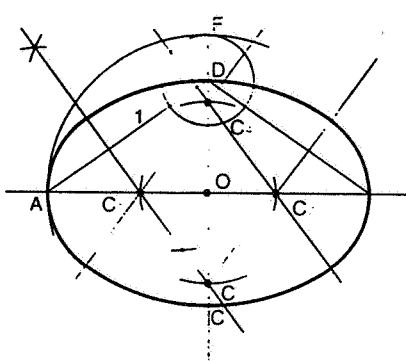
2. Con centro in D e apertura DF (pari alla differenza dei due diametri) individuare su AD il punto 1.



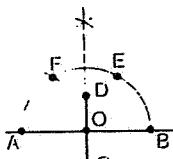
3. Costruire l'asse del segmento A-1 che incontra i diametri in C1 e C2.



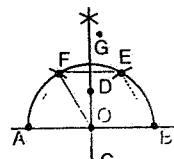
4. Individuare i punti C3 e C4 riportando con il compasso rispettivamente le distanze OC1 e OC2 da O. Tracciare le congiungenti C1-C3 e C2-C4.



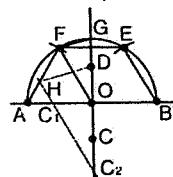
5. Centrando in C1 e C3 con apertura AC1 tracciare gli archi a sinistra e a destra. Centrando in C2 e in C4 con apertura C2C4 tracciare gli archi sopra e sotto.

46 - Ovali dati gli assi (I)

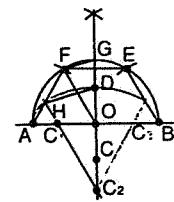
1. Siano dati gli assi AB e CD. Disegnare la semicerconferenza di centro O e raggio AO. Dividere la semicerconferenza in tre parti uguali individuando i punti E ed F.



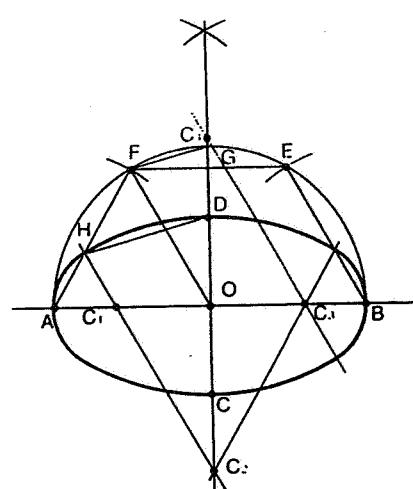
2. Disegnare il semiesagono ABEF e le congruenti OF e FG.



3. Tracciare la parallela ad FG passante per D e quindi la parallela a OF passante per H, individuando il punto C₁ su AB e il punto C₂ sul prolungamento di CD.



4. Puntando in C₁ con raggio C₁H tracciare l'arco di sinistra. Puntando in C₂ con raggio C₂D tracciare l'arco superiore.



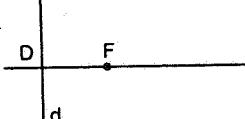
5. Trovare i centri C₃ e C₄ per completare il disegno della curva.

Parabola

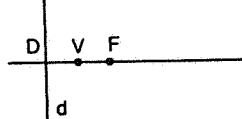
È una curva piana aperta generata da un punto che si muove mantenendo la distanza da un punto fisso F, detto fuoco, sempre uguale alla distanza da una retta fissa, detta direttrice. La pa-

rabola è dotata di un asse di simmetria che è perpendicolare alla direttrice e su cui giace il fuoco; il punto d'incontro della parabola con l'asse di simmetria si chiama vertice.

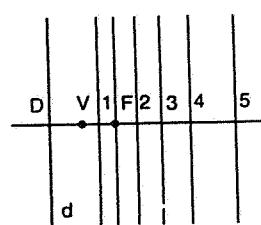
Sp

47 - Parabola data la direttrice ed il fuoco

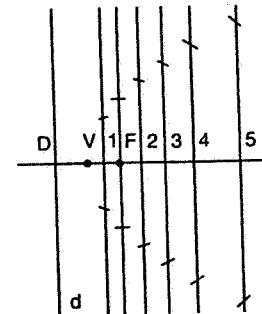
1. Siano dati la direttrice d, l'asse perpendicolare alla direttrice ed il fuoco F sull'asse.



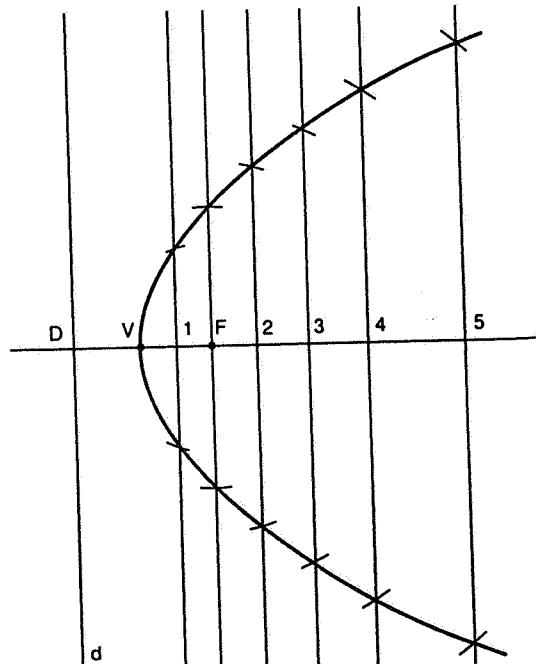
2. Individuare il vertice V a metà del segmento DF.



3. Fissare sull'asse alcuni punti a piacere (con il punto 1 compreso tra V ed F) e tracciare per ciascuno di essi una retta parallela alla direttrice d.



4. Con apertura di compasso D-1 puntare in F ed intersecare la retta passante per 1. Con apertura D-2 puntare in F ed intersecare la retta passante per 2, e così via per tutti i punti (compreso il punto F).

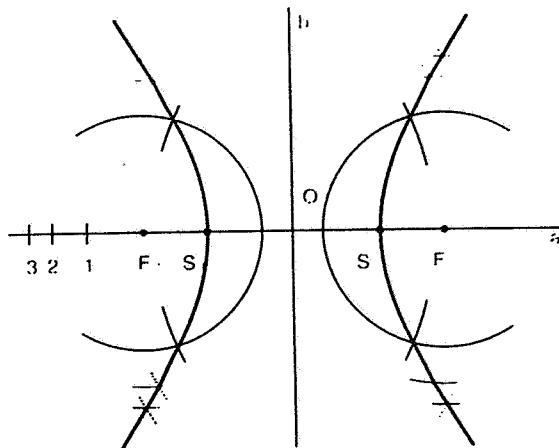
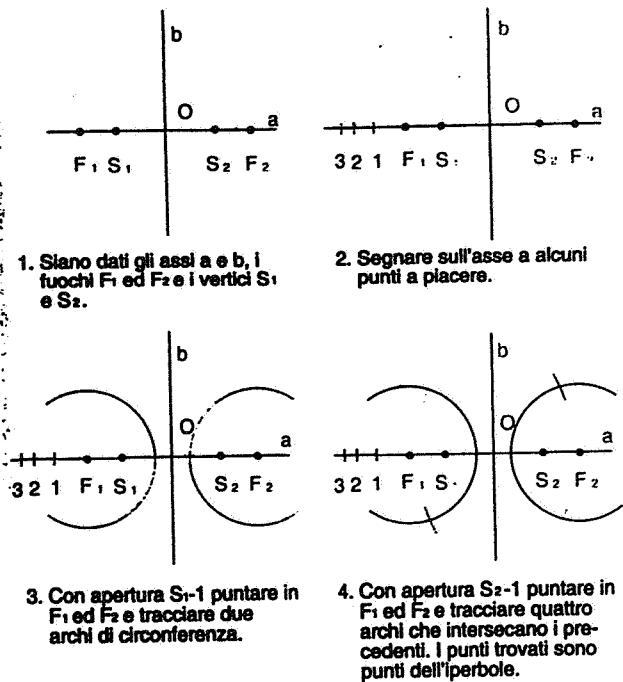


5. Congiungere con una linea curva continua i punti trovati.

Iperbole

È la curva piana descritta da un punto che si muove mantenendo costante la differenza delle distanze tra due punti fissi, detti fuochi. L'iperbole ha due ramificazioni e due assi di simmetria.

48 - Iperbole dati i fuochi ed i vertici

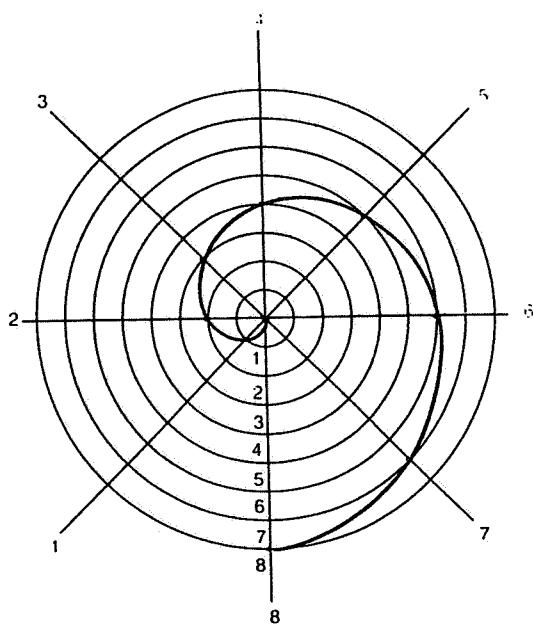
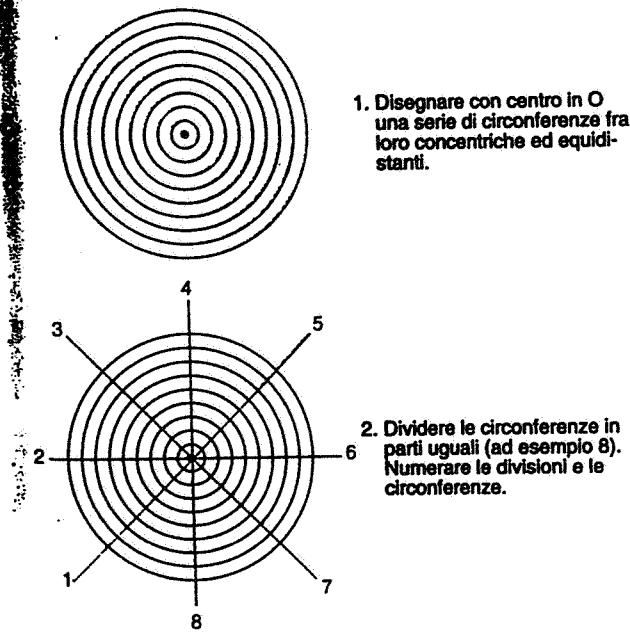


5. Ripetere la costruzione per i punti 2, 3, ecc., quindi disegnare l'iperbole unendo con due linee curve continue i punti trovati.

Spirale di Archimede

È la curva piana indefinita descritta da un punto che ruota attorno ad un punto fisso, allontanandosi da esso con continuità di una quantità costante ad ogni giro.

49 - Spirale di Archimede

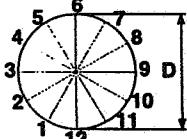


3. La spirale è la curva che unisce i punti di intersezione tra le divisioni e le circonferenze che hanno lo stesso numero.

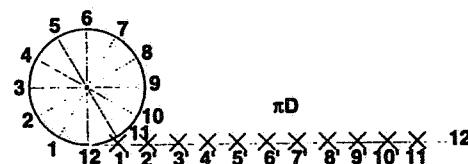
Evolvente

È la curva tracciata da un punto appartenente ad una retta che rotola senza strisciare su un cerchio detto cerchio base. È la curva base utilizzata per la costruzione dei denti delle ruote dentate.

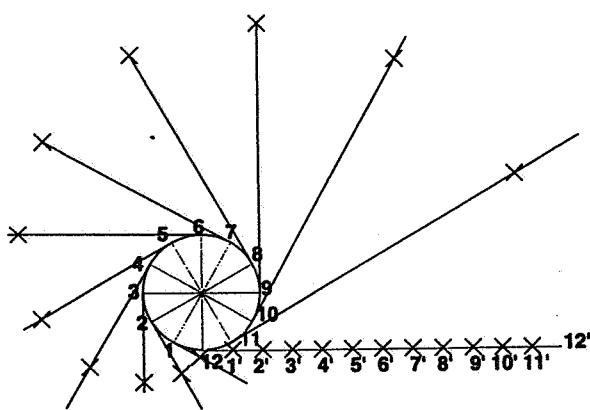
50 - Costruzione dell'evolvente



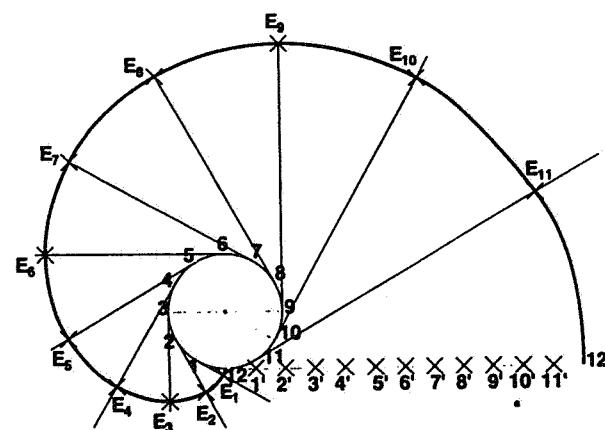
- Dato un cerchio di diametro D (cerchio base), lo si divida in n parti (ad es. 12).



- Si tracci la tangente al cerchio in un punto (ad es. il 12) e su di essa si riporti dal punto prescelto un segmento lungo πD dividendo anch'esso in 12 parti uguali (lunghe quindi gli archi individuati sul cerchio base).



- Si traccino le tangenti al cerchio nei punti segnati e su di esse si riportino successivamente, a partire dai punti di tangenza, le lunghezze $12 \cdot 1'$, $12 \cdot 2'$, $12 \cdot 3'$, ecc.



- I punti E_1, E_2, E_3, \dots così individuati sono punti dell'evolvente del cerchio D .

Cicloide

La cicloide è una curva generata dalle successive posizioni di un punto appartenente ad un cerchio che rotola su

una retta. Se il cerchio rotola su una circonferenza, la curva risultante prende il nome di epicicloide.

51 - Costruzione della cicloide

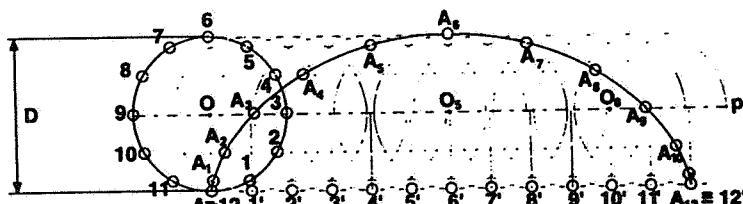
- Si abbiano una retta r ed un cerchio di diametro D e centro O tangente in A alla retta e si individui sulla retta un segmento $A-A_{12}$ di lunghezza πD .

- Si dividano sia il cerchio che il segmento, a partire da A , in parti uguali (ad es. 12).

- Traccia per O la parallela p ad r (p è il luogo delle successive posizioni di O nel rotolamento del cerchio sulla retta) si innalzano dai punti segnati sul segmento le perpendicolari ad intersecare la p nei punti $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$.

- Per i punti già segnati sul cerchio si traccino le parallele ad r con raggio $D/2$ e centro successivamente nei punti O_1, O_2, \dots, O_{12} , si traccino degli archi che intersechino dette parallele nei punti A_1, A_2, \dots, A_{12} .

I punti così individuati appartengono alla cicloide che può essere tracciata raccordandoli.



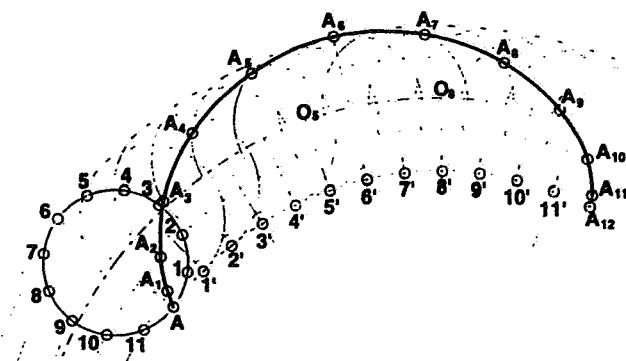
52 - Costruzione dell'epicicloide

1. Si abbia un cerchio di diametro D e tangente ad esso in A un cerchio (od un suo arco) di raggio R, e si individui su di esso l'arco AA_{12} , di lunghezza πD (l'angolo α sotteso dall'arco vale ovviamente $\alpha = 180^\circ D/R$ poiché $\alpha: 360^\circ = \pi D: 2\pi R$).

2. Si dividano il cerchio di diametro D e l'arco AA_{12} in 12 parti uguali.

3. Con centro O_0 e raggio $(R+D/2)$ si tracci parte della circonferenza ausiliaria (luogo delle successive posizioni del centro O nel rotolamento dei cerchi) e su di essa si individuino i successivi punti O_1, O_2, \dots, O_{12} , come intersezioni con le semirette uscenti da O_0 e passanti per 1, 2, 3, ecc.

4. Sempre con centro O_0 si tracciano archi ausiliari passanti per i punti 1, 2, ..., 12, del cerchio iniziale: le intersezioni fra questi archi ed i corrispondenti cerchi con centro successivamente in O_1, O_2 , ecc. e raggio $D/2$ sono punti dell'epicicloide che viene tracciata raccordandoli.

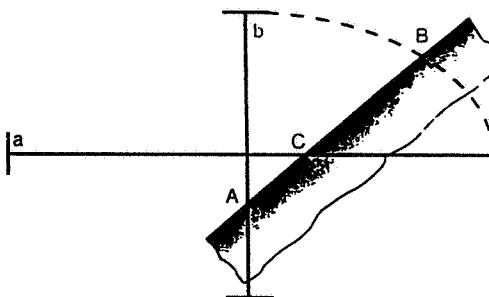


6

ALCUNE COSTRUZIONI SEMPLIFICATE

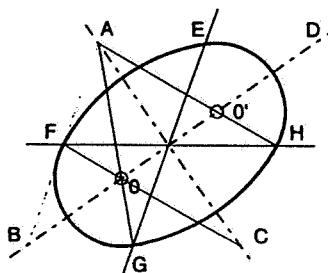
Può spesso essere utile far ricorso a costruzioni più semplici per rappresentare alcune curve in modo approssimato, ma sufficiente per una valutazione della forma richiesta, quando si abbiano a disposizione alcuni elementi di riferimento.

53 - Costruzione di un'ellisse per punti



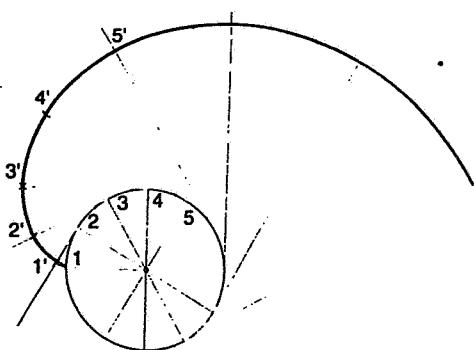
Per l'ellisse una rappresentazione accettabile quando se ne conoscano gli assi è la seguente: si segnino su un cartoncino un punto A ed un punto B a distanza da A pari al semiasse maggiore, poi da B verso A un punto C tale che BC sia uguale al semiasse minore. Posizionando i punti A e C rispettivamente sull'asse minore e su quello maggiore il punto B individua punti dell'ellisse cercata.

54 - Costruzione di un ovale



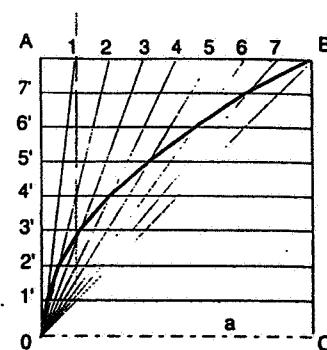
Spesso luogo dell'ellisse si usa un ovale. Nelle proiezioni assonometriche si deve spesso rappresentare un ovale inscritto in un rombo: trovati come intersezioni con le mediane i punti E, F, G, H, con centro A si traccia l'arco da H a G e con centro C l'arco FE; unendo G con A ed F con C si trova il punto O, centro per l'arco GF, ed in modo analogo si trova il centro O' (si veda anche il cap. VII).

55 - Costruzione di un'evolvente



L'evolvente può essere approssimata considerando sul cerchio base le corde in luogo degli archi corrispondenti. Si divida quindi come di consueto il cerchio base in n parti e si traccino le tangenti in corrispondenza dei punti di divisione 1, 2, ..., n ; con centro in 2 si tracci l'arco di cerchio da 1 fino ad incontrare la tangente da 2, dal punto così trovato l'arco di centro 3 ad incontrare la tangente per 3, e così via.

57 - Costruzione di una parabola

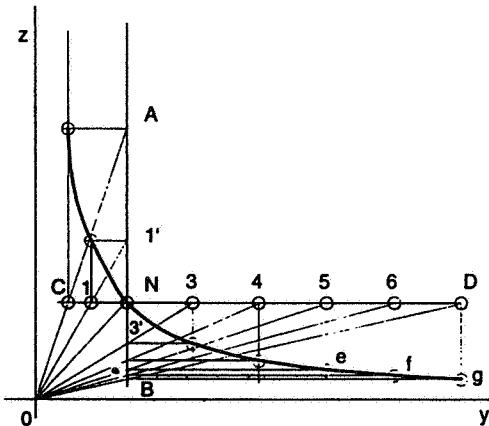


Per costruire una parabola, di cui si conoscano asse, vertice ed un punto B si può procedere come in fig., dove O è il vertice ed a l'asse.

Tracciato un rettangolo ausiliario $OCBA$ se ne dividono i lati OA ed AB in un ugual numero di parti numerando progressivamente i punti così trovati: si conducono dai punti sul lato OA le parallele all'asse e dal punto O le congiungenti con i punti del lato AB .

Le intersezioni fra le linee uscenti da punti aventi lo stesso numero sono punti della parabola (che viene tracciata completamente ricordando che a è asse di simmetria).

56 - Costruzione di un'iperbole

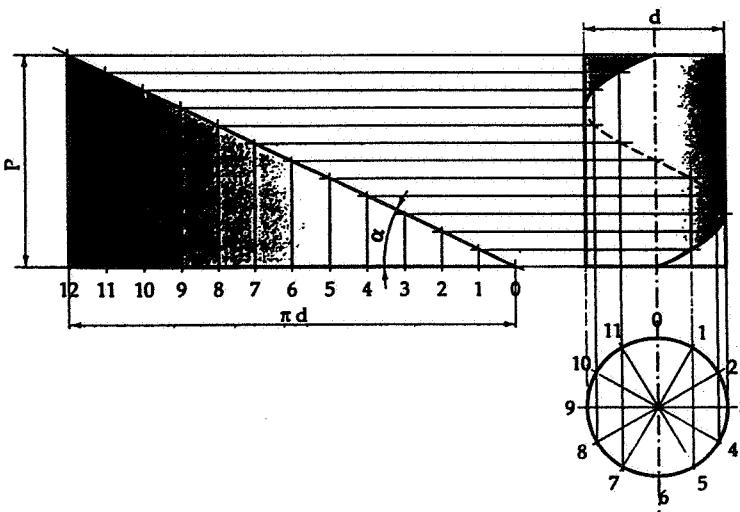


La costruzione dell'iperbole, conoscendone un punto N e gli assi asintotici y e z può avvenire come in figura. Si tracciano da N le parallele agli assi z ed y : sul segmento CD staccato sulla parallela z si segnano dei punti arbitrari $1, 2, \dots, n$: le congiungenti O con tali punti intersecano il segmento AB , condotto per N parallelamente a z , nei punti $1', 2', 3'$, ecc.... Per i punti su CD si tracciano le parallele a z e per i punti su AB le parallele ad y , le intersezioni fra le coppie di rette ortogonali uscenti da punti corrispondenti (1 ed $1'$, 3 e $3'$, ecc.) sono punti dell'iperbole.

7

CURVE NELLO SPAZIO

58 - Costruzione dell'elica



Curve particolari possono essere pensate non solo giacenti nel piano ma esistenti nello spazio (ad es. elica). La loro rappresentazione nel piano richiede l'uso delle proiezioni, per cui si rimanda allo specifico capitolo, limitandosi qui ad indicare un metodo per la costruzione dell'elica, curva che ha numerose applicazioni nelle costruzioni meccaniche.

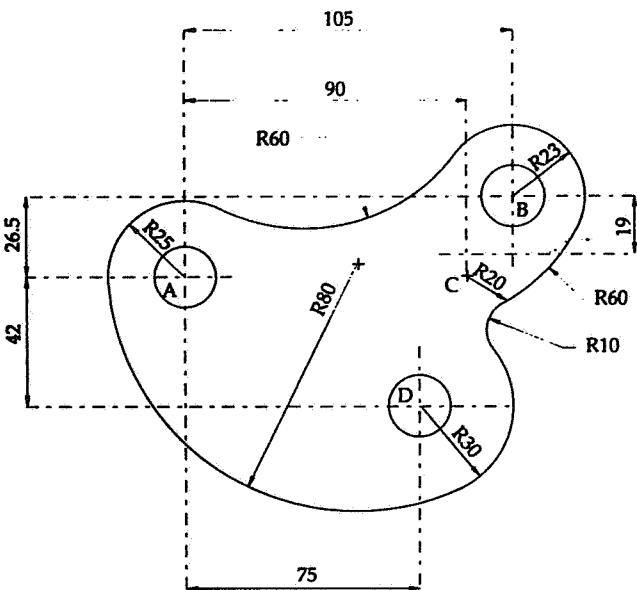
L'elica è la curva descritta da un punto che ruota intorno ad un asse e contemporaneamente trasla in direzione parallela all'asse; si può anche definire come una retta giacente su di un piano che viene avvolto su un cilindro. Nella figura è rappresentato quello che viene definito sviluppo dell'elica, basato su di un triangolo rettangolo che ha come base la circonferenza del cilindro su cui è avvolta l'elica e come altezza il passo dell'elica, cioè la distanza fra due punti dell'elica che si trovano sulla stessa generatrice del cilindro (l'elica potrebbe proseguire indefinitamente ripetendosi sempre uguale sul cilindro); l'angolo α definisce l'inclinazione dell'elica. La costruzione della vista frontale dell'elica è semplice, disponendo di diametro e passo (oppure angolo di inclinazione). Si disegnano prospetto e pianta del cilindro: la circonferenza in pianta coincide con la proiezione orizzontale dell'elica. Per ottenere la vista verticale si dividono la circonferenza in pianta e l'altezza del cilindro, presa uguale al passo, in uno stesso numero di parti uguali, numerate progressivamente. Le intersezioni fra le verticali condotte dai punti sulla pianta e le orizzontali per i corrispondenti numeri sul prospetto sono punti dell'elica. Nella figura si è sfruttato, per tracciare le linee sul prospetto, lo sviluppo già disegnato in precedenza. Se il punto, mentre trasla secondo l'asse, varia la sua distanza da esso, si ha un'elica conica, la cui proiezione sul piano perpendicolare all'asse è una spirale.

LE COSTRUZIONI GEOMETRICHE

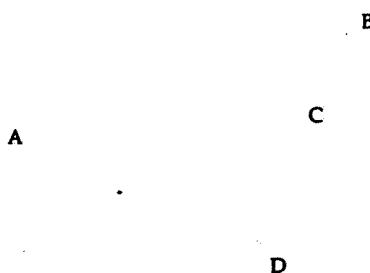
Come si è visto, nel disegno tradizionale manuale, bisogna avere una completa padronanza dei concetti geometrici nonché una discreta abilità nell'uso degli attrezzi del disegno; fortunatamente, le tecniche di disegno automatico offrono la possibilità di costruire forme complesse in modo semplice e veloce, sfruttando le capacità elaborate del computer.

In Autocad è possibile costruire un rettangolo, un poligono di n lati, un ellisse senza alcun problema; inoltre è possibile sfruttare gli snap sugli oggetti per le costruzioni geometriche.

Disegno di una figura complessa



FASE 1



Uso del comando SETVAR per impostare una variabile di sistema a 2, in modo da visualizzare i punti con una croce. Il comando copy viene utilizzato per duplicare le posizioni dei punti rimanenti.

Command: **SETVAR**

Variable name or?: PDMODE

New value for PDMODE <0>: 2

Command: **POINT** (Fase 1)

Point: 75,75 (Individuato il punto A)

Command: **COPY**

Select objects: L (Selezionare l'ultimo oggetto disegnato)
1 found

Select objects: (ENTER per continuare)

<Base point or displacement>/Multiple: M

Base point: Node

of (Seleziona il punto A)

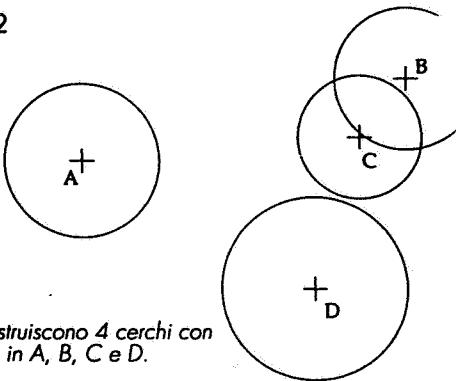
Second point of displacement: @75,-42 (Punto D)

Second point of displacement: @90,7.5 (Punto C)

Second point of displacement: @105,26.5 (Punto B)

Second point of displacement: (ENTER per uscire da (fig.) comando)

FASE 2



Si costruiscono 4 cerchi con centri in A, B, C e D.

Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: NODE
of (Selezionare il punto A)

Diameter/<Radius>: 25

Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: NODE
of (Selezionare il punto D)

Diameter/<Radius> <25.00>: 30

Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: NODE
of (Selezionare il punto C)

Diameter/<Radius> <30.00>: 20

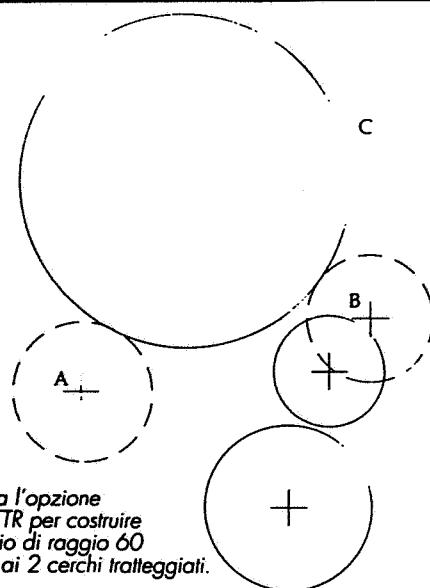
Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: NODE
of (Selezionare il punto B)

Diameter/<Radius> <20.00>: 23

A U T O C A D

FASE 3



Si utilizza l'opzione
CIRCLE-TTR per costruire
un cerchio di raggio 60
angente ai 2 cerchi tratteggiati.

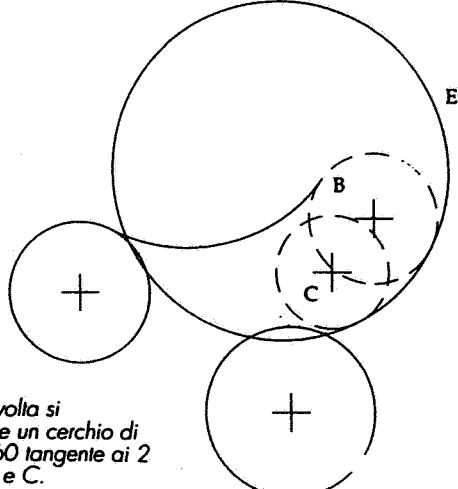
Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: TTR
ENTER Tangent spec: (Selezionare il cerchio A)
ENTER second Tangent spec: (Selezionare il cerchio B)
Radius <60.00>: 60
Per le costruzioni del raccordo, bisogna tagliare parte
del cerchio appena costruito:

Command: **TRIM**

Select cutting edge(s)...
Select objects: 1 found (Selezionare i due cerchi ai lati)
Select objects: 1 found
Select objects: (ENTER per continuare)
<Select object to trim>/Undo: (Selezionare in alto il cerchio grande, C)
<Select object to trim>/Undo: (ENTER per uscire dal comando)

FASE 4



Questa volta si
costruisce un cerchio di
raggio 60 tangente ai 2
cerchi B e C.

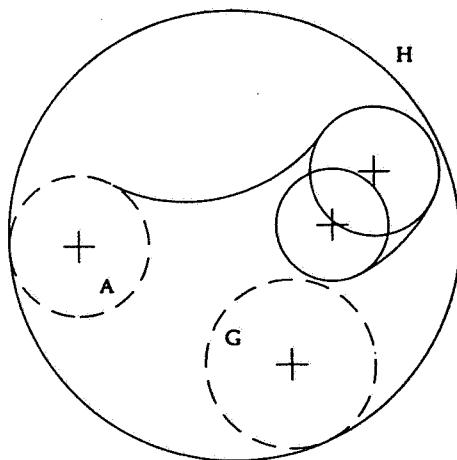
Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: TTR
ENTER Tangent spec: (Selezionare il cerchio B)
ENTER second Tangent spec: (Selezionare il cerchio C)
Radius <60.00>: 60

Command: **TRIM**

Select cutting edge(s)...
Select objects: 1 found (Selezionare i due cerchi ai lati)
Select objects: 1 found
Select objects: (ENTER per continuare)
<Select object to trim>/Undo: (Selezionare in alto il cerchio grande, E)
<Select object to trim>/Undo: (ENTER per uscire dal comando)

FASE 5



Si costruisce un cerchio di raggio 80 tangente ai 2 cerchi
A e G.

Command: **CIRCLE**

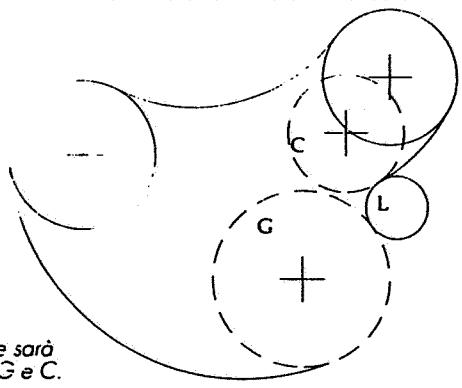
3P/2P/TTR/<Center point>: TTR
ENTER Tangent spec:
(Selezionare il cerchio A)
ENTER second Tangent spec:
(Selezionare il cerchio G)
Radius <60.00>: 80

Command: **TRIM**

Select cutting edge(s)...
Select objects: 1 found
(Selezionare i due cerchi ai lati)
Select objects: 1 found
Select objects: (ENTER per continuare)
<Select object to trim>/Undo:
(Selezionare in alto il cerchio grande, H)
<Select object to trim>/Undo:
(ENTER per uscire dal comando)

A U T O C A D

FASE 6



Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: TTR

ENTER Tangent spec: (Selezionare il cerchio G)

ENTER second Tangent spec: (Selezionare il cerchio C)

Radius <80.00>: 10

Command: **TRIM**

Select cutting edge(s)...

Select objects: 1 found (Selezionare i due cerchi ai lati)

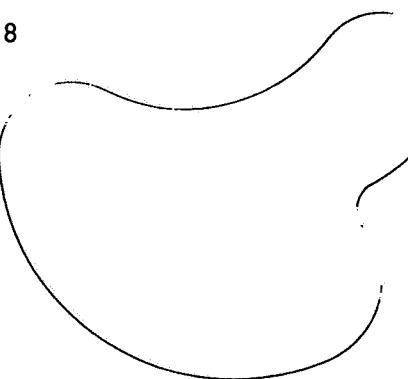
Select objects: 1 found

Select objects: (ENTER per continuare)

<Select object to trim>/Undo: (Selezionare in basso il cerchio L)

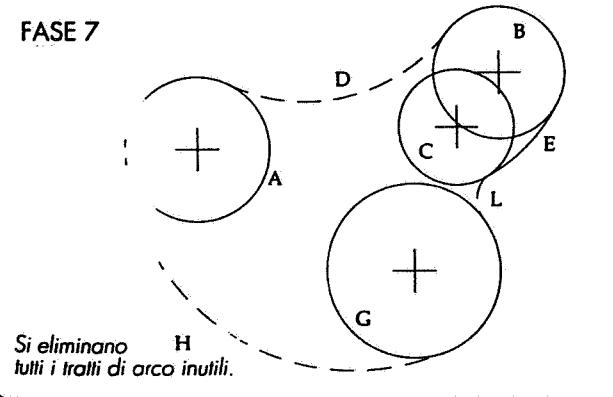
<Select object to trim>/Undo: (ENTER per uscire dal comando)

FASE 8



Dopo aver cancellato i 4 archi con il TRIM, il disegno deve essere simile a quello della fase precedente

FASE 7



Command: **TRIM**

Select cutting edge(s)...

Select objects: 1 found (Selezionare i quattro archi D, E, I, H)

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found

Select objects: 1 found

Select objects: (ENTER per continuare)

<Select object to trim>/Undo: (Selezionare il cerchio A)

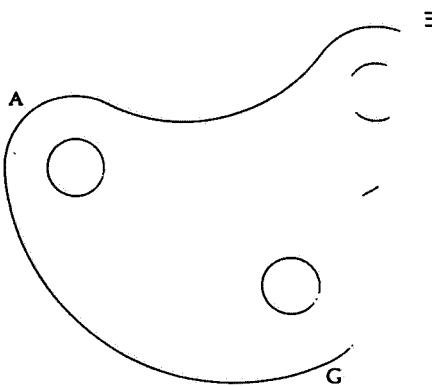
<Select object to trim>/Undo: (Selezionare il cerchio B)

<Select object to trim>/Undo: (Selezionare il cerchio C)

<Select object to trim>/Undo: (Selezionare il cerchio G)

<Select object to trim>/Undo: (ENTER per uscire dal comando)

FASE 9



Costruzione di 3 cerchi di diametro 20.

Command: **CIRCLE**

3P/2P/TTR/<Center point>: CEN

of (Selezionare l'arco A)

Diameter/<Radius> <10.00>: D

Diameter <20.00>: 20

Command: **COPY**

Select objects: L

1 found

Select objects: (ENTER per continuare)

<Base point or displacement>/Multiple: M

Base point: CEN

of (Selezionare l'arco A)

Second point of displacement: CEN

of (Selezionare l'arco B)

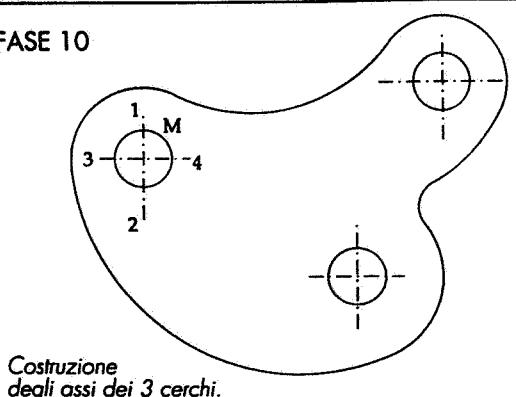
Second point of displacement: CEN

of (Selezionare l'arco C)

Second point of displacement:

(ENTER per uscire dal comando),

FASE 10

Command: **LINE**

LINE From point: X
of CENTER (Selezionare il cerchio M)
of (need YZ): (Selezionare il punto 1)
To point: <Ortho on>
To point: (Selezionare il punto 2)

Command: **LINE**

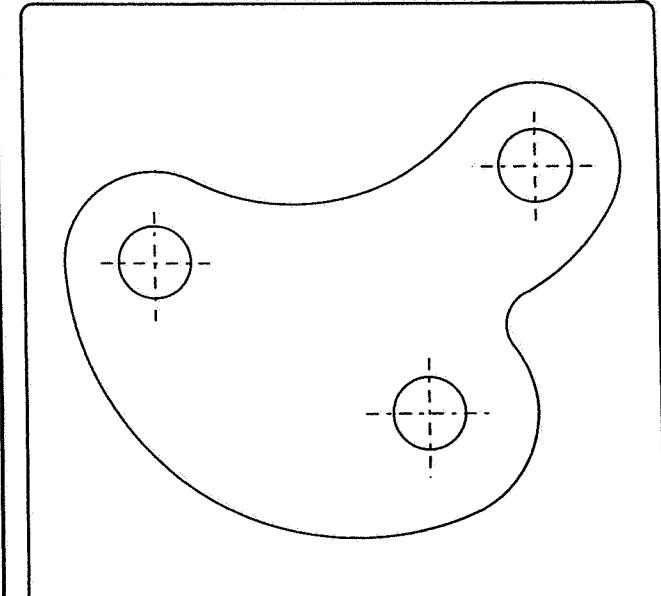
From point: Y
of CENTER
of (need XZ): (Selezionare il punto 3)
To point: (Selezionare il punto 4)
To point: (ENTER per uscire dal comando)
(Ripetere la costruzione per gli altri 2 cerchi)

Command: **CHPROP**

(Selezionare i 2 assi appena tracciati)
Select objects: 1 found
Select objects: 1 found
Select objects: (ENTER per uscire dal comando)
Per cambiare il colore agli assi
Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness)? C
New color <BYLAYER>: RED
Per cambiare il tipo di linea
Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness)? LT
New linetype <BYLAYER>: CENTER
Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness)?
(ENTER per uscire dal comando)
Per cambiare il tipo di tratteggio alla linea

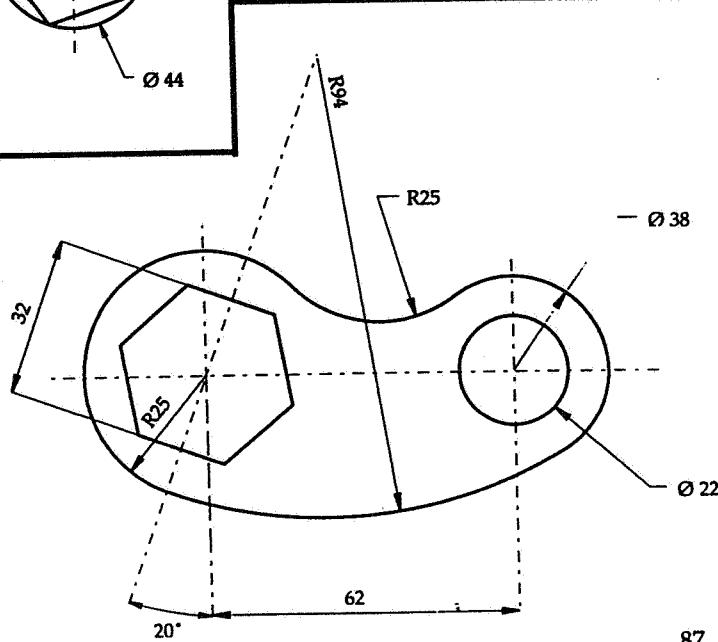
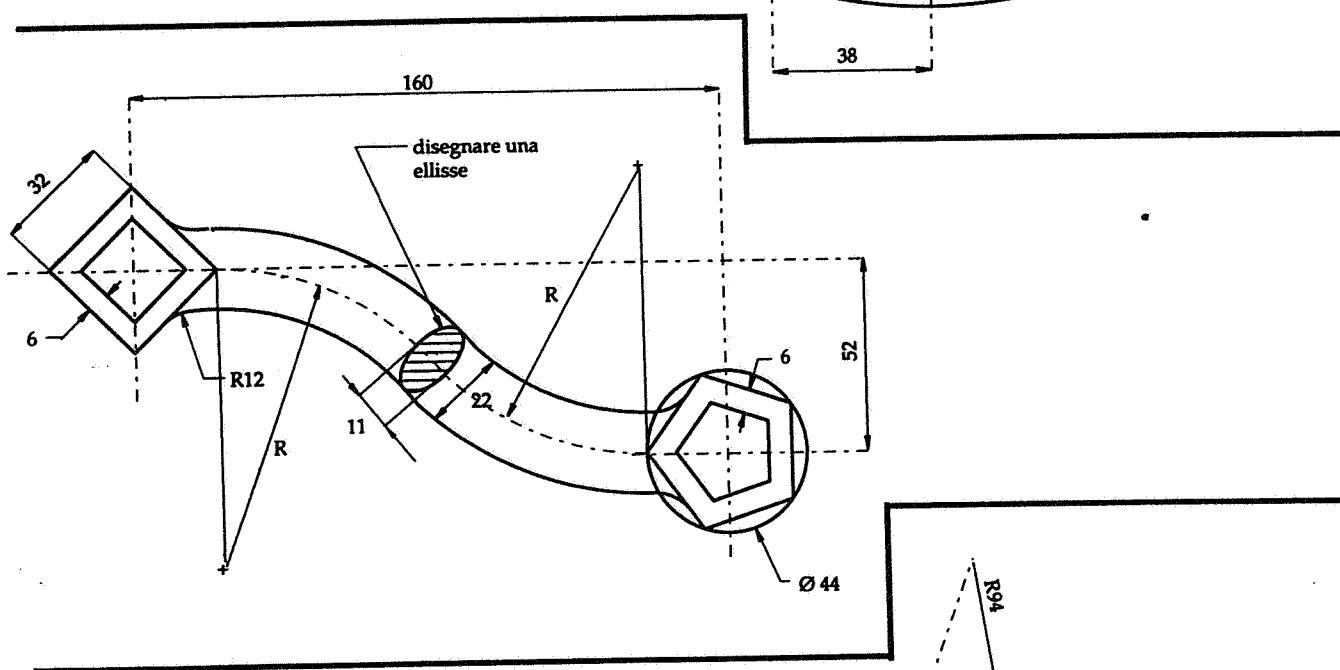
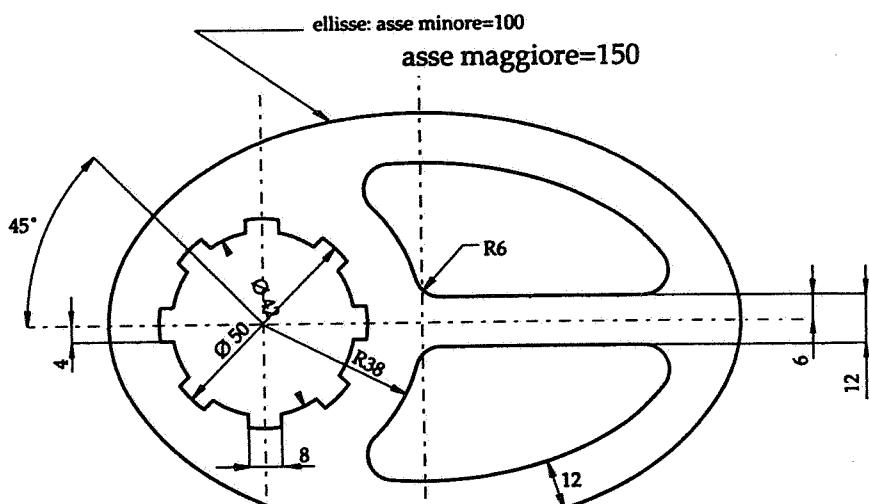
Command: **LTSCALE**

New scale factor <4.0000>: 6
Regenerating drawing
Select objects: selezione tutti i segmenti appena tracciati.

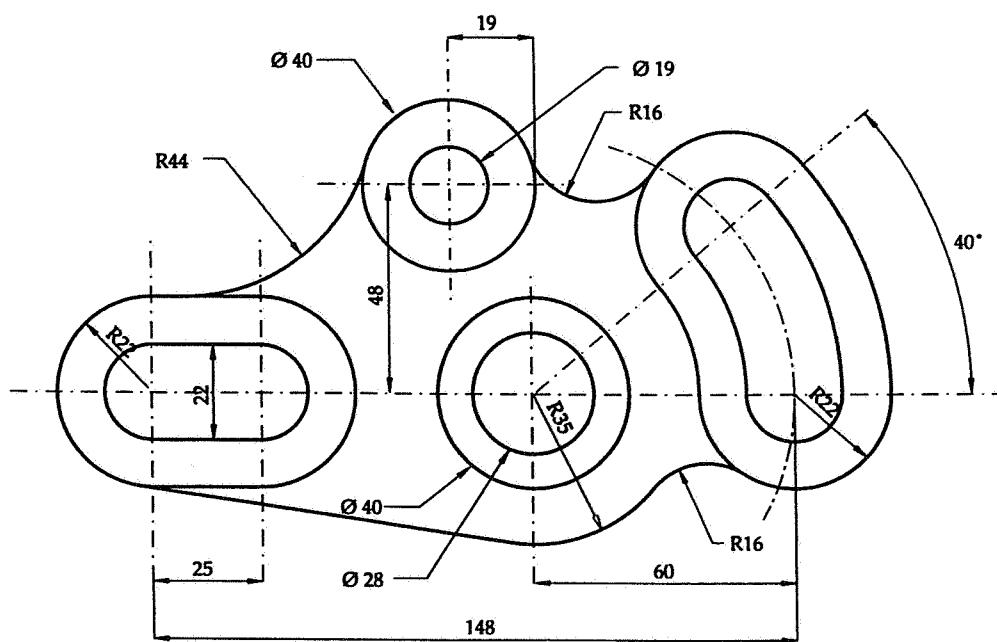
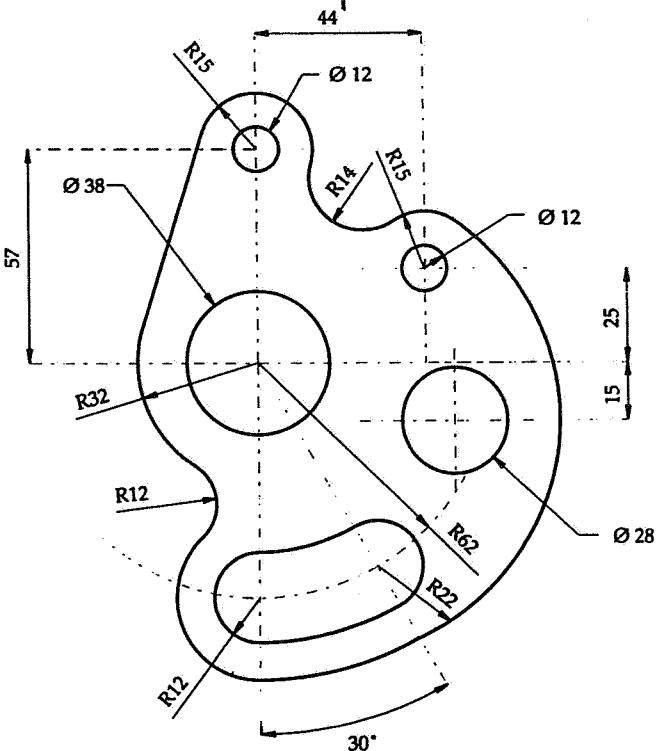
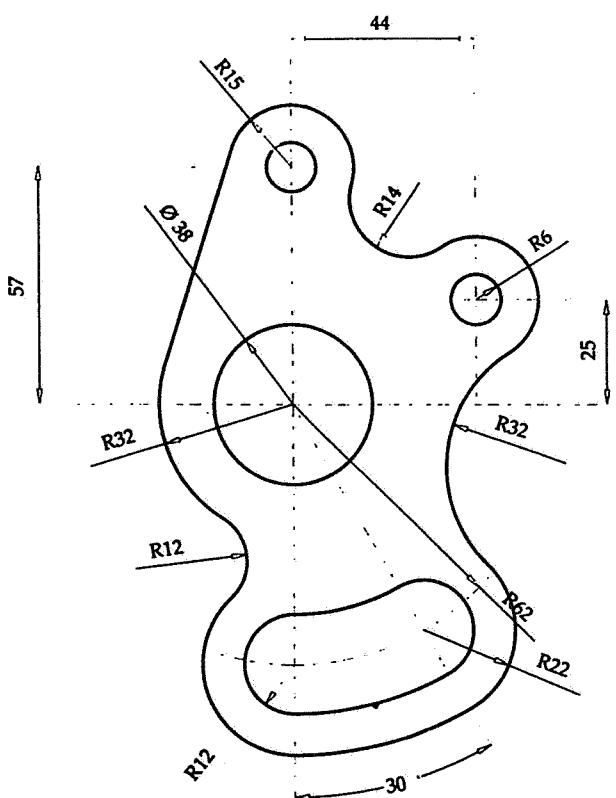


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

1. Utilizzando una scala qualsiasi, ridisegnare i pezzi seguenti, sfruttando le costruzioni geometriche viste nel testo. Le costruzioni possono anche essere eseguite con Autocad.



ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI



proiezioni ortogonali

1

GENERALITÀ

Il sistema delle *proiezioni ortogonali*, denominate anche rappresentazioni *ortografiche*, consiste nel proiettare ortogonalmente, da distanza infinita, sul piano del disegno (quadro), l'oggetto da rappresentare: i raggi proiettanti ne disegneranno sul quadro il contorno e le linee essenziali, disposto l'oggetto con una faccia parallela al quadro stesso. In altre parole, la proiezione è la vista di un oggetto riportato sul piano di rappresentazione per mezzo di rette passanti per i punti più significativi: i punti nei quali queste rette, o linee proiettanti, intersecano tale piano, sono le proiezioni dell'oggetto (fig. 1). Le proiezioni ortogonali sono definite dalla norma UNI 3970, che concorda con la ISO 128-82. Questa norma prevede due metodi di rappresentazione, il *metodo Europeo*, o del *primo diedro* (abbreviato con la sigla E), ed il *metodo Americano* o del *terzo diedro* (sigla A), nonché il metodo detto delle frecce. Per collocare una forma nello spazio geometrico, si fissano degli elementi di riferimento costituiti da 3 piani fondamentali: un piano orizzontale, un piano verticale ed un piano laterale, fra loro ortogonali. Si immagina innanzi tutto di suddividere lo spazio con il piano verticale ed il piano orizzontale che si interseca con esso; si formano così quattro angoli diedri retti; per convenzione a ciascun diedro si assegna un numero romano progressivo, in senso antiorario e si avranno così un I, II, III e IV diedro. Si immagini di investire un

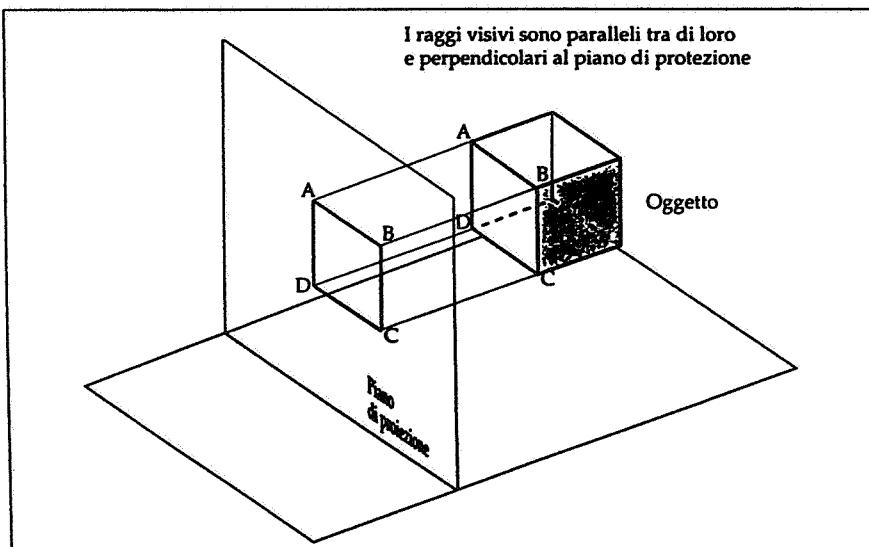


Fig. 1. Proiezione ortogonale di un cubo.

oggetto situato nel *primo diedro* con due fasci di raggi, paralleli tra loro, perpendicolari ai due piani: ciascuna proiezione ortogonale dell'oggetto, secondo il *metodo europeo*. L'oggetto si troverà tra l'osservatore ed i piani di proiezione (fig. 2).

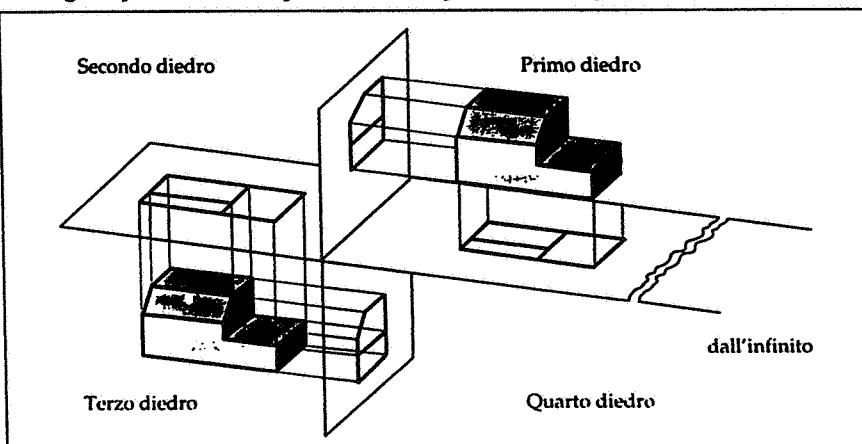


Fig. 2. I quattro diedri formati da due piani ortogonali: direzione di osservazione per la vista da destra.

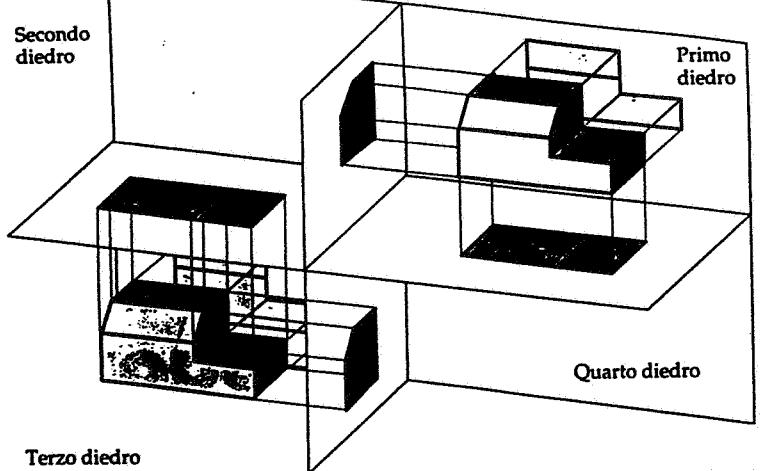


Fig. 3. L'aggiunta del piano laterale.

Se lo stesso oggetto si trova nel terzo diedro, i fasci di raggi paralleli intersecheranno i piani di proiezione, ubicati, a differenza del caso precedente, tra l'oggetto e l'osservatore. In questo caso l'oggetto appare riflesso sui piani di proiezione e l'immagine che viene proiettata sui piani è una proiezione ortogonale dell'oggetto, secondo il *metodo americano*. La normativa italiana si limita a dare notizia dell'esistenza del metodo americano, e prescrive il ricorso a quello europeo; ma in considerazione soprattutto dell'interscambio tecnologico con gli Stati Uniti, il metodo americano è molto noto anche in Italia.

Aggiungendo un ulteriore piano, perpendicolare sia al piano orizzontale che verticale, chiamato *piano laterale*, si ottengono tre proiezioni dell'oggetto, sia nel primo che nel terzo diedro (fig. 3).

La differenza sostanziale tra i due metodi ora visti sta quindi nella posizione dei piani di proiezione e dell'oggetto da

proiettare rispetto ai punti di osservazione. Le norme internazionali raccomandano di simboleggiare le disposizioni americane ed europee con le proiezioni del tronco di cono visibili nella figura 5; tale simbolo va posto nel ri-

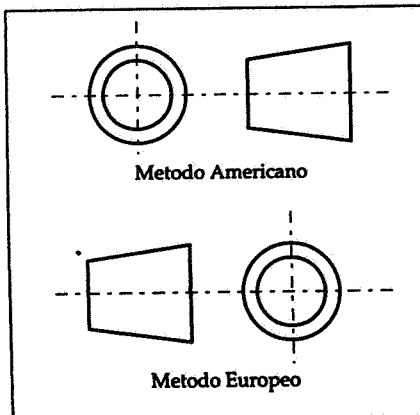


Fig. 5. I due simboli da apporre nel riquadro delle iscrizioni nel caso di utilizzo del metodo americano (in alto) ed europeo (in basso).

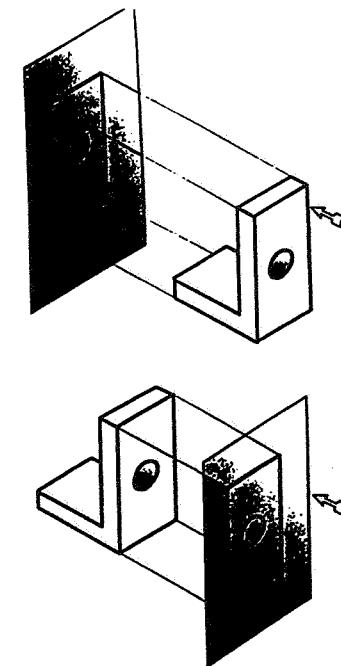


Fig. 4. Differenza tra il sistema europeo (in alto) ed il sistema americano (in basso). Nel metodo europeo l'oggetto è situato tra l'osservatore e il piano di proiezione; nel metodo americano è il piano di proiezione ad essere ubicato tra l'osservatore e l'oggetto da proiettare.

quadro delle iscrizioni. Per comprendere esattamente la differenza tra la disposizione delle viste nei due metodi, si può immaginare di colpire l'oggetto da rappresentare con un fascio luminoso di una torcia elettrica (fig. 6): la vista da destra si troverà sul lato opposto dell'osservatore, e quella dal basso al di sopra. È questa la disposizione ottenuta col metodo europeo. Nel metodo americano si può immaginare di fotografare l'oggetto nelle diverse posizioni e di conseguenza l'immagine si troverà sullo stesso lato dell'osservatore (fig. 7).

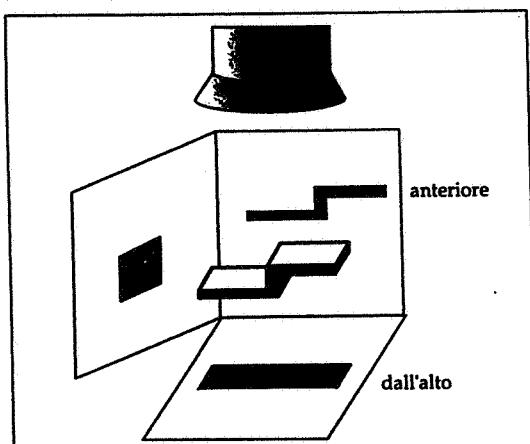


Fig. 6. Metodo europeo o della torcia elettrica.

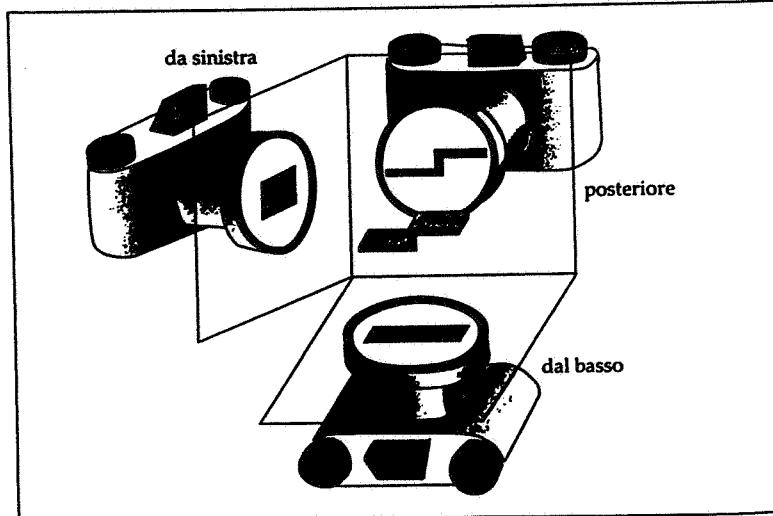


Fig. 7. Metodo americano o della macchina fotografica.

SISTEMI DI PROIEZIONE

Il metodo europeo o del primo diedro

Si ponga l'oggetto all'interno di una scatola a forma di parallelepipedo, e si proiettino ortogonalmente tutti i punti secondo sei direzioni perpendicolari tra loro sulle sei facce interne della scatola (fig. 8). Queste proiezioni rappresentano dunque sei diverse viste del pezzo.

La denominazione unificata delle viste è la seguente:

- vista secondo A: vista anteriore o principale; le viene spesso dato il nome di prospetto;
- vista secondo B: vista dall'alto, o pianta;
- vista secondo C: vista da sinistra o fianco o profilo;
- vista secondo D: vista da destra;
- vista secondo E: vista dal basso;
- vista secondo F: vista posteriore.

Se sul foglio del disegno queste sei viste fossero disposte senza ordine e senza indicazioni, sarebbe difficile capire come è fatto l'oggetto.

L'interpretazione del disegno è invece facile se si dispongono le sei viste in posizioni fisse una rispetto all'altra, come se l'immaginario prisma fosse aperto e sviluppato su un piano, in modo da avere dinanzi agli occhi tutte e sei le posizioni che assumono sul foglio così come illustrato in figura 9.

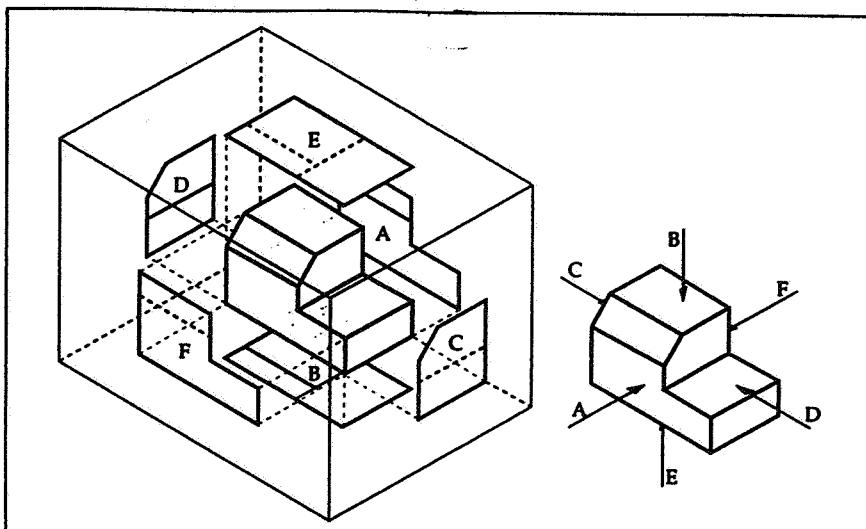


Fig. 8. Le sei proiezioni di un oggetto posto all'interno di un prisma.

Per indicare che ci si attiene a questa norma, si pone nel disegno, nel riquadro delle iscrizioni in basso a destra, il simbolo rappresentante il metodo del primo diedro.

Di solito, 3 proiezioni (prospetto, fianco e pianta) sono sufficienti per dedurre in modo preciso e senza ambiguità la forma e le dimensioni dell'oggetto rappresentato; addirittura, con l'aiuto di opportune convenzioni, si possono ridurre i piani di proiezione a due ed anche ad uno. Di volta in volta il disegnatore, dopo aver studiato il pezzo, si renderà conto di quante viste occorrono.

Qualunque sia il metodo prescelto, è necessario stabilire la vista principale: in linea di massima si assume come tale quella che rappresenta l'oggetto nella sua posizione di utilizzazione oppure quella che mette in evidenza la maggior parte delle caratteristiche del pezzo.

zo. Di regola, si orienta l'oggetto in modo che il suo prospetto sia quanto più rappresentativo possibile della forma.

PAESI	METODO FONDAMENTALE	
	EUROPEO	AMERICANO
Argentina	•	
Austria	•	
Belgio	•	
Bulgaria	•	
Cile	•	
Danimarca	•	
Egitto	•	
Francia	•	
Germania	•	
Israele	•	
Italia	•	
Norvegia	•	
Portogallo	•	
Romania	•	
Russia	•	
Spagna	•	
Sud Vietnam	•	
Svizzera	•	
Australia		•
Canada		•
Corea		•
Cuba		•
India		•
Olanda		•
USA	•	•
Gran Bretagna		•

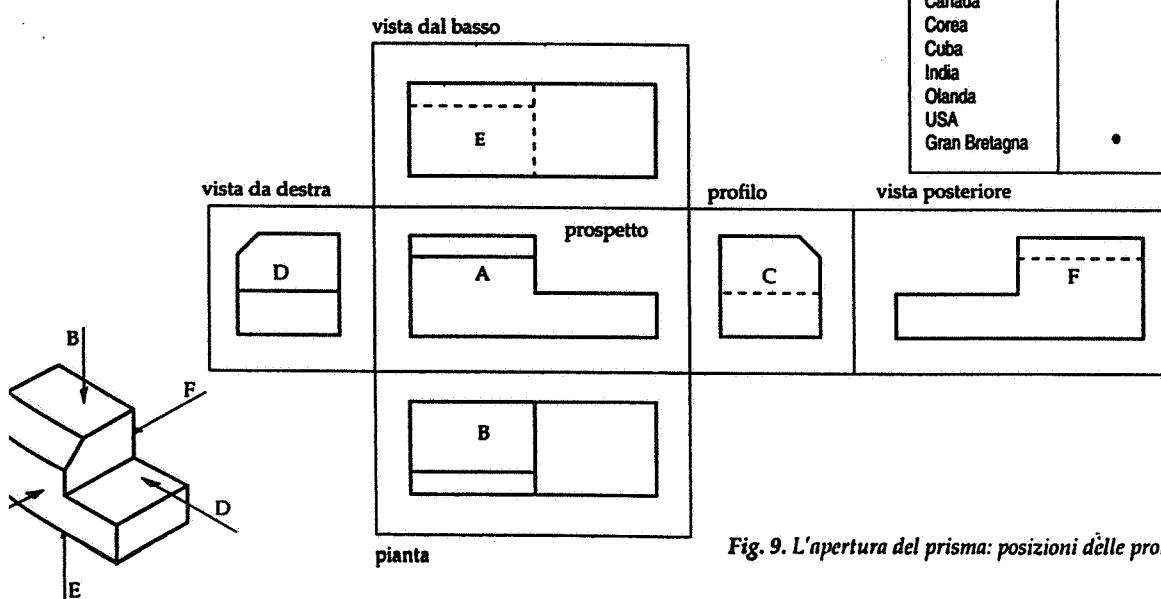


Fig. 9. L'apertura del prisma: posizioni delle proiezioni sul piano.

Il metodo del terzo diedro o americano

Si immagini di avere un oggetto all'interno di una scatola di vetro e di osservarlo da sei differenti posizioni; tutte le viste appariranno sui piani ubicati tra l'osservatore e l'oggetto; si immagini poi di aprire la scatola in modo da ottenere la disposizione delle viste indicate in figura 10; come si vede, contrariamente al metodo europeo, la vista dall'alto si trova al di sopra della vista principale, la vista da destra è posta a destra e la vista da sinistra a sinistra.

La figura 11 mostra alcuni esempi di oggetti disegnati in proiezione ortogonale col metodo americano.

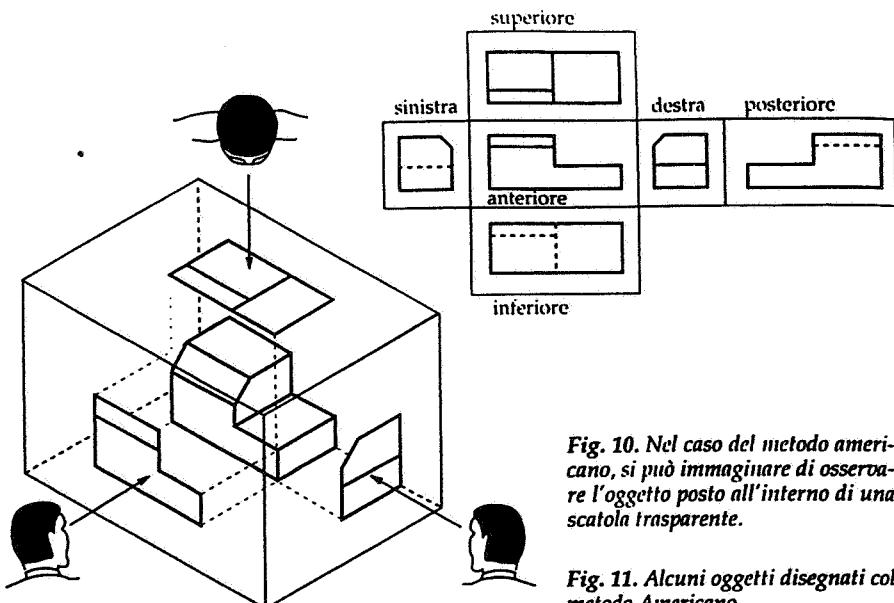
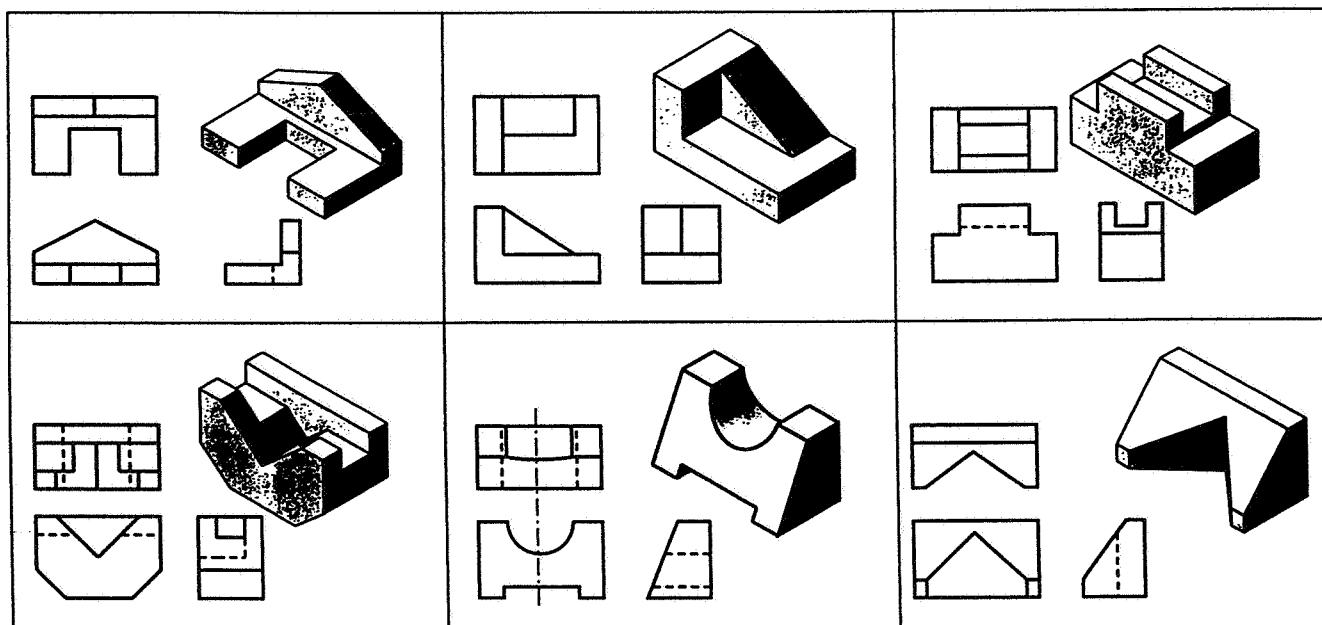


Fig. 10. Nel caso del metodo americano, si può immaginare di osservare l'oggetto posto all'interno di una scatola trasparente.

Fig. 11. Alcuni oggetti disegnati col metodo Americano.



Il metodo delle frecce

La terza edizione della norma UNI 3970 ha introdotto un nuovo metodo di disposizione delle viste, il metodo delle frecce che può essere sostitutivo dei due metodi descritti o complementare ad essi. Secondo questo metodo, si devono indicare con frecce, sulla vista principale, le direzioni di osservazione delle altre viste, contrassegnando ogni freccia con una lettera maiuscola; le viste possono essere disposte in posizione qualsiasi, ed ognuna risulta identificata dalla stessa lettera maiuscola associata alla freccia che indica inequivocabilmente la direzione da cui si guarda l'oggetto (fig. 12), che è quindi visto come nel metodo del terzo diedro (se invece la freccia è intesa come

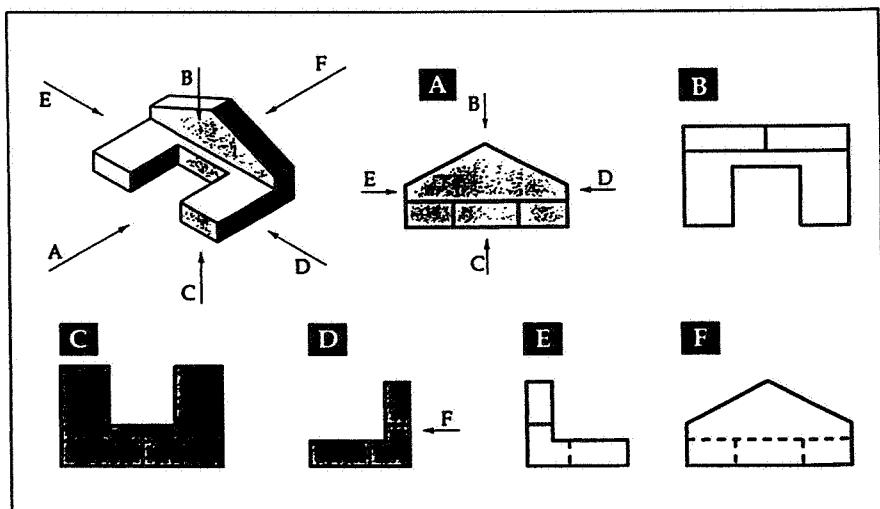


Fig. 12. Il metodo delle frecce.

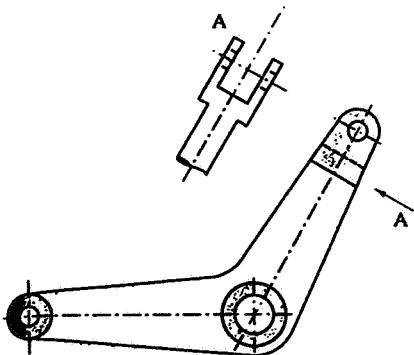


Fig. 13. Un'applicazione del metodo delle frecce.

direzione di proiezione, l'immagine è da considerare come nel sistema europeo).

Questo metodo può essere usato come complemento ai sistemi europeo ed americano (fig. 13) con la rappresentazione di proiezioni aggiuntive di facce dell'oggetto non parallele ad alcuno dei sei piani di proiezione.

L'evoluzione degli strumenti di disegno automatizzato, con la possibilità di visualizzare l'oggetto modellizzato da qualsiasi punto di vista, porta ad una maggiore applicazione di questo metodo.

3

PROIEZIONI DI UN PUNTO

Poiché le proiezioni ortogonali di qualsiasi oggetto possono essere pensate come proiezioni dei punti che lo compongono, si considerano innanzitutto le relazioni esistenti tra tre proiezioni di un punto.

I tre piani sui quali si effettuano le tre proiezioni di un punto P formano un tetraedro rettangolo, cioè si presentano in modo analogo alle tre pareti di una stanza, concorrenti in uno dei vertici e che possiamo chiamare piano orizzontale, piano laterale e piano verticale. Il punto, posto nel tetraedro in una posizione opportunamente scelta (fig. 14), viene proiettato su ognuno dei tre piani. Effettuata la proiezione, si deve immaginare di tagliare il tetraedro lungo la semiretta OC e di aprirlo, ribaltando il piano orizzontale e laterale sul piano verticale.

Le tre proiezioni assumono, dopo questo ribaltamento del primo e del terzo piano, la posizione indicata a destra nella figura 14, cioè:

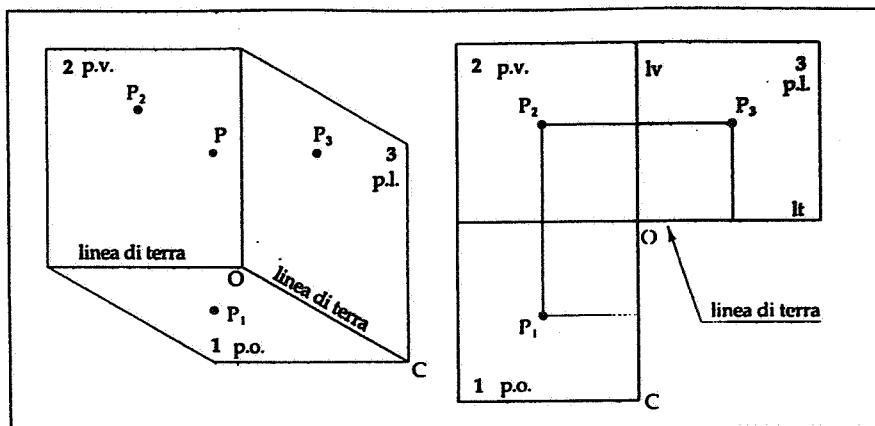


Fig. 14. Le tre proiezioni di un punto su tre piani ortogonali fra loro.

1) La prima proiezione P_1 e la seconda P_2 (pianta e prospetto del punto) si trovano sulla stessa perpendicolare alla retta lt , retta d'intersezione del piano verticale (p.v.) e laterale (p.l.) col piano orizzontale (p.o.), detta linea di terra.

2) La seconda proiezione P_2 e la terza P_3 del punto P si trovano sulla stessa parallela alla linea di terra.

3) I punti della linea di terra intersezione dei piani *p.o.* e *p.l.* considerati appartenenti a *p.o.* si portano su *p.l.* descrivendo archi di cerchio di 90° con centro in O .

Per ottenere la terza proiezione, avendo la prima e la seconda (o viceversa),

basta perciò tracciare per la seconda proiezione una parallela alla linea di terra che interseca la linea verticale *lv* in un punto B (fig. 15); dopodiché si può tracciare per la prima proiezione P_1 una parallela alla linea di terra, fino ad incontrare in E la linea verticale *lv*; fatto centro in O e raggio OE , si traccia un arco ED , fino all'intersezione con la parallela già tracciata per P_2 la terza proiezione richiesta P_3 .

I punti E e D possono essere uniti anche con una linea inclinata di 45° rispetto alla linea di terra (corda sottesa all'arco precedente).

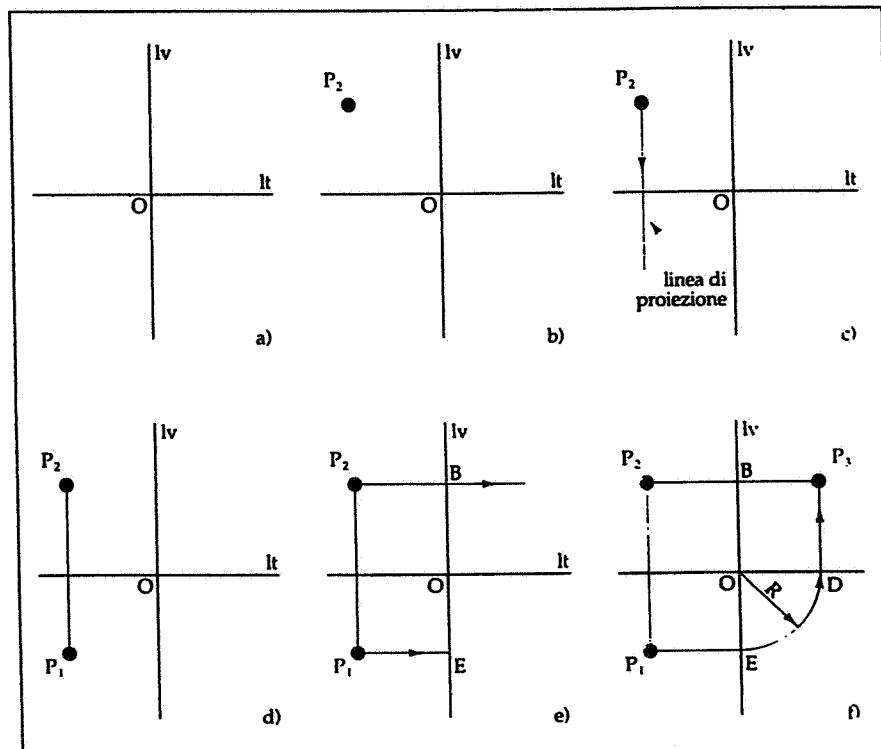


Fig. 15. Le diverse fasi per disegnare le proiezioni di un punto P nello spazio.

In modo perfettamente analogo, data la 2^a e la 3^a proiezione, si determina la prima, cioè date due qualunque delle tre proiezioni di un punto, si può determinare immediatamente la terza (fig. 16).

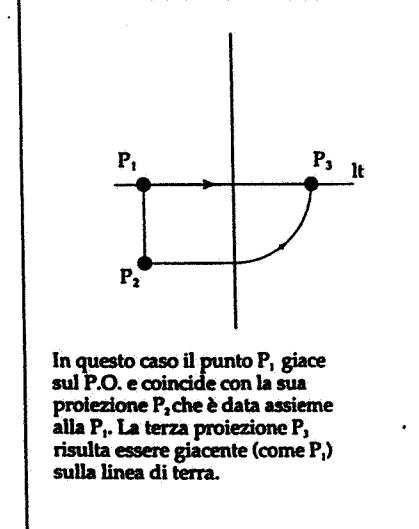
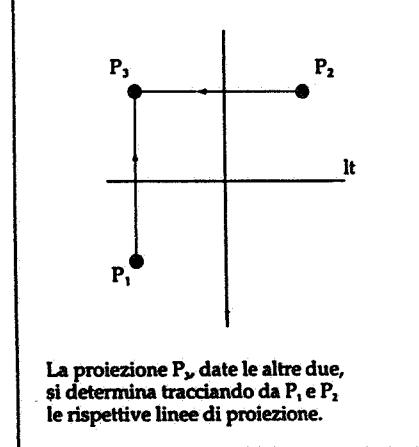
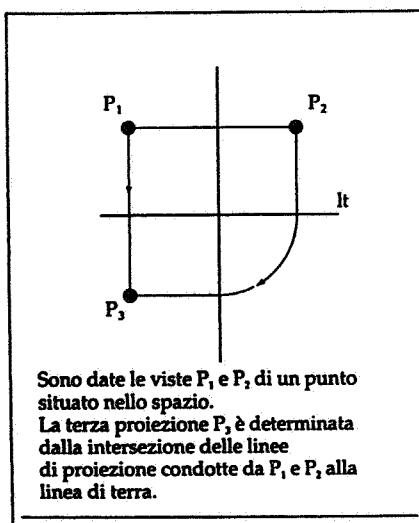


Fig. 16. Come si ricerca la terza proiezione di un punto date le prime due.

4

PROIEZIONI DI UN SEGMENTO

La proiezione di un segmento AB è ottenuta riprendendo la costruzione precedente e riferendosi ai punti A e B estremi del segmento. Unendo tra loro le proiezioni dei punti A_1, B_1, A_2, B_2, A_3 e B_3 si ottengono le proiezioni certate rispettivamente nel piano orizzontale, verticale e laterale (fig. 17). Si noti che quando un segmento è parallelo ad una faccia, la sua proiezione su questa faccia ha la stessa lunghezza del segmento; infatti nella figura solo sul piano verticale il segmento è visto in grandezza reale. La figura 18 illustra altri due casi di proiezione di un segmento, perpendicolare o parallelo al piano laterale. Nell'ultimo caso (fig.

19), il segmento AB è inclinato rispetto al piano orizzontale, ma parallelo al piano verticale: evidentemente solo su questo piano abbiamo la reale grandezza del segmento.

5

PROIEZIONI DI FIGURE PIANE

La proiezione di un poligono viene costruita mediante i vari punti proiezione dei vertici del poligono; nel caso di un rettangolo parallelo al piano laterale (fig. 20), solo su questo piano otteniamo la figura in grandezza reale; nel caso che il rettangolo sia inclinato rispetto al piano orizzontale ma perpendicolare al piano verticale, nessuna delle tre proiezioni riproduce

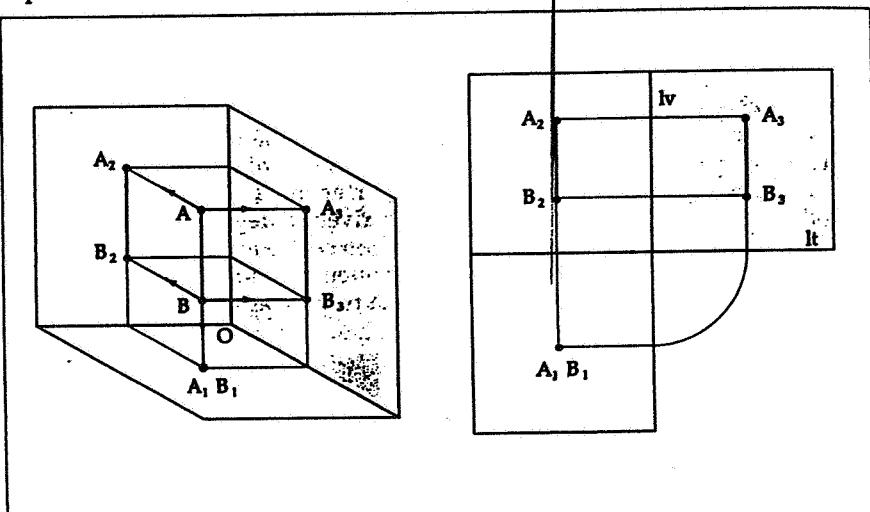


Fig. 17. Le tre proiezioni di un segmento perpendicolare al piano orizzontale.

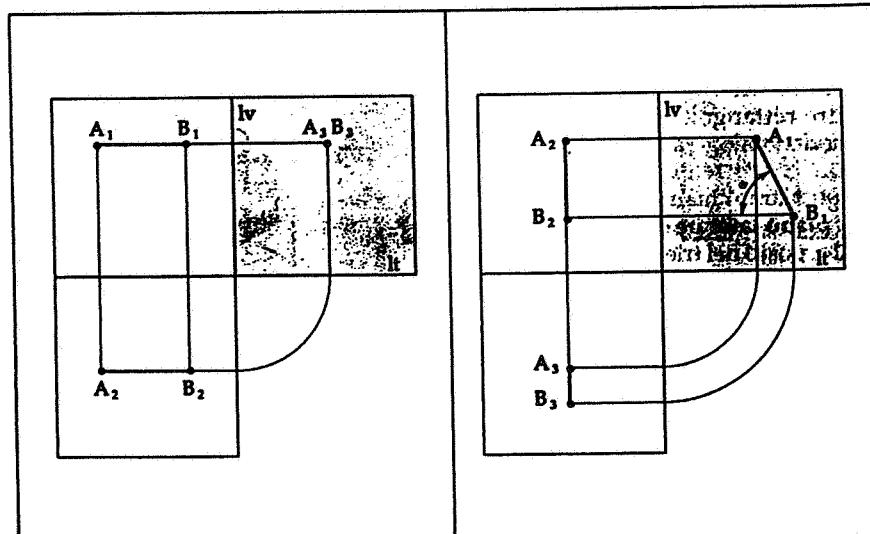


Fig. 18. Le tre proiezioni di un segmento perpendicolare o parallelo al piano laterale.

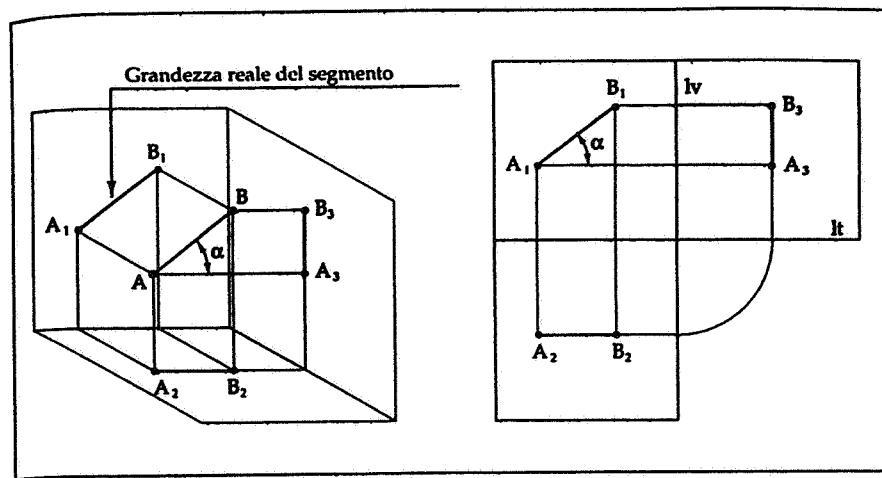


Fig. 19. Le tre proiezioni di un segmento inclinato rispetto al piano orizzontale e parallelo al piano verticale.

la vera forma della figura. Quindi si può concludere che un angolo e per estensione una figura piana appaiono nella loro vera forma, in una sola proiezione, soltanto se l'angolo o la figura sono paralleli al piano di proie-

zione. In tutti gli altri casi, si presenta perciò il problema di effettuare la determinazione della vera forma e grandezza di una figura piana, problema che è di risoluzione piuttosto complessa e richiede una buona co-

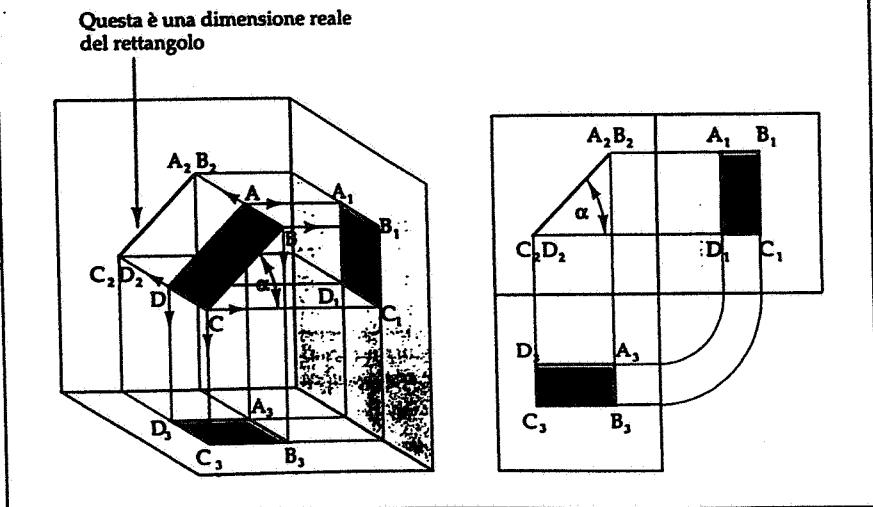
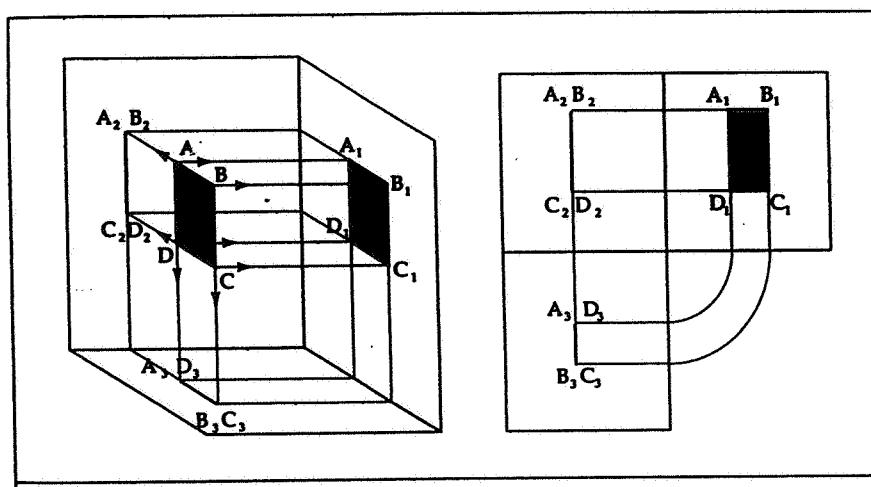


Fig. 20. Le tre proiezioni di un rettangolo parallelo al piano laterale oppure inclinato rispetto al piano orizzontale e perpendicolare al piano verticale.

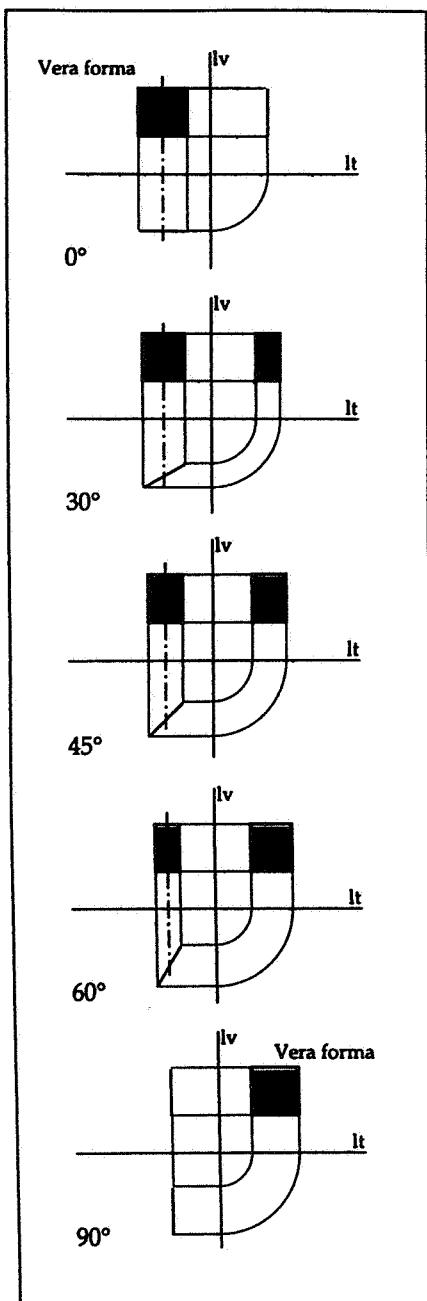


Fig. 21. Variazione delle proiezioni di una figura piana facendo variare l'inclinazione del suo piano rispetto a quello verticale e laterale, rimanendo perpendicolare a quello orizzontale.

noscenza della geometria descrittiva. La figura 21 mostra per esempio le variazioni che subiscono le proiezioni di una figura piana quando il piano della figura ruota gradatamente rispetto ai piani di proiezione. Da quanto visto si deduce una regola fondamentale, cioè nelle proiezioni ortogonali la scelta delle posizioni degli oggetti non è libera, ma deve avere lo scopo di rappresentare i princi-

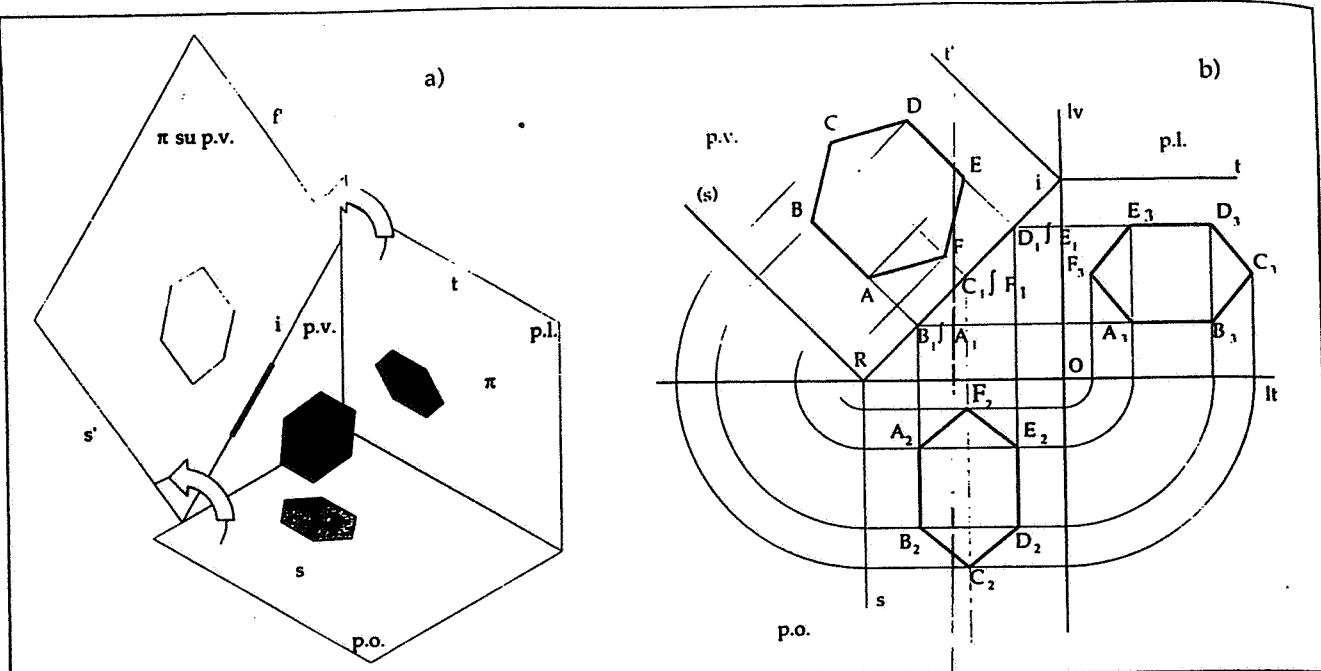


Fig. 22. L'esagono è posto su un piano perpendicolare al piano verticale ed inclinato di un certo angolo rispetto al piano orizzontale; per ottenere la vera forma della figura, si opera un ribaltamento del piano π sul piano verticale (a); per ottenere la costruzione, basta prolungare la proiezione dell'esagono nel piano verticale D_1-B_1 fino ad incontrare la linea di terra lt ; dal punto R così determinato si tirano due semirette s ed s' rispettivamente perpendicolari alla linea di terra e alla retta i , che permettono di costruire la figura ribaltata.

pali elementi in vera forma e grandezza e quindi questi devono risultare paralleli a uno o più piani di proiezione. Non sempre tuttavia ciò è possibile e si ricorre perciò, per ottenere la vera forma, ad ulteriori viste, come sarà illustrato anche nei prossimi paragrafi.

A titolo di esempio si consideri l'esagono di figura 22, posto su di un piano π perpendicolare al piano verticale, che interseca il piano laterale (secondo la linea t) ed il piano orizzontale (secondo s). Oltre alle tre viste sui piani principali si esegue un ribaltamento sul piano verticale del piano π contenente la figura, facendolo ruotare intorno alla retta intersezione i . Sono indicate le linee di costruzione, che consentono di comprendere facilmente il procedimento, così come avviene per il cerchio in figura 23.

6

PROIEZIONI DI SOLIDI

Con le regole esposte è immediato estendere all'intera proiezione di un oggetto solido quanto visto riguardo la proiezione di un punto, di un segmento e di una figura piana e quindi è

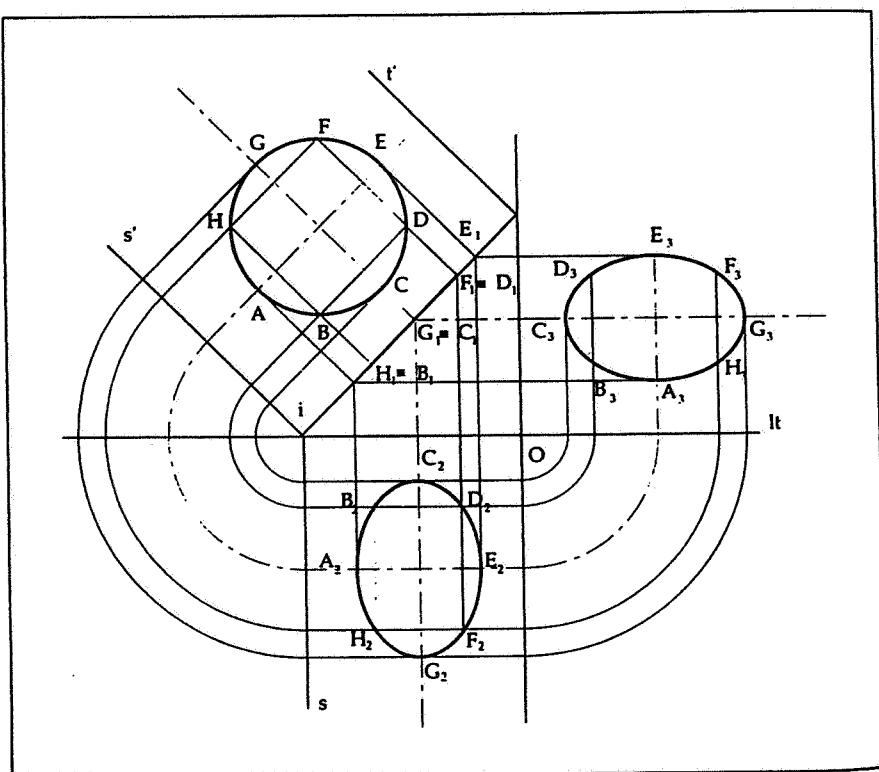


Fig. 23. Ribaltamento del cerchio situato in un piano perpendicolare al piano verticale ed inclinato rispetto a quello orizzontale; la costruzione è analoga al caso precedente.

possibile ottenere le proiezioni ortogonali di un qualsivoglia oggetto: basta proiettare i vertici, o i contorni del pezzo, e unire convenientemente le proiezioni ottenute. È fondamentale

segnare tutte le linee in vista, cioè quelle linee che rappresentano la proiezione di linee di contorno esterno del pezzo, le proiezioni di spigoli (intersezioni di superficie piane o di super-

cie non piane) e che sono visibili da chi osservi il pezzo dopo averlo orientato rispetto ai piani di proiezione secondo le convenzioni esposte.

Nella figura 24 è rappresentato un primo retto a base triangolare ed in figura 25 una piramide a base esagonale; in entrambi i casi compaiono nelle viste i contorni degli oggetti. È evidente che chi osservi un pezzo da una certa posizione, non è in grado di vedere contorni o spigoli nascosti al suo occhio, anche se si tratta di contorni e spigoli reali.

Per necessità di chiarezza nella descrizione della forma del pezzo, spesso si devono rappresentare anche questi contorni e spigoli non in vista; in tal caso, per distinguerli da quelli in vista, si rappresentano con linee di tipo E o F (a tratti) mentre le linee in vista si rappresentano con linee di tipo A continue).

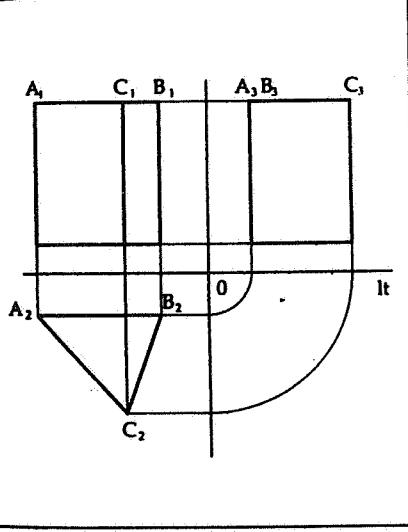


Fig. 24. Proiezioni ortogonali di un prisma retto a base triangolare.

In figura 26 è riportato un esempio in cui è necessario, per la comprensione della forma del pezzo, indicare anche le linee reali non in vista. Se non venissero indicate le linee tratteggiate, non sarebbe possibile capire se il foro è passante (cioè attraversa tutto il pezzo) oppure è cieco (cioè interessa solo una parte dello spessore del pezzo).

Nell'esempio sono indicate le viste di interpretazione della forma dell'oggetto a partire dalle tre proiezioni. Nella figura 27 un ottaedro (somma di due piramidi) e nella figura 28 un prisma esagonale retto sono collocati, ri-

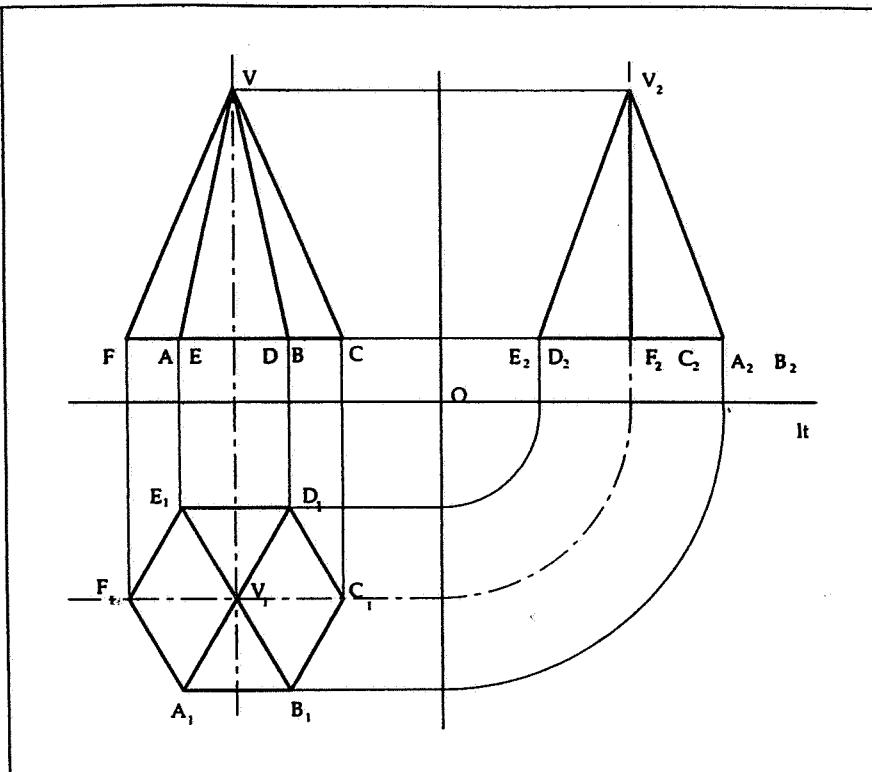


Fig. 25. Proiezioni ortogonali di una piramide a base esagonale.

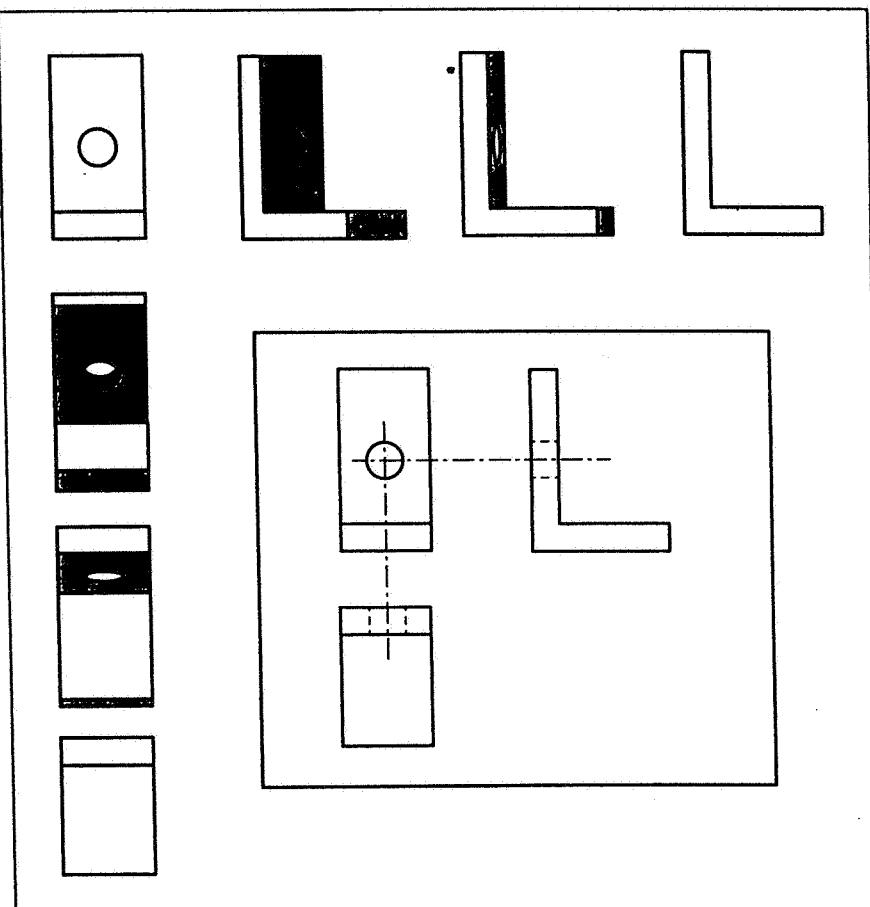


Fig. 26. Ottenimento delle tre viste di un pezzo.

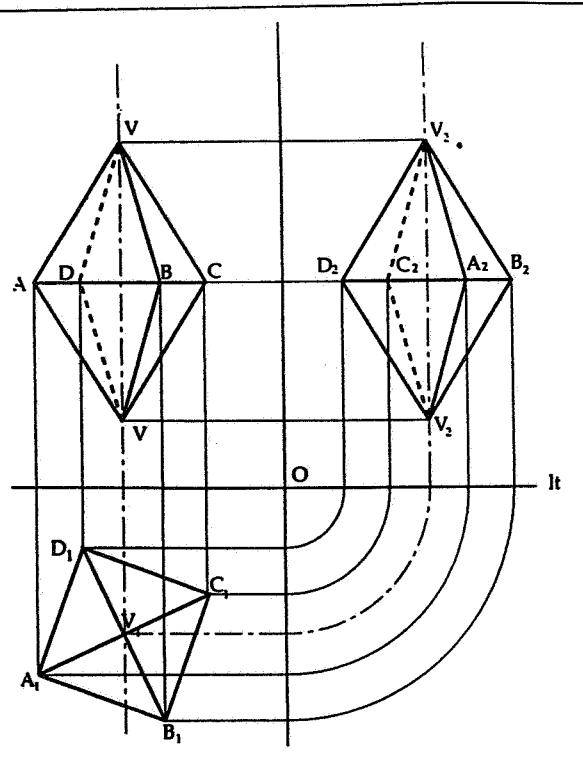


Fig. 27. Proiezioni ortogonali di un ottaedro.

spetto ai piani principali di proiezione, in modo che alcuni spigoli non sono in vista e perciò sono rappresentati con linee a tratti. Le linee in vista di un disegno (tipo A)

hanno quindi uno dei seguenti tre significati (fig. 29):

a) possono rappresentare l'intersezione di due superfici;

- b) possono rappresentare un contorno del pezzo;
- c) possono rappresentare la traccia di una superficie, piana o non, perpendicolare ai piani di proiezione.

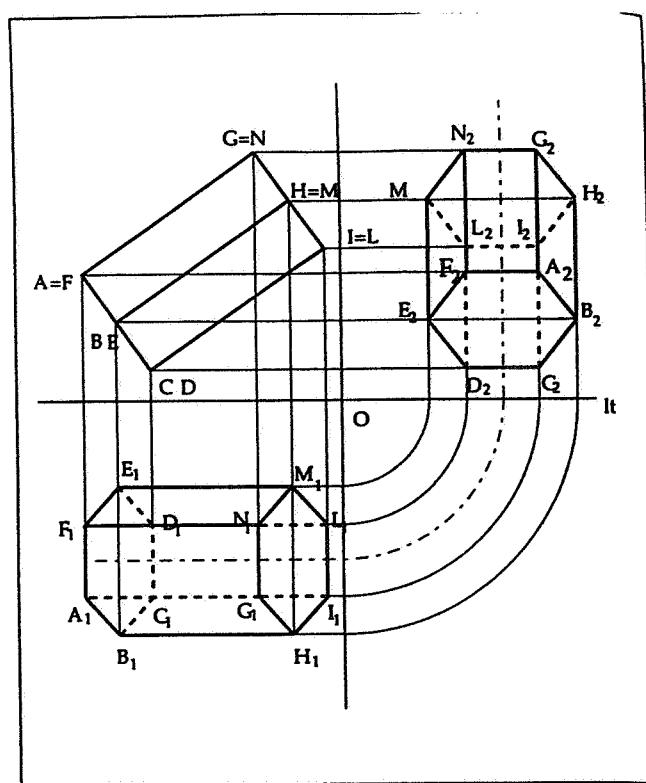


Fig. 28. Proiezioni ortogonali di un prisma esagonale retto, con l'asse parallelo al piano verticale ed inclinato rispetto al piano orizzontale.

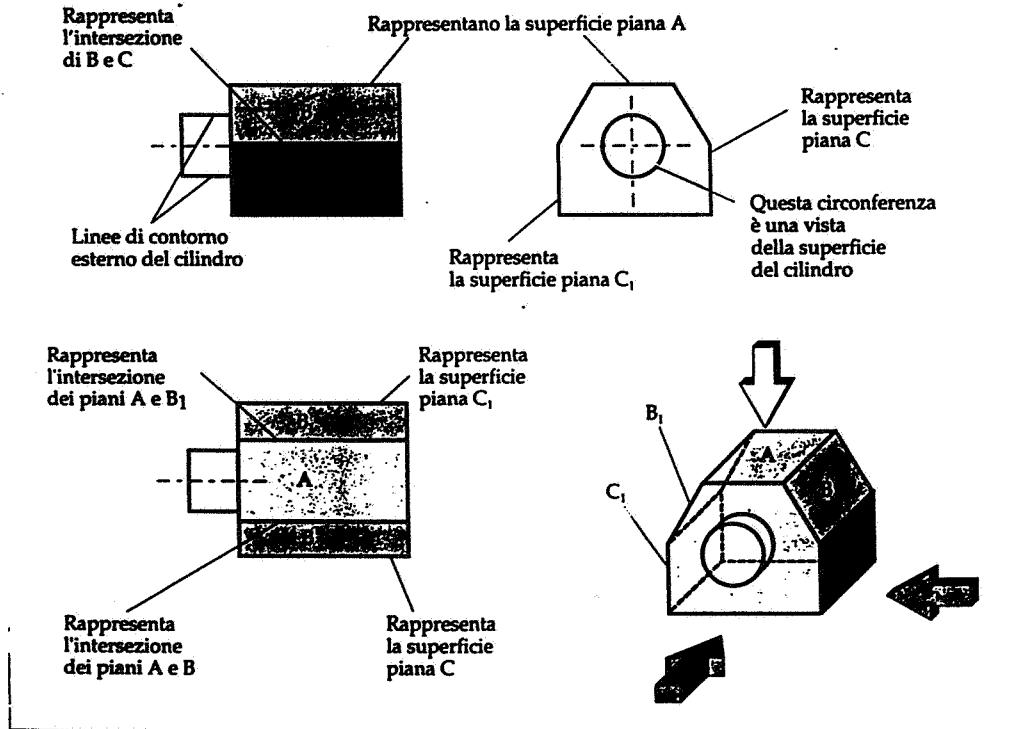


Fig. 29. Significato degli elementi del disegno in proiezione.

Dalla figura si nota come il significato di una linea in ogni vista può essere determinato mediante l'esame contemporaneo delle altre viste. Il processo di visualizzazione consiste quindi nel formarsi mentalmente un'immagine dell'oggetto, passando successivamente da una linea ad un'altra sino a che il significato di tutte le linee del disegno sia stato univocamente determinato.

Fatta eccezione per pezzi particolari, una rappresentazione completa comprende usualmente numerose linee non in vista: ad esempio quando si disegnano oggetti con singolarità geometriche interne. Per rappresentare l'interno di un pezzo si ricorre normalmente alle sezioni come si vedrà in seguito; è necessario però conoscere alcune semplici regole per usare correttamente le linee reali non in vista. La linea da usarsi è di tipo E o F, linea a trattini che può avere spessore 1 o 1/2; nella figura 30 sono riportati alcuni consigli per l'uso corretto di ta-

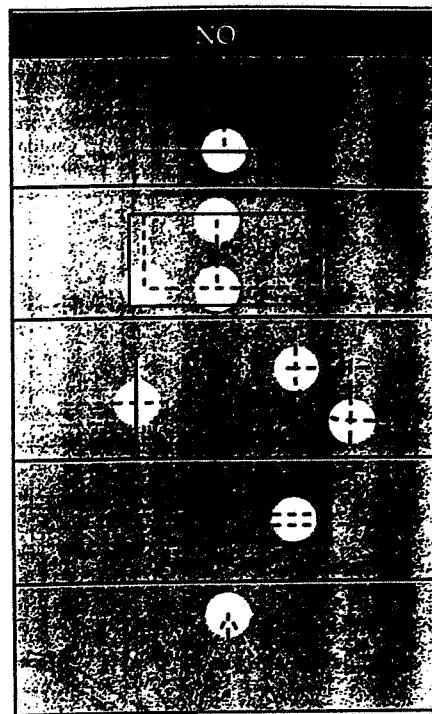
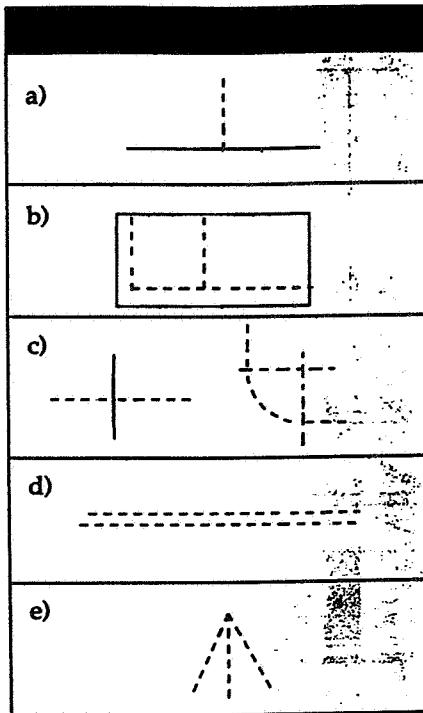


Fig. 30. Uso corretto della linea tratteggiata E o F.

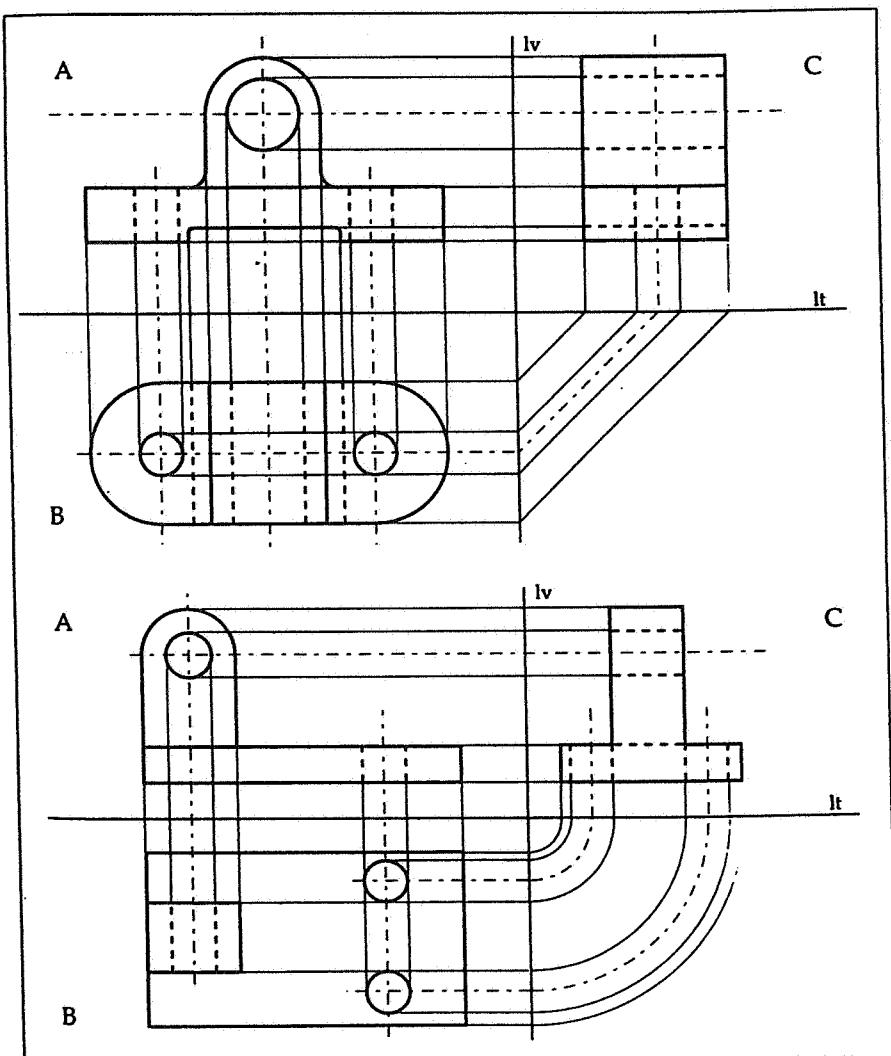
li linee in casi che si possono riscontrare in pratica e che si possono così riassumere:

- non si deve lasciare uno spazio nel punto in cui una linea E o F confina con una linea di contorno tipo A.
- le linee E o F devono toccarsi quando formano angoli a L o a T.
- una linea E o F non dovrebbe mai intersecare una linea continua A, o una linea asse G
- più linee nascoste parallele devono essere disegnate sfalsate
- quando più linee E o F si incontrano, devono essere unite

In pratica le tre viste di un solido sono legate tra loro, sul piano del disegno (fig. 32), secondo le seguenti regole :

- Il prospetto e la pianta *hanno la stessa lunghezza* e sono poste nella stessa striscia perpendicolare alla linea di terra; i punti corrispondenti delle due proiezioni si trovano sulla stessa perpendicolare alla linea di terra.
- La pianta ed il fianco *hanno la stessa larghezza* ed i punti corrispondenti si trovano nella posizione determinabile con la costruzione indicata in figura.
- Il prospetto ed il fianco *hanno la stessa altezza*, e sono posti nella stessa striscia.

Fig. 31. Proiezioni ortogonali di solidi.



In un
te rip
verti
zioni
oltre
zione
pre
esp
ranne
ni, co
co, p
di ris
mate
È im
del d
ment
sul fo
debb
due c
diseg
ganiz
alle c
rapp
scala
tener
le qu
verse
sul br
glio
zio cc
sta e
dispo
gona
sono
dell'
ziatu
Un n
nazic
linea
to, si
la vis

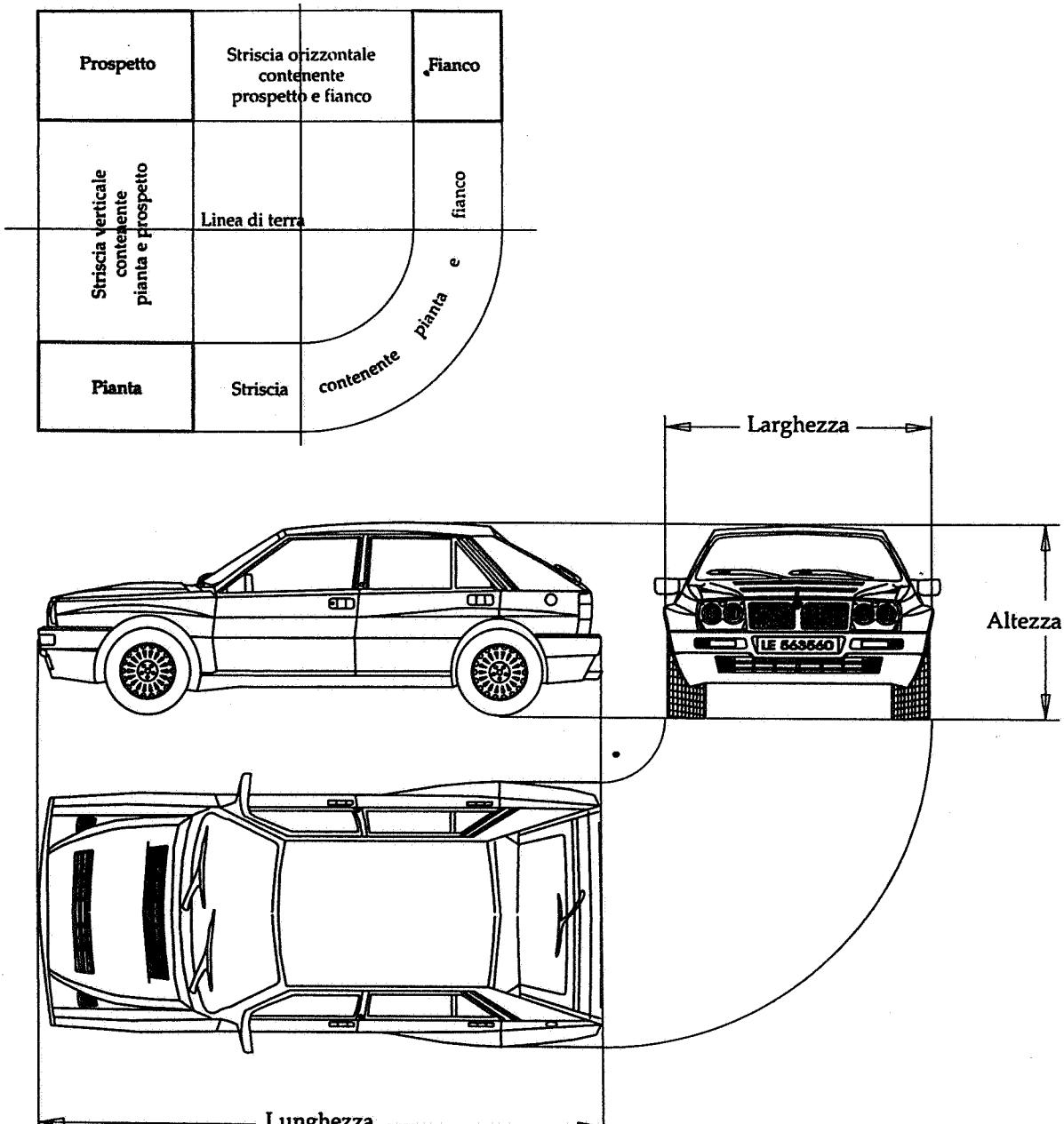


Fig. 32. Le regole da tenere presente nelle tre proiezioni ortogonali di un solido

Proiezioni di solidi con superfici parallele ai piani di proiezione

Poiché l'oggetto può essere orientato in modo qualunque rispetto ai tre piani di proiezione, è evidente che le proiezioni ortogonali di un qualsiasi pezzo sono funzione dell'orientamento rispetto ai piani di proiezione.

Per raggiungere lo scopo di una rappresentazione che sia in grado di for-

nire tutte le indicazioni sulla forma e sulle reali dimensioni dell'oggetto, dovrebbe essere questo orientato in modo che il maggior numero possibile di superfici che lo delimitano appaiano proiettate in vera forma.

Se il pezzo è delimitato da superfici piane, va orientato in modo da avere il maggior numero di superfici parallele ai piani di proiezione.

Di regola poi si orienta l'oggetto in modo che il prospetto risulti il più rappresentativo possibile.

scia parallela alla linea di terra; punti corrispondenti delle due proiezioni si trovano sulla stessa parallela alla linea di terra.

Le regole precedenti hanno valore assolutamente generale; un disegno nel quale esse non risultino rispettate non è corretto.

Metodi pratici di proiezione

In una prima serie di esempi sono state riportate la linea di terra e le linee verticali (corrispondenti alle intersezioni dei piani di proiezione, fig. 31), oltre alle linee di richiamo e di costruzione, allo scopo di facilitare la comprensione e riassumere le costruzioni esposte. Negli esempi che seguono saranno rappresentate solo le proiezioni, come è di regola nel disegno tecnico, per evidenti motivi di chiarezza e di risparmio di tempo nell'esecuzione materiale.

È importante per una buona lettura del disegno che le viste siano perfettamente bilanciate in termini di spazio sul foglio da disegno, a seconda che debbano essere rappresentate una, due o più proiezioni di un oggetto. Il disegnatore deve essere in grado di organizzare lo spazio sul foglio in base alle dimensioni dell'oggetto che deve rappresentare, il numero di viste, la scala usata e lo spazio tra le viste. Per tenere conto anche della presenza delle quote, è importante spaziare le diverse proiezioni ed evitare di disegnare sul bordo del foglio da disegno. Un consiglio utile è quello di lasciare uno spazio compreso tra 30 e 60 mm da una vista e l'altra. La figura 33 mostra la predisposizione delle tre proiezioni ortogonali di un oggetto, a partire dall'assonometria recante le dimensioni dell'oggetto, e calcolando l'equispaziatura delle viste dai bordi.

Un metodo semplice per la determinazione delle tre viste è quello della linea a 45° ; se ad esempio di un oggetto, si sono già ottenute il prospetto e la vista in pianta (fig. 34), per ottenere

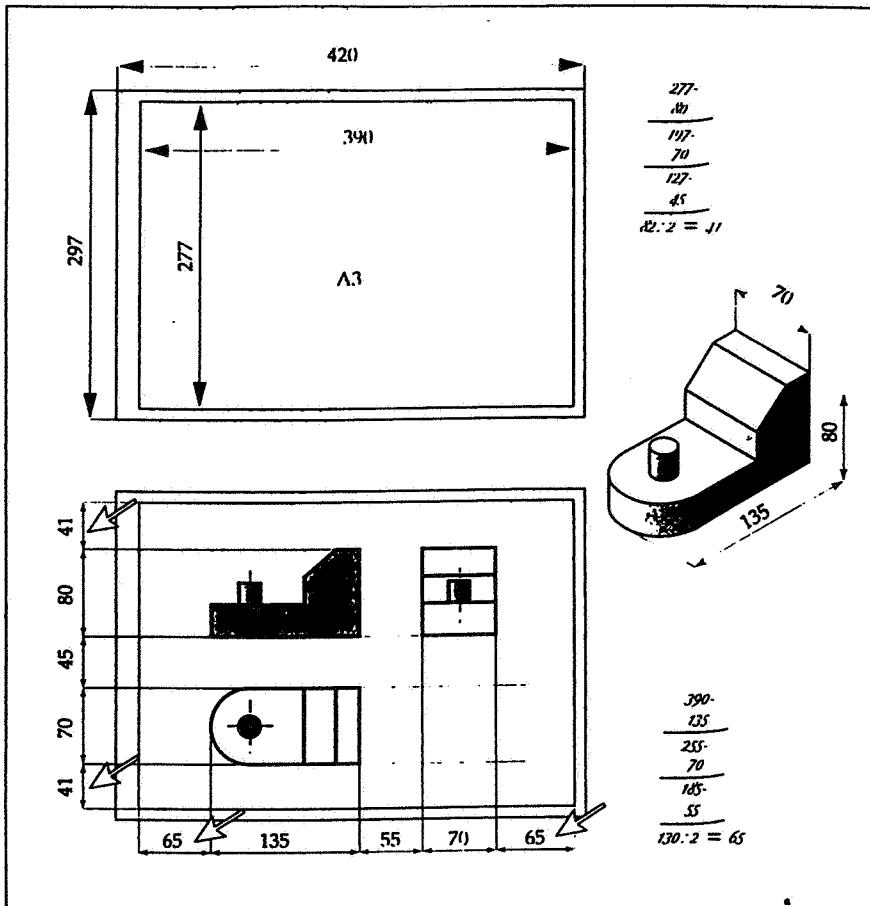


Fig. 33. Disposizione del layout delle viste.

la vista da sinistra si può disegnare una linea a 45° rispetto al piano orizzontale, distante opportunamente dalla vista in pianta. Dai punti in cui le proiezioni orizzontali della vista in pianta intersecano la linea a 45° , si tracciano delle linee verticali: l'intersezione di queste linee con le orizzontali condotte dal prospetto portano al

disegno della vista laterale. La stessa costruzione può essere usata per disegnare la vista in pianta avendo a disposizione quella principale e laterale.

Utilizzando questa tecnica, si ha il vantaggio di non avere vincoli sulla distanza dalla vista principale a quella laterale.

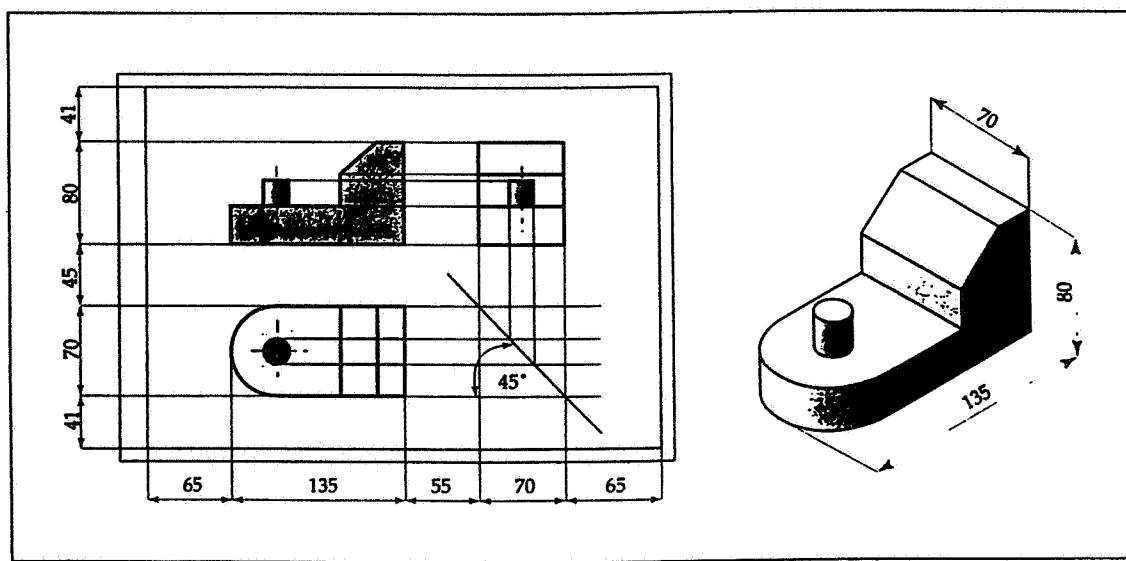


Fig. 34. Il metodo della linea a 45° .

Proiezione di oggetti con superfici inclinate od oblique e viste ausiliarie

Si definisce inclinata una superficie perpendicolare ad uno dei piani di proiezione, ma inclinata rispetto ai due piani adiacenti; essa appare in due delle tre viste in modo distorto, mentre in una appare come una linea.

Nell'esempio di figura 35 la vera lunghezza delle superfici A e B appare solo nella vista principale; nelle altre due viste le dimensioni delle superfici appaiono ridotte, con un grado di riduzione proporzionale all'angolo di inclinazione (fig. 36).

Per ottenere la reale forma e dimensione di una superficie inclinata, bisogna ricorrere alle viste ausiliarie, oppure ruotare la superficie fino a ren-

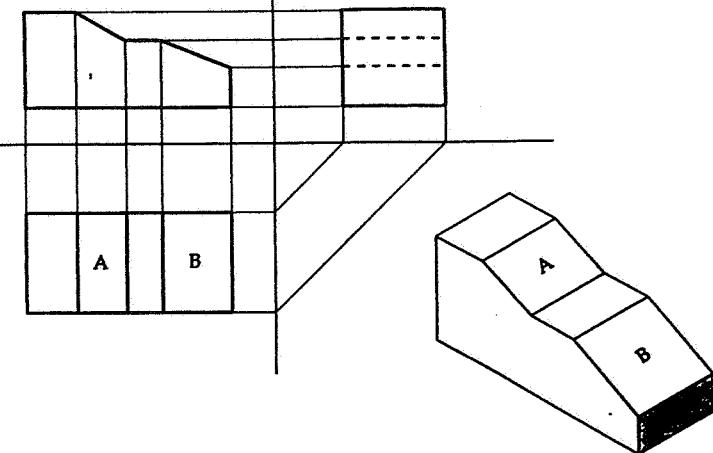


Fig. 35. Proiezione di un solido con superfici inclinate.

Fig. 36. La superficie inclinata non appare nella sua vera forma nel prospetto e nel profilo.

derla parallela ad un piano di proiezione.

Si definisce obliqua una superficie che non è parallela a nessuno dei tre piani di proiezione; per questo motivo, non può apparire in alcuna vista con le sue reali forme (fig. 37).

È quindi evidente che, quando si voglia determinare la vera forma di una figura piana giacente in un piano π , inclinato o obliquo, si deve immaginare di far ruotare il piano π su cui giace la figura, finché esso non sia sovrapposto ad uno dei tre piani di proiezione (fig. 38a).

Questa operazione prende il nome di ribaltamento di π sul piano scelto, come già detto.

È ovvio che gli stessi risultati si conseguono se, anziché ribaltare il piano π su uno dei piani di proiezione, si esegue la proiezione su un piano parallelo a π . Una vista definita in questo modo, cioè con una proiezione su un piano diverso da quello orizzontale, verticale o laterale, prende il nome di vista ausiliaria (fig. 38b).

La figura 39 mostra un oggetto con una superficie inclinata, all'interno di una scatola con una parete parallela alla superficie inclinata.

Questo piano può essere chiamato piano ausiliario ed è perpendicolare

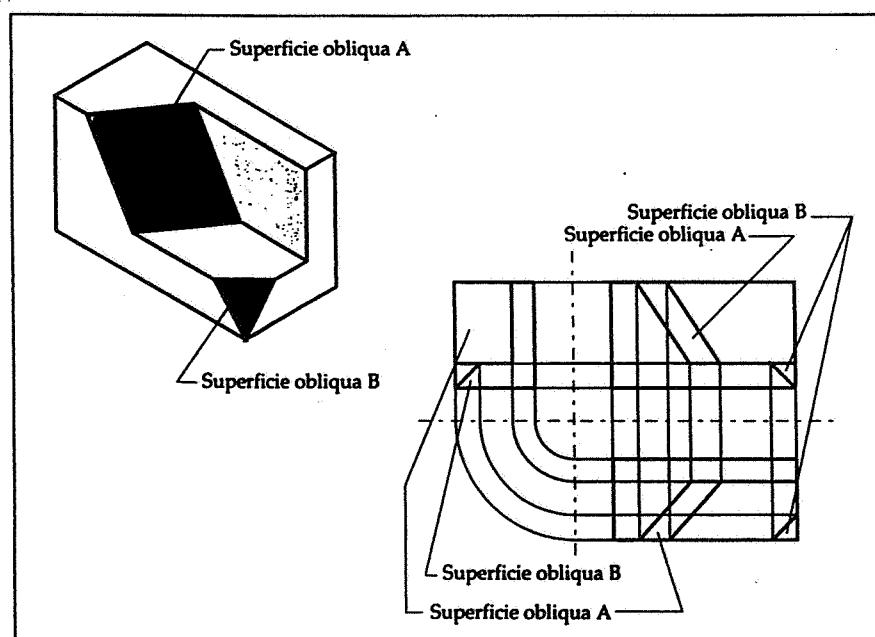
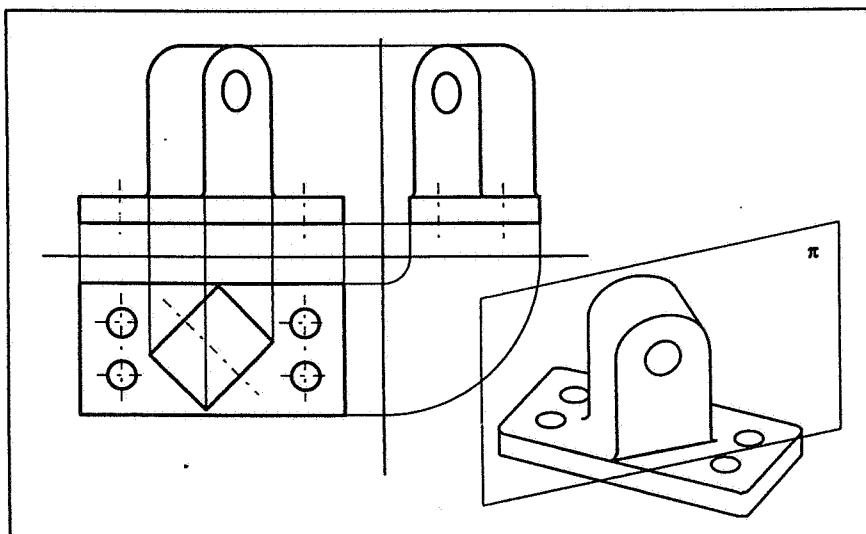


Fig. 37. Solido con superfici oblique e relative proiezioni sui piani principali.

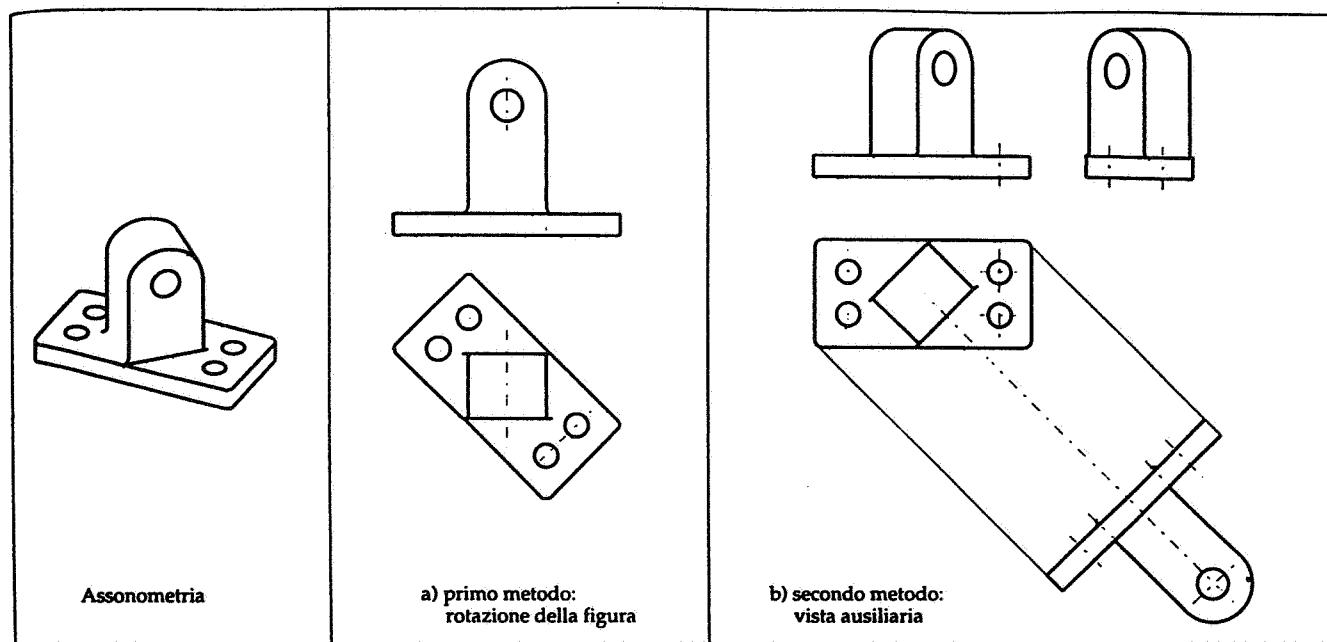


Fig. 38. Proiezione del solido su un piano ausiliario.

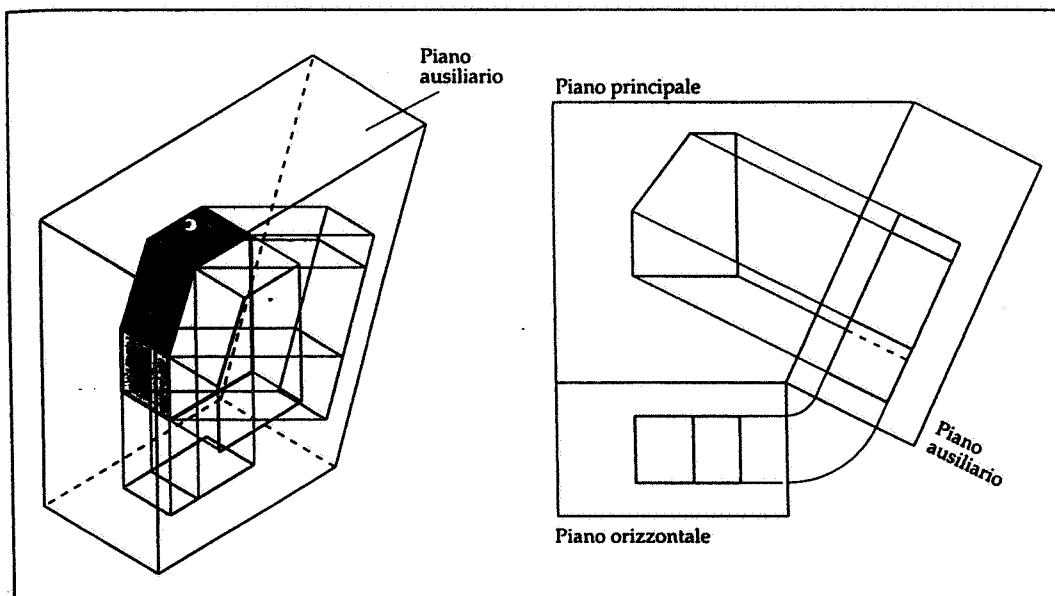
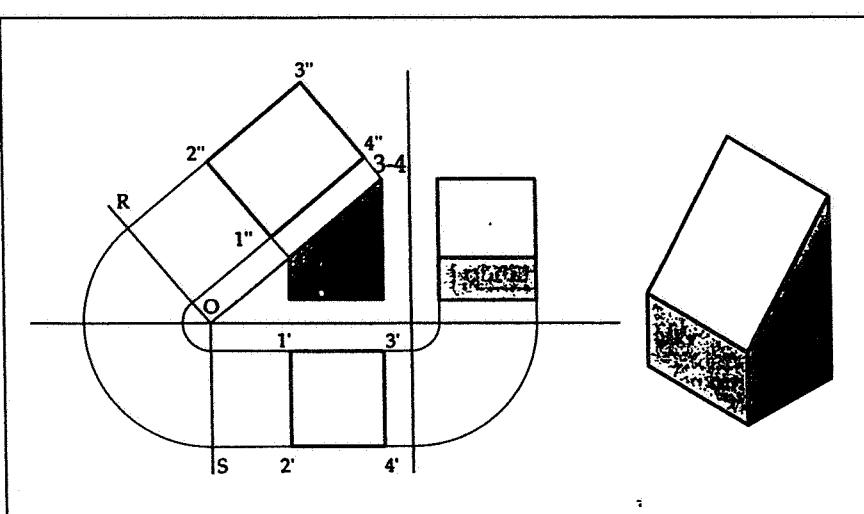


Fig. 39. Un solido all'interno di una scatola: il piano ausiliario è parallelo alla superficie inclinata.

al piano frontale; se si immagina di aprire la scatola lungo le linee di intersezione dei piani, si otterrà la vista frontale, la vista dal basso e una vista ausiliaria in cui la superficie inclinata appare nella sua vera forma; si noti come sia la vista dal basso che quella ausiliaria abbiano la stessa larghezza.

La figura 40 mostra un metodo pratico di costruzione della vista ausiliaria, utilizzando la linea di terra come riferimento (come già visto in fig. 22).

La traccia della superficie inclinata viene prolungata fino ad incontrare la linea di terra nel punto O; da questo punto si conduce la perpendicolare OS alla linea di terra e la semiretta OR perpendicolare alla superficie inclinata. Si proiettano così i punti 1' e 2' sul-



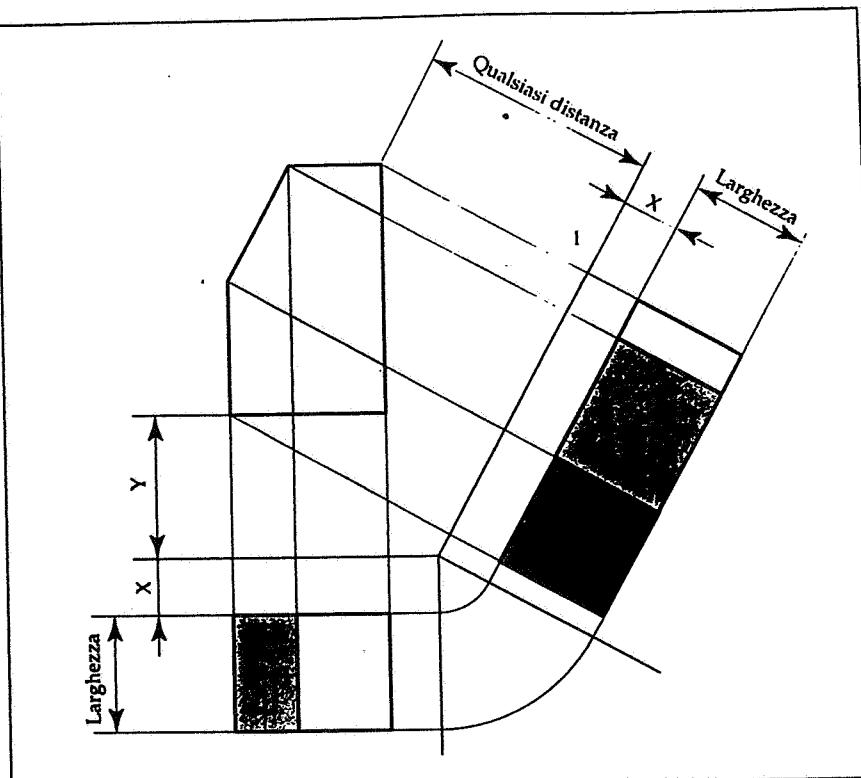


Fig. 41. La costruzione della vista ausiliaria.

la semiretta OS e si ruotano su OR con centro in O. Dalle intersezioni ottenute si tracciano le parallele alla superficie inclinata che si incontrano con le perpendicolari a questa per i punti 1-2 e 3-4.

Unendo i punti 1'', 2'', 3'' e 4'' si ottiene la grandezza reale della superficie inclinata.

Un altro metodo più pratico consiste nell'utilizzare un piano di riferimento coincidente con una superficie dell'oggetto; una volta disegnate le due viste (ad esempio il prospetto e la pianta, figura 41), le due distanze X e Y rappresentano le distanze dell'oggetto dal piano orizzontale e verticale e si possono anche assumere non uguali.

Si può tracciare ad una distanza qualsiasi la linea inclinata che rappresenta la *linea di piegatura l* del solido in cui era posizionato l'oggetto; si tracciano le proiezioni perpendicolari a questa linea. I punti della vista ausiliaria possono essere determinati riportando i punti corrispondenti alla pianta, tenendo presente la costruzione precedente.

Ciascun punto nella vista ausiliaria dovrebbe avere la stessa distanza dalla linea di piegatura l di quella misurata nella vista dall'alto. La superficie inclinata apparirà nella vista ausiliaria con la sua reale dimensione.

7

OGGETTI SIMMETRICI

L'asse di simmetria di una figura piana è una retta che divide la figura stessa in due parti specularmente uguali e rappresenta la traccia del piano di simmetria perpendicolare al piano della figura.

L'asse di simmetria è rappresentato con una linea mista fine di tipo G. Oggetti le cui proiezioni devono necessariamente avere uno o più assi di simmetria sono i pezzi assialsimmetrici ed i solidi di rivoluzione (fig. 42).

Un caso particolare è rappresentato dal cerchio che ammette un numero infinito di assi, ma per convenzione se ne rappresentano due ad angolo retto fra di loro; la stessa cosa viene fatta anche per figure che ammettono più assi (fig. 43).

Quando si rappresenta un cerchio o un semicerchio, è opportuno disegnare i due assi perpendicolari; non c'è assolutamente bisogno di disegnare gli assi nel caso di raccordi (fig. 44).

I disegnatori con molta pratica preferiscono usare la linea asse mista *tratto lungo-corto* (fig. 45) al posto della linea G; infatti l'uso di questa tecnica per-

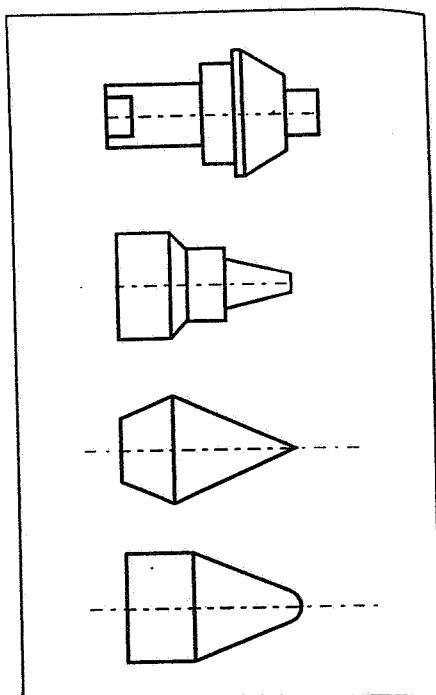


Fig. 42. Tutti i solidi assialsimmetrici devono avere un asse.

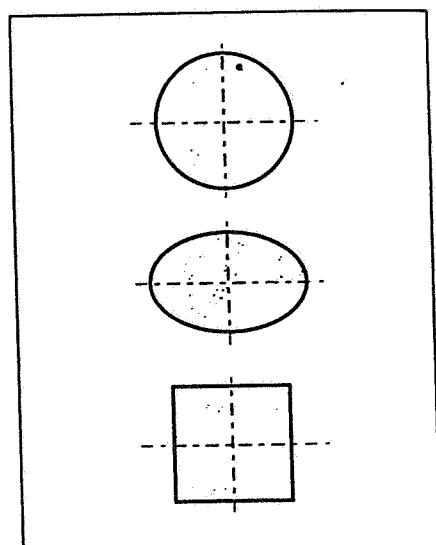


Fig. 43. Gli assi dei cerchi e di altre figure simmetriche.

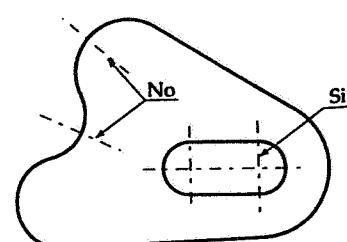


Fig. 44. Non si disegnano gli assi nel caso dei raccordi.

mette un aumento della velocità di tracciamento e una definizione più precisa dell'asse.

I centri dei cerchi disposti lungo una circonferenza vengono individuati dall'intersezione di una linea d'asse radiale con la circonferenza su cui stanno i centri stessi (fig. 46).

8

RACCORDI E TANGENZE

Quando una superficie curva è tangente ad una superficie piana, non bisogna disegnare alcuna linea corrispondente alla tangenza (fig. 47); se però la superficie interseca un piano, bisogna disegnare lo spigolo conseguente (fig. 48). Se due superfici si raccordano con due piani secondo lo schema di figura 49, nella vista in pianta non si vedrà alcuna linea; infine se il raccordo produce una superficie verticale, l'intersezione della superficie col piano di proiezione sarà visibile in pianta (fig. 50). Altre intersezioni e raccordi abbastanza frequenti nella pratica sono visibili in figura 51.

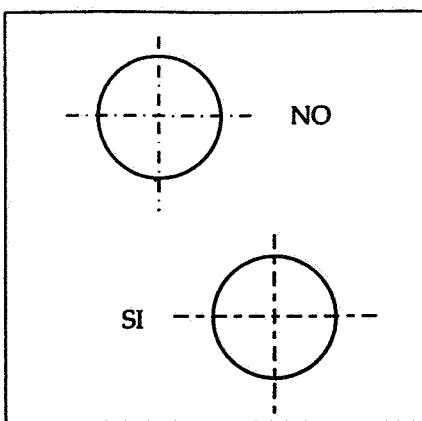


Fig. 45. Uso della linea-lineetta al posto della linea tratto-punto.

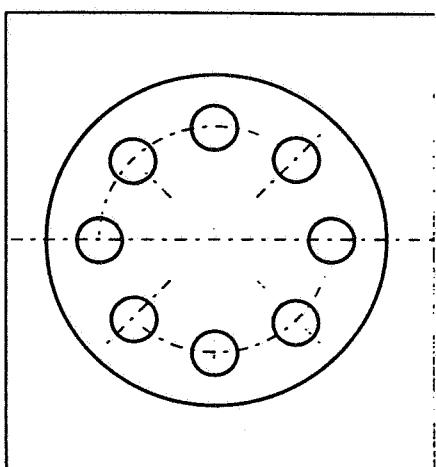


Fig. 46. Nel caso di fori disposti circonferenzialmente, si disegnano gli assi radiali e la circonferenza dei centri.

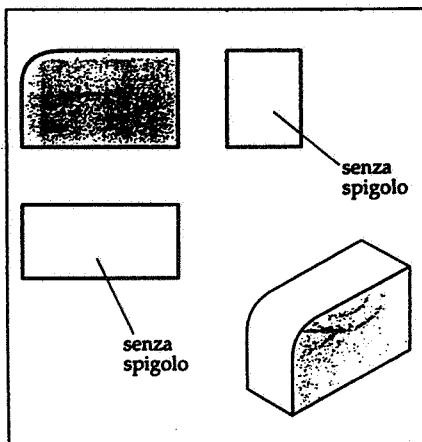


Fig. 47. Rappresentazioni di superfici tangenti.

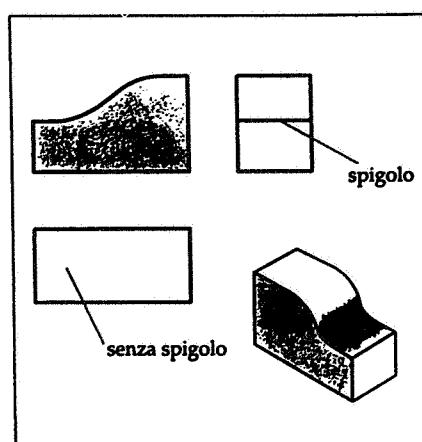


Fig. 48. Rappresentazioni di tangenze ed intersezioni.

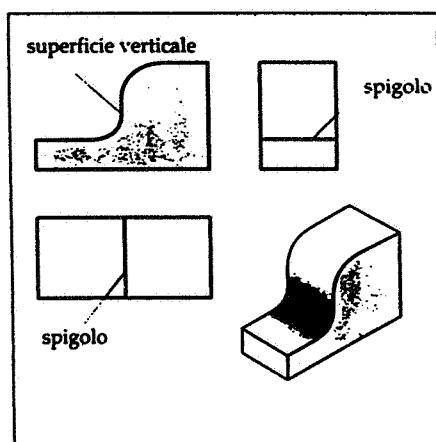


Fig. 49. Rappresentazioni di tangenze ed intersezioni.

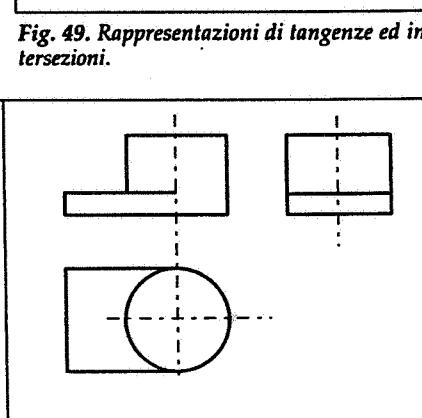


Fig. 50. Rappresentazioni di superfici tangenti.

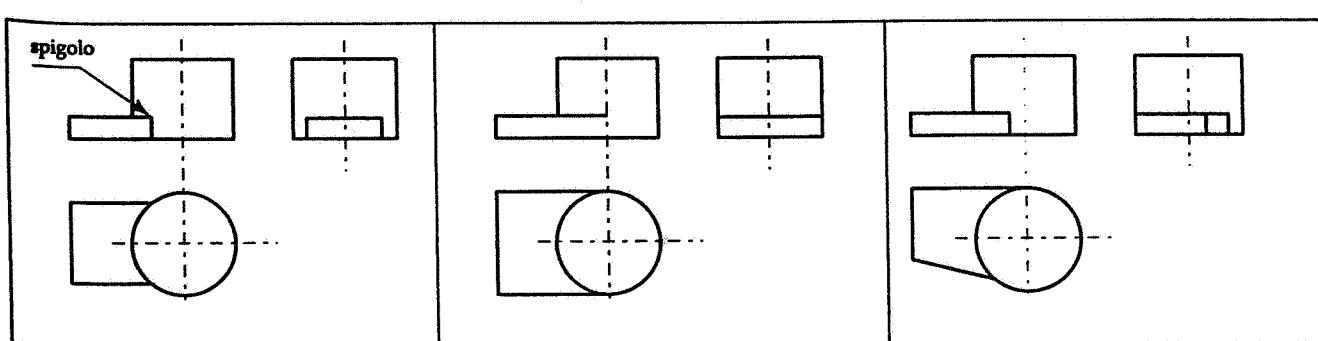


Fig. 51. Rappresentazioni di tangenze ed intersezioni.

Quando le superfici si intersecano tramite raccordi, gli spigoli di intersezione non esistono; gli spigoli arrotondati si rappresentano con piccoli archi (fig. 52) con un raggio eguale a quello del raccordo e con un arco approssimativamente uguale ad 1/8 di cerchio.

Alcune intersezioni tipiche di solidi raccordati sono mostrati in figura 53; le linee di intersezione avranno una forma differente se ci troviamo in presenza di una superficie piana o arrotondata.

Fig. 52. Rappresentazioni di tangenze ed intersezioni.

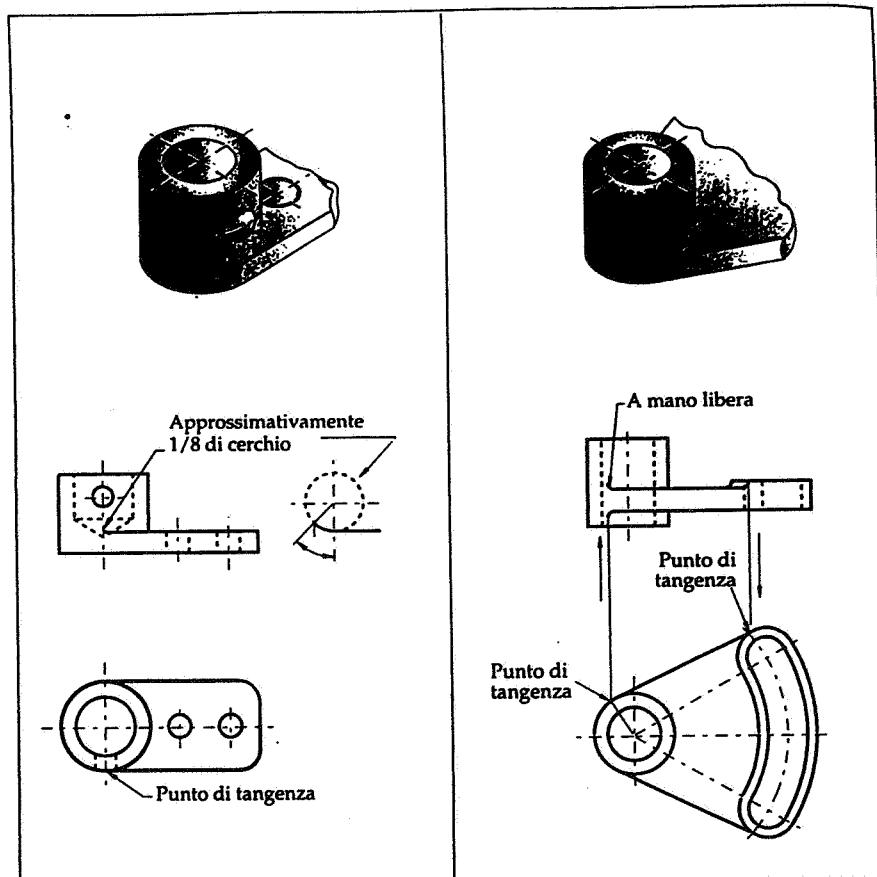
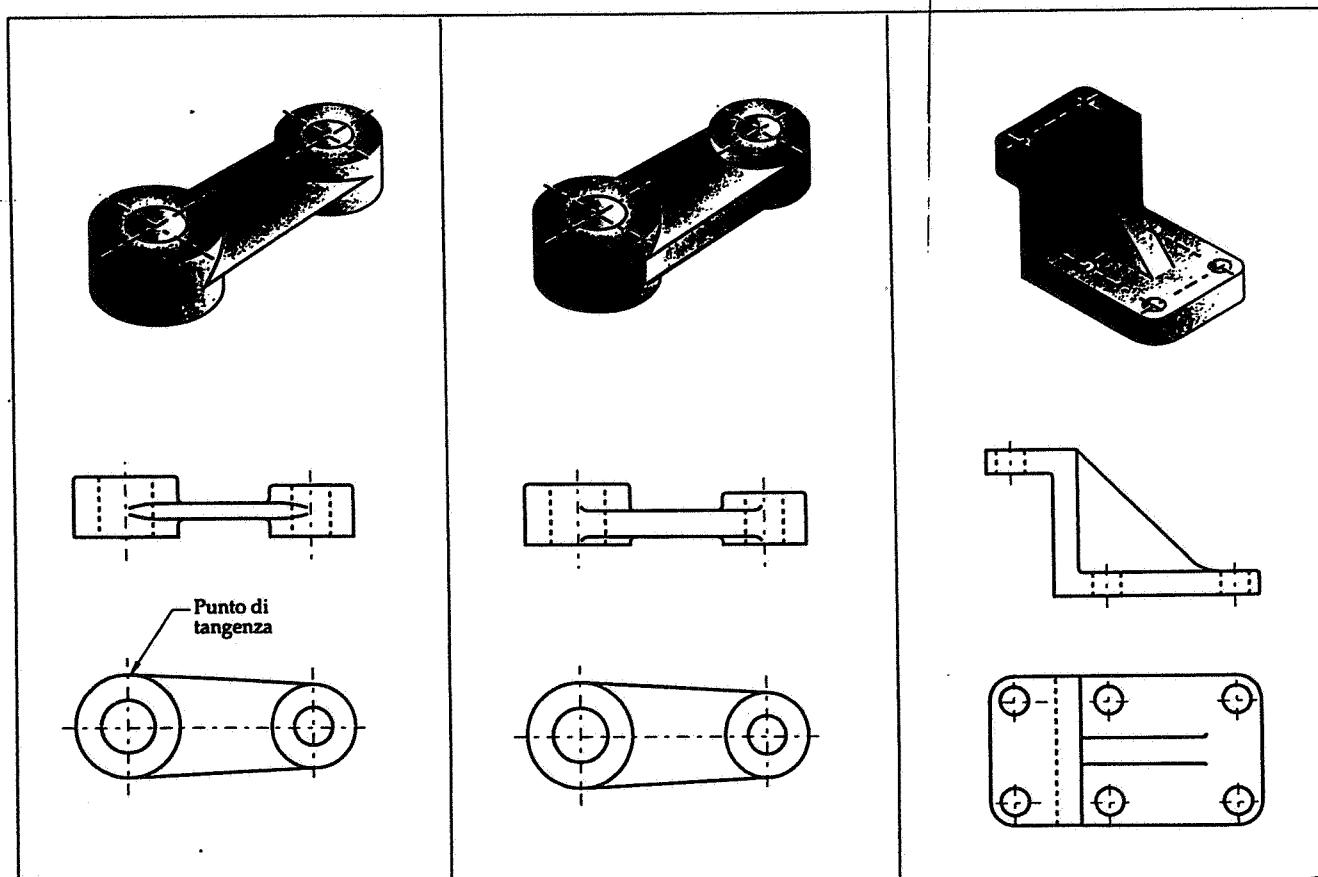


Fig. 53. Intersezioni tipiche di solidi raccordati.



SPIGOLI CONVENZIONALI

I pezzi arrotondati e raccordati eliminano gli spigoli in vista, e quindi qualche volta questo provoca difficoltà nella descrizione delle forme. Per facilitare la lettura del disegno le intersezioni di superfici raccordate possono essere rappresentati da *spigoli convenzionali*, tracciati con una linea B continua fine, che però *non deve raggiungere la linea di contorno*.

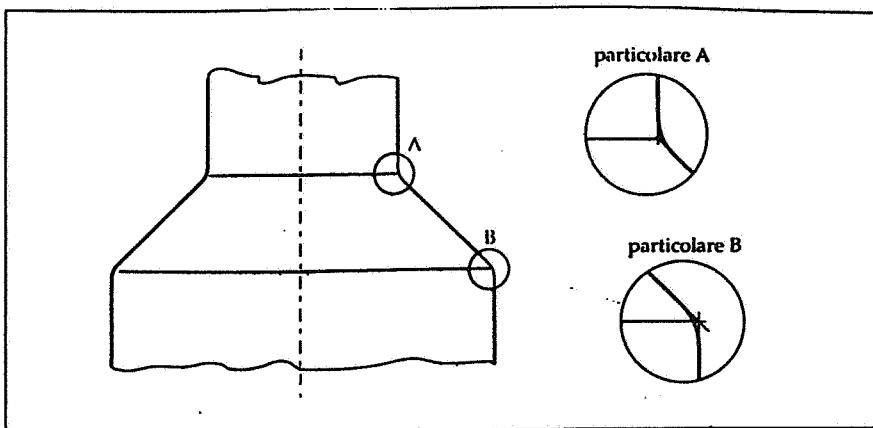


Fig. 54. Procedimenti per ottenere l'esatta collocazione dello spigolo convenzionale.

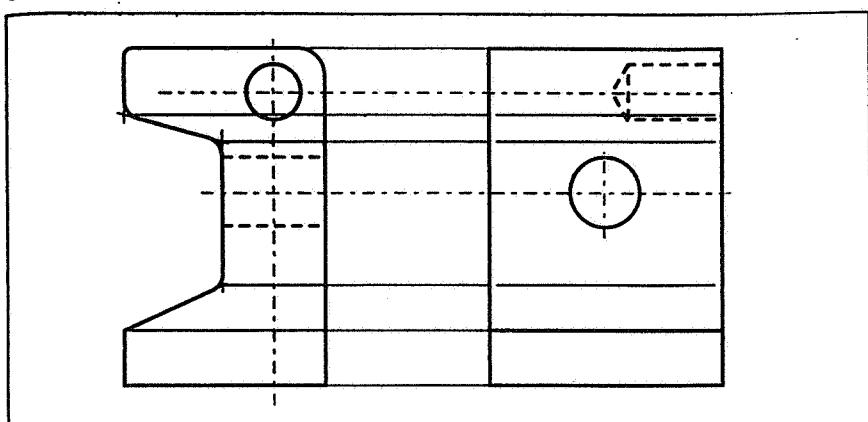


Fig. 55. Procedimenti per ottenere l'esatta collocazione dello spigolo convenzionale.

Le figure 54 e 55 mostrano i procedimenti per ottenere l'esatta collocazione dello spigolo convenzionale, che potrà anche essere tracciato a mano libera. Infine la figura 56 mette in evidenza gli altri casi in cui è necessario l'uso di spigoli convenzionali per la rappresentazione di raccordi e arrotondamenti.

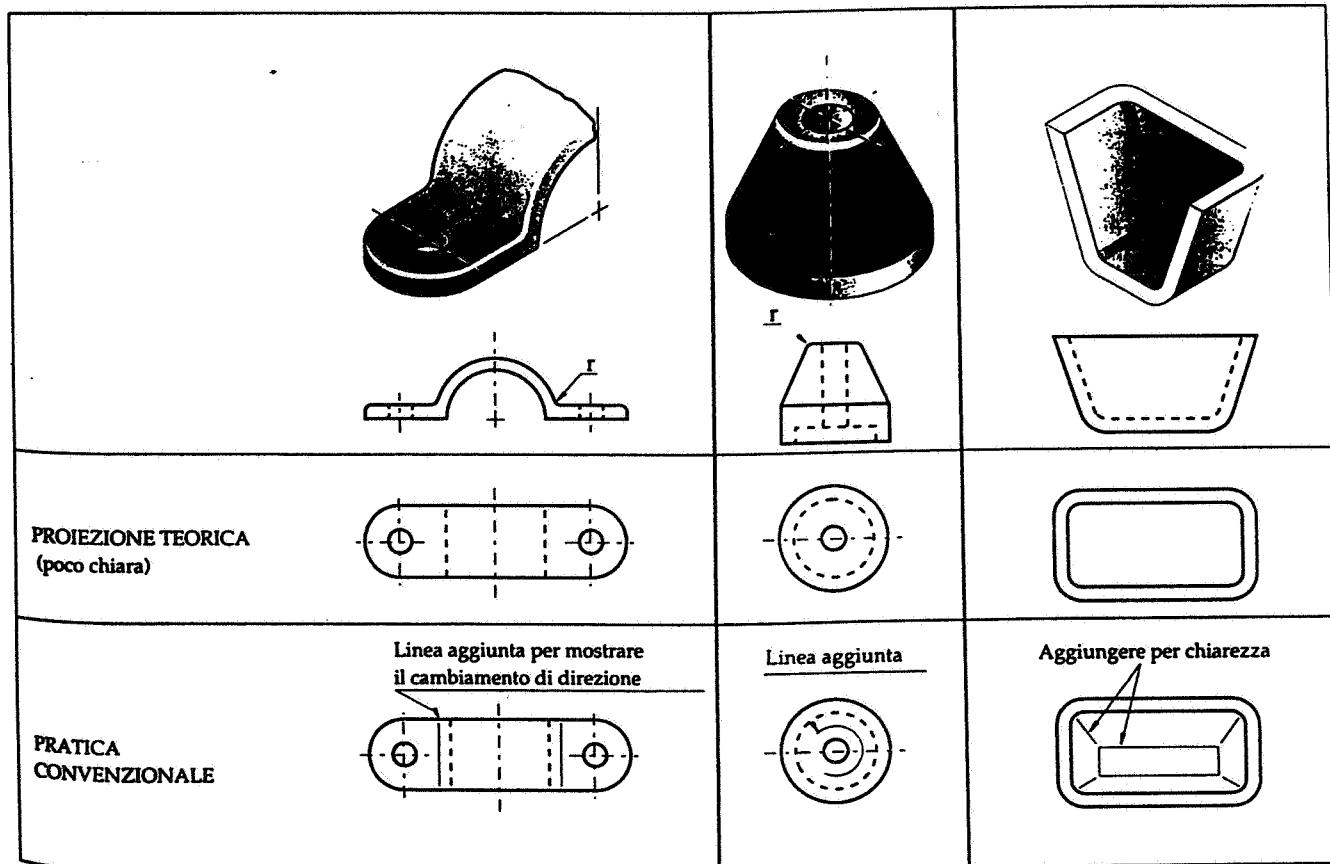


Fig. 56. Rappresentazioni tipiche di spigoli convenzionali.

ALTRÉ PARTICOLARITÀ DI RAPPRESENTAZIONE

La normativa sul disegno tecnico, oltre a stabilire dimensioni e forma di linee, scrittura, fogli, ha regolamentato, come ora visto, la rappresentazione degli oggetti.

Il disegno risultante è perciò convenzionale, cioè non rappresentativo del reale aspetto degli oggetti, ma attraverso un opportuno uso del segno grafico indica aspetti particolari, lavorazioni, entità che consentano la costruzione effettiva degli oggetti rappresentati.

Un'estensione di questo concetto porta ad elaborare delle norme che modificano ancora la stessa rappresentazione già codificata, aumentandone il grado di astrazione senza diminuirne tuttavia la comprensibilità.

Nella tabella UNI 3977 sono impartite alcune regole e convenzioni per l'esecuzione di disegni in vari casi particolari; ad esempio, accade talvolta che possa essere utile o necessario rappresentare anche le parti contigue di un pezzo accoppiato a quello principale: il disegno della parte contigua deve essere eseguito con linea mista fine a due tratti brevi (tipo K UNI 3968) B e non deve mai sovrapporsi al disegno del pezzo (fig. 57).

Le superfici piane in vista ricavate su un corpo cilindrico o troncoconico, possono essere indicate con diagonali tracciate con linea continua fine (tipo B) come indicato in figura 58.

Gli oggetti simmetrici possono essere disegnati per metà o un quarto della loro vista completa; in questo caso gli assi di simmetria delimitanti la parte

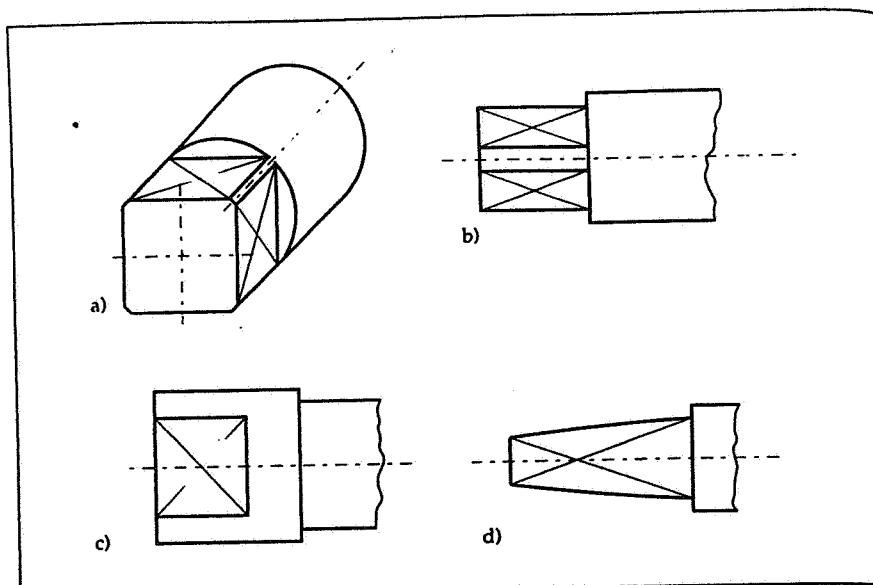


Fig. 58. Quando la chiarezza del disegno lo richiede, le superfici piane ricavate su pezzi cilindrici possono essere indicate con 2 linee B diagonali.

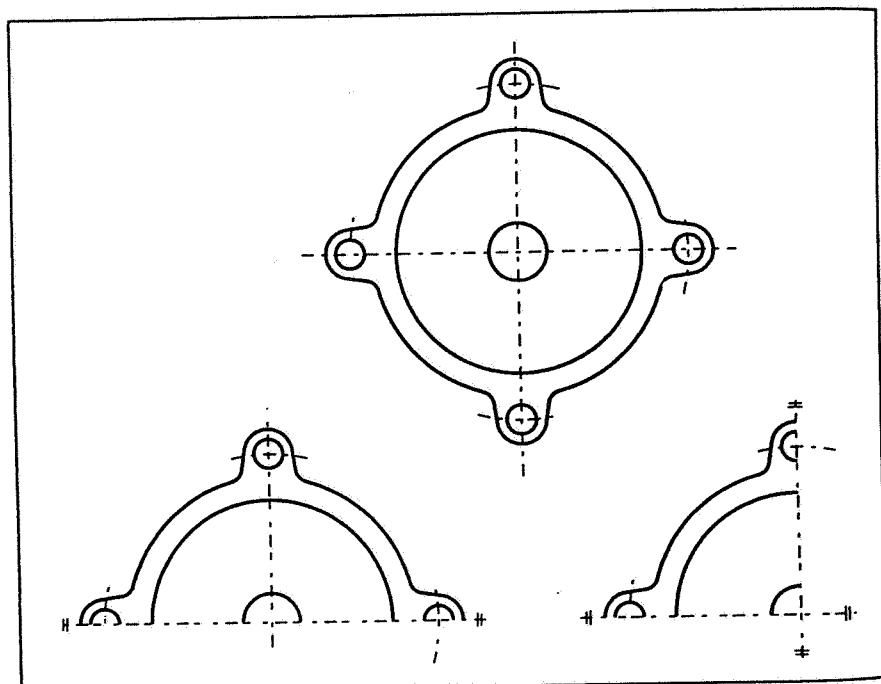


Fig. 59. Disegno semplificato di oggetti simmetrici: gli assi di simmetria delimitanti la parte rappresentata sono contrassegnati da 2 tratti brevi paralleli.

Fig. 60. Omissione dei 2 tratti brevi qualora ciò non pregiudichi la chiarezza di interpretazione.

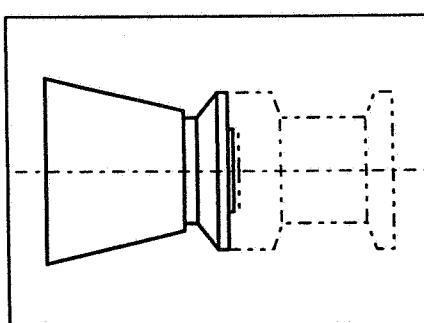
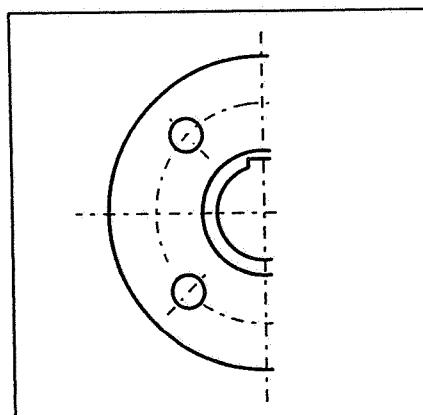


Fig. 57. Quando è necessario rappresentare le parti contigue di un oggetto accoppiato a quello principale, queste si disegnano con linee K.



rappresentata devono essere contrassegnati su ciascuna delle loro estremità con due brevi tratti paralleli e perpendicolari agli assi, eseguiti con linea B (fig. 59); è ugualmente possibile, co-

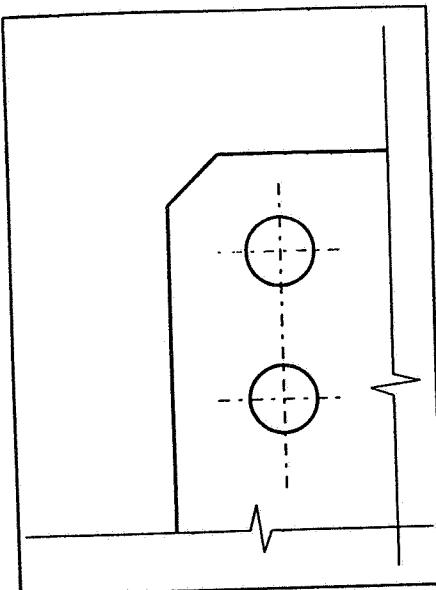


Fig. 61. Uso delle linee con zig-zag (D) per la vista parziale di un oggetto.

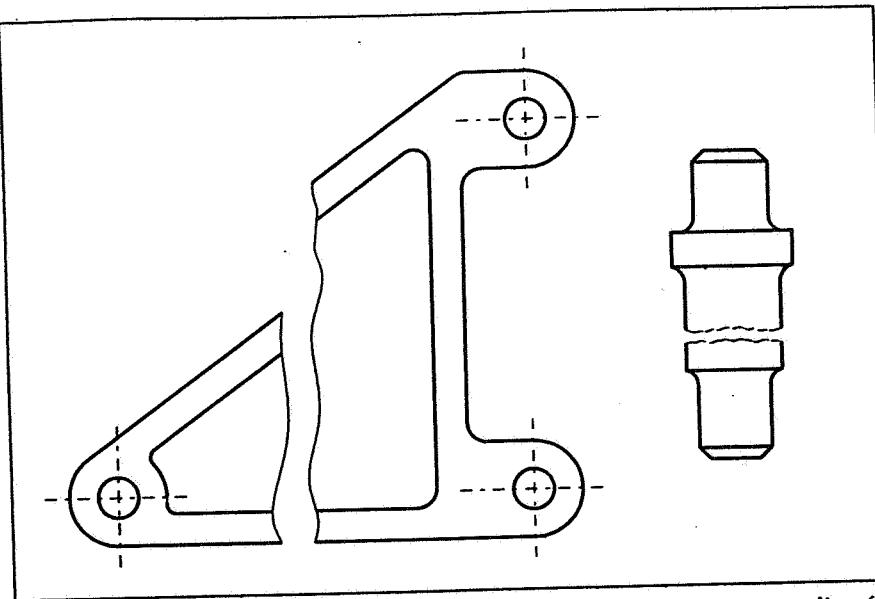


Fig. 62. Rappresentazione semplificata di oggetti di grande lunghezza (interruzione con linea fine irregolare).

me in figura 60, qualora ciò non pregiudichi la chiarezza di interpretazione, prolungare le linee rappresentative dell'oggetto oltre gli assi di simmetria, omettendo però i due brevi tratti paralleli.

Quando si vuole rappresentare una vista parziale di un oggetto, questa deve essere limitata da una linea continua fine irregolare (C), oppure fine regolare con zigzag (linea D), come si vede in fig. 61. Questo metodo può essere utile nel disegno di un oggetto di grande lunghezza, rappresentando parzialmente le due parti avvicinate (fig. 62).

Quando la scala è troppo piccola per permettere la rappresentazione o la quotatura chiara di una zona particolare di un oggetto, questa può essere contornata da una cerchio o un ellisse con linea continua fine ed identificata mediante una lettera maiuscola e lo stesso particolare essere rappresentato in scala più grande con la lettera di identificazione e con la scala indicata tra parentesi (fig. 63).

Nei disegni di produzione, se è necessario rappresentare il contorno di un elemento prima della lavorazione, oppure al contrario il contorno del pezzo finito nel disegno di un pezzo grezzo, può essere usata una linea fine a due tratti brevi K (fig. 64).

La rappresentazione di elementi ripetuti può essere semplificata come nella figura 65, specificandone però le dimensioni, il numero e le distanze mediante quotatura o note, e mettendo in evidenza almeno gli assi di simmetria.

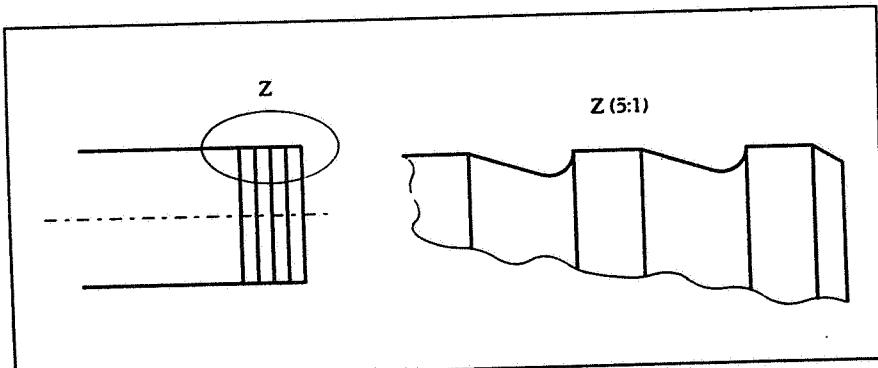


Fig. 63. Particolari rappresentati in scala ingrandita.

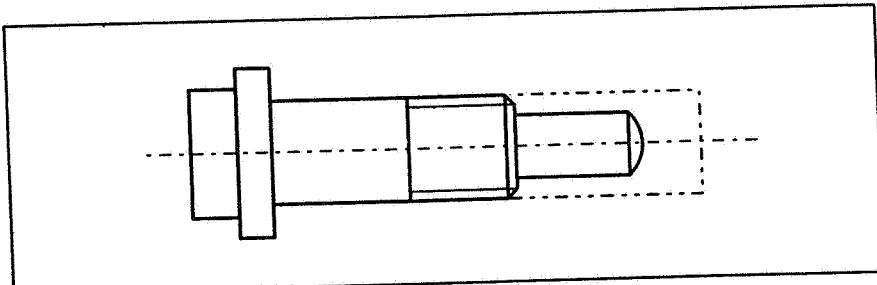


Fig. 64. Rappresentazione del contorno di un elemento prima di una lavorazione.

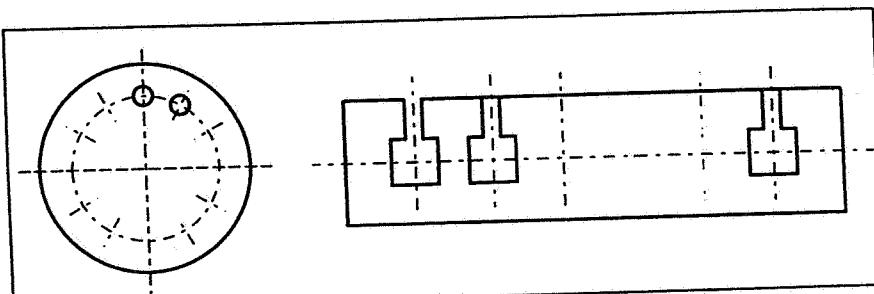


Fig. 65. Rappresentazione semplificata di elementi ripetitivi.

SCELTA DELLE VISTE

Qualunque sia il numero delle viste usate per la rappresentazione, ognuna di esse deve essere posta, rispetto alle altre, nella esatta posizione che le compete (fig. 66), tranne che nella rappresentazione con il metodo delle frecce (che proprio per questo non è sempre consigliabile). In linea generale, si può rappresentare in modo esauriente e univoco un pezzo ricorrendo a solo tre viste, dette principali (fig. 67) secondo quanto visto in precedenza, e cioè:

- vista anteriore o di fronte o vista principale, ottenuta proiettando il pezzo sul secondo piano principale, verticale;
- vista dall'alto o da sopra o pianta, ottenuta proiettando il pezzo sul primo piano principale, quello orizzontale;
- vista da sinistra o di fianco o profilo, ottenuta proiettando il pezzo sul terzo piano principale, quello verticale, a destra dell'osservatore.

Quando vi sono indicazioni complementari che permettano di individuare completamente la forma dell'oggetto, si può anche usare una sola vista, come nel caso di pezzi assalsimmetrici o alberi (fig. 68).

Si noti che una sola vista di per sé non identifica la simmetria circolare del pezzo, poiché, come s'è visto, l'asse è solo traccia del piano di simmetria. Per evitare ambiguità, la dimensione

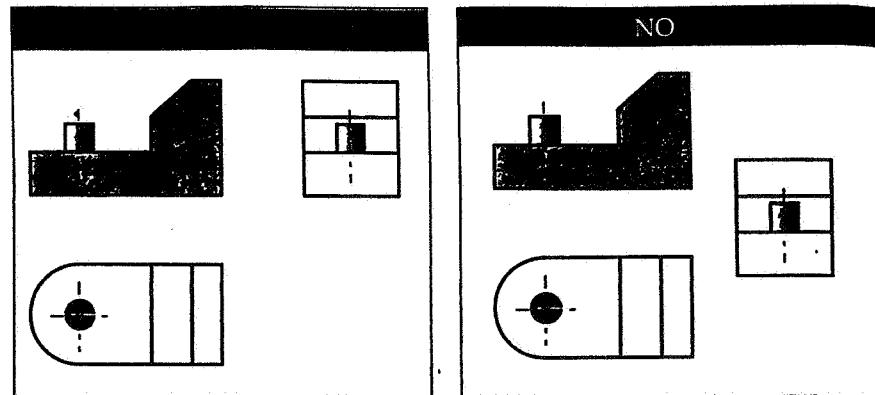


Fig. 66. Ogni vista deve essere posta nella posizione che le compete.

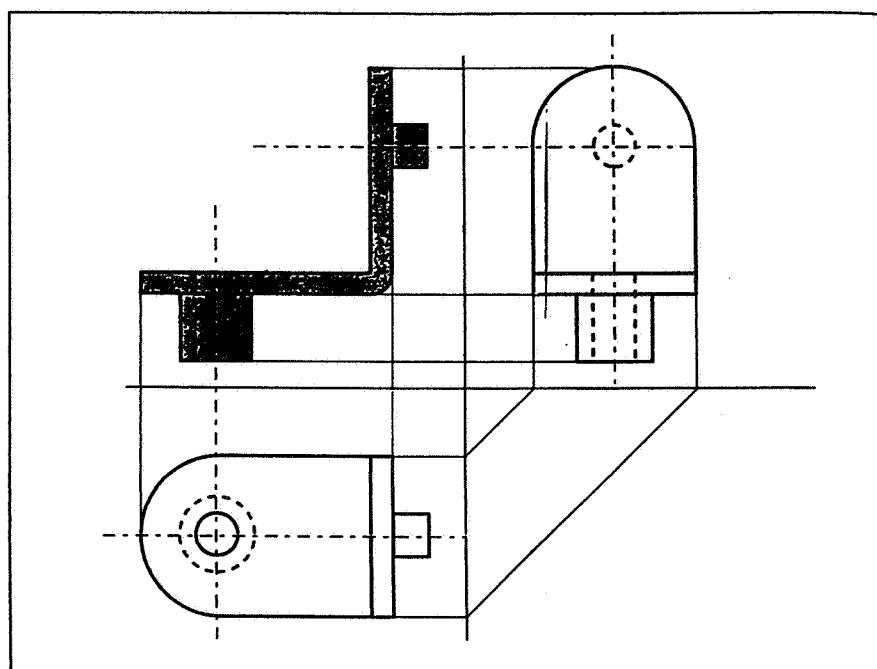
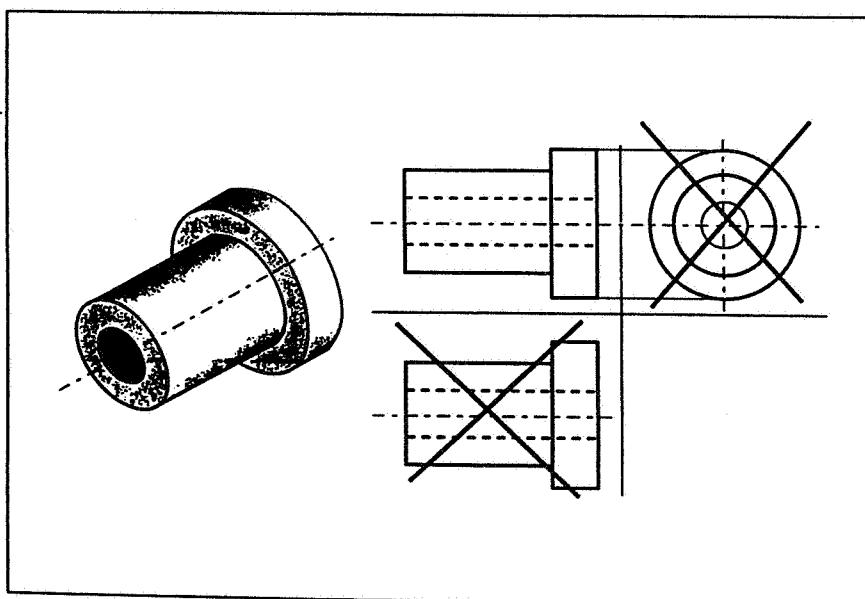


Fig. 67. Le tre viste principali di un pezzo.



110

del pezzo sarà caratterizzata dal segno \emptyset che ne individua la circolarità (si veda il capitolo quotatura). In generale, quando oltre alla vista anteriore, sono necessarie altre viste, queste devono essere eseguite tenendo conto dei criteri seguenti:

- limitare il numero al minimo sufficiente per definire l'oggetto senza ambiguità;
- limitare al minimo indispensabile la rappresentazione di contorni e spigoli nascosti;
- evitare la ripetizione non necessaria di particolari.

Fig. 68. Il disegnatore deve cercare di ridurre al minimo il numero di viste necessarie per la rappresentazione.

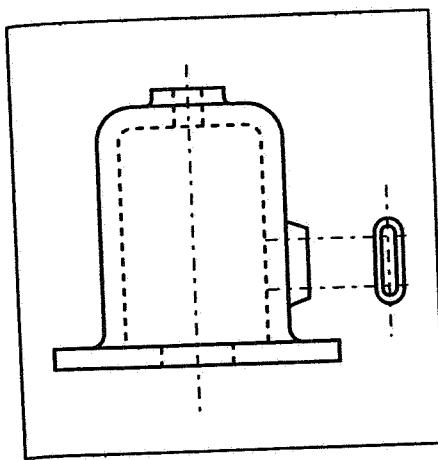


Fig. 69. Vista "locale".

Se la rappresentazione non risulta ambigua, è ammesso, per mettere in evidenza elementi di un oggetto, sostituire la vista completa con la sola vista dell'elemento (vista locale). Tali viste locali devono essere disposte come illustrato nella figura 69 (trattate cioè come proiezioni secondo il metodo americano) e disegnate con linea di contorno grossa (tipo A).

Per la comprensione del disegno, è opportuno non far abbondante uso delle linee E o F per gli spigoli non in vista, poiché, come si vede dalla figura 70 è meglio limitarsi a mettere in evidenza fori o scanalature passanti. Tutte le parti che risulterebbero di scorcio in una delle viste, possono, per ragioni di chiarezza, essere ribaltate in modo da venire rappresentate in vera grandezza. In questo caso occorre indicare sul disegno con opportuni archi di circonferenza a linea mista fine (tipo G) la traiettoria subita dai punti caratteristici della parte ribaltata (vedi figura 71).

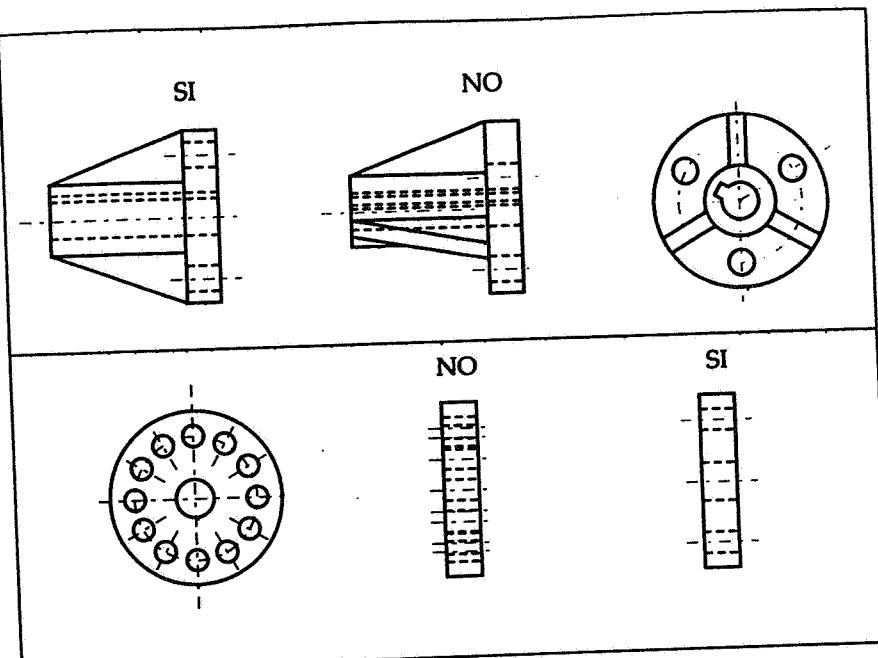


Fig. 70. Uso corretto delle linee E ed F.

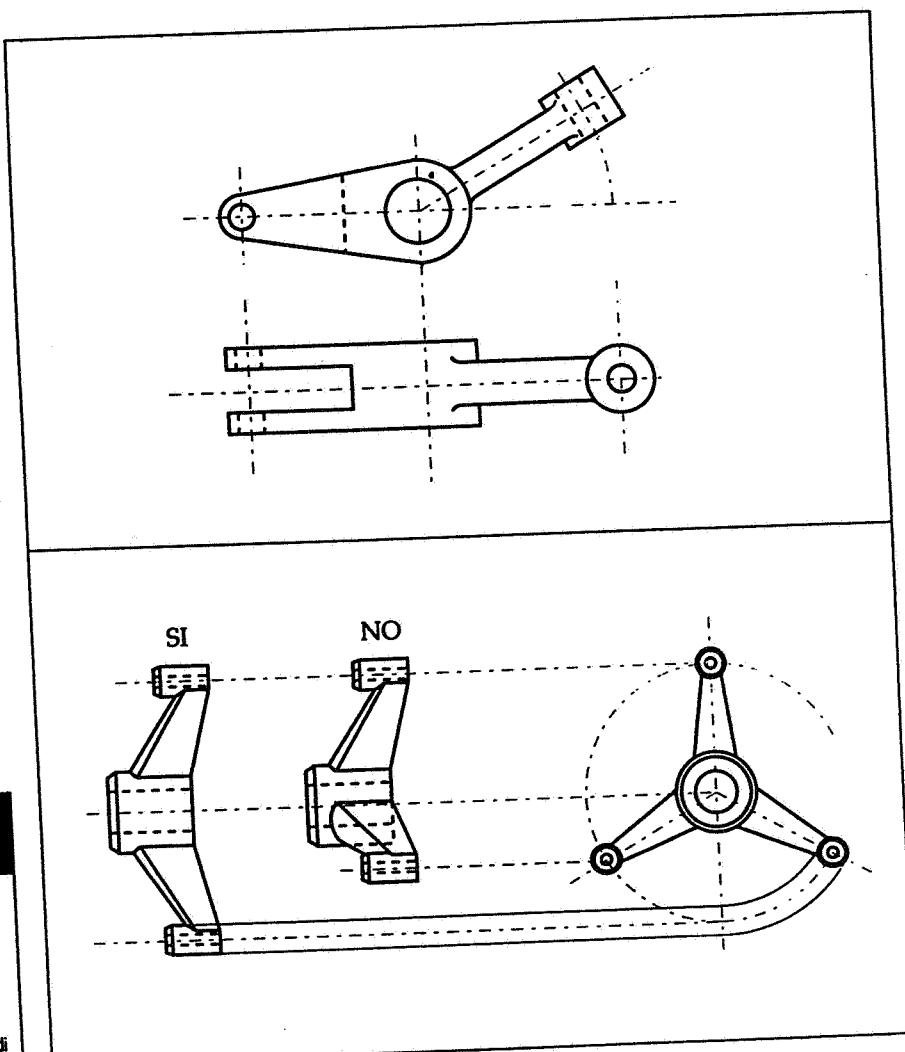


Fig. 71. Ribaltamento di parti che risulterebbero di scorcio.



ENTE NAZIONALE
ITALIANO DI UNIFICAZIONE

- UNI 3969 Disegni tecnici. Metodi di proiezione.
- UNI 3970 Disegni tecnici. Proiezioni ortogonali. Viste. [=ISO 128-82]
- UNI 3971 Disegni tecnici. Proiezioni ortogonali. Sezioni. [=ISO 128-82]
- UNI 3977 Disegni tecnici. Convenzioni particolari di rappresentazione. [=ISO 128-82]

LE PROIEZIONI ORTOGONALI

E' possibile sfruttare le potenzialità offerte dal programma Autocad per disegnare in modo preciso, veloce e agevole in proiezioni ortogonali. Un disegno elaborato con Autocad è virtualmente identico ad un disegno in proiezione ortogonale eseguito a mano, con la differenza di una maggiore precisione, di un minor tempo di elaborazione grafica e di una facilità di correzione degli errori.

La procedura che permette di ottenere le proiezioni di un oggetto in modo semplificata è chiamata **filtraggio delle coordinate X/Y/Z**. Tramite il filtraggio delle coordinate, ogni

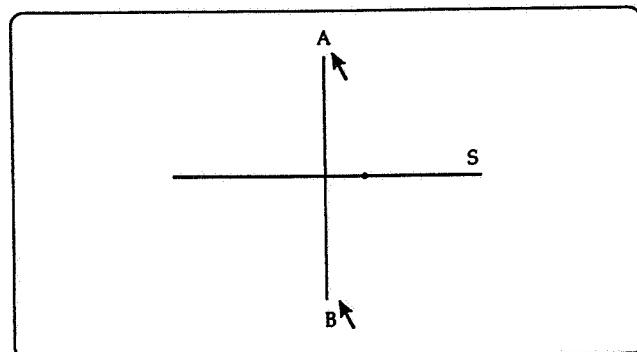


Fig. 1. Costruzione di un asse di un segmento con Autocad.

punto a 2 o tre dimensioni sarà definito con indicazioni successive delle sue componenti. Il filtraggio avviene con il comando:

COORDINATA

dove coordinata può essere l'espressione .X, .Y, .Z o nella forma combinata .XY, .XZ, .YZ.

Ad esempio, usando il comando linea per disegnare l'asse di un segmento (fig. 1):

Command: (ortho on) **LINE**

From point:.x

of: MID

of: (indicare un punto qualsiasi del segmento S)

next YZ: (indicare un punto A qualsiasi)

To point: (indicare un punto B qualsiasi)

[ENTER]

Command: **CHPROP**

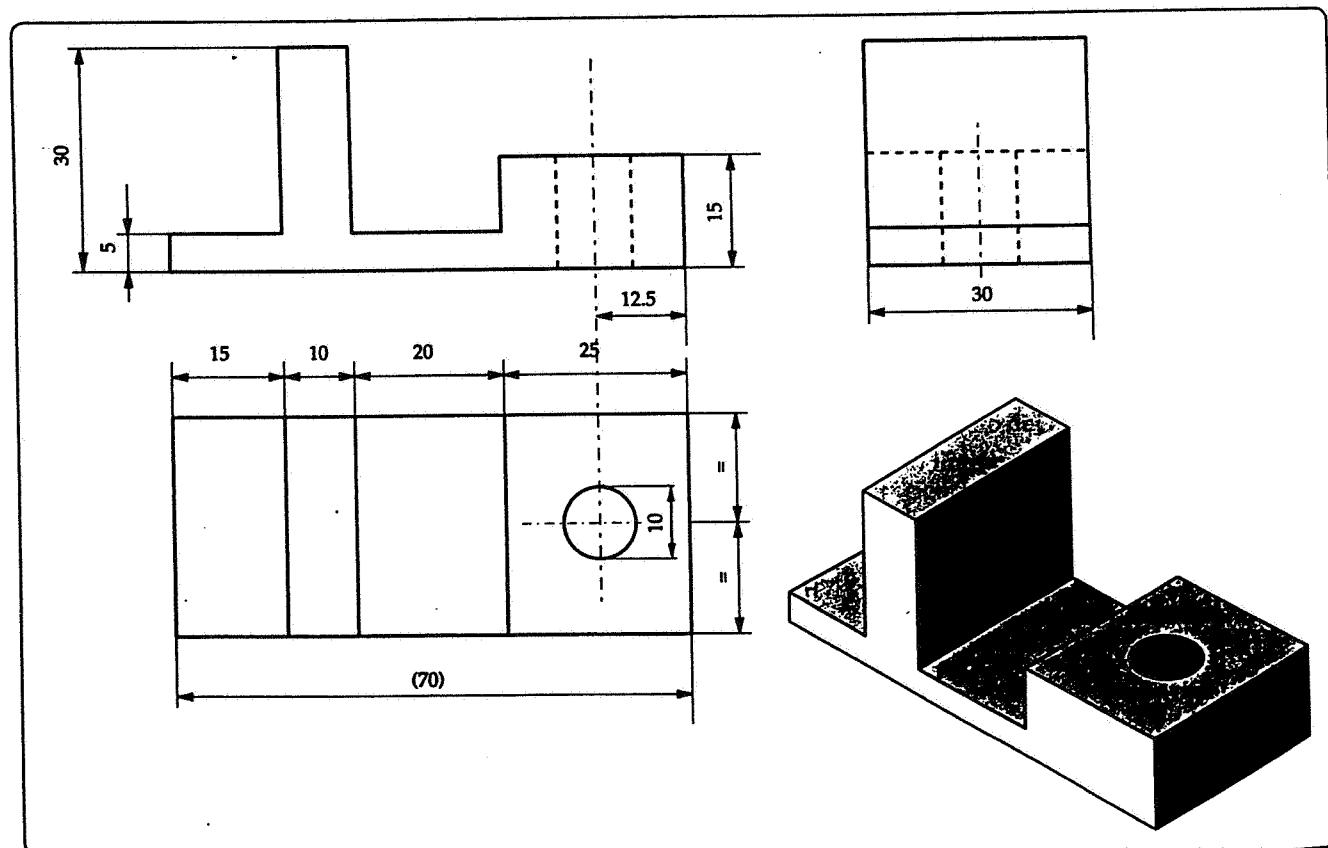
Select objects: (indicare l'asse)

Select objects: [ENTER]

(Cambiare eventualmente il colore e il tipo di linea)

Per la rappresentazione in proiezione ortogonale dell'oggetto raffigurato in figura 2, è possibile utilizzare quindi i filtri per ottenere i punti in ognuno dei tre piani di proiezione.

Fig. 2. Le 3 proiezioni da ottenere con Autocad.



A U T O C A D

Si può iniziare a disegnare la vista principale in coordinate relative, prendendo come origine un punto qualsiasi del schermo:

Command: **LINE**

LINE From point: (selezionare in un punto qualsiasi fig. 3)

To point: @70,0

To point: @0,15

To point: @-25,0

To point: @0,-10

To point: @-20,0

To point: @0,25

To point: @-10,0

To point: @0,-25

To point: @-15,0

To point: c

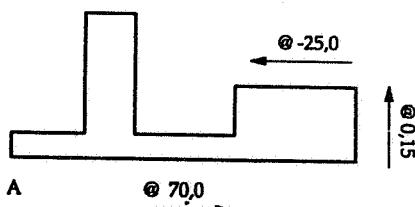


Fig. 3. Costruzione del prospetto.

Per l'ottenimento delle altre viste, conviene spostarsi verticalmente di 25 mm e orizzontalmente di 30 mm, prendendo come riferimento due punti della figura col comando ID. In questo caso Autocad ci darà le coordinate di un punto e nello stesso tempo le coordinate relative faranno riferimento all'ultimo comando ID digitato (fig. 4).

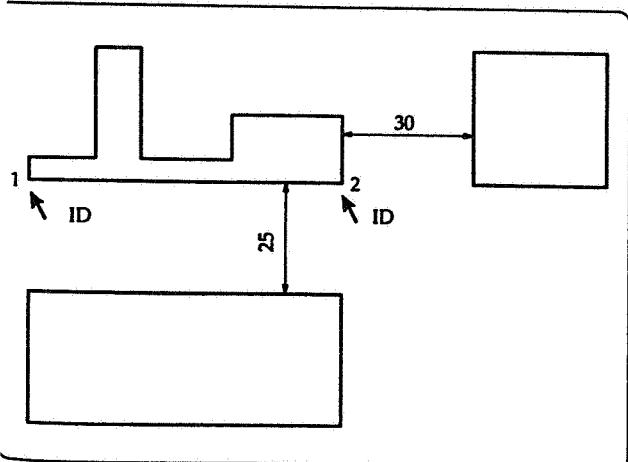


Fig. 4. Posizionamento della pianta e del profilo.

Command: **ID**

Point: int

of (indicare il punto 1 in fig. 4)

Command: **LINE**

LINE From point: @0,-25

To point: @70,0

To point: @0,-30

To point: @-70,0

To point: c

(Fine disegno pianta)

Command: **ID**

Point: int

of (indicare il punto 2)

Command: **LINE**

LINE From point: @30,0

To point: @30,0

To point: @0,30

To point: @-30,0

To point: c

(fine disegno vista laterale).

Command: **LINE**

LINE From point: .x

of int (indicare il punto A in fig. 5)

of (need YZ): nea

to (indicare il segmento b)

To point: per

to (indicare il segmento c)

To point: [ENTER]

Command: [ENTER]

LINE From point: .x

of int (indicare il punto 1)

of (need YZ): nea

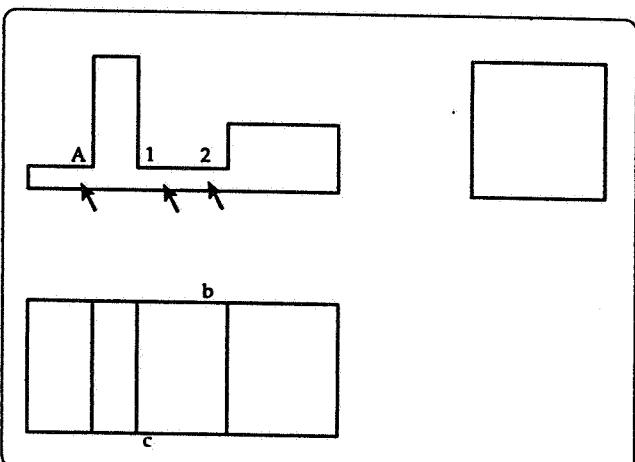


Fig. 5. Costruzione automatica degli spigoli della pianta.

A U T O C A D

to (indicare il segmento b)
 To point: per
 to (indicare il segmento c)
 To point: [ENTER]
 Seguendo le stesse istruzioni, si costruisce il terzo segmento con un filtro sul punto 2.

Command: **CIRCLE 3P/2P/TTR/<Center point>: .x**
 of mid (indicare il segmento a in fig. 6)
 of (need YZ): .y
 of mid (indicare il segmento b)
 of (need Z): selezionare un punto qualsiasi per il centro del cerchio.
 Diameter/<Radius> <>:5

Command: **LINE** (asse verticale cerchio)
 LINE From point: .x
 of cen (indicare il cerchio)
 of (need YZ):
 To point: (indicare il punto 1)
 To point: (indicare il punto 2)

Command: **LINE** (asse orizzontale cerchio)
 LINE From point: .y
 of cen (indicare il cerchio)
 of (need XZ):
 To point: (indicare il punto 3)
 To point: (indicare il punto 4)

Command: **CHPROP**
 Select objects: 1 found (selezione assi)
 Select objects: 1 found
 Select objects:
 Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness) ? li
 New linetype <BYLAYER>: center
 Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness) ? color
 New color <BYLAYER>: cyan

Command: **LINE**
 LINE From point: .x
 of qua (indicare il quadrante a destra)
 of (need YZ): nea
 to (indicare la linea f)
 To point: per
 to (indicare la linea a)
 To point: [ENTER]

Command: **LINE**
 LINE From point: .x
 of qua (indicare il quadrante a sinistra)
 of (need YZ): nea
 to (indicare la linea f)
 To point: per
 to (indicare la linea a)

Command: **CHPROP** (cambio attributo alle linee tracciate)

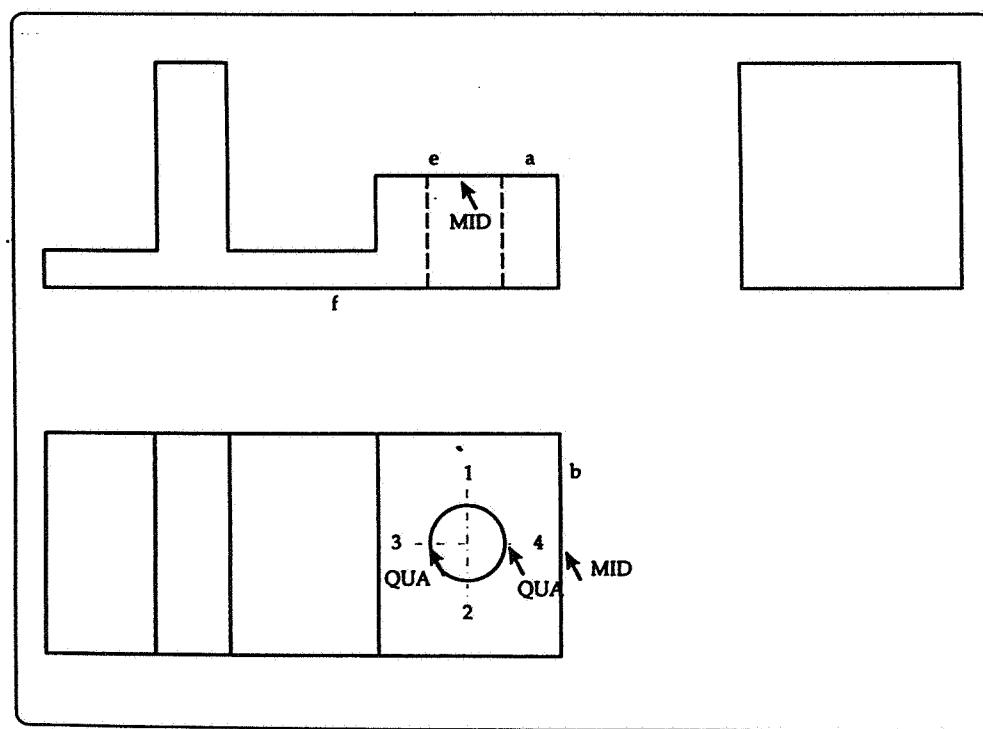


Fig. 6. Posizionamento del foro.

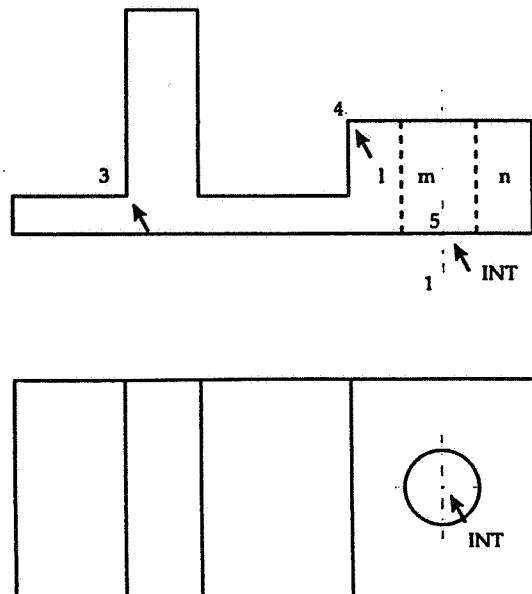
A U T O C A D

Select objects: 1 found
 Select objects: 1 found
 Select objects:
 Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness) ? It
 New linetype <BYLAYER>: dashed

Command: **LINE**
 LINE From point: .x
 of int (*indicare il centro del cerchio fig.7*)
 of (need YZ): (*indicare il punto 1*)
 To point: <Ortho on> (*disegnare l'asse del cilindro*)
 To point:

Command: **CHPROP** (*cambio attributi*)
 Select objects: 1 found
 Select objects:
 Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness) ? c
 New color <BYLAYER>: cyan
 Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness) ? It
 New linetype <BYLAYER>: center

Command: **LINE**
 LINE From point: .y
 of int (*indicare il punto 3*)
 of (need XZ): nea
 to (*indicare il segmento g*)
 To point: per
 to (*indicare il segmento h*)



To point: (ENTER)
 Command: (ENTER)
 LINE From point: .y
 of int (*indicare il punto 4*)
 of (need XZ): nea
 to (*indicare il segmento g*)
 To point: per
 to (*indicare il segmento h*)
 To point: (ENTER)
 Command: (ENTER)

Command: **CHPROP**
 Select objects: 1 found (*selezione del segmento appena tracciato*)
 Select objects:
 Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness) ? It
 New linetype <BYLAYER>: dashed

Command: **COPY** (*copia del cilindro non in vista più l'asse*)
 Select objects: 1 found (*segmento l*)
 Select objects: 1 found (*segmento m*)
 Select objects: 1 found (*segmento n*)
 Select objects: <Base point or displacement>/Multiple:
 int of (punto 5)
 Second point of displacement: mid of (punto 6)

Cambiare gli attributi alle linee continue (da continua a dashed).

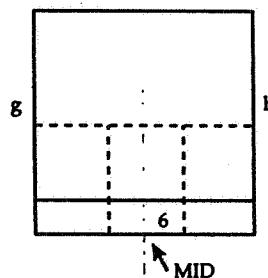
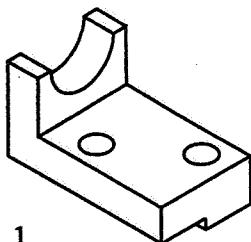


Fig. 7. Le linee nascoste del profilo.

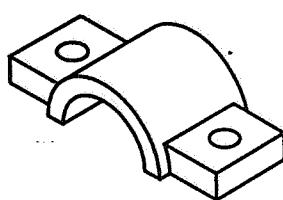
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

Ove non sia diversamente indicato, si consideri che:
 a) le dimensioni vanno scelte a piacere mantenendo le proporzioni;
 b) la scala da usare va scelta tra quelle unificate (UNI 3967);
 c) le viste vanno disposte sul foglio tenendo presente le indicazioni date nel testo;
 d) i fori sono passanti;
 e) sono da indicare le linee e gli spigoli nascosti

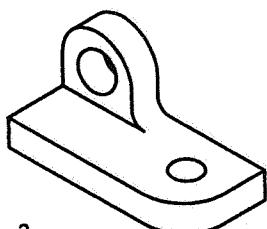
1. Usando un foglio A3, eseguire 3 proiezioni ortogonali (prospetto, pianta e profilo) dei pezzi rappresentati in assonometria e numerati da 1 a 23.



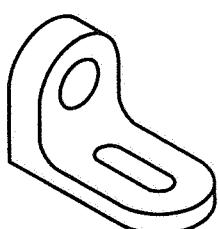
1



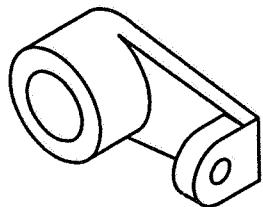
2



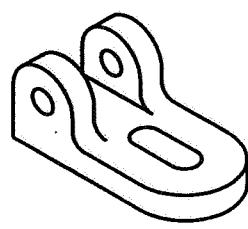
3



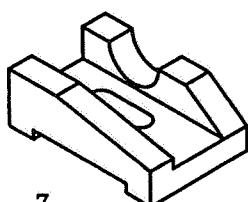
4



5

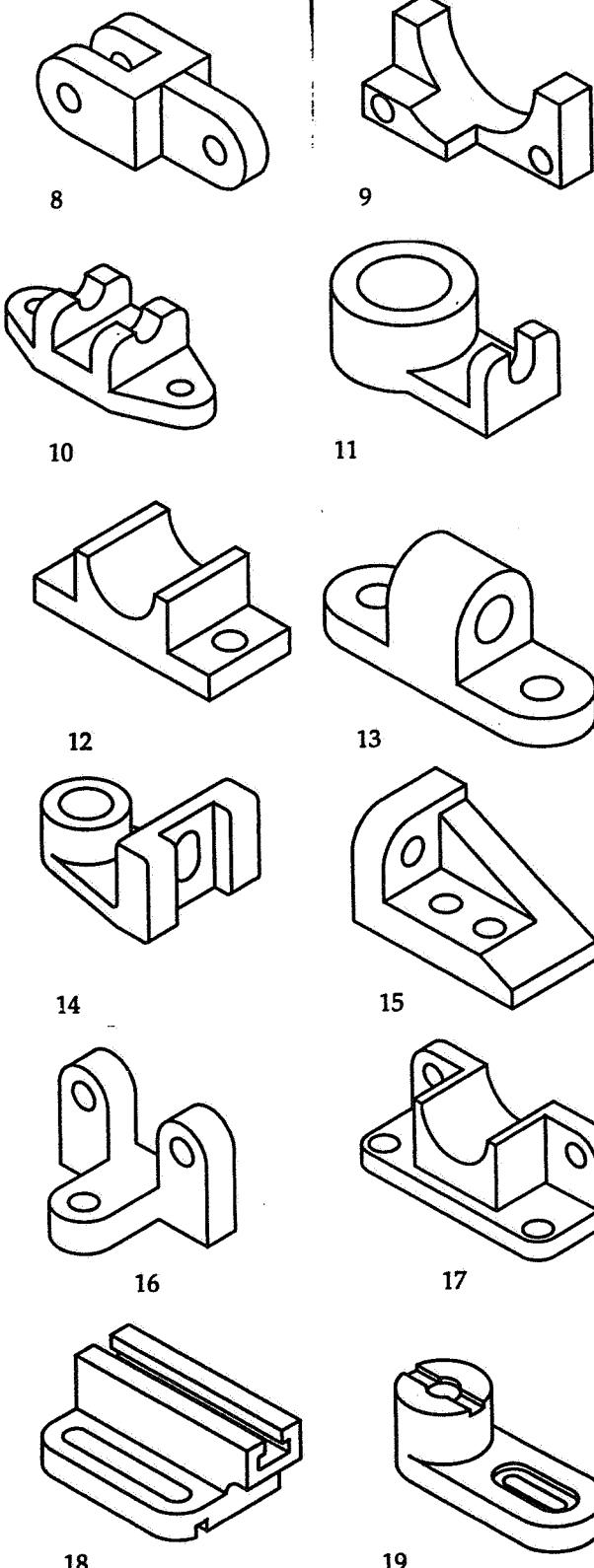


6



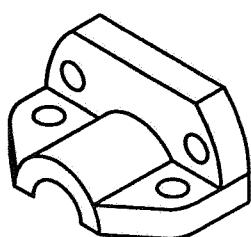
7

116

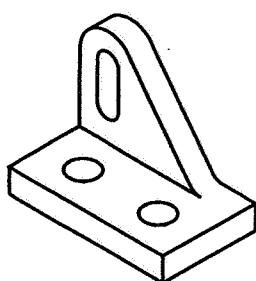


2.

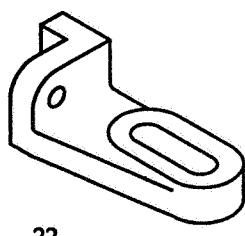
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI



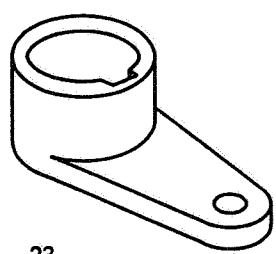
20



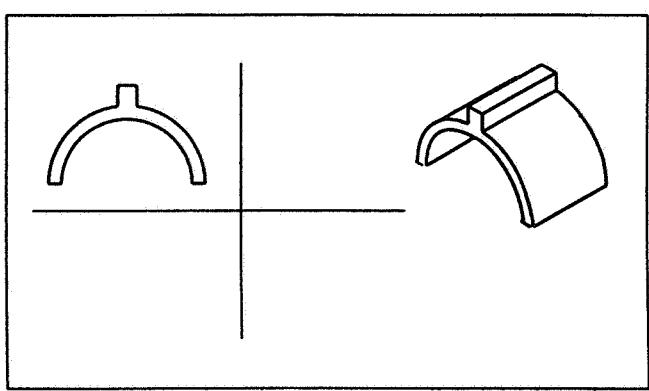
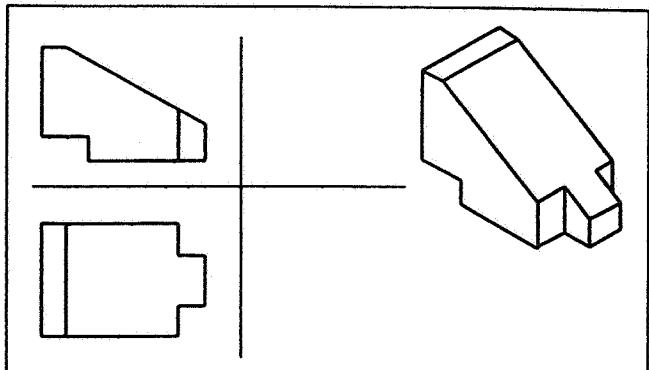
21



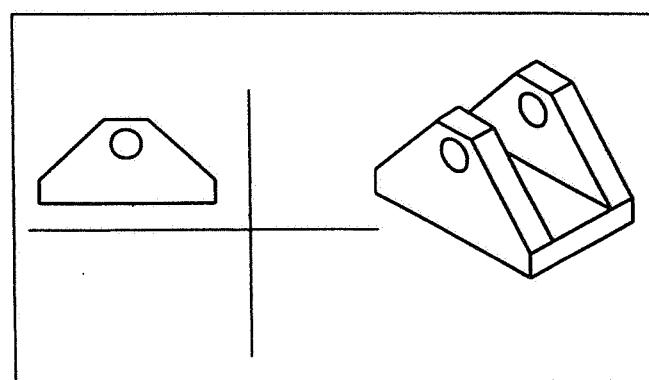
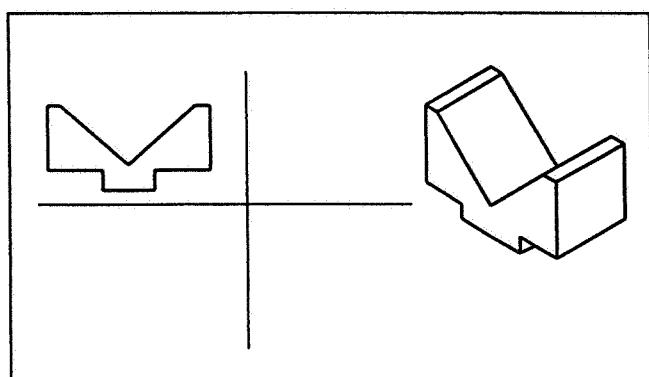
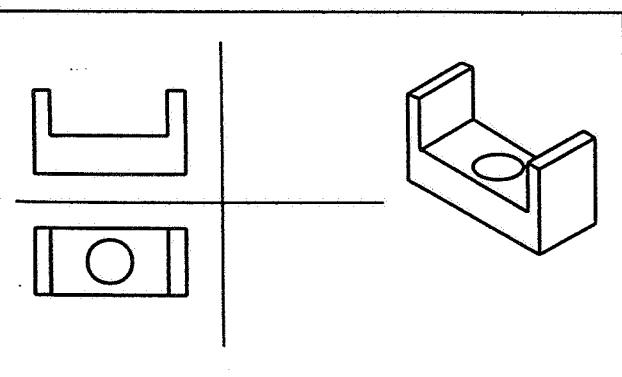
22



23

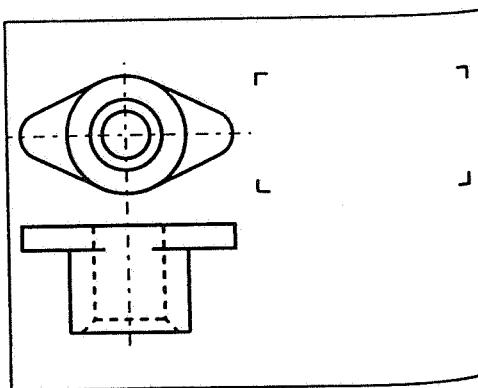
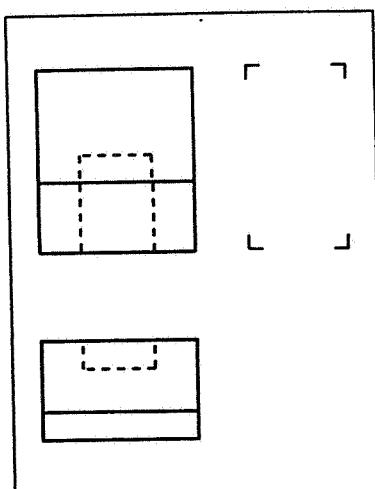
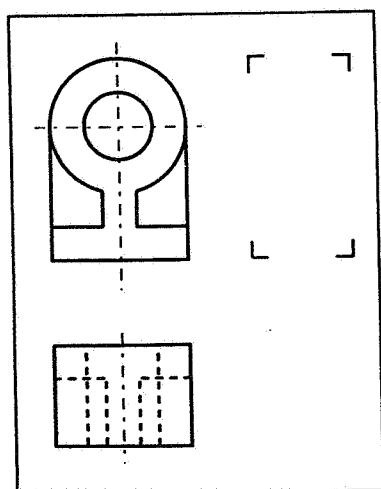
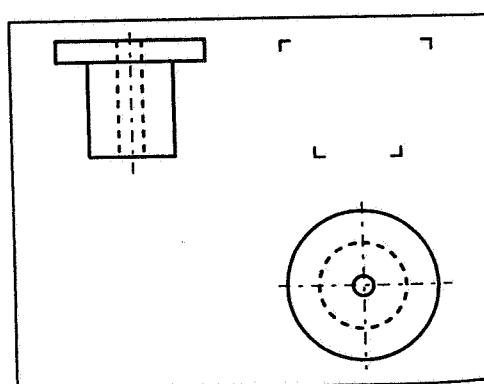
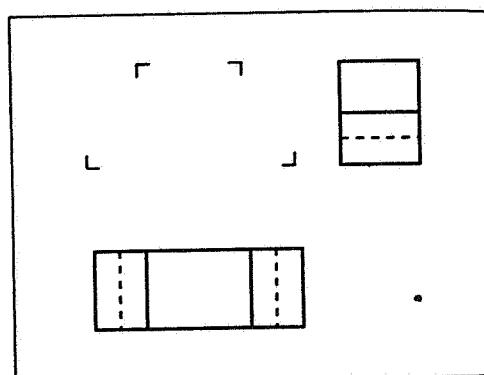
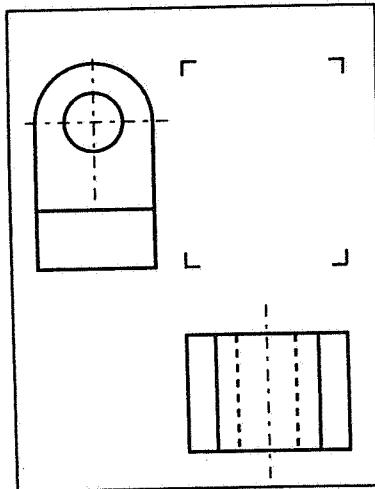
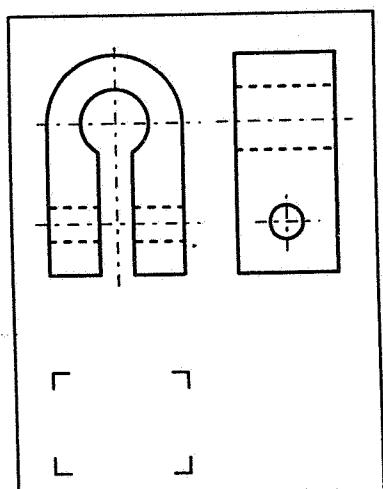
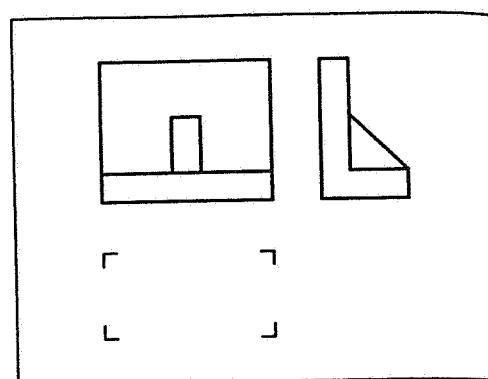
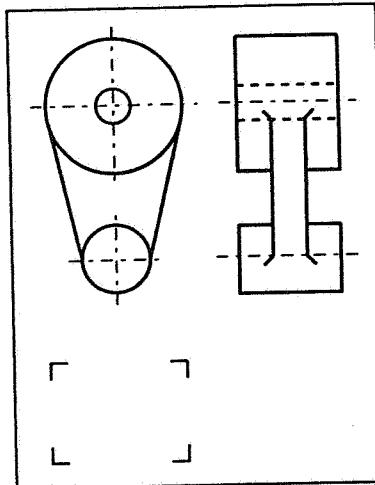
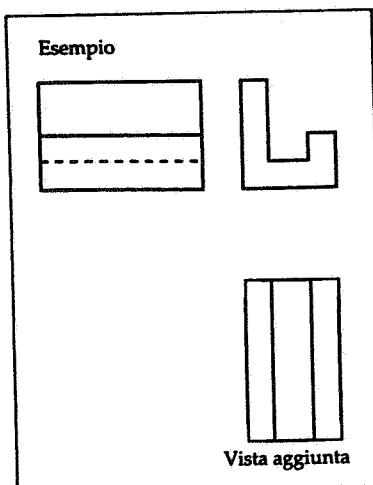


2 - Aggiungere le viste mancanti.



ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

3. Completare con le viste mancanti.

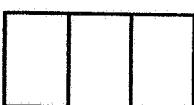
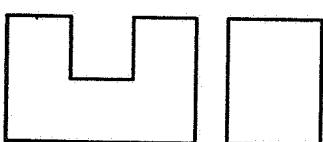


ERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

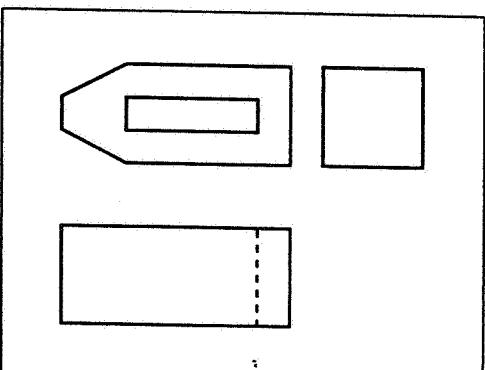
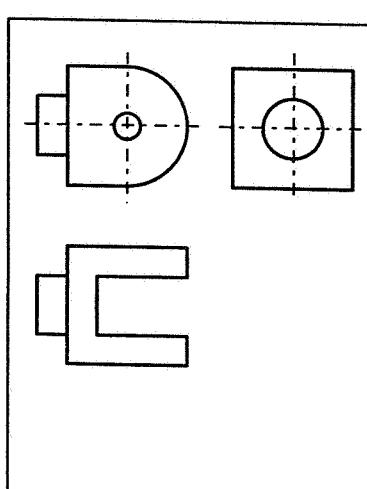
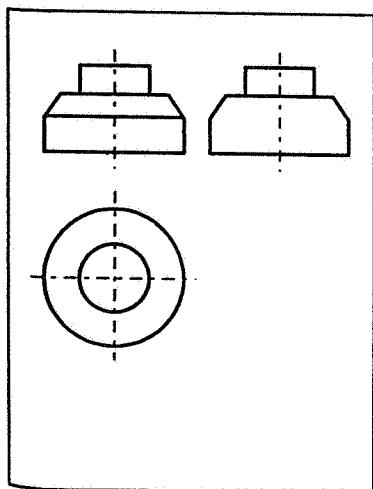
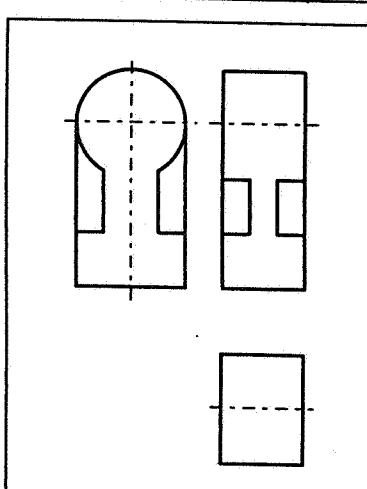
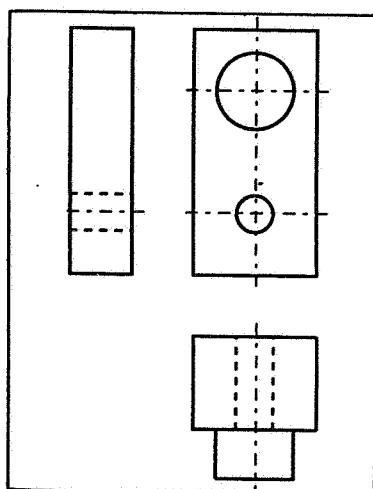
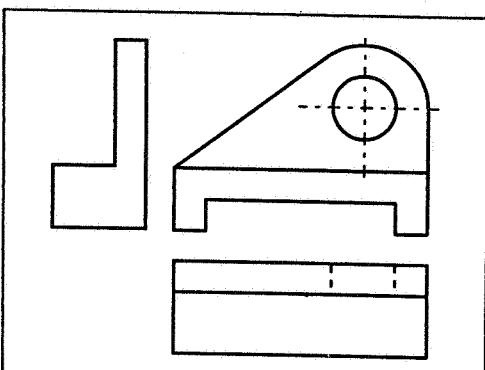
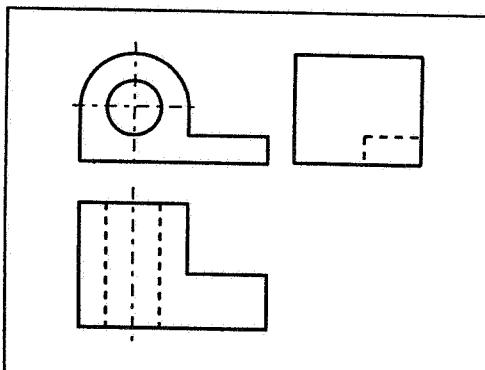
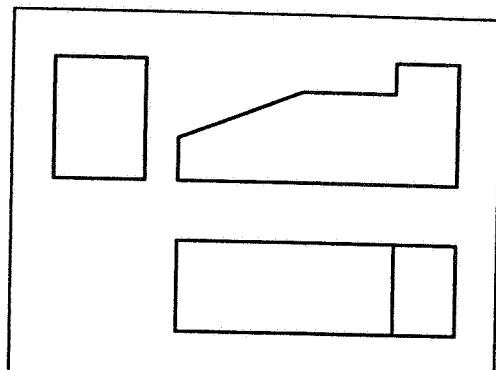
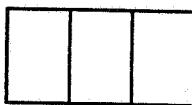
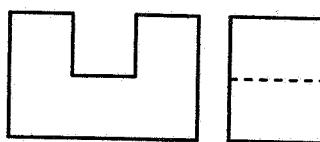
4

■ Completare i disegni con le linee mancanti.

Esempio



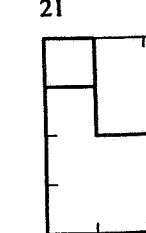
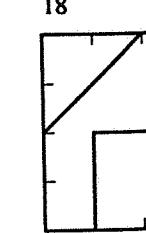
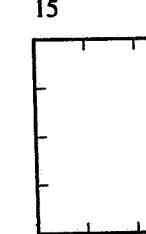
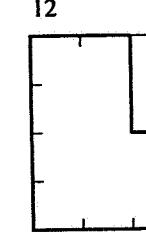
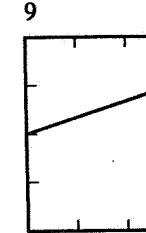
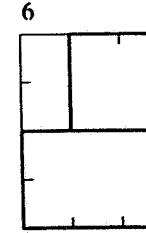
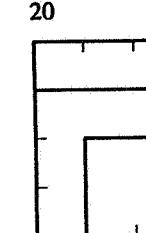
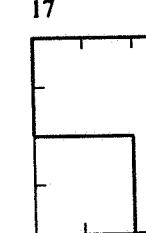
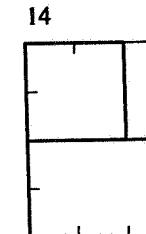
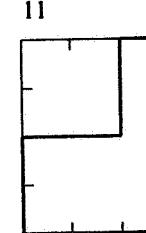
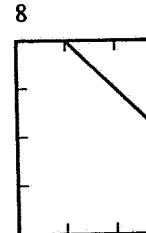
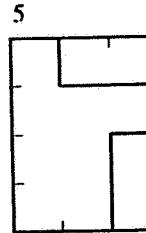
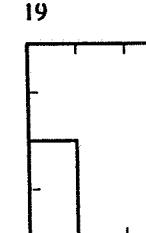
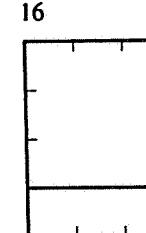
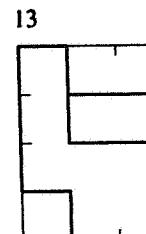
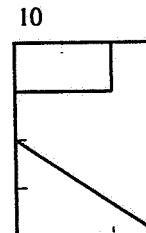
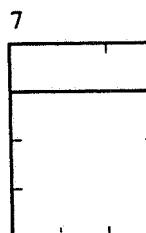
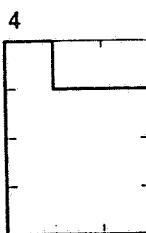
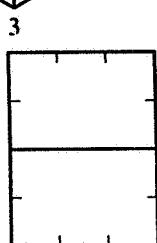
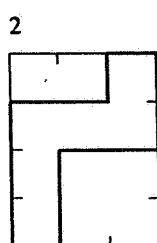
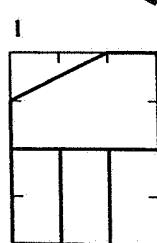
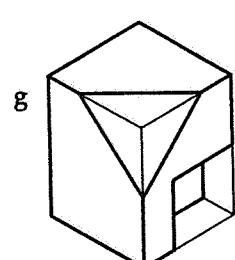
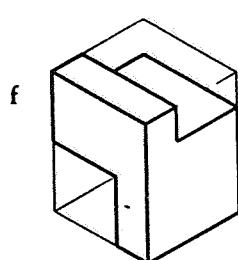
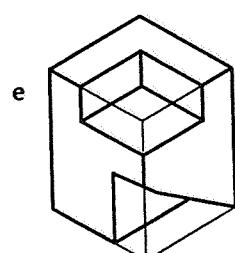
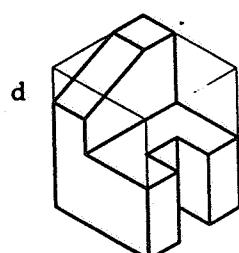
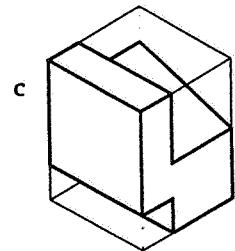
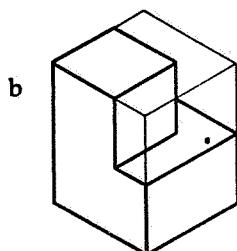
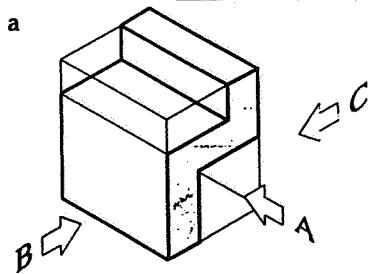
Soluzione



ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

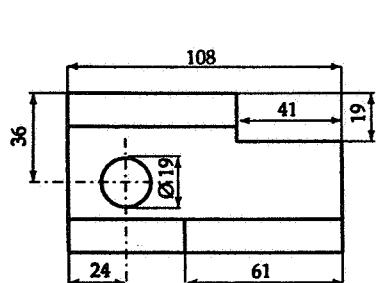
5. Indicare nella tabella la corrispondenza fra assonometrie e viste ortogonali.

ASSONOMETRIA	A	B	C
a	2	7	3
b			
c			
d			
e			
f			
g			

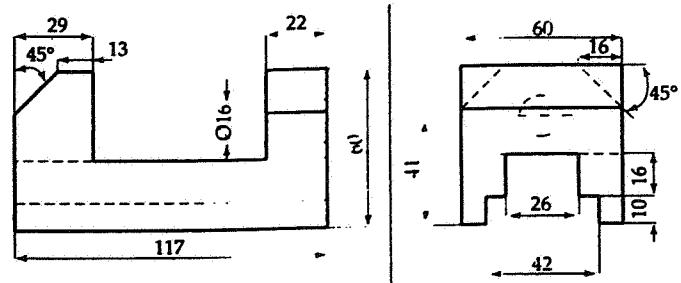
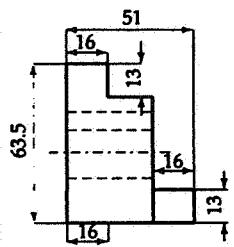


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

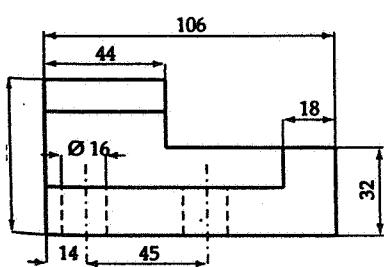
6. Completare le rappresentazioni di pezzi con 3 proiezioni ortogonali, ricoppiando le 2 viste e aggiungendo la vista mancante. La scala va scelta tra quelle unificate.



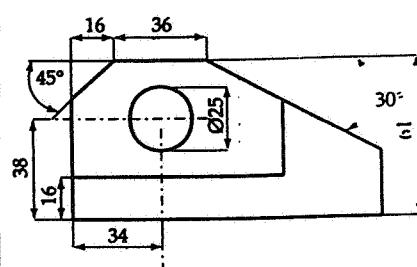
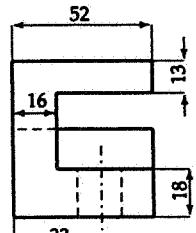
PIANTA



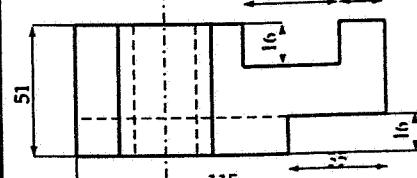
PIANTA



PIANTA

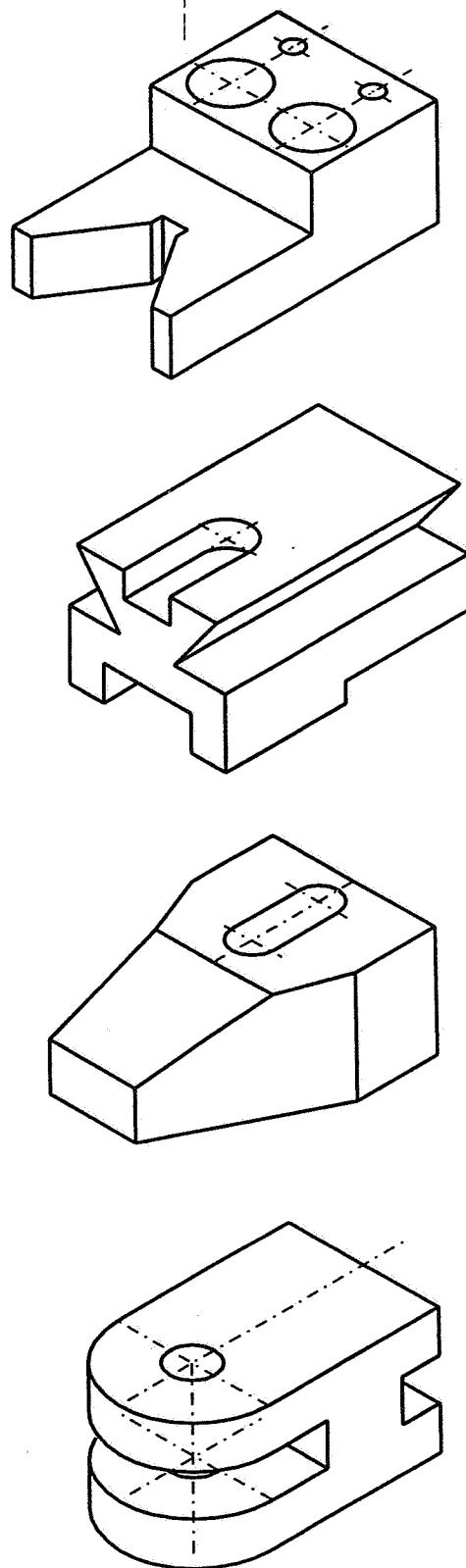
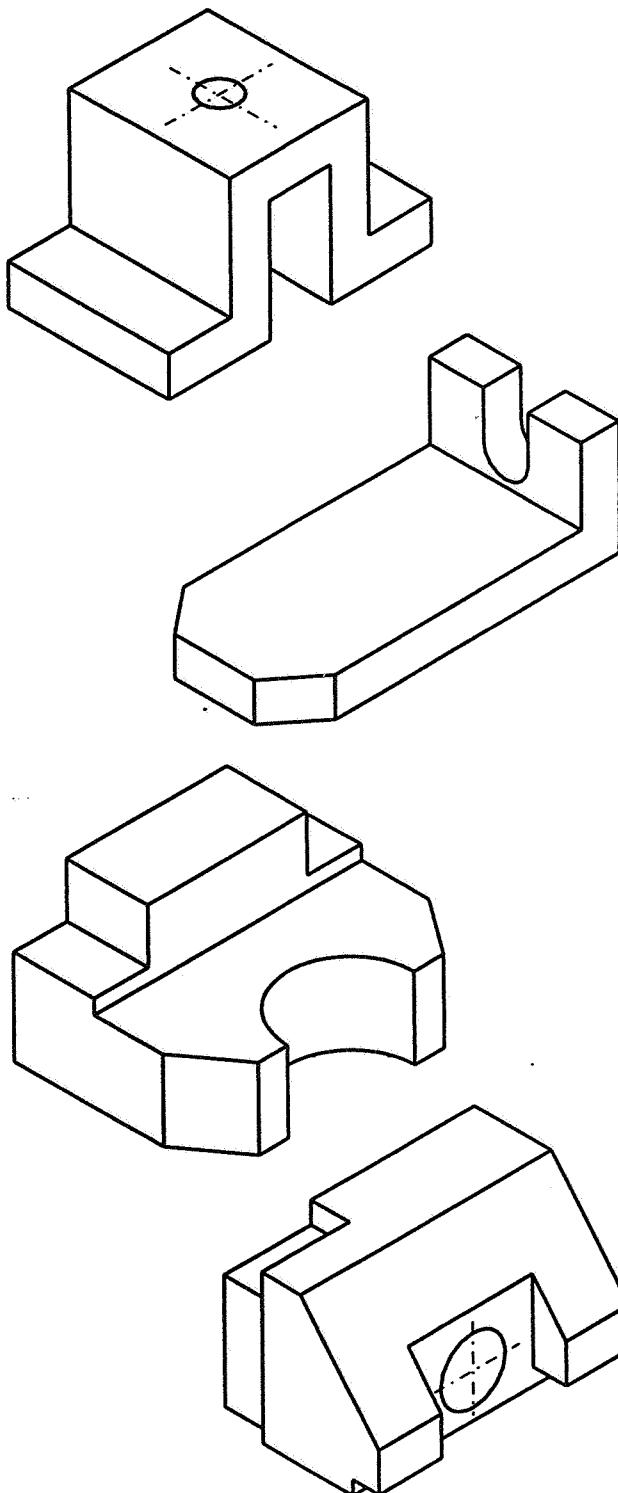


PROFILO



ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

7. Rappresentare in proiezione ortogonale, con il minimo numero di viste, i pezzi indicati.



Si
de
un
ma
do
po
ide
de
tor
det
ren
cor
la
der
par
dov
ros

sezioni, intersezioni e sviluppi

NECESSITÀ DELLE SEZIONI E NORME DI RAPPRESENTAZIONE

è già osservato che con il metodo delle proiezioni ortogonali l'interno di un pezzo cavo non può essere visto, a può essere rappresentato tracciando i contorni con linee a tratti di tipo E o F. Il metodo è soddisfacente se le taglie interne sono semplici, ma cade in difetto nel caso di cavità dai contorni di forma complessa e ricche di dettagli per i quali numerose linee rendono poco chiara l'interpretazione, con conseguente perdita di tempo nella lettura del disegno (fig. 1). Si consideri inoltre che finora non si è ancora parlato della quotatura dei disegni; se dovessero essere quotate anche numerose linee nascoste, il disegno risulterebbe inevitabilmente molto confuso.

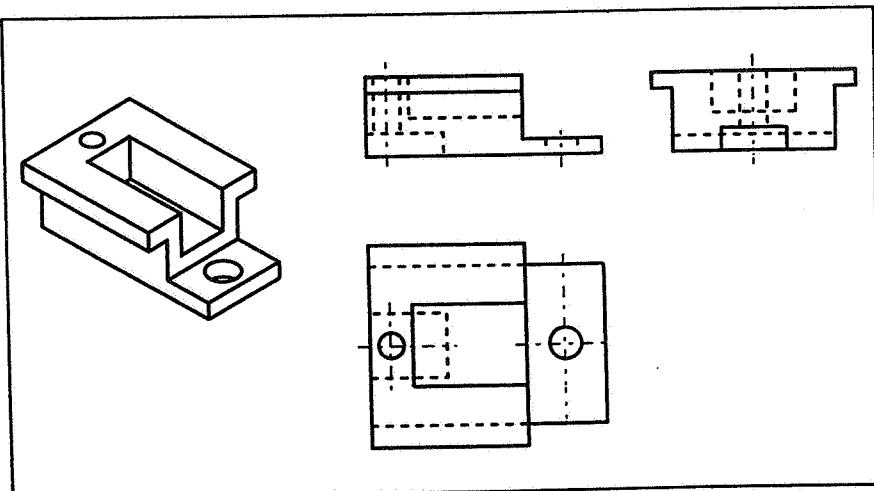


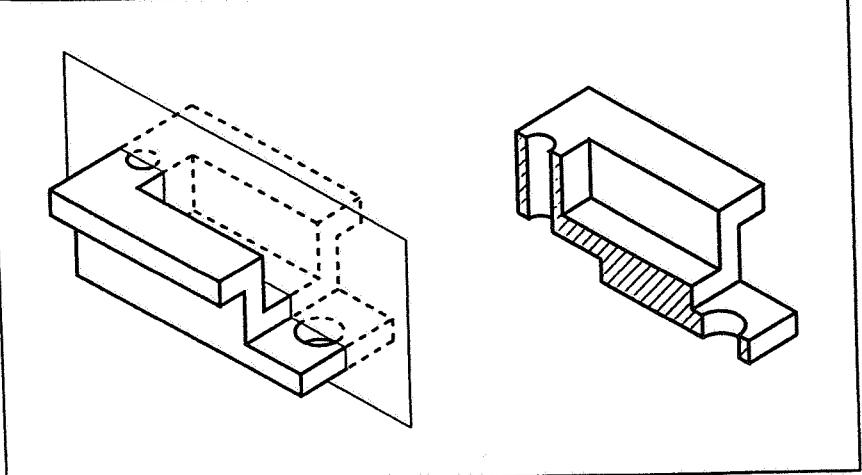
Fig. 1. Nel caso di un pezzo che presenta fori e cavità interne, il disegno risulta di difficile comprensione per la presenza di un gran numero di linee tratteggiate.

Si ricorre allora alle viste dei pezzi in sezione, chiamate anche semplicemente sezioni, che si aggiungono perciò al-

le proiezioni dell'oggetto (fig. 2): le norme per l'esecuzione delle sezioni sono codificate nella UNI 3971. Secondo l'ultima edizione della norma «sezione è la rappresentazione, secondo il metodo delle proiezioni ortogonali, di una delle due parti in cui viene diviso l'oggetto da un taglio ideale eseguito secondo uno o più piani o altre superfici».

Le sezioni trovano la loro giustificazione ed utilità nella rappresentazione di corpi cavi o di cavità in corpi globalmente massicci, che vengono così descritti in modo semplice, univoco e di immediata comprensione, con la possibilità di sopprimere anche qual-

Fig. 2. Sezionando con un piano longitudinale il pezzo di figura 1, viene molto facilitata la comprensione del disegno.



3) vi
za
nc
nc
gi
fr
ci
pa
na
tri
In
co
se
in
La
pr
da
ne
tic

4)

es.
se.
lin
st

gr
se

vc

pc

A
re
ca
ta

Su
ne
co

tir
in

5)
gn

le
sp

vi

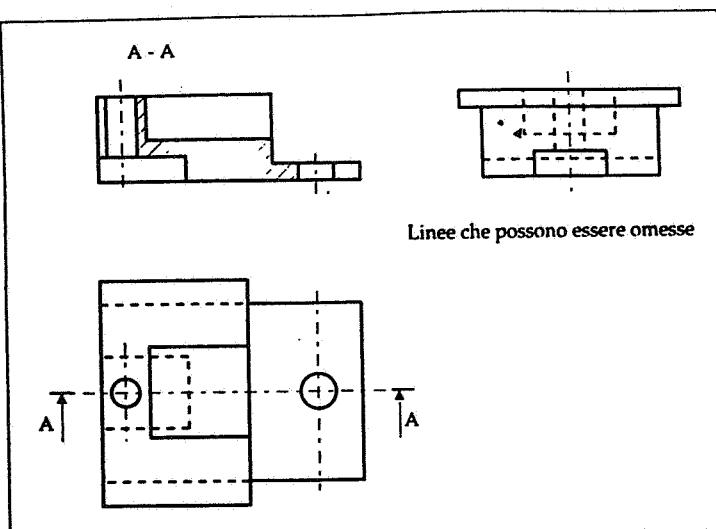


Fig. 3. Utilizzando le sezioni, i corpi cavi o le cavità in corpi massicci vengono descritte in modo semplice, univoco e di immediata comprensione, con la possibilità di sopprimere anche qualche vista.

Fig. 4. Le linee tratteggiate, che rappresentano i contorni e gli spigoli non in vista, non consentono di stabilire l'ubicazione dei fori conici e di quelli cilindrici della piastra.

che vista, come si vede in figura 3.

Si consideri ad esempio la piastra in figura 4, sulla quale sono praticati 4 fori, due con una lamatura e gli altri due di forma conica; supponiamo che sia i fori conici sia quelli con lamatura abbiano lo stesso diametro maggiore

e minore. Eseguendo le proiezioni ortogonali, risulta non solo difficile la comprensione del pezzo, ma non è possibile stabilire l'esatta ubicazione dei fori conici e di quelli cilindrici. L'unico modo per ottenere una interpretazione univoca, completa e comprensibile

bile è quello di effettuare una sezione con un taglio eseguito in maniera da mettere in evidenza la forma dei fori (fig. 5).

Per la corretta esecuzione ed interpretazione delle viste sezionate, si riportano alcuni concetti fondamentali.

1) Il piano di sezione è un piano ideale col quale si immagina di tagliare (o sezionare) il pezzo che in realtà rimane integro e come tale deve essere rappresentato nelle viste;

2) La sezione è ottenuta immaginando di asportare la parte di pezzo compresa tra piano di sezione e osservatore e proiettando sul piano di proiezione scelto la rimanente parte del pezzo.

Perciò, quando si effettua una sezione, si deve di regola rappresentare tutta la parte dell'oggetto che rimane dopo il taglio ideale: avendosi, di regola, in ogni sezione, una parte sezionata (che rappresenta la parte del solido effettivamente tagliata dal piano sezionatore) ed una parte in vista (fig. 6).

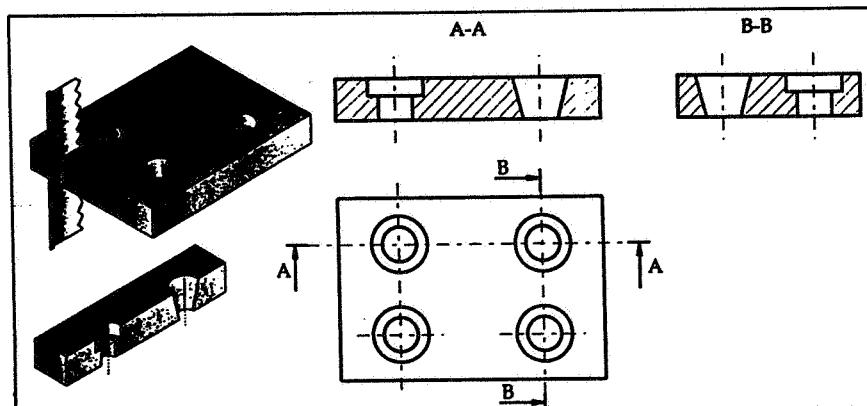
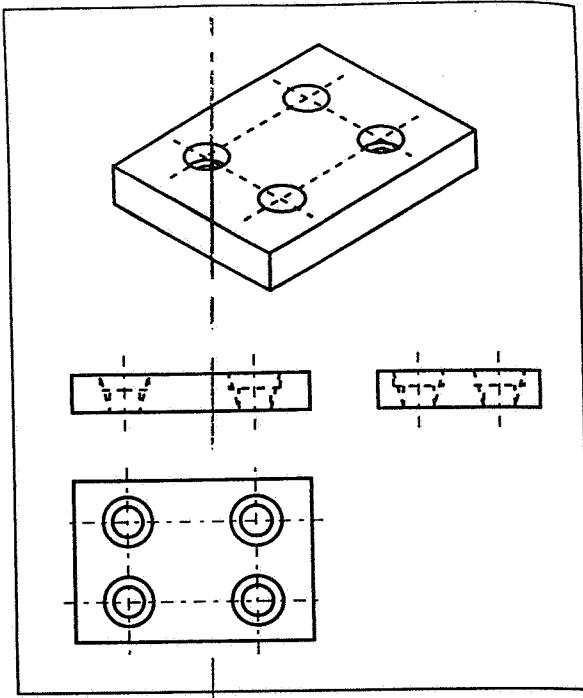


Fig. 5. L'unico modo per ottenere una interpretazione univoca, completa e comprensibile della piastra di figura 4 è quello di effettuare una sezione con un taglio eseguito in maniera da mettere in evidenza la forma dei fori.

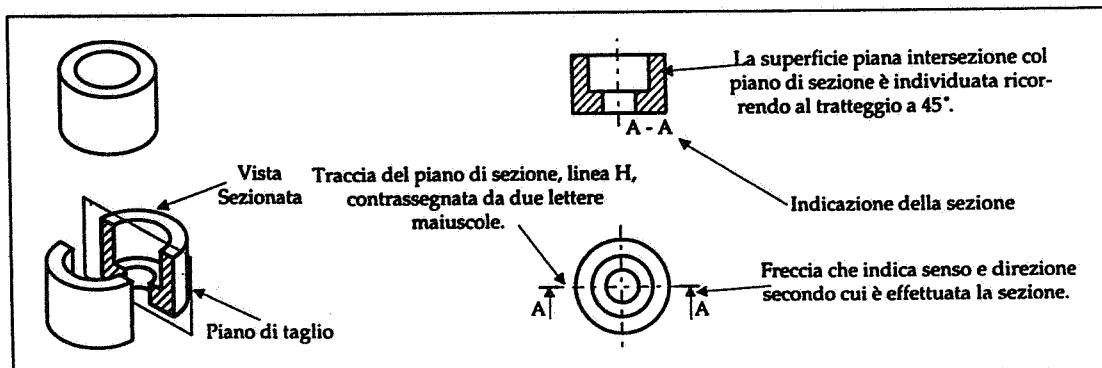


Fig. 6. Le regole per una corretta esecuzione ed interpretazione delle viste sezionate.

3) Per distinguere una sezione da una vista, è necessario mettere in evidenza la superficie piana tagliata dal piano di sezione; in genere, secondo la normativa, la superficie viene tratteggiata con linee tipo B a 45°, parallele fra loro ed equidistanti. Ogni superficie che sul disegno rappresenti una parte del pezzo effettivamente sezionata risulta quindi ricoperta con un tratteggio (chiamato anche *campitura*). In tal modo in ogni sezione, a primo colpo d'occhio, si distingue ciò che è sezionato da ciò che è semplicemente in vista.

La nuova normativa in elaborazione prevede l'uso di diverse campiture, data la grande disponibilità di queste nei programmi di disegno automatico.

4) Ove nel disegno, oltre alla sezione, esistano viste, la traccia del piano di sezione su di esse va indicata con una linea del tipo H contraddistinta da due estremi ingrossati (UNI 3968, mista grossa e fine), e il senso e la direzione secondo cui è effettuata la sezione, devono essere indicati mediante frecce da porsi come in figura 6.

A lato delle frecce si collocano 2 lettere maiuscole che servono ad identificare nel disegno la sezione individuata da quel piano.

Sulla figura che rappresenta la sezione, si deve infatti apporre la stessa coppia di lettere (separate da un trattino) poste a fianco delle frecce che la individuano.

5) Le sezioni così risultanti vengono disegnate e disposte secondo tutte le norme alle quali sono assoggettate le viste. La disposizione delle sezioni rispetto alle viste o alle altre sezioni, non può dar

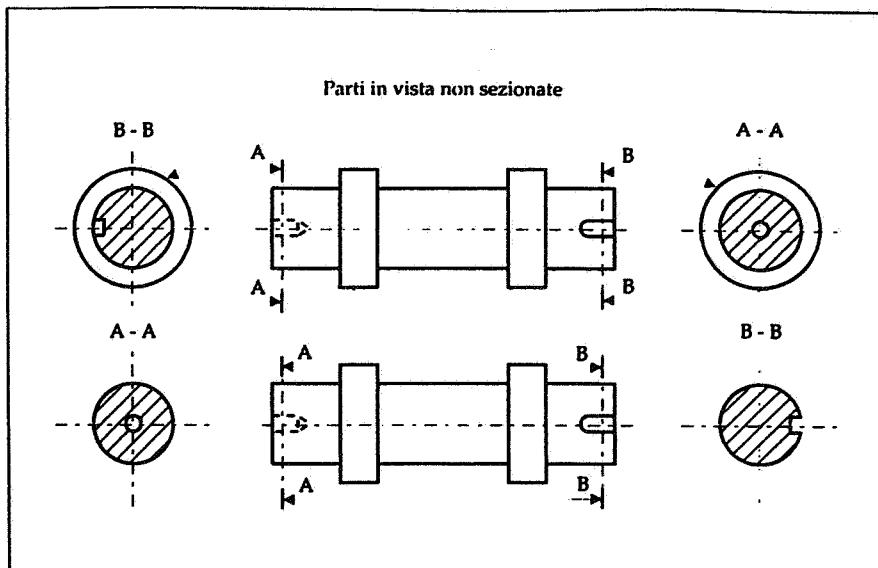


Fig. 7. La vista sezionata deve essere disposta rispettando la posizione del piano di sezione ed il verso delle frecce, rispettando le regole delle proiezioni ortogonali. In questo modo nelle viste sezionate saranno visibili anche i contorni delle parti in vista, non sezionate.

luogo ad errori se si tiene presente che ogni sezione deve essere sempre disposta in relazione alla figura, vista o altra sezione che sia, sulla quale è indicata la traccia del piano di sezione che la determina.

La sezione sarà quindi disposta, rispetto a tale figura, e secondo le regole delle proiezioni ortogonali, in alto o in basso, a destra o a sinistra, a seconda della posizione della traccia del piano di sezione e del senso delle frecce; in figura 7 è mostrato uno schema delle disposizioni delle sezioni in riferimento sia a viste che ad altre sezioni.

Talora, per esigenze particolari ed in analogia al cosiddetto metodo delle frecce, le sezioni possono essere collocate anche in posizioni diverse.

6) I piani di sezione devono essere scelti in funzione della forma del pezzo e devono dare luogo a sezioni che siano le più significative possibili, per ciò che concerne sia la forma che la descrizione dimensionale del pezzo. Le sezioni devono essere eseguite solo quando sono necessarie, con lo scopo di unire alla chiarezza, la sinteticità di rappresentazione; sono da evitare quindi delle sezioni che non aggiungono alcuna nuova informazione al disegno (come in figura 8 ma anche in figura 14).

7) Quando si disegna un pezzo in sezione, gli spigoli nascosti devono essere rappresentati solo se indispensabili alla comprensione (fig. 9).

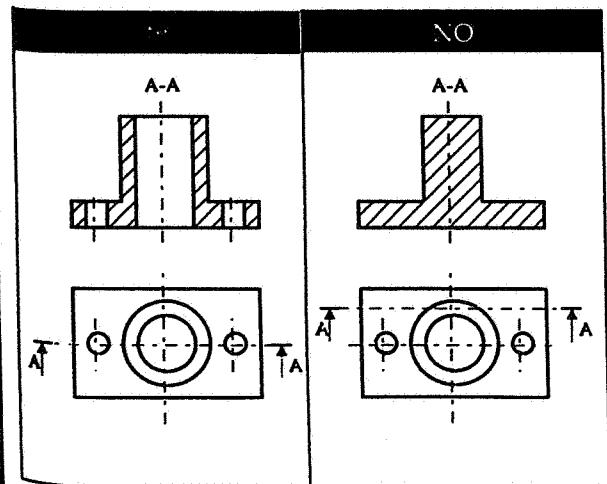
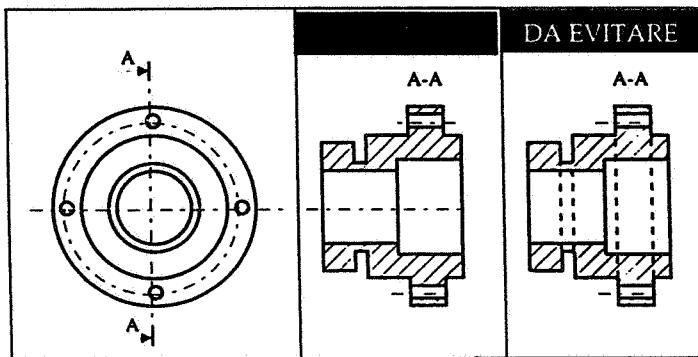


Fig. 8. Una sezione deve essere eseguita solo se aggiunge informazioni alla rappresentazione.

Fig. 9. Nelle viste sezionate bisogna evitare per quanto possibile l'impiego delle linee E o F per l'indicazione degli spigoli nascosti.



CLASSIFICAZIONE DELLE MODALITÀ DI SEZIONAMENTO

Le sezioni, secondo la definizione, possono essere effettuate secondo modalità diverse e quindi è importante scegliere la tecnica che risulti più utile per la completa rappresentazione e comprensione di un pezzo meccanico. Possiamo classificare le tecniche di sezionamento:

- secondo l'elemento secante
- a) sezioni con un solo piano;
- b) sezioni con due o più piani paralleli;
- c) sezioni con piani concorrenti;
- d) sezioni secondo una superficie di forma qualsiasi
- secondo l'estensione
- e) semisezioni;
- f) sezioni parziali;
- secondo la posizione
- g) sezioni ribaltate in loco;
- h) sezioni in vicinanza;
- i) sezioni successive.

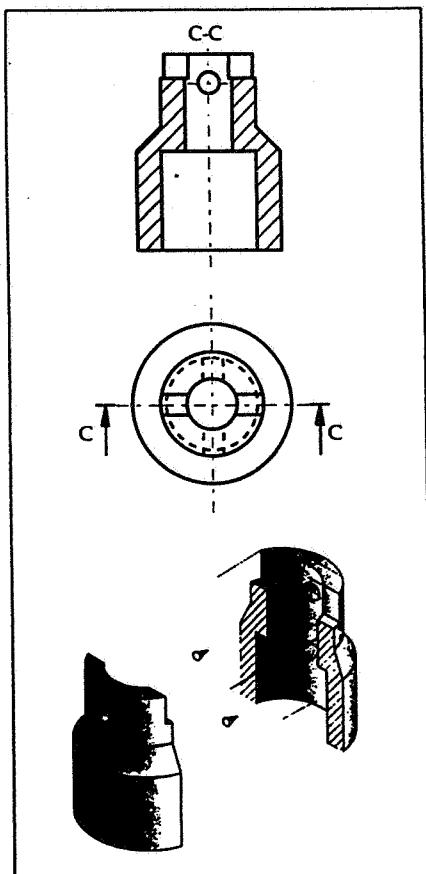


Fig. 10. Sezione effettuata secondo un solo piano.

Sezioni con un solo piano

Quando la disposizione di un piano di sezione non è ovvia o quando è necessario distinguere tra più piani di sezione, ogni piano deve essere individuato, come già detto, dalla sua traccia (eseguita con linea mista fine e grossa tipo H) e dalle due frecce, orientate nel senso della proiezione e puntate sugli estremi ingrossati della linea, contraddistinte ognuna con una lettera maiuscola orientata nel senso normale di lettura.

La proiezione della sezione è contraddistinta dalle stesse lettere, separate tra loro da un trattino, collocate preferibilmente sopra la rappresentazione (fig. 10). L'apposizione di tali lettere può essere omessa nel caso di un solo piano sezionatore, quando la sua posizione sia ovvia (fig. 11), ad esempio coincidente con un piano di simmetria.

Si denoma sezione *longitudinale* la sezione effettuata con un piano passante per l'asse longitudinale del pezzo e parallelo al piano verticale di prospetto, mentre è detta sezione *trasversale* la se-

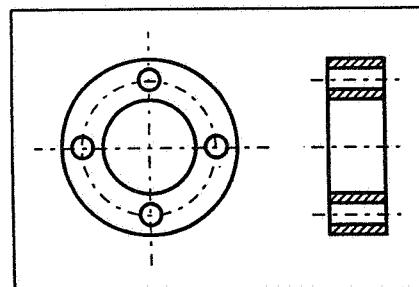


Fig. 11. Le indicazioni relative alla sezione (ingrossamento degli estremi della traccia, frecce direzionali e lettere alfabetiche) non sono obbligatorie quando la posizione del piano di sezione è inequivocabile.

zione fatta con un piano normale al precedente e parallelo al piano laterale, e sezione *orizzontale* o pianta sezionata la sezione giacente in un piano parallelo ai piani di pianta (fig. 12).

Nelle figure che seguono sono messi in evidenza alcuni esempi utili per la corretta esecuzione di una sezione con un solo piano; ad esempio in figura 13 è riportato un errore tipico di inesperienza, cioè l'omissione delle linee in vista, profilo delle superfici coniche o cilindriche intersecate dal piano di sezione. Le sezioni trasversali in figura 14 sono inutili, in quanto non aggiungono informazioni rispetto alle viste già eseguite.

Sezioni con piani paralleli

Le sezioni, secondo la definizione, possono essere effettuate oltre che con un piano, con più piani (in modo da far passare la sezione nella zona che interessa precisare), quando ciò risulti utile per la completa rappresentazione di un pezzo meccanico (fig. 15). Quando la sezione è fatta con due o più piani paralleli il tratteggio dovrebbe avere i tratti sfalsati di mezzo passo come in figura 16 in corrispondenza allo spostamento del piano di sezione; il cambio del piano di sezione è evidenziato dall'ingrossamento dei tratti all'intersezione delle tracce dei piani di sezione.

In figura 17 è riportato un altro esempio di sezioni sfalsate ottenute secondo piani paralleli.

Si noti che spesso nella pratica lo sfalsamento del tratteggio non viene effettuato, affidando la chiarezza di interpretazione della posizione delle sezioni alle tracce indicate sulle viste (come in figura 15 e 18).

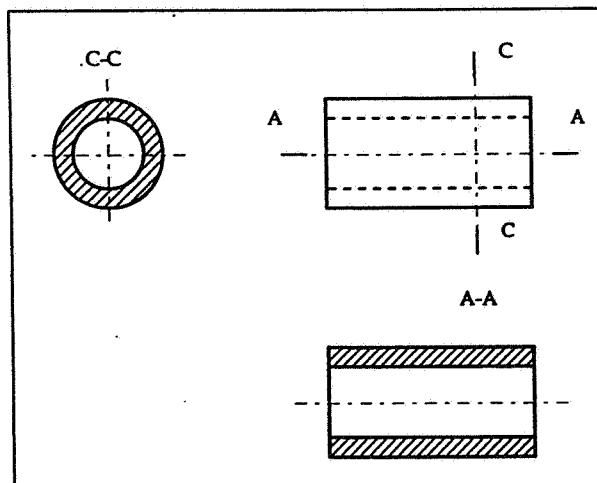


Fig. 12. Sezione longitudinale A-A e trasversale C-C di un elemento tubolare.

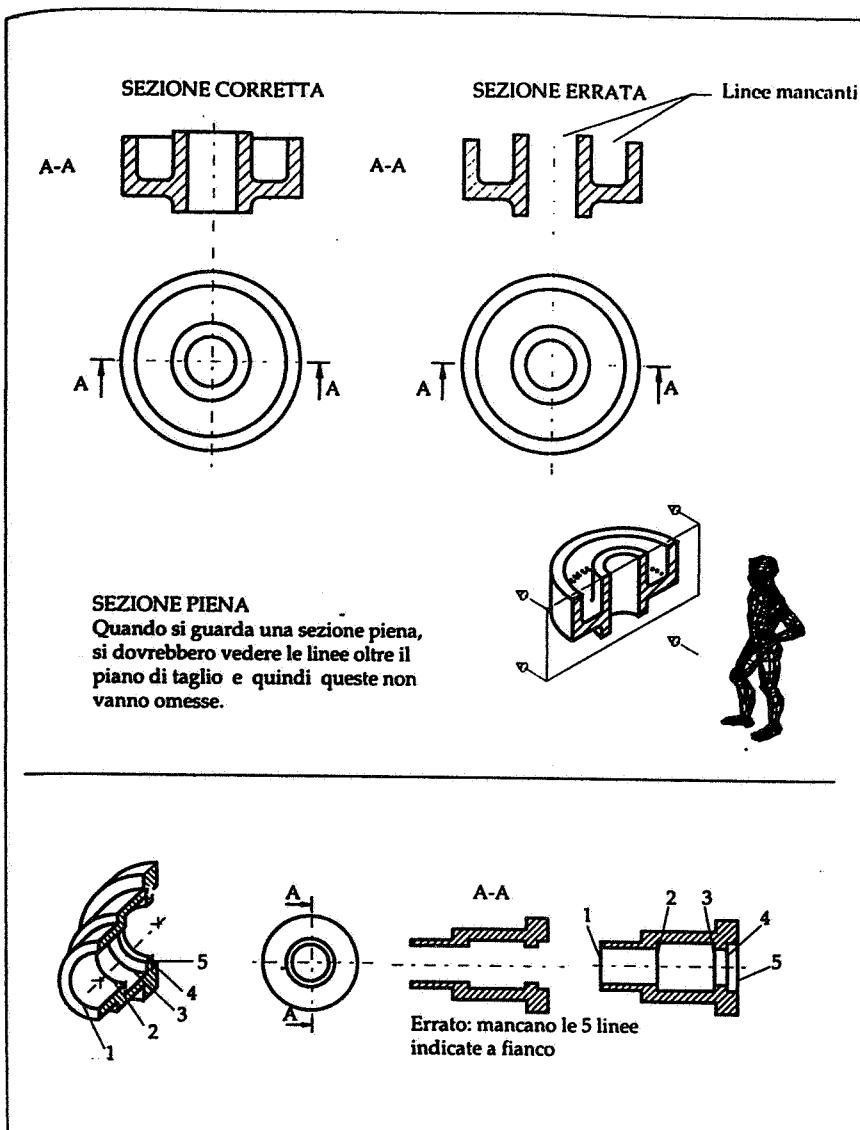


Fig. 13. Un errore tipico nell'esecuzione di sezioni: l'omissione del profilo delle superfici coniche o cilindriche intersecate dal piano di sezione.

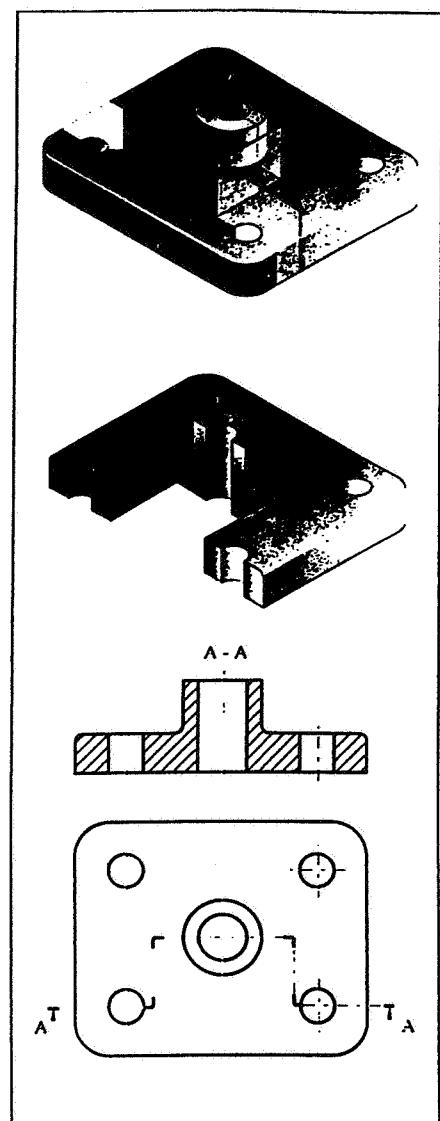


Fig. 15. Sezione effettuata con piani paralleli.

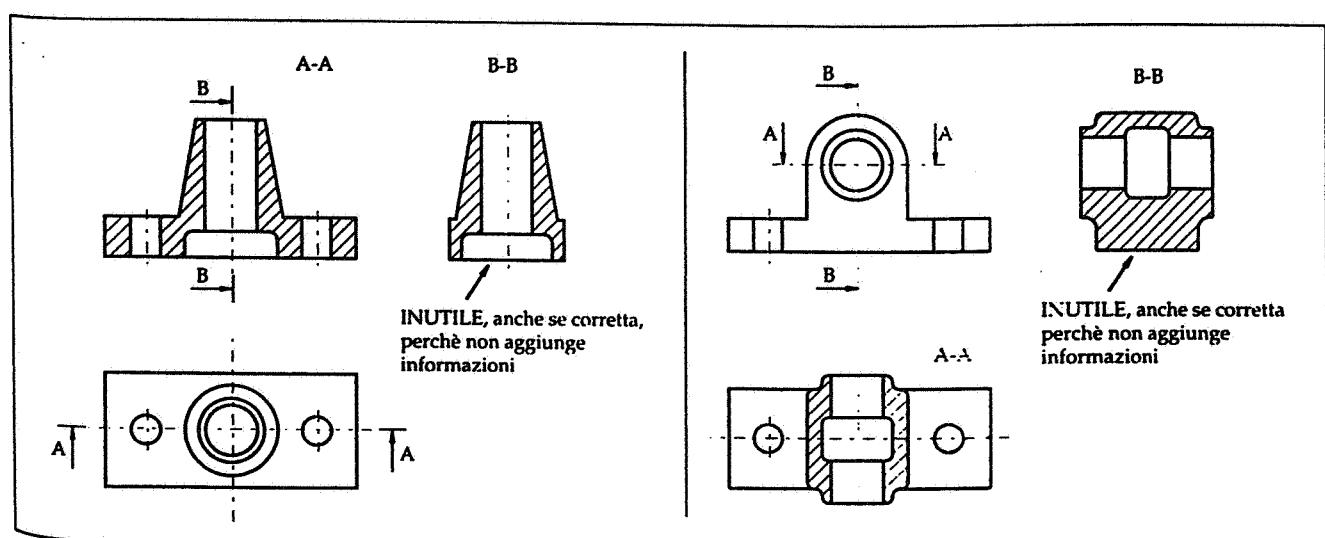


Fig. 14. Evitare la rappresentazione di viste sezionate inutili ai fini della comprensione degli elementi.

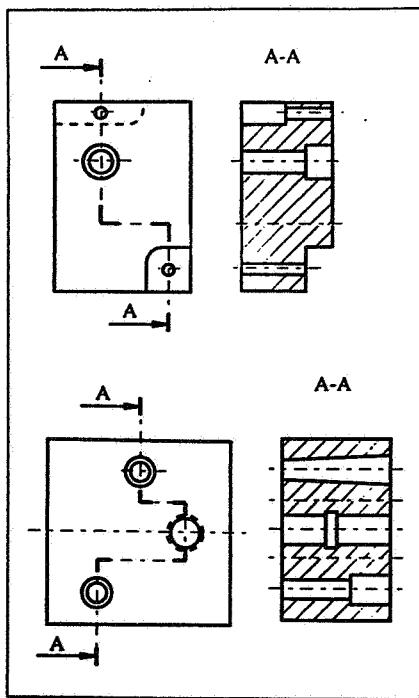


Fig. 16. Sezioni con piani paralleli di piastre con fori conici e cilindrici a gradini: si noti il tratteggio sfalsato.

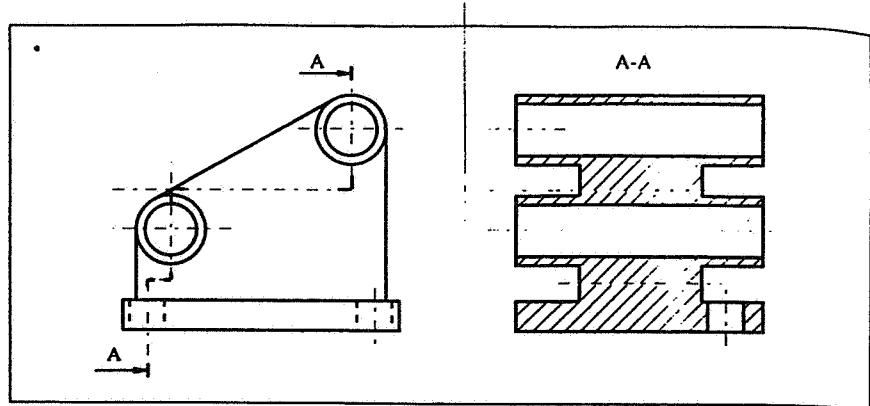


Fig. 17. Sezione con piani paralleli.

Sezioni con piani consecutivi o concorrenti

Un pezzo può essere sezionato con due o più piani consecutivi.

Nel caso di pezzi assialsimmetrici, è possibile usare due piani di sezione concorrenti; il piano di proiezione deve essere parallelo ad uno dei piani di sezione e la parte del pezzo che risulterebbe di scorcio nella rappresentazione ortografica deve essere rappresentata ribaltata sullo stesso piano (fig. 19).

Come si vede dalla figura 20, la sezione è ottenuta pensando di proiettare su due piani di proiezione e ruotare la figura ottenuta in modo da allineare il piano obliquo con quello principale.

Anche in questo caso si devono ingrossare i tratti estremi delle tracce di ciascun piano dove esse si intersecano.

La sezione eseguita secondo due piani concorrenti deve essere fatta in modo che i due piani di taglio formino un angolo tale che la sezione risulti quanto più rappresentativa possibile

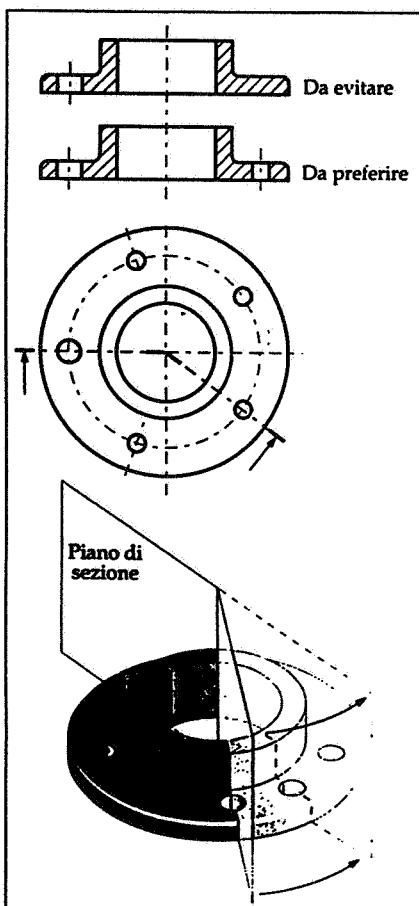


Fig. 19. Un pezzo può essere sezionato con due piani concorrenti. Il piano di proiezione deve essere parallelo ad uno dei piani di sezione e la parte del pezzo che risulterebbe di scorcio in proiezione ortografica, deve essere rappresentata ribaltata.

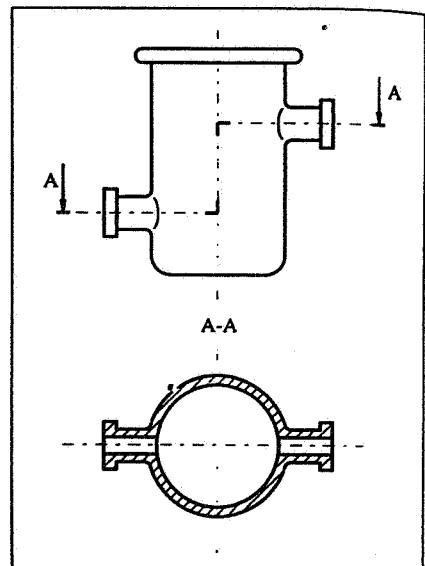


Fig. 18. Il tratteggio a destra dell'asse non è sfalsato rispetto a quello a sinistra in quanto l'interpretazione del disegno è ovvia.

(fig. 21). Nel caso di più piani consecutivi, per ulteriore chiarezza, si possono contrassegnare i punti dove la traccia cambia orientamento mediante lettere maiuscole uguali o diverse e progressive (fig. 22).

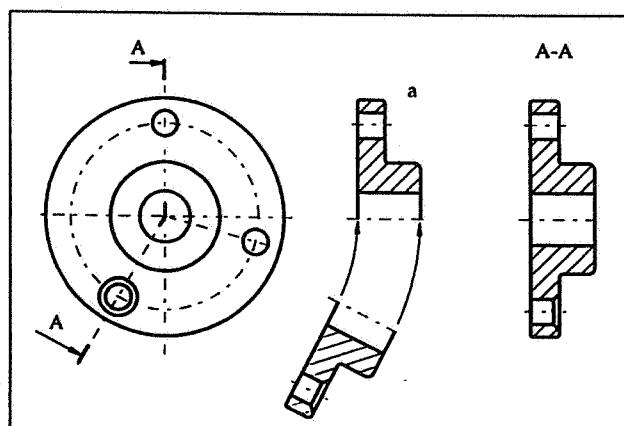
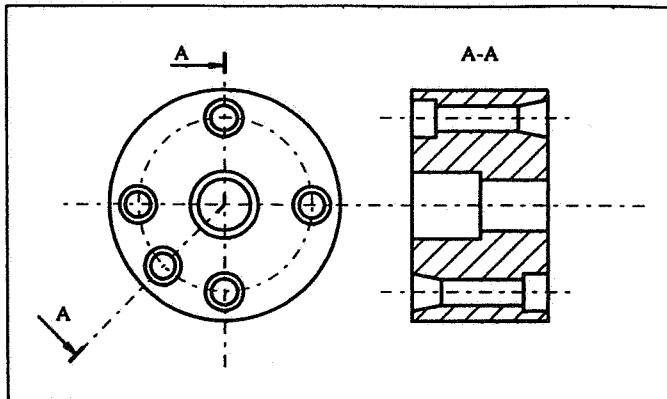


Fig. 20. La sezione viene ottenuta immaginando di ruotare la figura in modo da allineare il piano obliquo con quello principale.

Fig. 21. Sezione con piani concorrenti di pezzi assalsimmetrici: la scelta dei piani di sezione consente il massimo di informazione.



Nell'esempio presentato in tale figura, come in figura 23, poiché non vengono alterate parti significative del pezzo, è permessa la rappresentazione di scorcio della sezione e quindi il tratto obliquo del pezzo non viene riportato nella sua vera lunghezza, ma secondo la direzione di proiezione corrispondente alla vista, a differenza di quanto visto in figura 19.

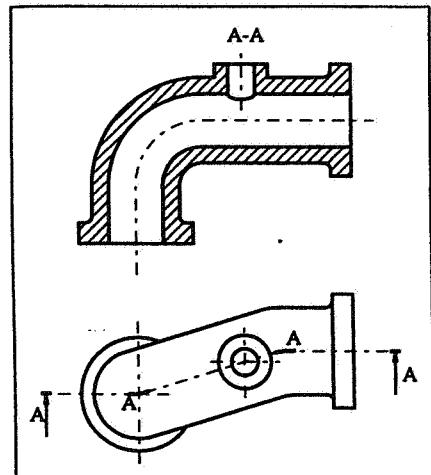


Fig. 22. I punti dove la traccia si spezza fra i piani consecutivi possono essere contraddistinti da lettere maiuscole uguali (come in figura) o anche diverse e progressive (per esempio A - B - C - D).

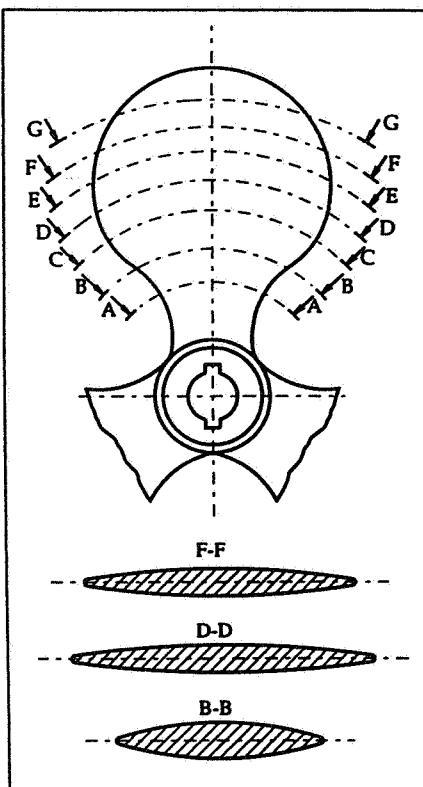
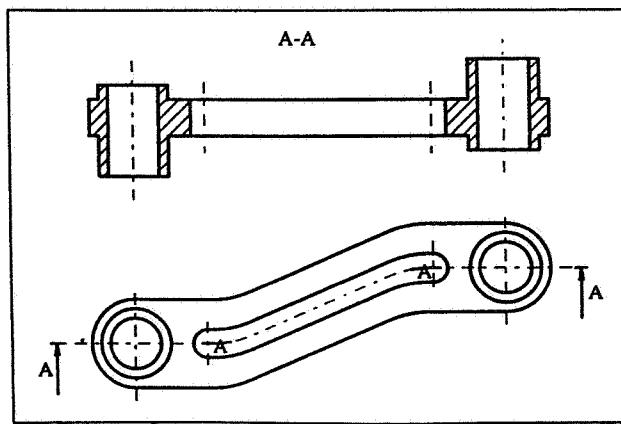


Fig. 24. Sezioni eseguite mediante superfici qualsiasi: la sezione ottenuta viene prima sviluppata e poi proiettata in posizione opportuna.

Fig. 23. La sezione A-A è fatta secondo più piani consecutivi. Nel caso rappresentato dalla figura, però, il tratto obliquo indicato anch'esso con A-A non è riportato secondo la sua vera lunghezza, ma secondo la direzione di proiezione corrispondente alla vista. La traccia della sezione è indicata con A-A e la sezione è contrassegnata con "A-A".



Sezioni con superfici di forma qualsiasi

In alcuni casi particolari, ad esempio per tubazioni, condotte, pale di eliche, giranti, ecc., può essere necessario sezionare il pezzo secondo una superficie cilindrica; essa può avere per direttrice una circonferenza (e allora la superficie è quella del cilindro per antonomasia) oppure una linea qualsiasi. Sulla rappresentazione del pezzo si indica la direttrice, cioè la traccia della superficie di sezione (fig. 23) e la sezione così ottenuta viene sviluppata e poi proiettata in posizione opportuna (fig. 24).

Semisezioni

I pezzi simmetrici molto spesso sono rappresentati, con una semivista e una semisezione: la linea di separazione è l'asse o la traccia del piano di simmetria (fig. 25). La rappresentazione non richiede in genere alcuna indicazione; se per definire il pezzo occorre un'altra vista, su di questa il piano della semisezione è indicato come in figura 26.

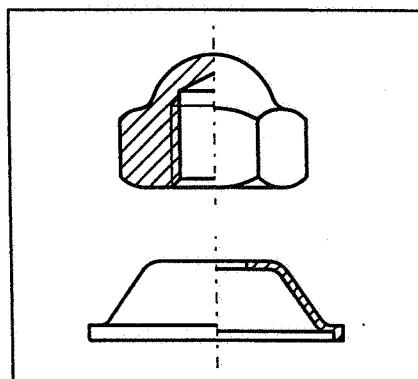


Fig. 25. Pezzi semisezionati: la linea di separazione della parte sezionata rispetto a quella non sezionata è un asse o una traccia del piano di simmetria, cioè sempre una linea G.

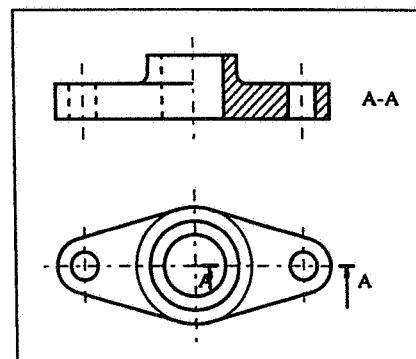


Fig. 26. Rappresentazione in pianta e con semisezione di un pezzo dotato di simmetria.

La semisezione viene anche chiamata con il nome di *sezione un quarto*; tale appellativo deriva dal fatto che questa rappresentazione si ottiene proiettando un pezzo sezionato per un quarto (fig. 27).

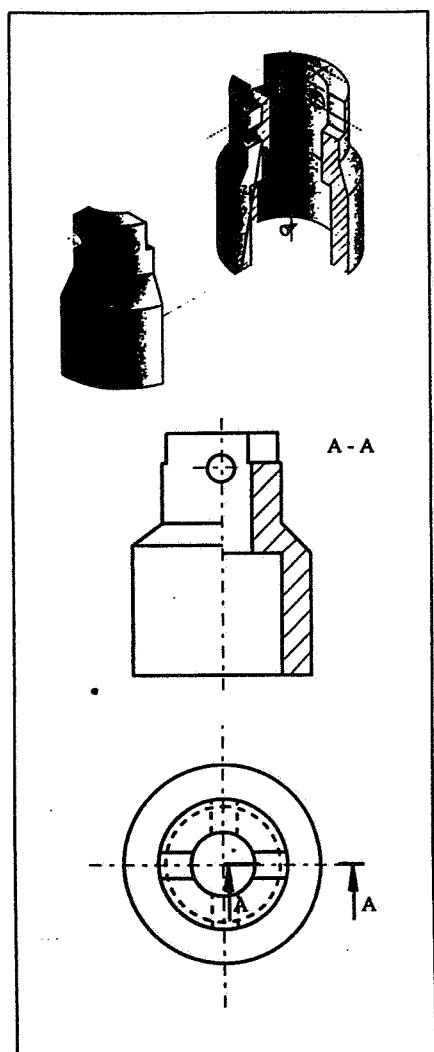


Fig. 27. Una semisezione viene anche denominata *sezione un quarto*, in quanto si ottiene proiettando un pezzo sezionato per un quarto.

Sezioni parziali

Trovano frequente utilizzazione in quei pezzi in cui bisogna mettere in evidenza delle parti interne non molto estese senza ricorrere a piani di sezione.

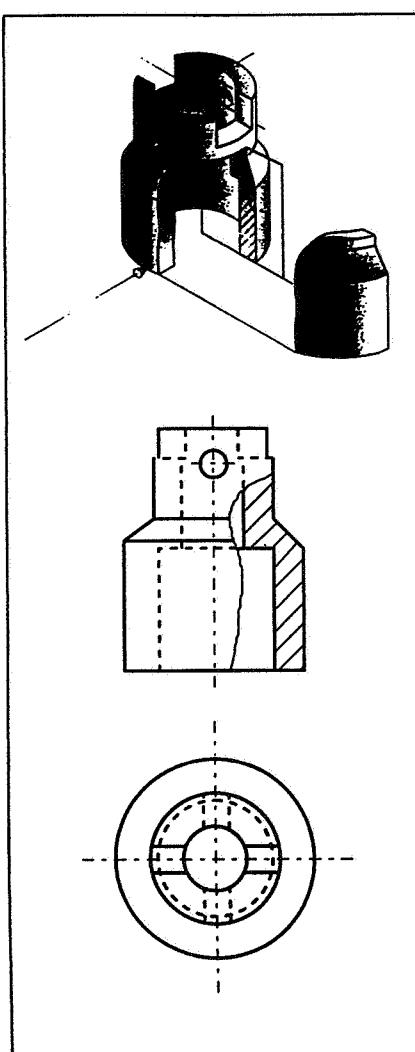


Fig. 29. Sezione parziale: si immagina di aver effettuato una rottura del pezzo nella zona interessata.

ne particolari (fig. 28); si immagina cioè di avere effettuato una rottura del pezzo per vedere solo quello che interessa di una parte interna (fig. 29); le sezioni parziali sono delimitate dalle linee di contorno delle zone sezionate e da una linea irregolare fine (C) o a zig-zag (D) che ha inizio e termine sulle linee di contorno del pezzo.

Non bisogna indicare la traccia del piano di sezione (come in fig. 30), in quanto si tratta di una rottura parziale del pezzo.

Questo tipo di rappresentazione può essere usato in alternativa a una vista semisezionata (fig. 31).

Altra avvertenza importante per non provocare errori di interpretazione è quella di non terminare mai la porzione sezionata su linee di vista del pezzo, interrompendo invece la sezione in modo chiaro e visibile, senza coincidenze fra linee di diverso significato (fig. 32).

Sezione ribaltata in luogo

Per maggiore chiarezza o per risparmio di tempo o di spazio si possono eseguire *sezioni ribaltate in luogo* (o in

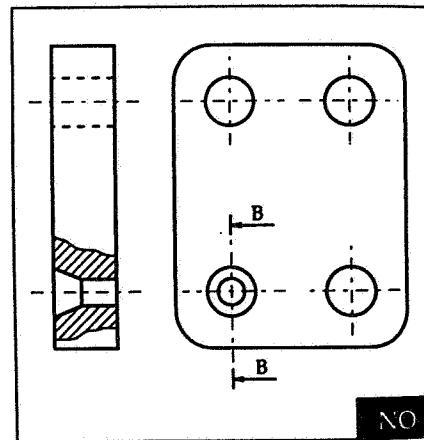


Fig. 30. In una sezione parziale non si deve mai indicare la traccia del piano di sezione.

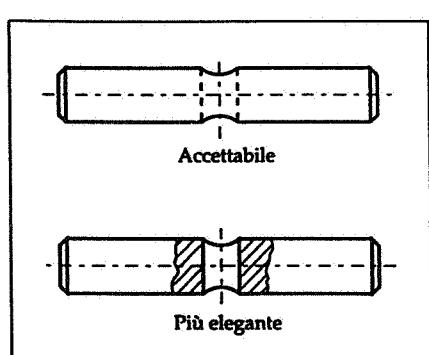


Fig. 28. I fori e le cavità interne possono essere messe in evidenza in modo chiaro con le sezioni parziali.

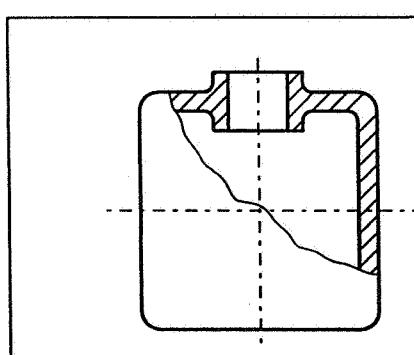
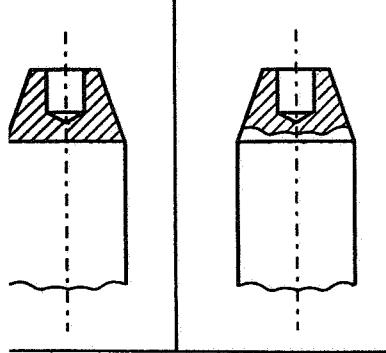


Fig. 31. Esempio di uso di una frattura parziale in alternativa ad una semivista-semisezione (o sezione 1/4).

ERRATO



32. È bene interrompere la sezione par-
e in modo chiaro e visibile, senza coinci-
re con linee di diverso significato.

Fig. 33. Sezione ri-
baltata in luogo; il
contorno della sezio-
ne deve essere ese-
guito con linea B.

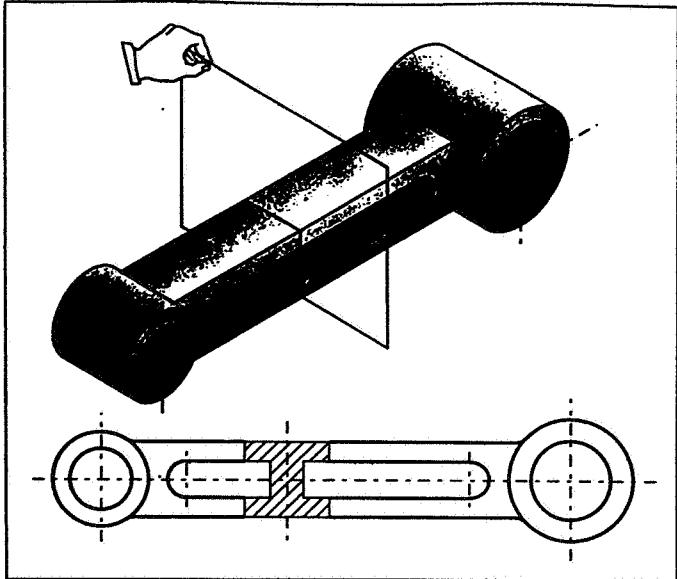
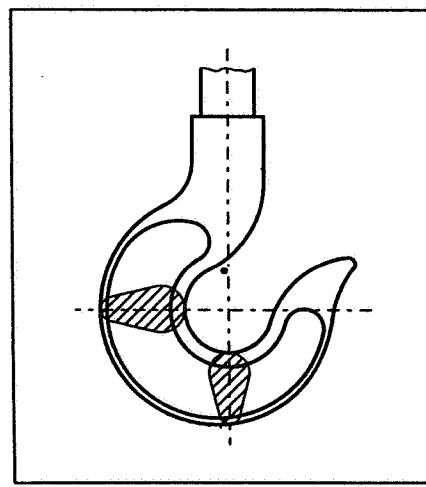


Fig. 35. Sezioni di
un gancio ribaltate
in luogo.



34. Sezioni ribaltate in luogo

zione deve essere disegnato con la
linea continua *fine* tipo B e si rap-
presenta solo quello che c'è nel pia-
no della sezione.

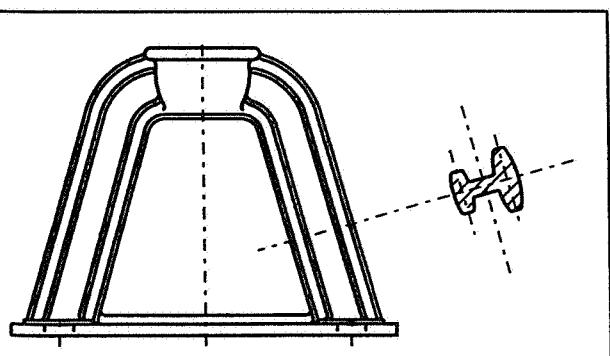
Non occorrono scritte per indicare la
sezione e poiché c'è simmetria non
occorrono nemmeno le frecce (figg.
34 e 35).

Sezioni locali vengono anche usate
quando non esistono assi di simme-
tria, ma la rappresentazione risulta
chiaramente comprensibile, ad esem-
picio nel caso di profilati.

Sezione in vicinanza

Si può anche immaginare di effettua-
re una sezione locale e traslarne la
rappresentazione, in modo che non ri-
sulti sovrapposta al pezzo, ma *in vicinanza*.

La sezione rappresenta ancora solo quel-
lo che è tagliato dal piano di sezione e i
suoi contorni sono tracciati con *linea grossa*.



36. Sezione posta in vicinanza sul prolungamento della traccia del
piano di sezione.

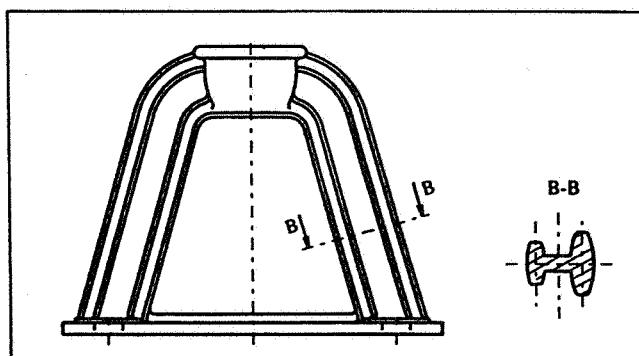


Fig. 37. Se la sezione è posta in posizione diversa da quella della figura
36, è necessario indicare il piano di sezione.

La sezione può essere disposta:

- sul prolungamento della traccia del piano di sezione: non necessità dell'indicazione del piano di sezione (fig. 36);
- in una posizione diversa, anche ruotata, quando ciò non dia origine a confusione; in questo caso si devono apporre le lettere contrassegno accanto alle frecce e sopra la sezione (fig. 37).

Nell'esempio in figura 38 è indicata la vista parziale di un supporto a braccio inclinato con due sezioni, una ribaltata e l'altra in semisezione. Come si può notare, è possibile indicare una seconda sezione su quella che è già una rappresentazione in sezione.

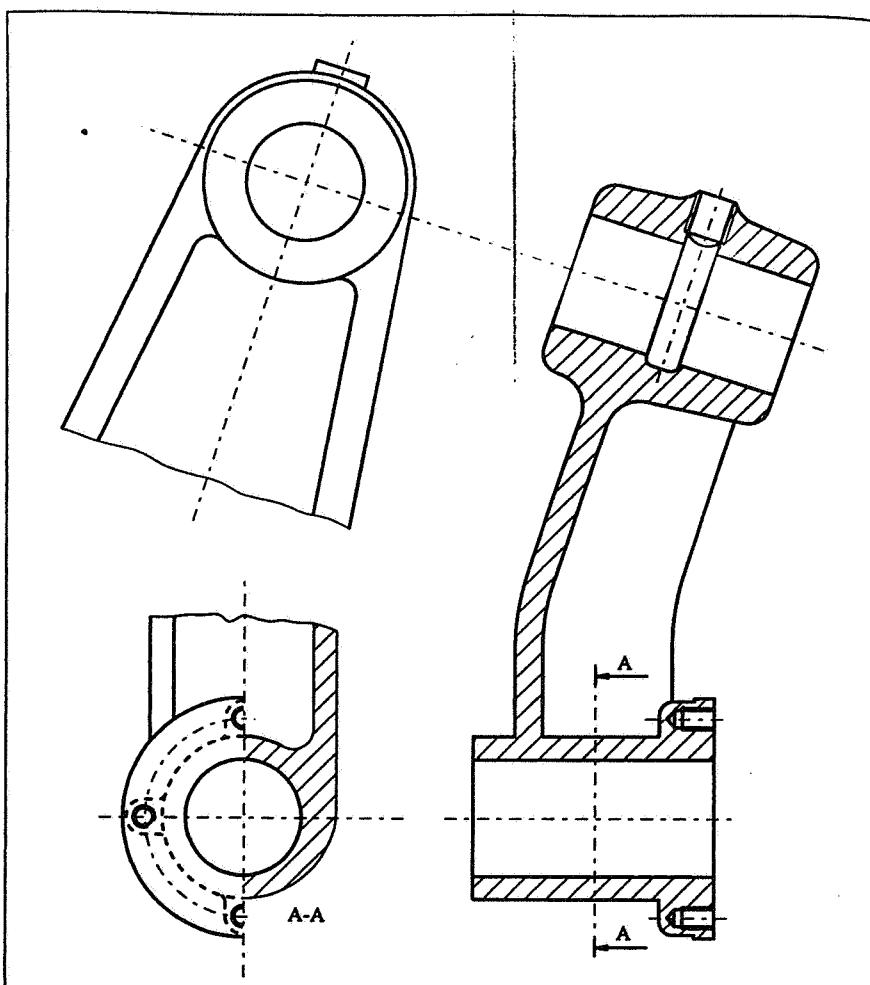


Fig. 38. Esempi di sezioni e viste poste in vicinanza; è possibile indicare una sezione su una vista già sezionata.

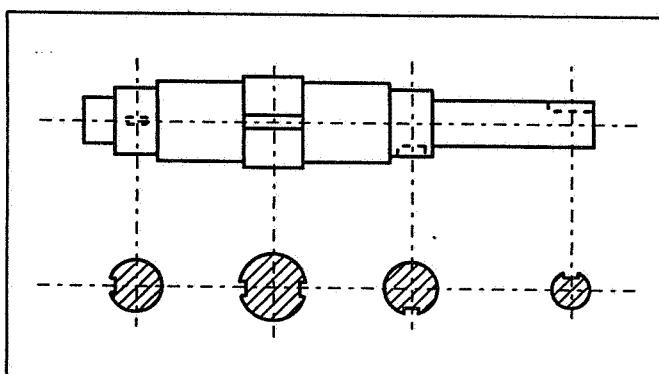


Fig. 39. Sezioni successive su un albero poste sul prolungamento delle tracce dei piani di sezione; non occorre l'indicazione del piano di sezione.

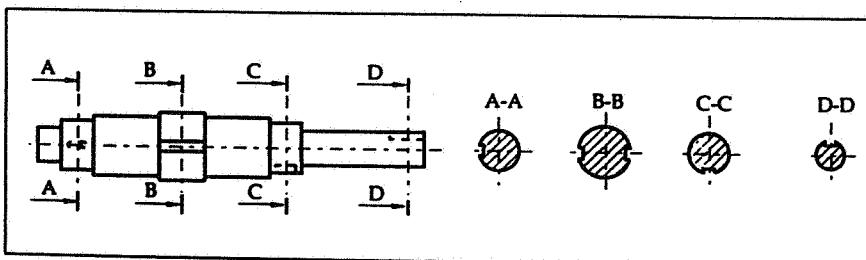
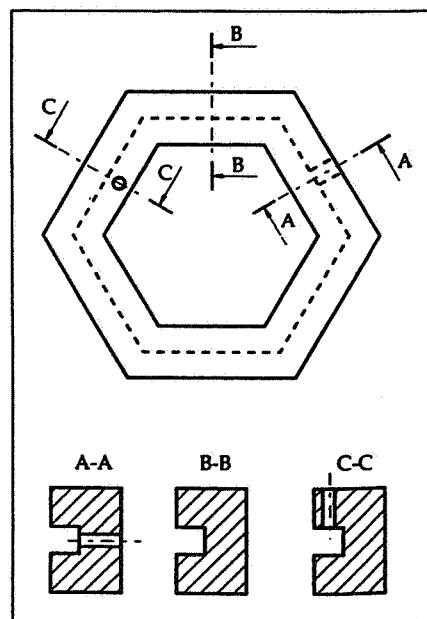


Fig. 41. Sezioni successive di un albero; rispetto alla figura 39 c'è l'indicazione dei piani di sezione; si noti che le parti in vista, non sezionate, non vengono rappresentate.

Fig. 40. In questo caso le sezioni sono allineate in una posizione qualsiasi del disegno, quindi necessitano dell'indicazione del piano di sezione.



IL TRATTEGGIO O CAMPITURA

I tutte le superfici di sezione, che acciono cioè nei piani sezionati, è previsto dalla normativa un tratteggio mediante linee continue fini tipo B orizzontali con l'asse del pezzo o le linee di contorno più significative un angolo di 45°. Inclinazioni diverse o comunque comprese tra 30° e 60° sono previste, per evitare che il tratteggio sia parallelo agli assi o a linee di contorno (fig. 42).

E i contorni del pezzo sezionato sono inclinati di 45°, è possibile anche utilizzare l'inclinazione a 0° o a 90°. La distanza tra le linee (passo) è compresa tra 1,5 e 4 mm, e deve comunque essere la più larga possibile compatibilmente con la chiarezza del disegno (fig. 43). Se il tratteggio ha le linee con passo troppo piccolo risulta difficile da eseguire e richiede più tempo oltre ad appesantire l'immagine; se le linee sono troppo spaziate il tratteggio rischia di risultare poco evidente (fig. 44). Anche negli schizzi il tratteggio deve essere eseguito con u-

Fig. 42. Il tratteggio deve essere inclinato in modo da non risultare parallelo ai contorni principali.

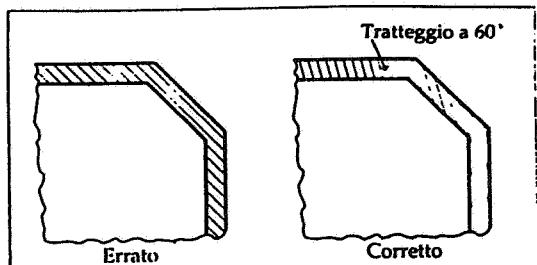
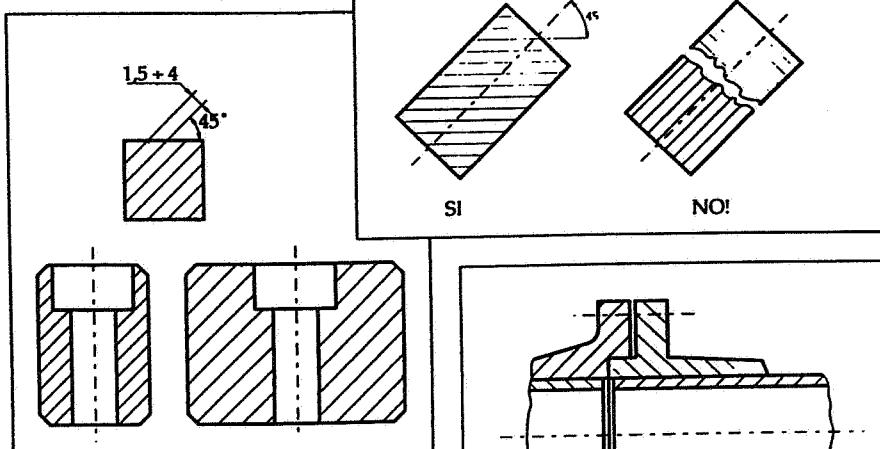
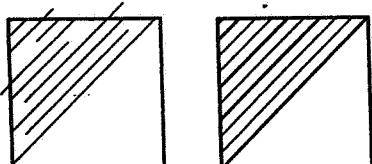


Fig. 43. La distanza fra le linee del tratteggio deve essere proporzionale alle dimensioni del disegno disegno.



na certa attenzione, senza uscire dai contorni della zona sezionata e con spaziatura regolare. Per superfici sezionate molto ampie si può limitare il tratteggio alla zona adiacente al contorno (fig. 45). Le sezioni di piccolo spessore, ad esempio lamiere o profilati, possono essere annerite completamente, lasciando un sottile spazio bianco tra gli elementi sezionati adiacenti (fig. 46) per distinguere. Il tratteggio va interrotto in corrispondenza di lettere o cifre o simboli grafici od eventuali altre indicazioni messe sul disegno (fig. 47). Nel caso di sezioni di gruppi o complessivi, i trattaggi del medesimo pezzo hanno la stessa inclinazione mentre i trattaggi di parti con-

Linee corte o lunghe Grossezze irregolari



Linee troppo fitte Spazi irregolari

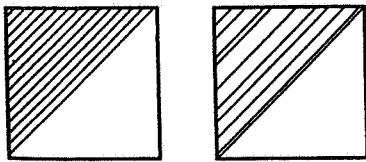


Fig. 44. Acuni aspetti di tratteggio da evitare

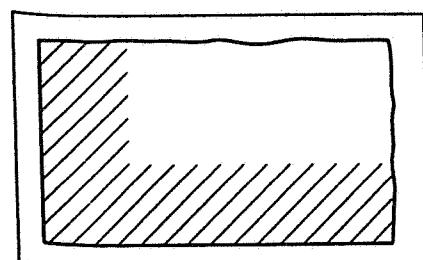


Fig. 45. Su superfici ampie il tratteggio può essere limitato alla zona adiacente al contorno.

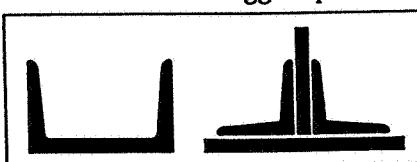


Fig. 46. Le sezioni di piccolo spessore si possono annerire.

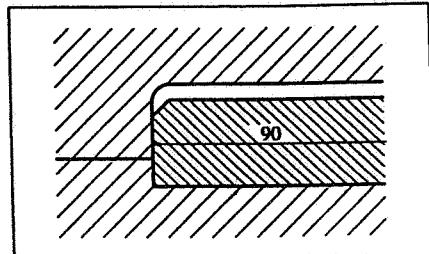
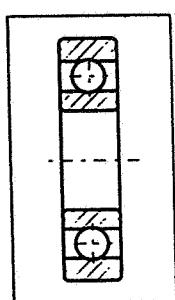


Fig. 47. Il tratteggio va interrotto in corrispondenza di scritte.

Fig. 48. Per distinguere parti contigue il tratteggio può essere eseguito con inclinazioni o passi diversi.

Fig. 49. Vengono tratteggiate nello stesso modo le parti componenti di un gruppo considerato un unico particolare (ad esempio un cuscinetto a sfere).



tigue appartenenti a pezzi diversi hanno differente inclinazione o intervallo (fig. 48). Se in un complessivo un elemento sezionato è composto di parti diverse ma è indicato con un unico numero di riferimento (ad esempio un cuscinetto a sfere) si può usare (conformemente a quanto previsto dalla ISO 8826) il medesimo tratteggio per tutte le parti componenti (fig. 49).

Indicazioni convenzionali dei materiali nelle sezioni

Si è detto in precedenza che, nelle sezioni, tutte le superfici che nei disegni indicano parti sezionate, devono essere ricoperte da tratteggio. La norma UNI 3972 ha cercato di fissare una differenziazione dei materiali mediante i tratteggi con cui si individuano le superfici sezionate in tutti i tipi di disegni tecnici. Si possono verificare nel disegno diversi casi.

a) Nel disegno si vuole semplicemente indicare quali sono le parti sezionate, senza preoccuparsi di indicare dettagliatamente quali sono i materiali che compongono le parti sezionate. È il caso che si verifica in moltissimi disegni

tecnicamente e di officina, che sono forniti di tutte le indicazioni necessarie ad individuare con precisione i singoli materiali.

In questo caso, si fa uso di tratteggio inclinato (fig. 50) formato da linee parallele continue fini (tipo B UNI 3968). Le parti diverse saranno distinte da diversa spaziatura o inclinazione; ovviamente se si tratta di

un unico particolare ogni sua parte avrà lo stesso tratteggio.

b) Nel disegno si vogliono differenziare i materiali secondo la loro natura, senza ulteriori specificazioni. I tratteggi previsti in questo caso sono quattro e sono presentati nella figura 51 cioè materiali aeriformi, liquidi, solidi, terreno.

c) Nel disegno si ritiene necessaria una ulteriore specificazione dei materiali solidi. In questo caso si devono usare gli otto tratteggi indicati nella figura 52.

È da tener presente che l'indicazione dei materiali attraverso le sezioni ha solo lo scopo di aumentare l'interpretabilità del disegno, e quindi la descrizione dei tipi di materiali deve essere fatta nel riquadro delle iscrizioni o nella distinta dei componenti (vedere cap. 9).

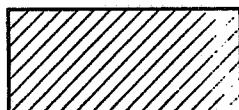
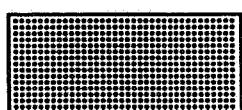
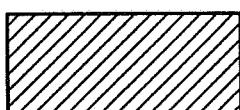


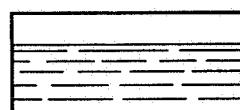
Fig. 50. Tratteggio generico di superficie sezionata: serve solo ad indicare le superfici effettivamente sezionate.



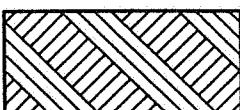
Materiali aeriformi ed assimilabili (quando hanno importanza funzionale)



Solidi



Liquidi



Terreno

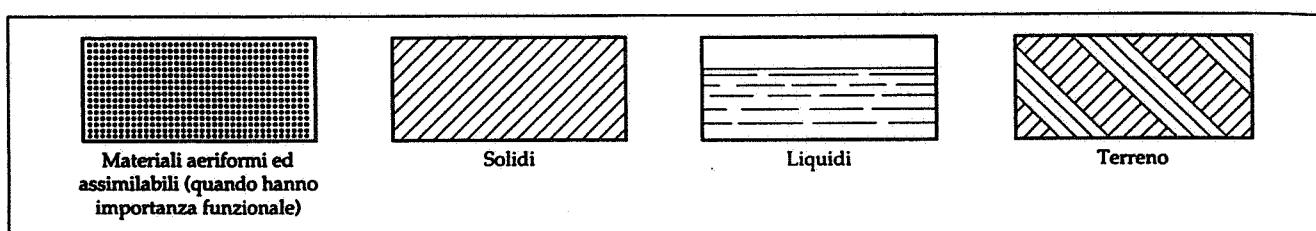
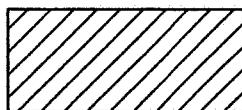
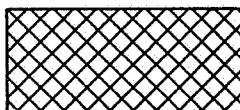


Fig. 51. Tratteggi generali. Servono a differenziare di massima soltanto la natura dei materiali; vengono usati quando non occorrono ulteriori specificazioni.



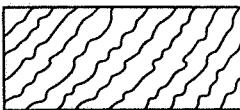
Materiale predominante (es. metallo in meccanica, laterizio in edilizia, vetro in ottica, ecc.)



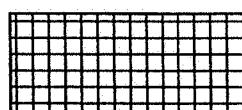
Materiale da mettere in particolare evidenza (es. parti a contatto con quelle individuate col tratteggio della figura accanto)



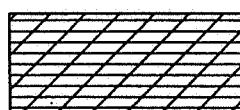
Materiali ausiliari (es. materie plastiche in meccanica, pietre e marmi in edilizia, ecc.)



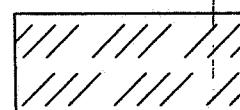
Legno



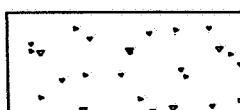
Avvolgimenti



Isolanti



Materiali trasparenti



Conglomerato cementizio

Fig. 52. Tratteggi per materiali solidi. Vengono usati quando nei disegni tecnici è necessaria una specificazione ulteriore dei materiali solidi.

4

CONVENZIONI DI RAPPRESENTAZIONE

Parti rappresentate non sezionate

Le vigenti norme sul disegno tecnico e, più in particolare, sulle sezioni, presentano però un notevole numero di eccezioni alla regola generale che im-

pone il tratteggio delle parti sezionate: in altre parole vi sono numerosi casi nei quali, per convenzione, alcuni elementi di pezzi sezionati vengono disegnati come se non fossero sezionati, cioè non vengono tratteggiati.

Ad esempio le nervature (fig. 53), gli alberi (fig. 54), le spine e i perni (fig. 55), i chiodi ed i ribattini (fig. 56), i bulloni (fig. 57), le razze di pulegge (fig. 58), i denti delle ruote dentate (fig. 59), sfere e rulli di cuscinetti volventi (fig. 60) e in generale tutti gli elementi che hanno piccolo spessore rispetto alla dimensione mag-

giore, quando quest'ultima è disposta parallela al piano di sezione, devono essere rappresentati non sezionati, ma in vista, anche nella sezione.

In definitiva, tutti gli elementi citati non si rappresentano mai sezionati, a meno che non presentino particolarità costruttive (ad esempio tubazioni, alberi cavi) che impongano di mettere in luce la forma della loro cavità interna e la lavorazione a cui devono essere sottoposti (fig. 61).

Si cerca però di solito di limitarsi alla zona indispensabile con una sezione parziale (figg. 54 e 62).

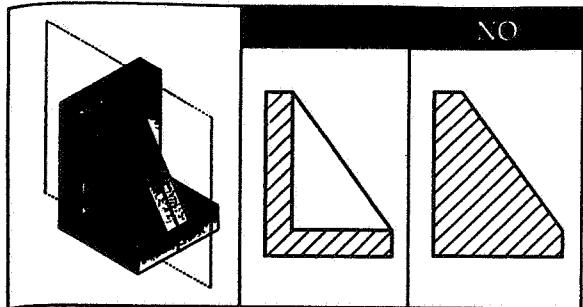


Fig. 53. Non si sezionano le nervature.

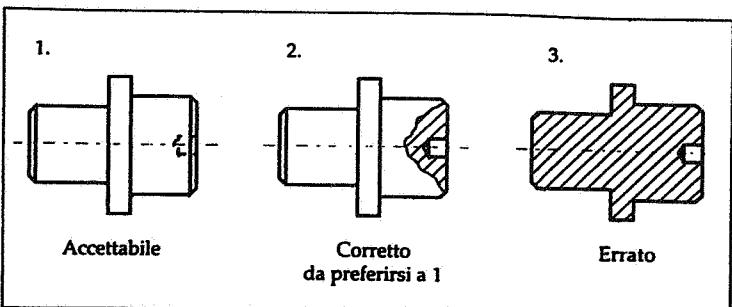


Fig. 54. Non si sezionano alberi e perni.

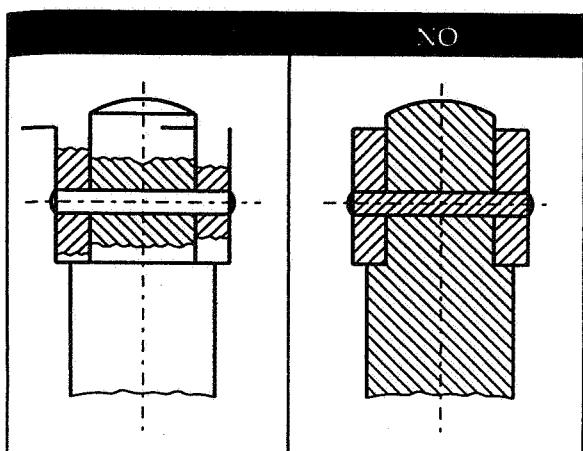


Fig. 55. Non si sezionano spine, chiavette e linguette.

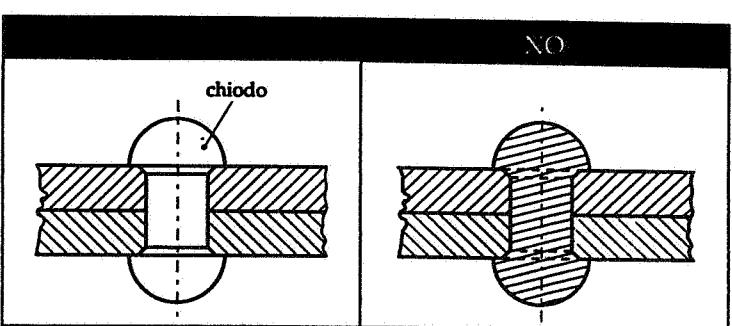


Fig. 56. Non si sezionano chiodi e ribattini.

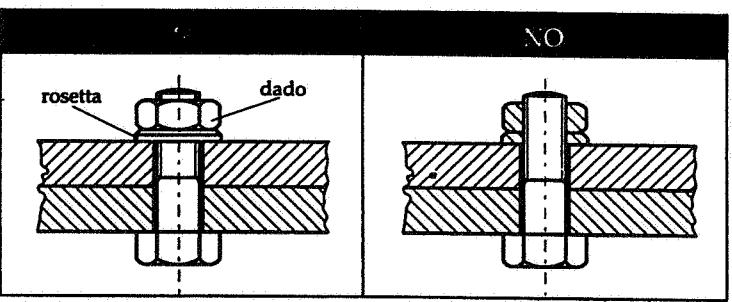


Fig. 57. Non si sezionano viti, dadi e rosette.

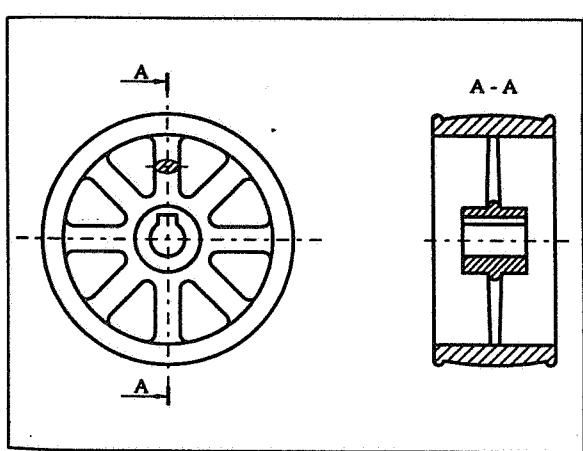


Fig. 58. Non si sezionano le razze delle pulegge.

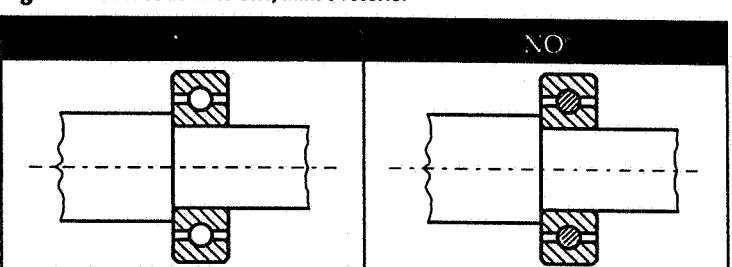


Fig. 60. Non si sezionano rulli e sfere nei cuscinetti volventi.

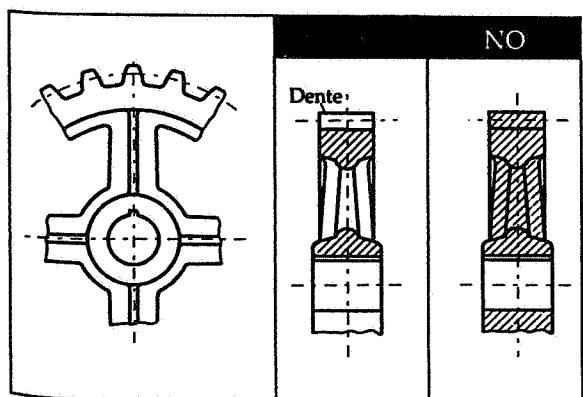


Fig. 59. Non si sezionano i denti delle ruote dentate.

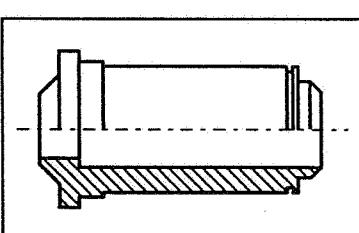


Fig. 61. Gli alberi si possono sezionare quando vi sono particolarità interne da rappresentare.

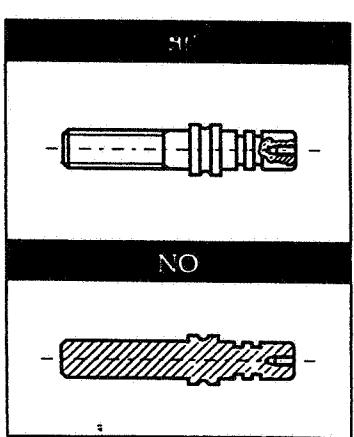


Fig. 62. La sezione del perno è errata; è sufficiente una sezione parziale per mettere in evidenza la filettatura.

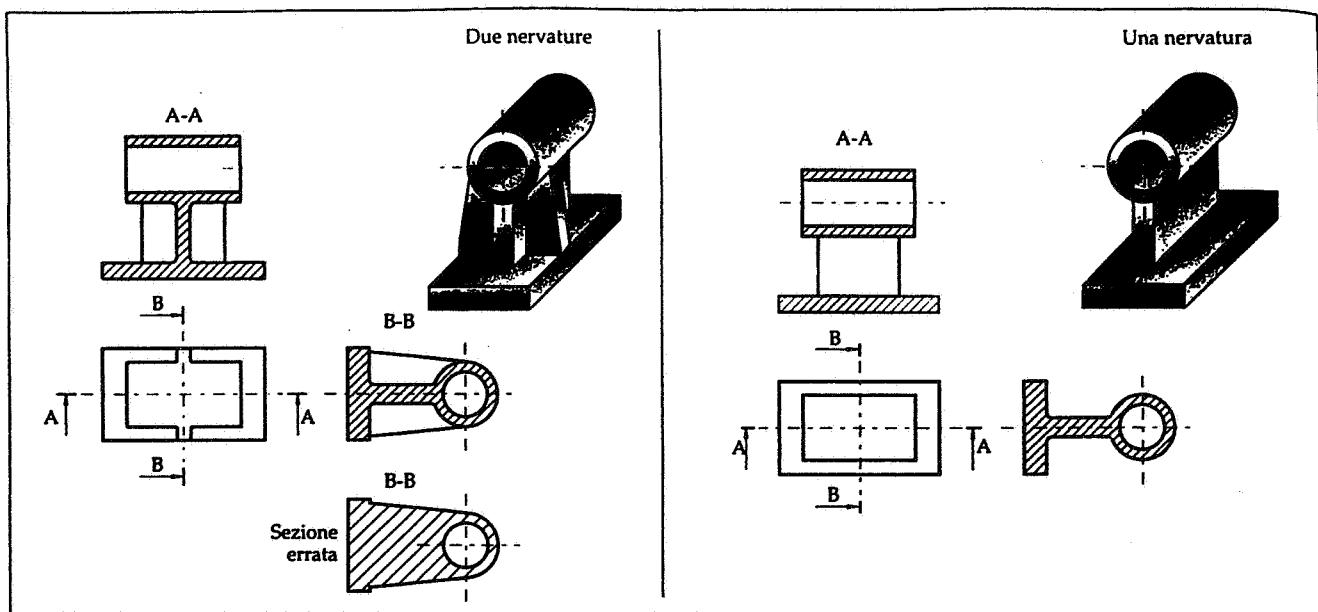


Fig. 63. Le nervature parallele al piano di rappresentazione non si sezionano.

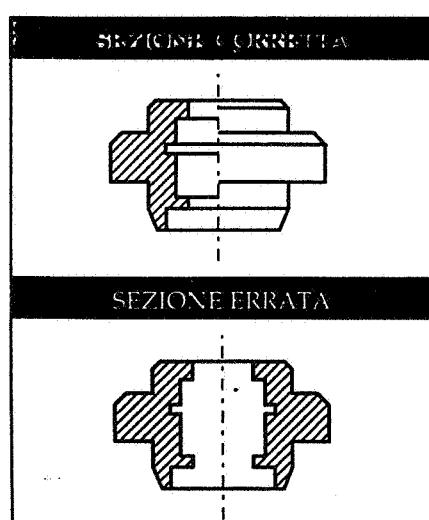


Fig. 65. La semisezione consente di presentare in un unico disegno esterno ed interno del pezzo; attenzione a non dimenticare linee.

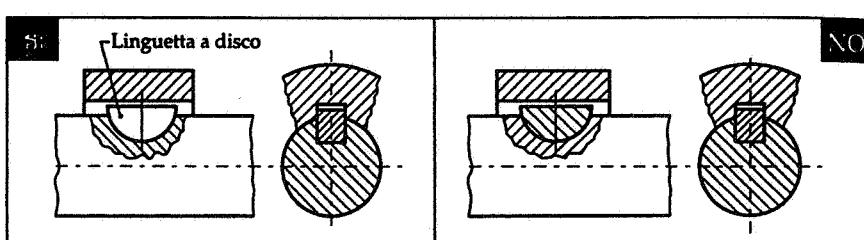


Fig. 64. Nella vista longitudinale la lingetta non viene sezionata e l'albero è sezionato parzialmente nella zona della cava.

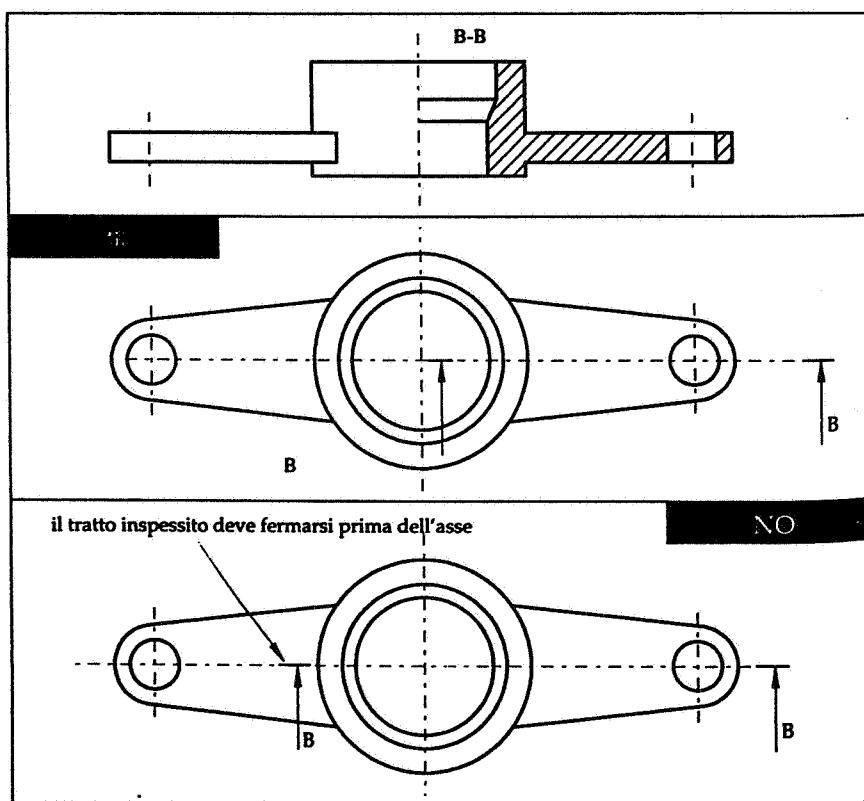


Fig. 66. Un tipico errore nell'esecuzione di semisezioni.

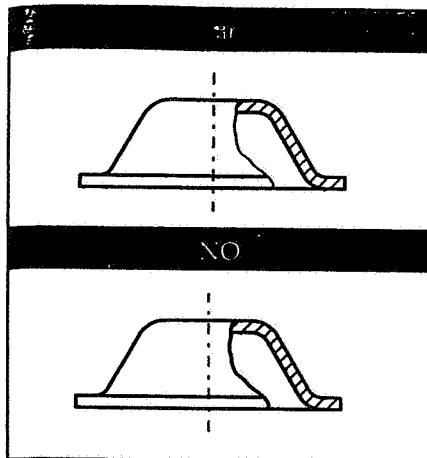


Fig. 67. L'indicazione della rottura ideale deve essere fatta con linea sottile tipo C.

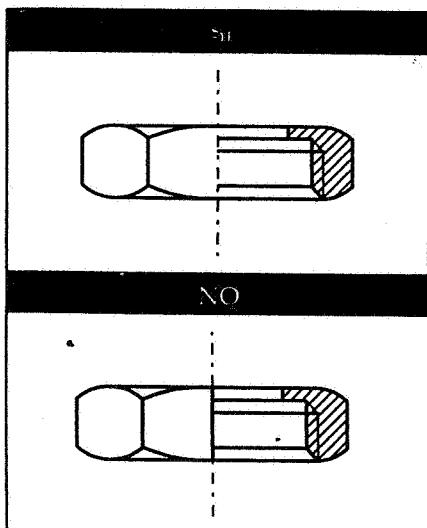


Fig. 68. La linea che delimita le zone sezionate da quelle non sezionate, in un solido assalsimmetrico è sempre la linea d'asse (tipo G).

Altre convenzioni particolari

Come si è visto già nel capitolo V, la rappresentazione degli oggetti tecnici può seguire delle norme particolari, tendenti a semplificare il disegno pur mantenendo la completezza di informazioni.

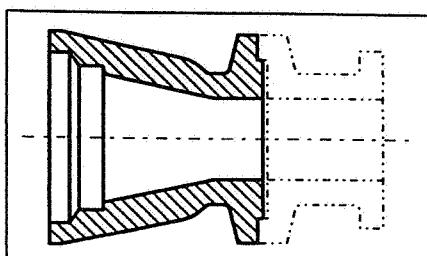


Fig. 69. Le parti contigue di un pezzo accoppiato, oltre ad essere rappresentate con linee K, non vengono tratteggiate, anche se tagliate dal piano di sezione.

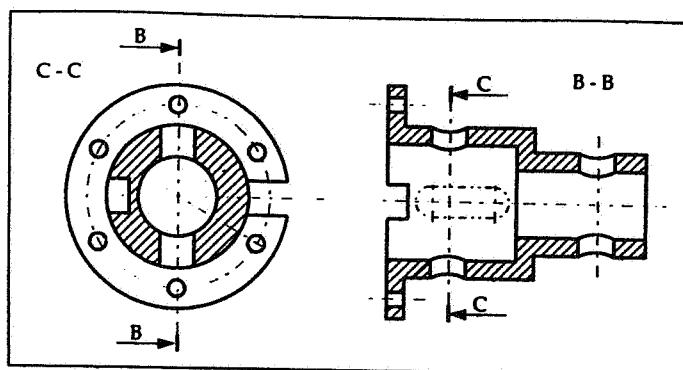


Fig. 70. Le singolarità geometriche poste davanti al piano di sezione vengono rappresentate con una linea K.

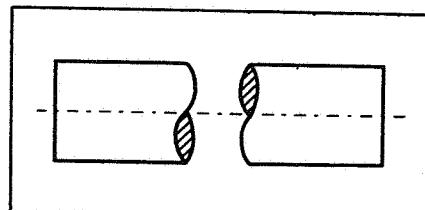


Fig. 71. L'unificazione attuale ha eliminato l'indicazione della sezione di corpi cilindrici, come appare in figura. Tuttavia si può trovare, oltre che in vecchi disegni, in molti schizzi, data la sua efficacia illustrativa.

Sezioni di solidi non assalsimmetrici

Ricorrendo ai concetti illustrati nel capitolo delle proiezioni piane, è possibile quindi ottenere le viste del solido sezionato semplicemente partendo dalle intersezioni del piano di sezione con le superfici del solido.

Ad esempio nel caso del prisma di figura 72 una volta tracciato *nella vista in pianta* il piano di sezione M-M (individuato mediante le sue tracce sul piano orizzontale e su quello laterale), si determinano le linee di intersezione del piano con le superfici del prisma nella vista principale; queste linee di intersezione costituiranno le linee di contorno della sezione (che vengono chiamate anche *linee d'ambito di sezione*), da riempire con un trattaggio.

Nel caso della figura 73 il piano di sezione è inclinato rispetto a due piani di proiezione, anche se è perpendicolare al piano principale. La determinazione delle linee di contorno delle sezioni sia nella pianta che nella vista laterale è abbastanza semplice, però si tenga presente che nessuna di queste rappresentazioni dà la vera forma della sezione stessa, e quindi converrebbe fare riferimento ad una vista ausiliaria sulla quale costruire la sezione.

Le figure 74 e 75 illustrano altri casi di sezioni di solidi con piani inclinati.

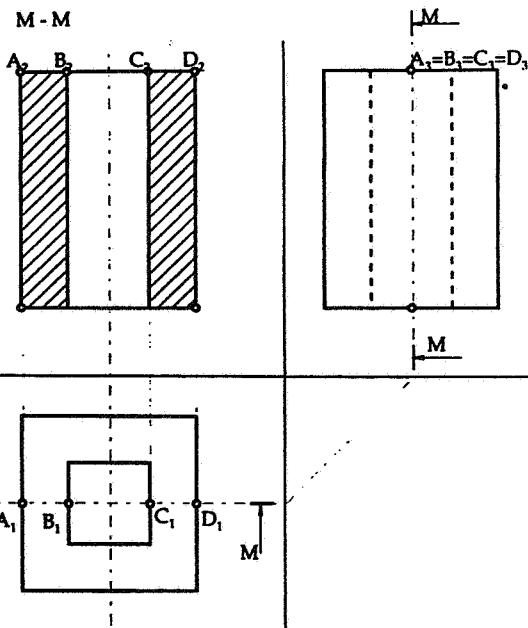


Fig. 72. Sezione di un prisma cavo avente l'asse perpendicolare al piano orizzontale, mediante piano M-M perpendicolare al P.O.

sezioni di solidi assalsimmetrici

Un particolare interesse pratico hanno le sezioni piane di solidi assalsimmetrici come il cono o il cilindro. Nel ca-

so del cilindro, possiamo avere tre casi: se il piano di sezione è normale all'asse del cilindro, si ottiene una sezione circolare; se invece il piano di sezione è inclinato rispetto all'asse, la sezione è ellittica (fig. 76). Nel caso in-

fine in cui il piano di sezione sia parallelo all'asse del cilindro, si ottiene una sezione rettangolare; infatti la figura 77 mostra la proiezione di un cilindro cavo sezionato con un piano parallelo all'asse, mentre nella figura 78 il piano di sezione è inclinato rispetto all'asse, e quindi si è fatto ricorso ad una vista ausiliaria per ottenere la reale forma della sezione.

Sezionando un cono con un piano si ottiene come intersezione una curva la cui forma dipende dalla posizione del piano sezionatore rispetto all'asse del cono (fig. 79a). Se il piano di sezione è perpendicolare all'asse del cono, si ottiene come contorno una circonferenza (fig. 79b); se il piano forma con l'asse del cono un angolo minore di 90° , ma maggiore della semipertura del cono (fig. 79c), si ottiene un'ellisse; se l'angolo è esattamente uguale alla semipertura del cono (cioè parallelo ad una generatrice), si ottiene una parabola (fig. 79d); infine se il piano forma con l'asse del cono un angolo minore della semipertura, si otterrà una iperbole (fig. 79e).

Nella figura 80 è indicata per cono retto la costruzione della sezione ellittica, ottenuta quindi con un piano α perpendicolare al piano verticale ed inclinato rispetto all'asse del cono di un angolo minore di 90° . Assunti come piani ausiliari un sistema di piani

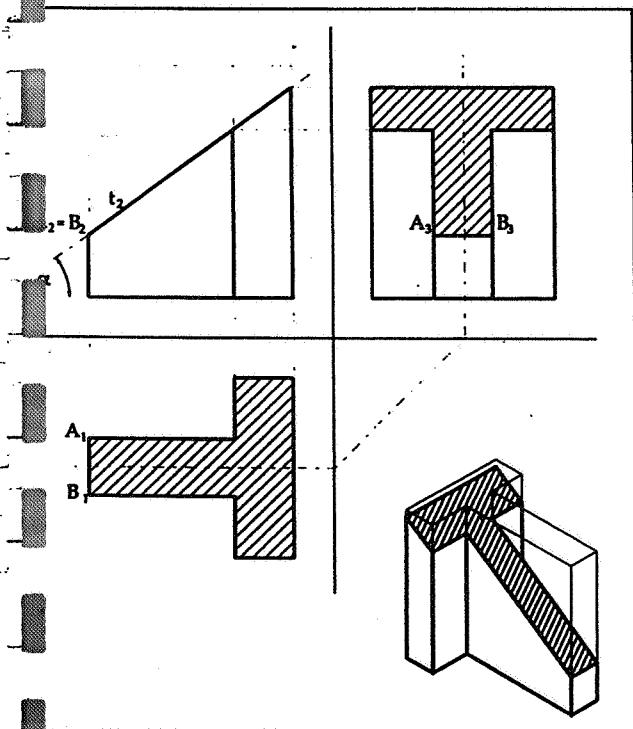


Fig. 73. Sezione di un solido perpendicolare al P.O., con la base a forma di T mediante un piano t2 perpendicolare al P.V. e inclinato di α rispetto al P.O.

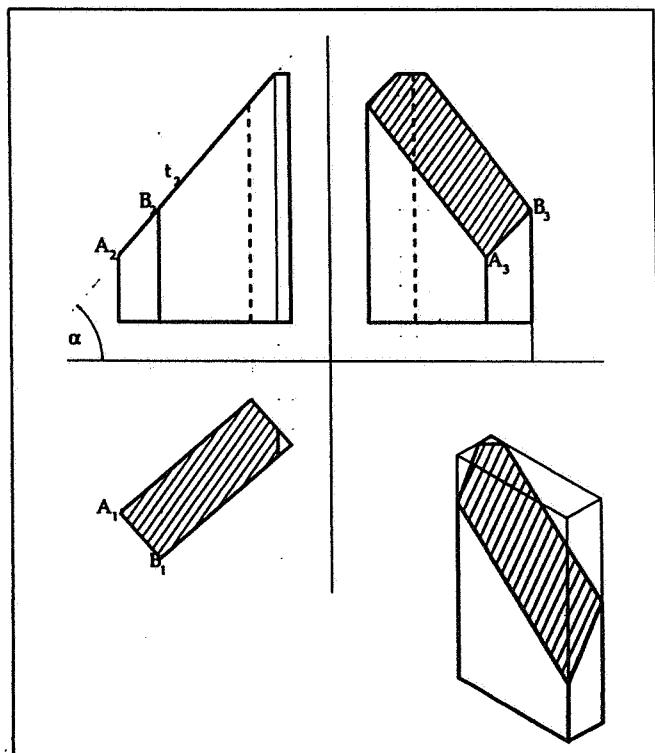
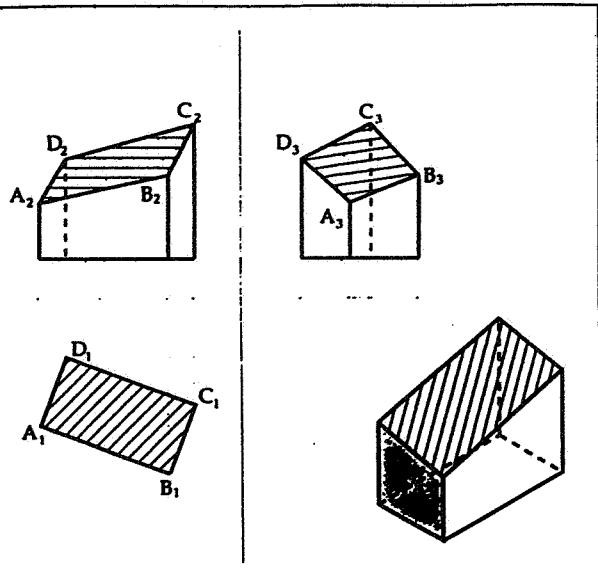


Fig. 74. Sezione di un prisma a base rettangolare, perpendicolare al P.O. e le facce laterali inclinate rispetto agli altri 2 piani.

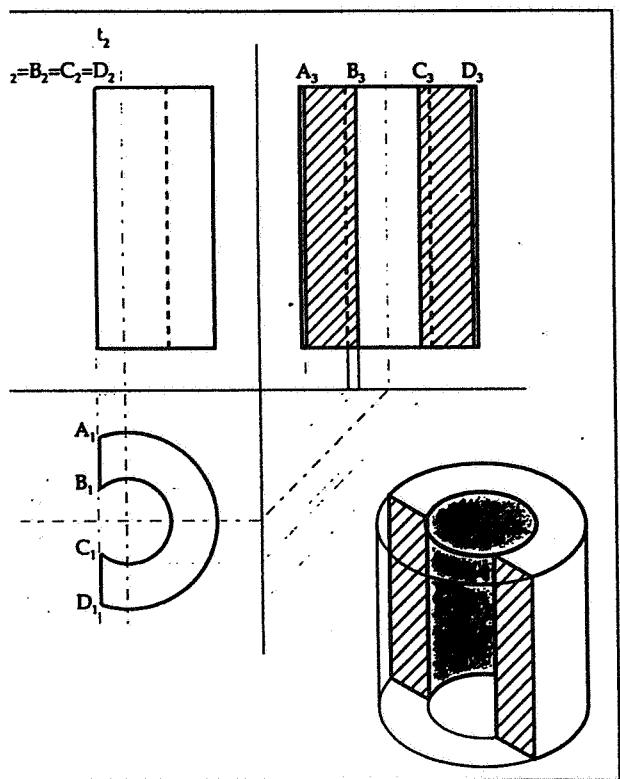
Fig. 75
lare al
diante .

A₂=I

Fig. 77



75. Sezione di un prisma a base rettangolare con l'asse perpendicolo P.O. e le facce laterali inclinate rispetto agli altri 2 piani, mette un piano obliquo.



77. Sezione di un cilindro cavo con un piano t2 parallelo all'asse.

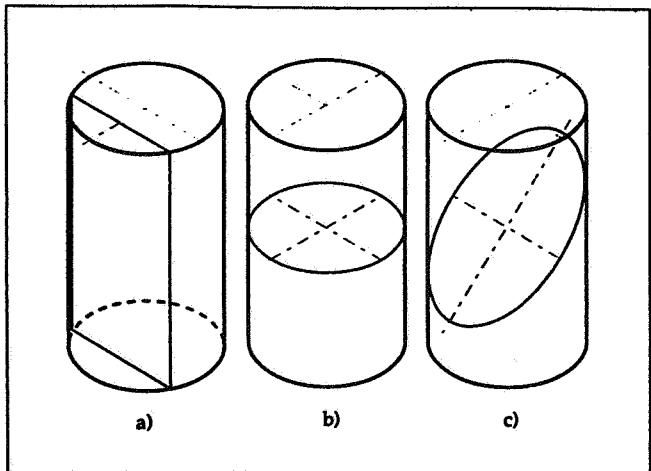


Fig. 76. Sezioni di un cilindro con un piano
a) piano parallelo all'asse, sezione rettangolare
b) piano perpendicolare all'asse, sezione circolare
c) piano inclinato rispetto all'asse, sezione ellittica.

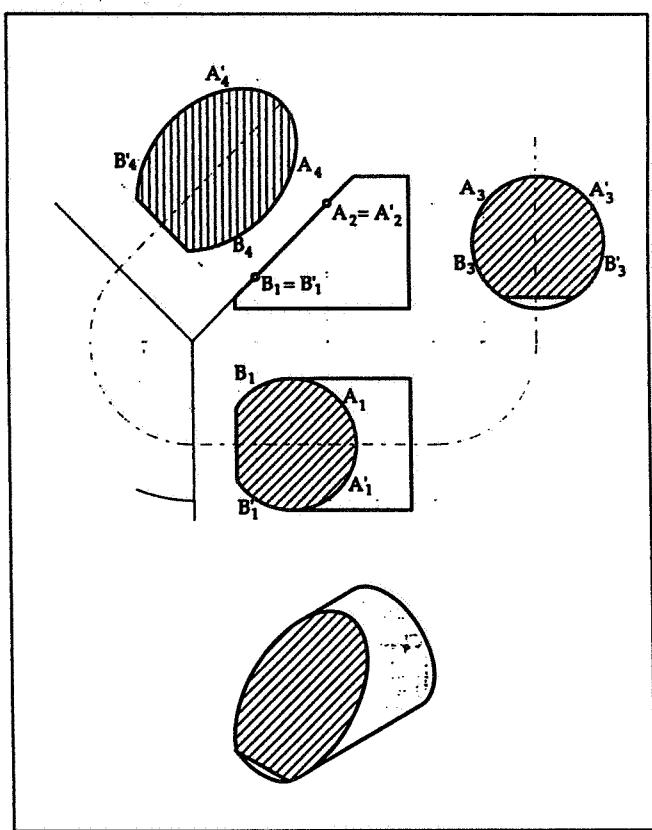


Fig. 78. Sezione di un cilindro con un piano inclinato di 45° rispetto all'asse.

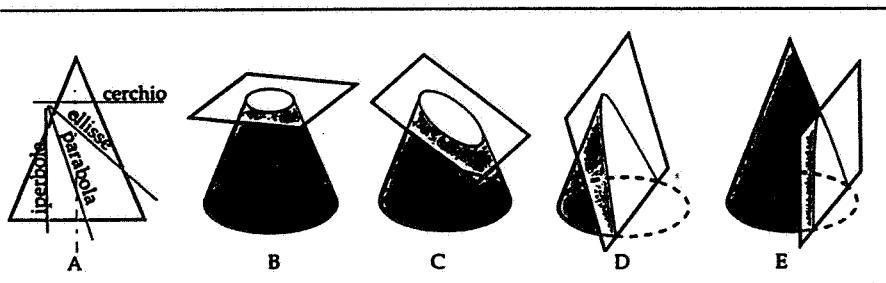


Fig. 79. Sezioni di un cono con un piano:
A) posizione dei vari piani;
B) piano perpendicolare all'asse del cono, sezione circolare;
C) piano formante con l'asse un angolo minore di 90° (maggiore però della semiapertura del cono), sezione ellittica;
D) piano parallelo ad una generatrice, sezione parabolica;
E) piano formante con l'asse un angolo minore della semiapertura del cono, sezione iperbolica.

paralleli al piano orizzontale; uno di questi piani, la cui traccia sul piano verticale, è β , intersecherà, nel piano verticale, il piano di sezione in un punto B_2' e la superficie conica nel punto B_2 ; essendo il piano β perpendicolare all'asse del cono, si otterrà una circonferenza C_1 , che può essere disegnata sul piano orizzontale. Da B_2 , si conduce la perpendicolare alla linea di terra, determinando i punti B_1 e B_1' ; intersezioni con la circonferenza. I due punti trovati appartengono al piano di sezione α , in quanto appartenenti anche alla superficie laterale del cono e sono punti della circonferenza di intersezione del cono col piano ausiliario β . Ripetendo la costruzione per un numero sufficiente di punti, si otterrà la curva completa in pianta; procedendo con i metodi già studiati, è possibile osservare i punti della curva anche nella vista laterale. Infine, sempre con le regole sulle proiezioni di solidi inclinati esposte nel precedente capitolo, è possibile ottenere la vera forma della figura su un piano ausiliario.

Le figure 81 e 82 rappresentano le costruzioni per ottenere le sezioni di un cono con un piano parallelo ad una generatrice o all'asse del cono, ottenendo rispettivamente una *parabola* ed una *iperbole*. Sezionando una sfera con un piano parallelo al piano orizzontale (fig. 83) si ottiene un cerchio che si vedrà in vera forma nella vista in pianta; se invece il piano di intersezione

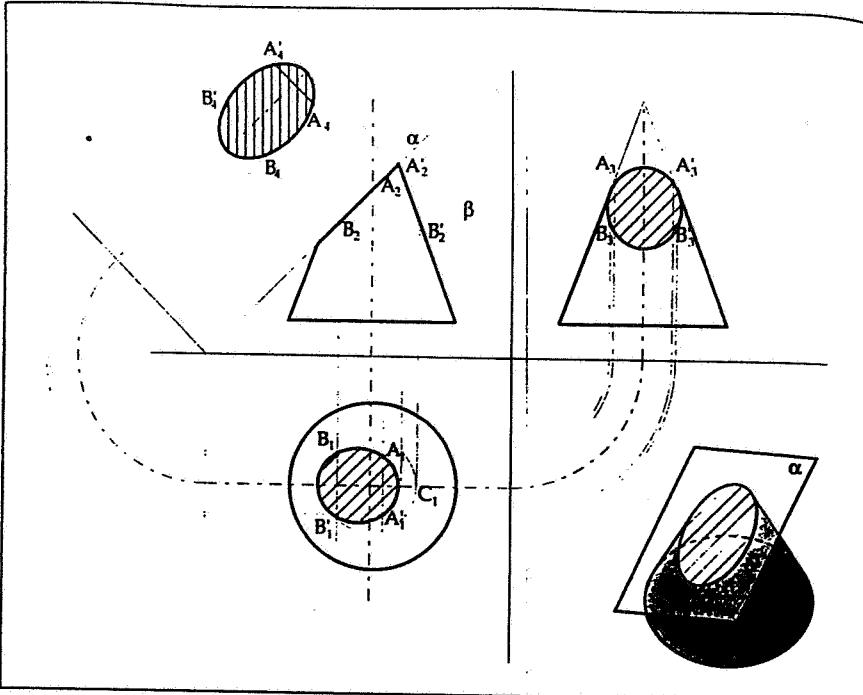


Fig. 80. Sezione ellittica di un cono retto, con un piano inclinato rispetto all'asse.

ha una giacitura generica, ovvero perpendicolare al piano verticale (fig. 84), si otterrà sul piano orizzontale (o su quello laterale) un'ellisse, la cui costruzione è immediata con l'ottenimento dell'asse maggiore C_1D_1 e dell'asse minore A_1B_1 ; in vera forma si avrà ovviamente ancora un cerchio.

COMPENETRAZIONI DI SOLIDI

Un problema grafico che si presenta molte volte nella rappresentazione di componenti meccanici consiste nella determinazione delle linee di intersezione di parti solide o cavità.

Il problema non ha solo interesse geometrico, ma trova applicazione pratica in diversi rami dell'ingegneria: basti pensare alle ramificazioni di condotte, nel campo impiantistico, oppure al caso di pezzi attraversati da scanalature o da fori che possono essere appunto considerati come solidi cavi. I casi di più frequente applicazione riguardano le compenetrazioni tra solidi prismatici (in cui tutte le intersezioni piane sono linee rette), quelle tra questi e solidi di rivoluzione e di questi ultimi fra di loro (che ricorre di frequente in connessioni di tubature o innesti di condotte in contenitori cilindrici o prismatici).

Per il tracciamento delle linee di intersezione di solidi compenetrati esistono diverse metodologie; solitamente le curve di intersezione si traggono per punti, si determina cioè un numero sufficiente di punti appartenenti contemporaneamente ad entrambe le superfici dei solidi compenetrati; i

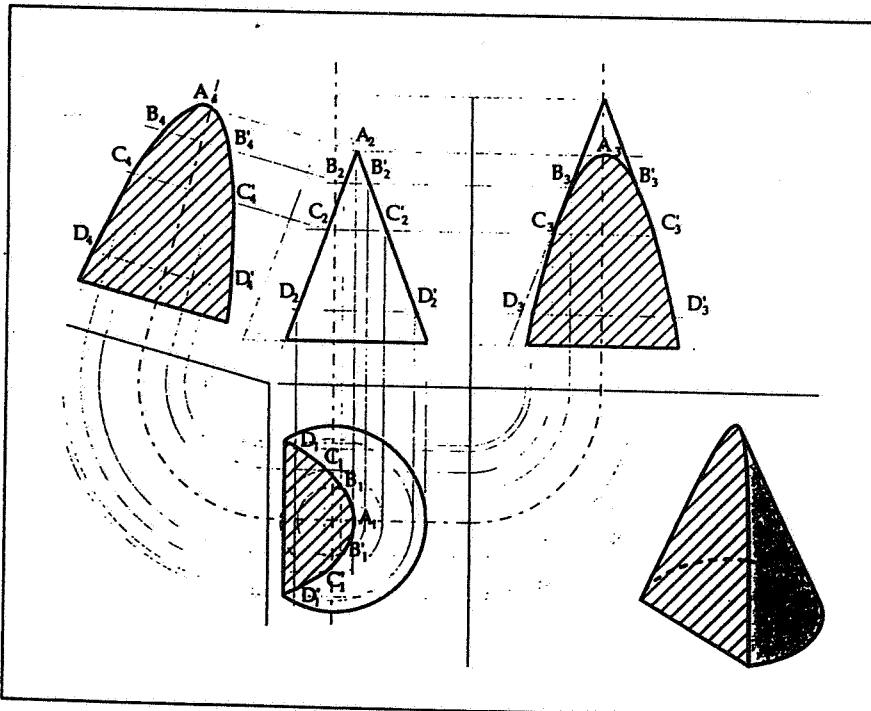


Fig. 81. Sezione parabolica di un cono retto, con un piano parallelo alla generatrice.

punti vengono poi uniti con segmenti o curve a seconda dei casi.
La curva risultante dall'intersezione di due solidi, chiamata *figura di intersezione*, risulterà quindi spesso approssimata.

Compenetrazione tra solidi prismatici

L'intersezione di due piani è un segmento di retta; quindi se due solidi sono compenetrati da solidi delimitati da facce piane, la figura di intersezione sarà composta da segmenti di retta. La figura 85 mostra la costruzione delle linee di intersezione di un prisma retto a base quadrata con un foro quadrato, considerabile quindi anch'esso come un analogo prisma a base quadrata. La costruzione geometrica può avvenire a partire dal prospetto e dalla pianta; i punti $B_3=A_3$, $B'_3=A'_3$ della

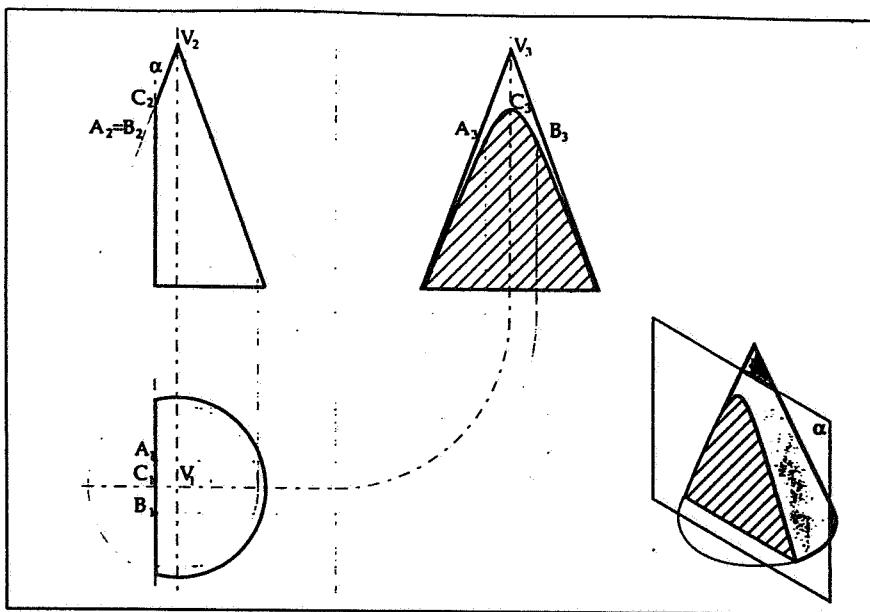


Fig. 82. Sezione iperbolica di un cono retto, con un piano parallelo all'asse.

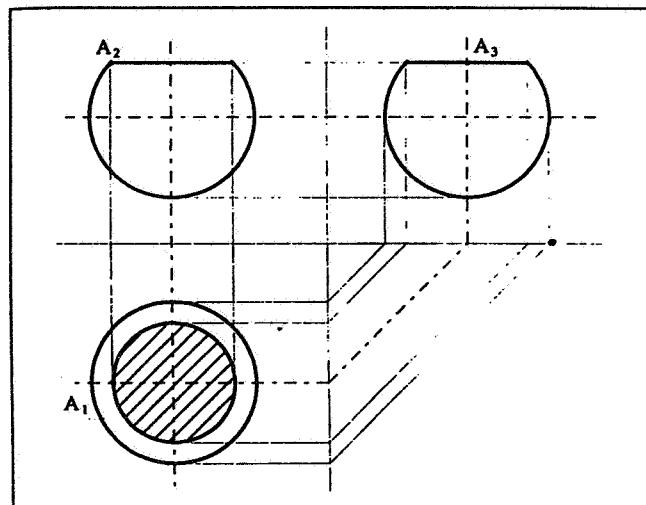


Fig. 83. Sezione di sfera con un piano orizzontale: si ottiene un cerchio.

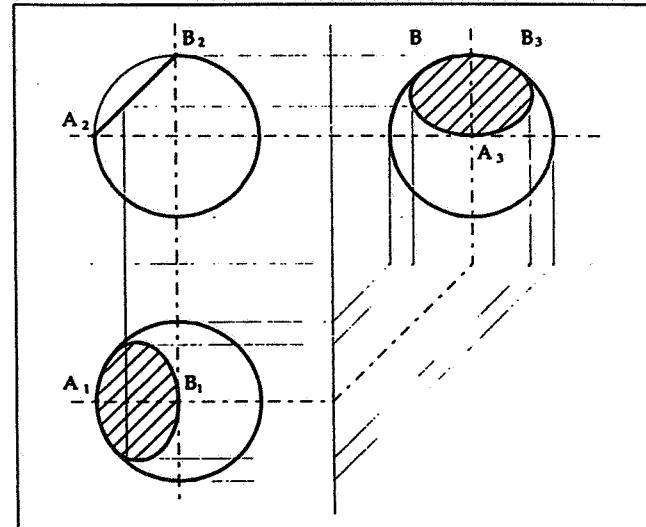


Fig. 84. Sezione di sfera con un piano inclinato: in vera grandezza si ottiene sempre un cerchio, che si proietta sui piani principali come ellisse.

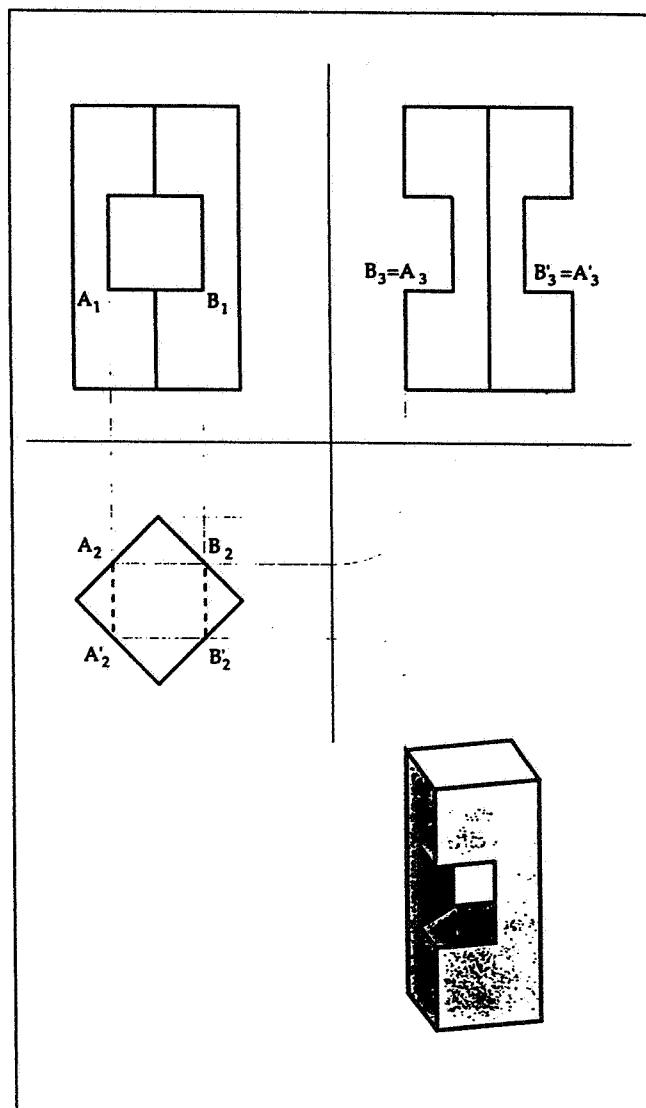


Fig. 85. Intersezione di un prisma retto con un foro prismatico.

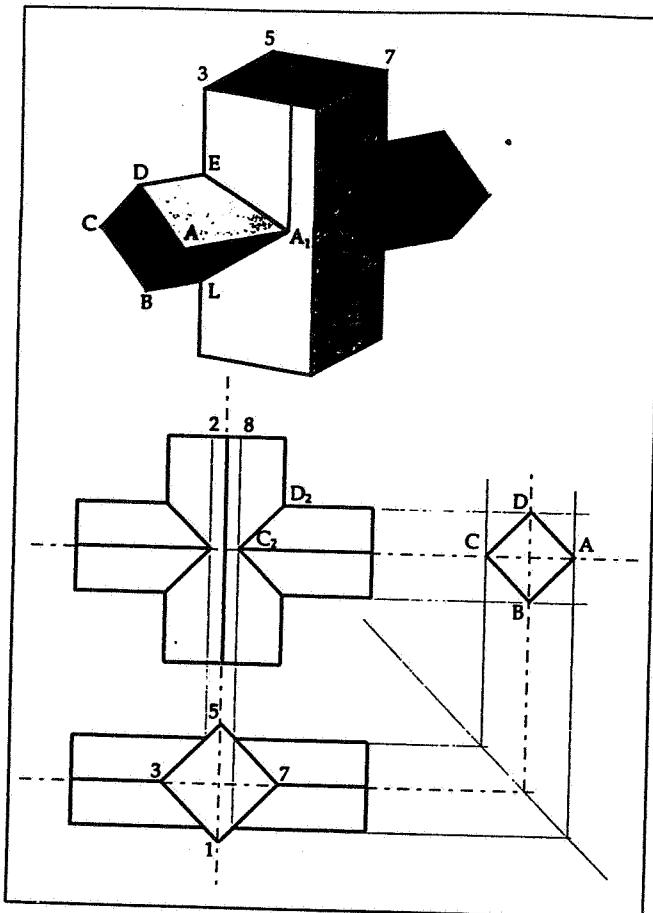


Fig. 86. Intersezione di due prismi retti ortogonali.

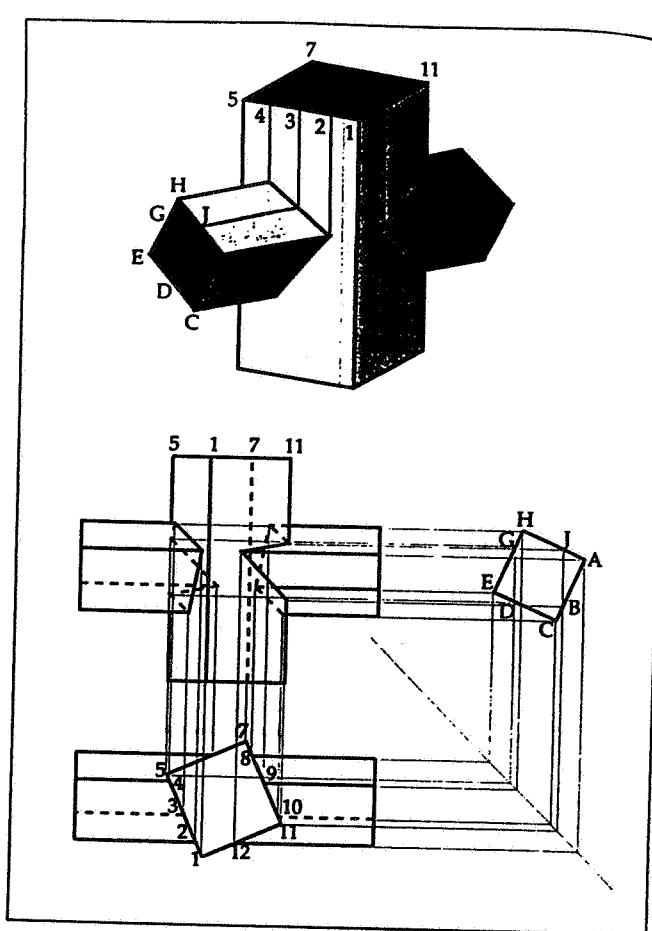


Fig. 87. Intersezione di prismi retti ad assi sghembi.

vista laterale si ottengono come proiezioni di punti già definiti nel primo e secondo piano di proiezione. Nelle figure 86 e 87 si hanno costruzioni analoghe con diverse posizioni dei prismi.

Compenetrazione tra solidi prismatici e di rivoluzione

Nella figura 88 è illustrato il disegno della compenetrazione tra un cilindro ad asse verticale ed un prisma retto a sezione quadrata, ad asse orizzontale. In questo caso la linea di intersezione in pianta è definita da due archi di cerchio. Le intersezioni tra le facce a ed a' del prisma col cilindro sono i segmenti A_2B_2 e C_2D_2 , che si ottengono mandando le linee di richiamo da $A_1=B_1$ e $C_1=D_1$ sino ad intersecare le tracce dei piani b e b'. Sul piano laterale ritroviamo i segmenti A_3B_3 e C_3D_3 . Se il cilindro è ad asse orizzontale, ed interseca il prisma, ad asse verticale, come in figura 89, intersezioni sono dei tratti di curva. La figura illustra il procedimento nel caso di aver già tracciato il profilo e la pianta.

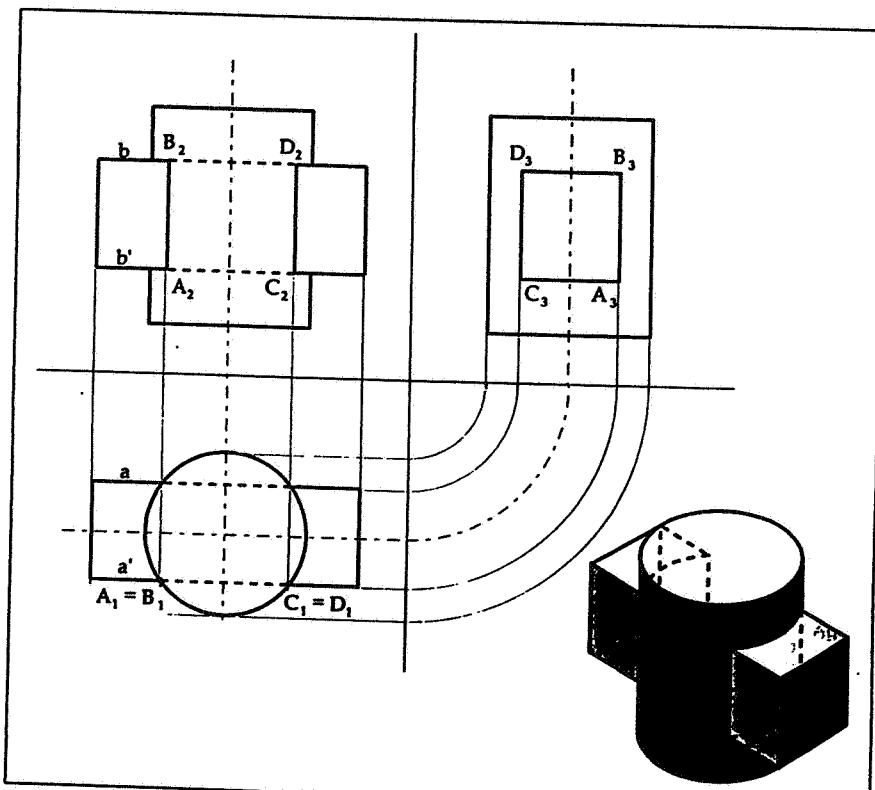


Fig. 88. Intersezione fra un cilindro ed un prisma, retti, ad assi ortogonali.

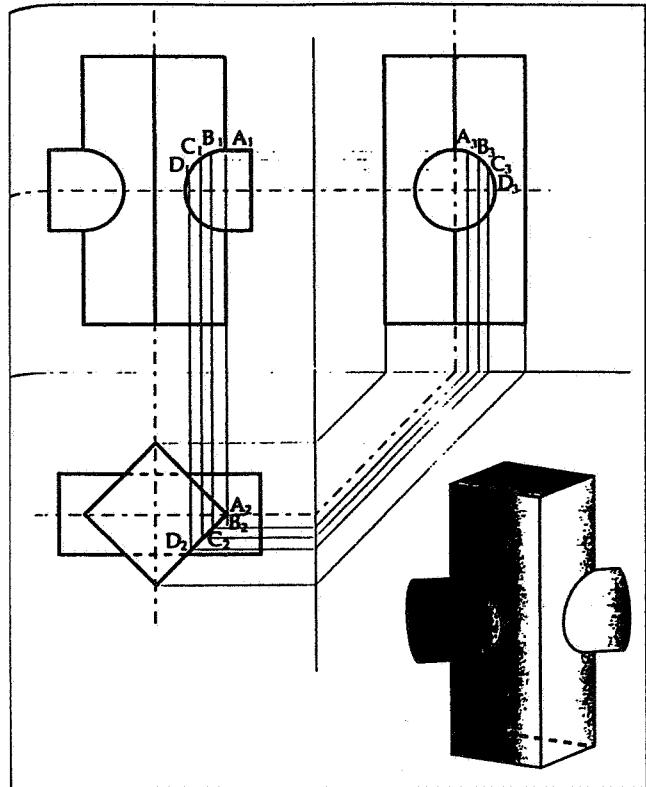


Fig. 89. Intersezione fra un prisma verticale ed un cilindro orizzontale.

Fig. 90. La scanalatura della testa di una vite rappresenta un esempio tipico di intersezione tra un tronco di cono e un elemento prismatico. Dopo aver costruito il prospetto e la pianta, le intersezioni corrispondenti nel piano laterale consentiranno la costruzione della linea $A_3 B_3$.

Si possono quindi prendere quattro punti qualsiasi sul cilindro nel piano laterale come A_3, B_3, C_3 , e D_3 e disegnare le linee di richiamo nel piano or-

izontale; le intersezioni corrispondenti dal piano orizzontale consentiranno la costruzione per punti delle due curve di penetrazione nel piano vertica-

le. Le figure 90, 91 e 92 chiariscono altri procedimenti per ottenere le linee di penetrazione tra solidi prismatici e di rivoluzione.

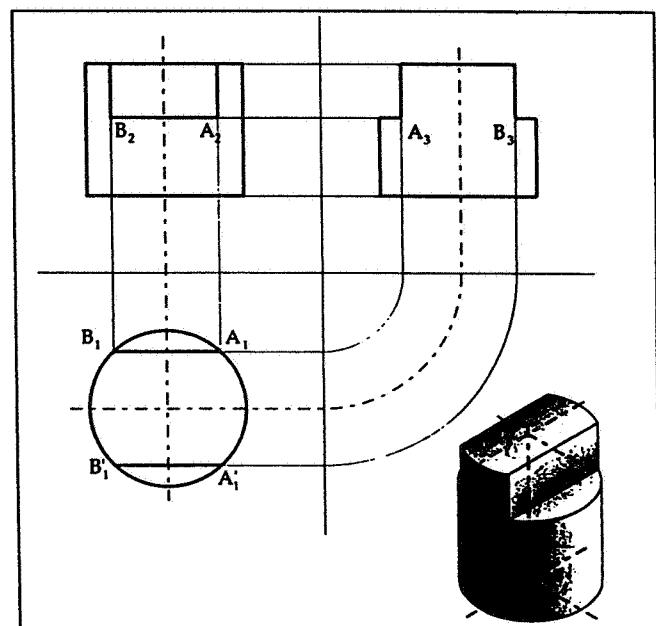


Fig. 91. Il taglio trasversale può essere considerato come un prisma che interseca il cilindro.

Fig. 92. Il pezzo rappresentato può essere considerato come sovrapposizione di un cilindro e di un prisma a facce arrotondate oppure, come in questo caso, come intersezione fra cilindro e prisma.

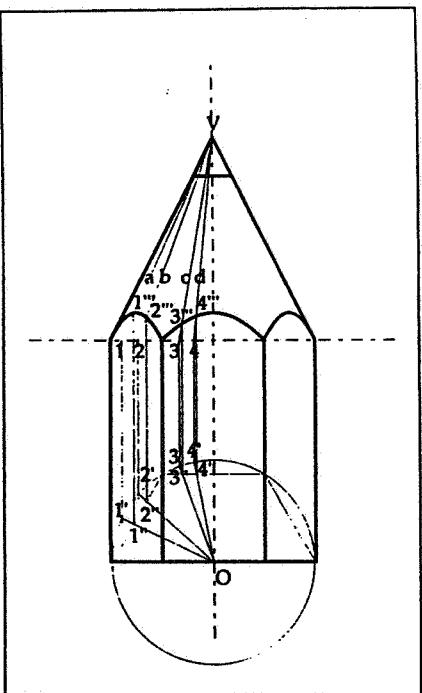


Fig. 93. Nell'estremità di una matita si ha l'intersezione di un prisma esagonale con un cono. Dal vertice V del cono si conducano alcune generatrici a, b, c e d , che incontreranno la linea di intersezione dei due solidi nei punti $1, 2, 3$ e 4 ; da questi punti si conducano delle linee verticali che incontreranno la proiezione circolare della base del cono nei punti $1', 2', 3'$ e $4'$; congiungendo questi punti col centro del cerchio, si intercerteranno i punti $1'', 2'', 3''$ e $4''$ da cui possono partire delle linee verticali le cui intersezioni con le generatrici di partenza daranno i punti $1'''$, $2'''$, $3'''$ e $4'''$ cercati.

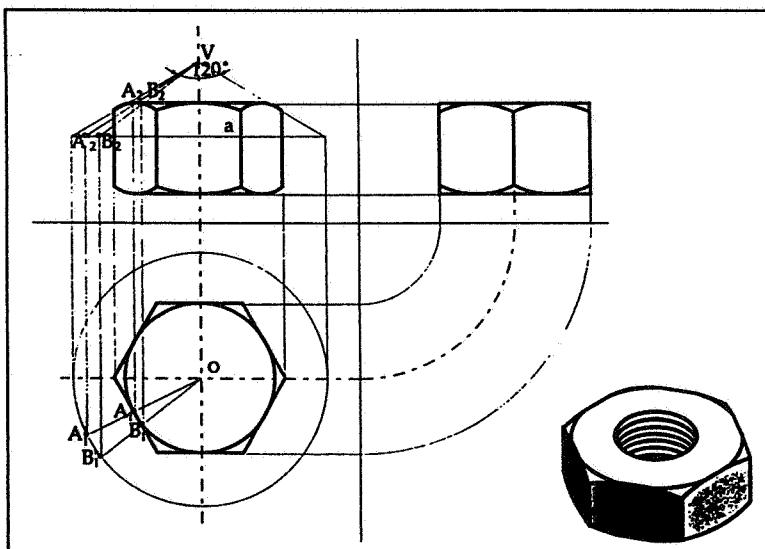


Fig. 94. Anche in un dado si trova l'intersezione fra prisma esagonale e cono. La costruzione è analoga al caso precedente, cioè a partire dal vertice del cono si possono condurre alcune generatrici a piacere fino ad incontrare la linea orizzontale a , considerata come proiezione della base del cono; dai punti di intersezione, si conducano delle linee verticali, che incontreranno la proiezione circolare della base del cono nei punti A' e B' ; i punti della curva di intersezione saranno determinati come nel caso precedente.

Un altro semplice esempio di questo tipo di compenetrazione è rappresentato dalla punta della matita prismatica sulla quale risulta ben visibile una curva di compenetrazione ottenuta dall'intersezione di un cono ed un prisma esagonale (fig. 93).

Una intersezione simile, fra un prisma retto ed un cono di grande apertura, si ha nei dadi esagonali (fig. 94).

Compenetrazione fra solidi di rivoluzione

La figura 95 mostra casi di intersezioni frequenti tra cilindri. Nei cilindri che si intersecano ortogonalmente, quando i raggi dei due solidi sono molto differenti, si preferisce l'approssimazione con un segmento (a); se la differenza è meno elevata, la curva di intersezione è approssimata da un arco di raggio r uguale al raggio del cilindro maggiore (b); nel caso di cilindri di eguale diametro, le linee di intersezione degenerano in segmenti di retta (d, f).

In tutti gli altri casi, si preferisce far uso di semplici costruzioni per l'ottenimento della curva; è possibile usare tre metodi differenti: il metodo delle generatrici, il metodo dei *piani ausiliari* e quello delle *sfere ausiliarie*.

Metodo delle generatrici.
La linea di intersezione è tracciata per punti, tracciando le generatrici e determinando i

punti di intersezione nelle diverse viste. Tipico è il caso di un cilindro attraversato da un foro: come si vede dalla figura 96, i punti della linea di intersezione nella terza vista vengono determinati scegliendo a piacere alcuni punti sulle generatrici A, B e C sul cilindro di diametro minore. Proiettando i punti sul piano orizzontale e laterale, si ottengono le linee di intersezione dei due solidi.

Metodo dei piani ausiliari.

Si utilizzano dei piani ausiliari che taglino le superfici dei due solidi secondo curve piane, i cui punti comuni appartengono alla figura di intersezione cercata. Nell'esempio è illustrato il procedimento per ritrovare la figura di intersezione tra due cilindri perpendicolari (fig. 97), oppure con uno dei due cilindri con l'asse inclinato rispetto al primo (fig. 98). È opportuno scegliere i piani ausiliari in modo da ottenere linee e curve semplici.

Metodo delle sfere ausiliarie.

Col metodo delle generatrici sono necessarie tre viste per poter ricavare la linea di intersezione; col metodo delle sfere ausiliarie è sufficiente una sola vista, ma può essere usato solo nei casi di compenetrazione di solidi di rotazione ad assi concorrenti.

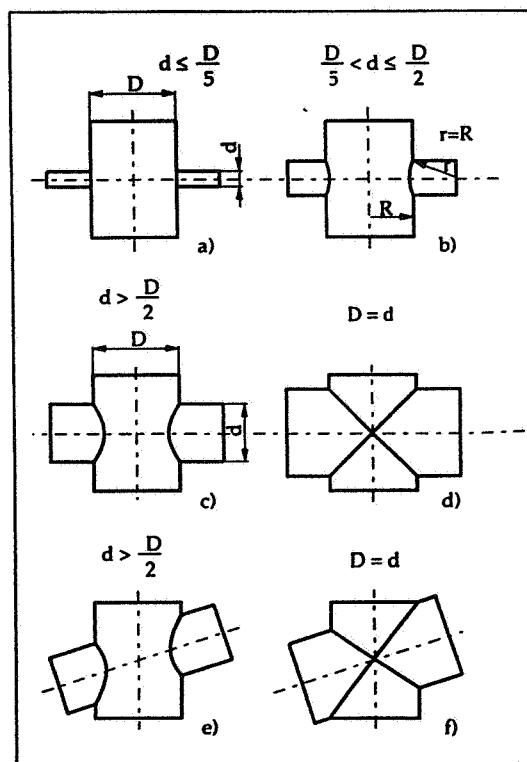


Fig. 95. Intersezioni tra cilindri: alcune rappresentazioni. Vengono semplificate.

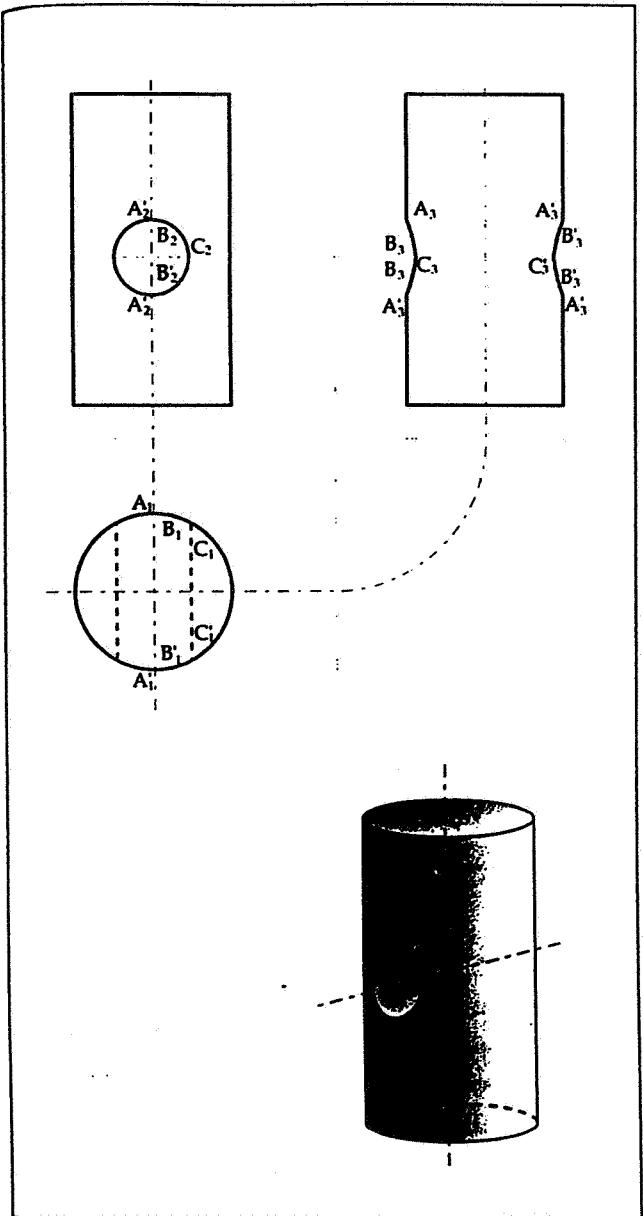


Fig. 96. Ricerca della intersezione tra due cilindri col metodo delle generatrici.

Per risolvere il problema, si considerano una o più sfere ausiliarie, con centro nel punto in cui si intersecano gli assi dei due solidi (fig. 99).

Il problema si risolve determinando i punti di intersezione delle circonferenze determinate dalle intersezione delle sfere con i cilindri e costruendo per punti le linee di penetrazione.

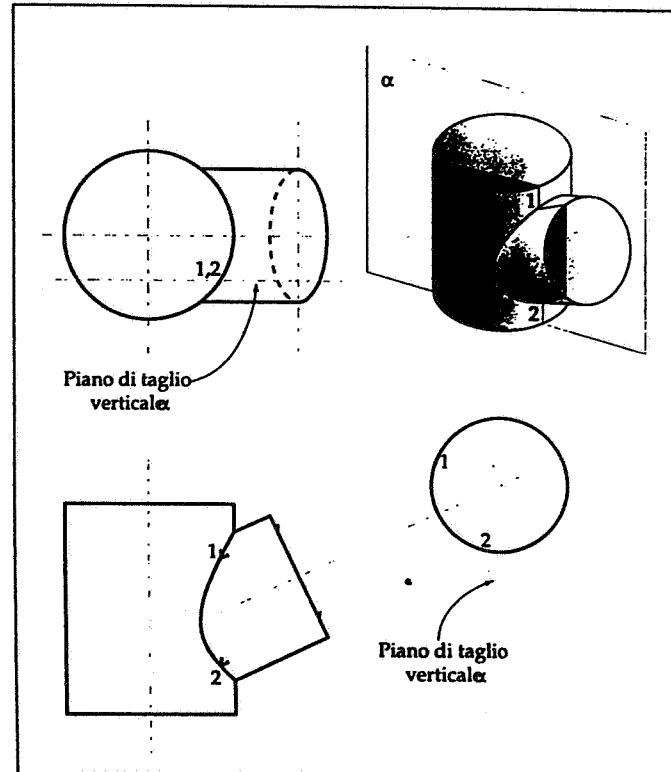
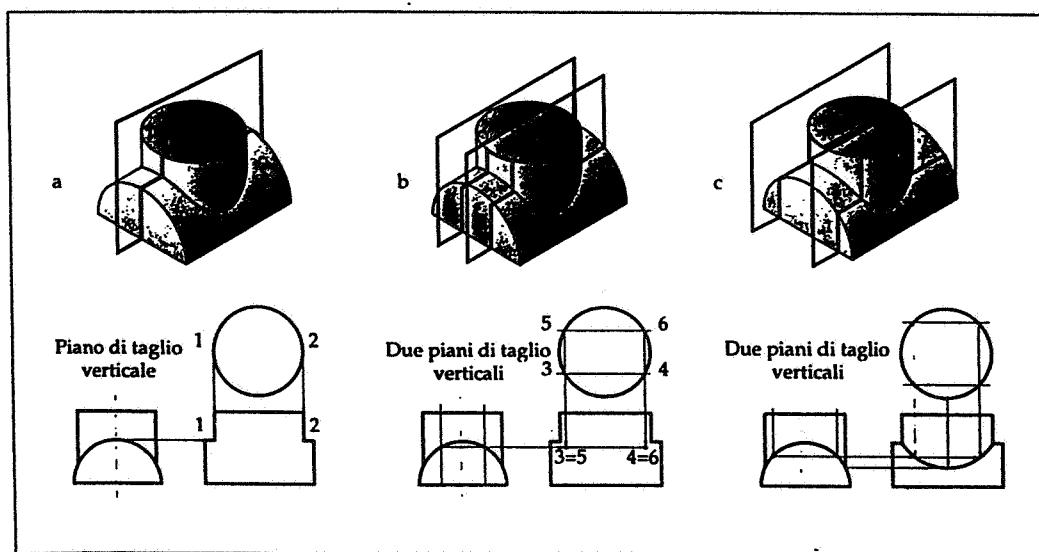


Fig. 98. Intersezione di cilindri ad assi inclinati con il metodo dei piani ausiliari. Per trovare l'intersezione dei cilindri, è possibile usare una vista ausiliaria; disegnando la traccia del piano verticale sulla vista ausiliaria e su quella verticale, i punti di intersezione determineranno la forma della curva sul piano orizzontale (in basso).

Fig. 97; Intersezione di cilindri ad assi ortogonali; si possono usare progressivamente una serie di piani ausiliari che determineranno nella vista principale il luogo dei punti della curva di intersezione:

- a) il piano verticale parallelo agli assi dei due cilindri stabilisce la posizione dei primi due punti di intersezione 1 e 2;
- b) altri due piani paralleli a quello precedente determinano quattro ulteriori punti di intersezione 3, 4, 5 e 6;
- c) altri piani determineranno altri punti che saranno connessi con una curva.



Le fig
stran
quen
portu
tersez
pi cili

7

Gen-

La su
esser
storsi
te si
tutti
sono
lido
cie
diste
esatte
a soli
super
cono
appre
che,
ne su
pabil
(ad e:
L'ope
ment
tutte
realiz
toi o

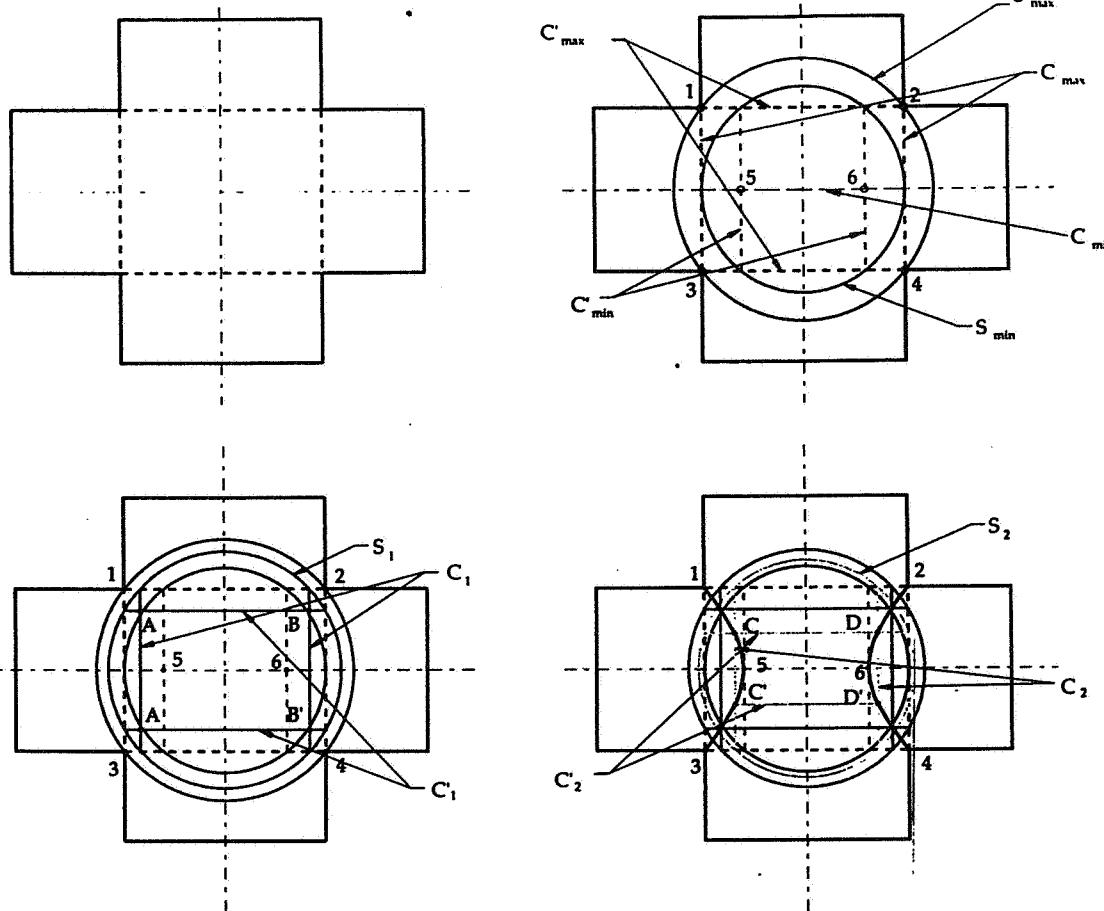
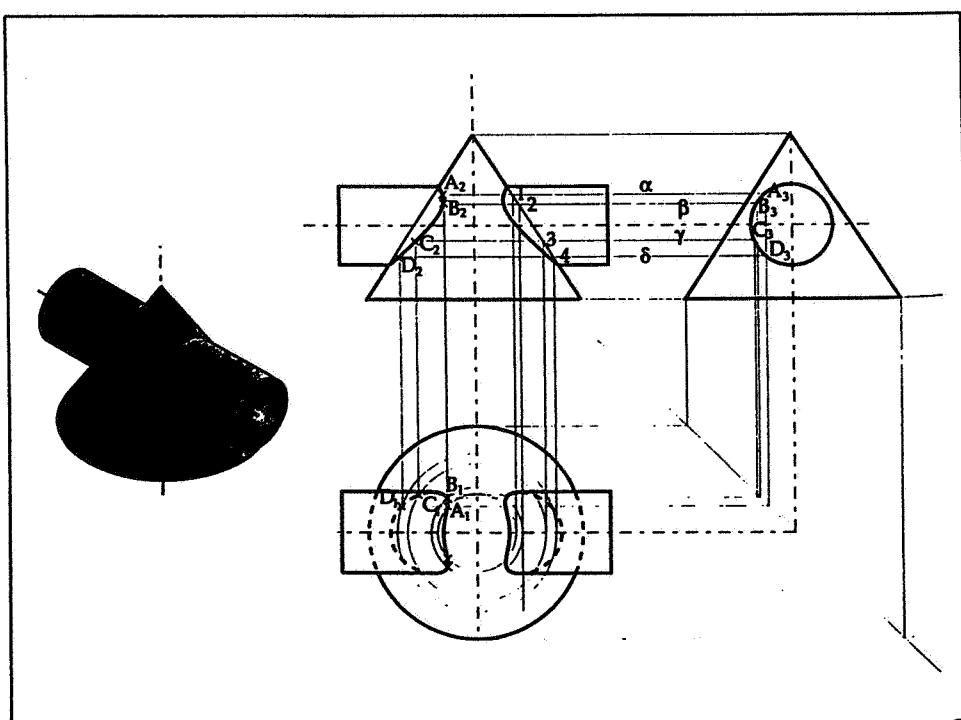


Fig. 99. Metodo delle sfere ausiliarie. Una volta disegnate le due sfere limiti di centro O S_{max} e S_{min} si determinano le tracce delle due circonference sui cilindri verticale e orizzontale (C_{max} , e C_{min}). Le intersezioni tra queste circonference darà luogo ai punti 1, 2, 3, 4, 5 e 6 per i quali dovranno passare le intersezioni cercate. Ripetendo la costruzione per le sfere S_1 e S_2 di raggio intermedio, si possono costruire per punti le linee di compenetrazione.

Fig. 100. Intersezione di un cono retto con un cilindro orizzontale; una volta tracciate le tre viste, dalla vista laterale si possono prendere alcuni punti A_3 , B_3 , C_3 e D_3 a piacere; con i piani orizzontali α , β , γ e δ si individuano le intersezioni con la generatrice del cono 1, 2, 3 e 4; a partire da questi punti, si possono tracciare sulla pianta dei cerchi corrispondenti alle intersezioni dei piani col cono; le intersezioni dei cerchi con le proiezioni dei punti determineranno la curva di intersezione sul piano orizzontale, e successivamente anche sul piano verticale.



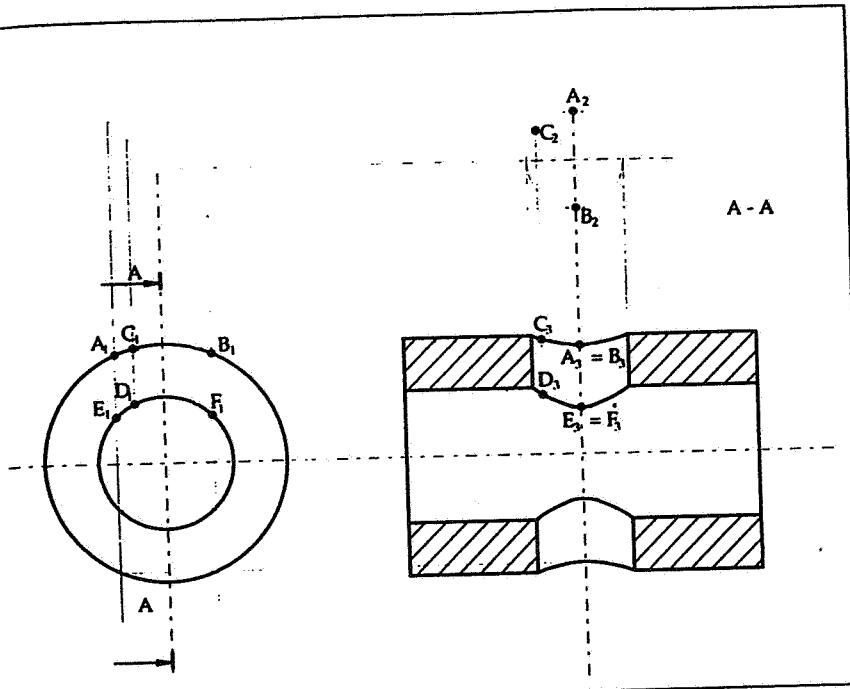


Fig. 101. Intersezione tra due fori perpendicolari in un corpo cilindrico viene trattata come intersezione di cilindri cavi; la costruzione viene semplificata con la costruzione della vista ausiliaria, sulla quale è possibile individuare alcuni punti che permetteranno la costruzione delle curve di intersezione con la regole già viste.

Le figure seguenti (100, 101, 102) illustrano di compenetrazioni nei frequenti componenti meccanici; è opportuno ricordare che ai fini delle intersezioni i fori sono trattati come corpi cilindrici.

7

SVILUPPI DI SOLIDI

Generalità

La superficie si dice *sviluppabile* se può essere distesa su un piano senza distorsioni. La superficie piana risultante si chiama *sviluppo* della superficie; tutti i solidi delimitati da facce piane sono sviluppabili. Lo *sviluppo di un solido* consiste nell'aprire la sua superficie col minimo numero di tagli e nel distenderla su un piano. Lo sviluppo esatto delle superfici curve è limitato a solidi delimitati da facce piane e da superfici a semplice curvatura come il cono o il cilindro (fig. 103). Sviluppi approssimati, ma sufficientemente precisi, per certe applicazioni pratiche, possono essere ottenuti per alcune superficie teoricamente non sviluppabili come quelle a doppia curvatura (ad esempio la sfera o un iperboloido). L'operazione di sviluppo è di fondamentale importanza per il progetto di tutte le opere di carpenteria metallica realizzate in lamiera, quali tubi, serbatoi o elementi di scafo. Altri esempi u-

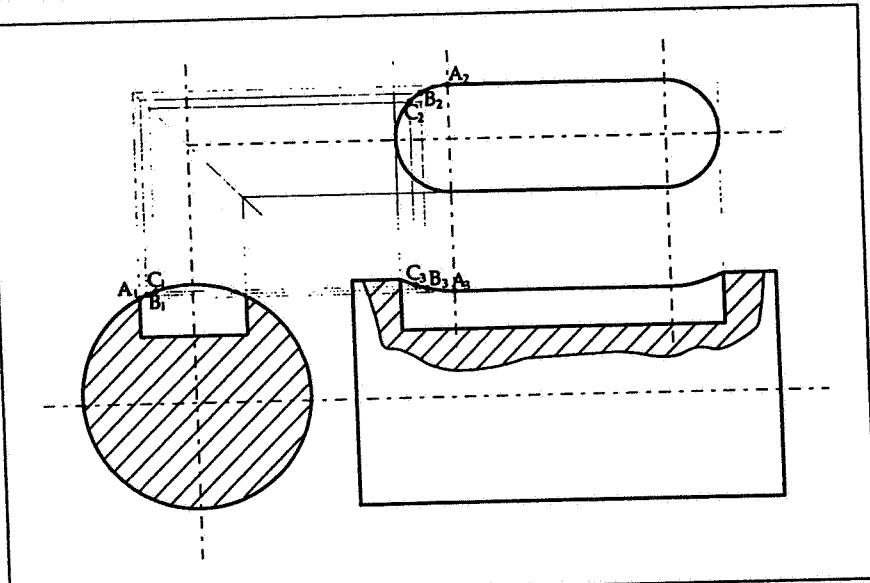


Fig. 102. La cava per linguetta è un caso pratico di intersezione tra elementi cilindrici e prismatici; anche in questo caso si può ricorrere ad una vista ausiliaria della cava, sulla quale si possono prendere alcuni punti a piacere e ricondursi così ai casi precedenti.

suali di applicazioni dello sviluppo di superficie si hanno nelle fabbricazioni di scatole, di contenitori conici o cilindrici, nonché nello studio di pezzi imbutiti; infatti per la costruzione di tali elementi si parte da un foglio piano in lamiera che, con opportune lavorazioni, dovrà realizzare la forma desiderata. È evidente quindi la necessità di conoscere lo sviluppo per il tracciamento sulla lamiera del contorno esatto della superficie da ritagliare. Nella pratica conviene intendere lo sviluppo come vista della superficie interna, di modo che, operando praticamente, si possano fare su di esso annotazioni che, una volta costruito l'oggetto, non rimarranno visibili.

Sviluppo di poliedri

Tutti gli sviluppi sono effettuati tenendo presente la regola generale che i lati della figura sviluppata e quelli corrispondenti del solido di origine, devono avere la stessa lunghezza. Lo sviluppo di poliedri richiede il taglio lungo spigoli appropriati e la distensione sul piano; questo significa determinare la vera forma di tutte le facce che delimitano il poliedro e unire queste in sequenza lungo gli spigoli comuni. La figura 104 indica la costruzione da seguire per la rappresentazione dello sviluppo di un parallelepipedo retto. Nella figura 105 il parallelepipedo è sezionato da un piano in-

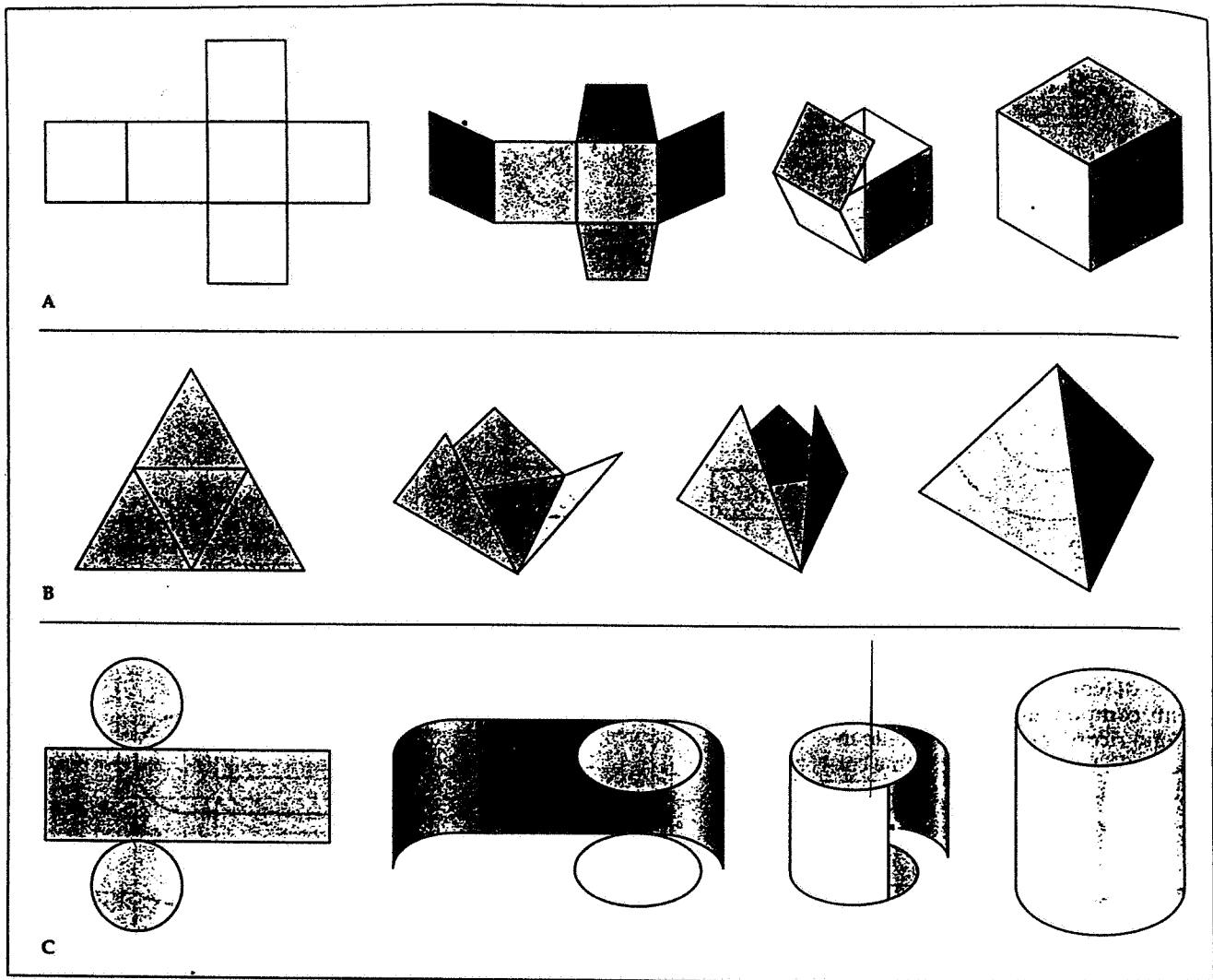


Fig.
se qu
posti
isosc
dete
della
nel p
gio i
sto i
orig
lung
corri
arco
4 vol
base

Fig. 103. Alcuni sviluppi di solidi elementari.

clinato rispetto al piano orizzontale e perpendicolare al piano verticale. Poiché gli spigoli dei solidi prismatici devono essere considerati, nella costru-

zione dello sviluppo, nella loro grandezza reale, è opportuno far uso di una vista ausiliaria in modo che sia possibile misurare la vera grandezza di

tutti gli spigoli. Una piramide consta di facce triangolari, tutte concorrenti nel vertice. Determinata quindi la vera forma delle facce laterali, si ottiene facilmente lo sviluppo della piramide come in figura 106 (o del tronco di piramide, come in figura 107).

In figura 108 è mostrato lo sviluppo di una piramide obliqua, che rappresenta quindi un caso del tutto generale. Si fornisce per completezza un ulteriore esempio di sviluppo di un tronco di piramide (fig. 109). Conviene procedere, noti prospetto e pianta, costruendo lo sviluppo della intera piramide; individuato il taglio più breve, si procede poi sistematicamente fissando la lunghezza degli spigoli, con l'ausilio ancora di un diagramma di vere lunghezze. Per completare lo sviluppo, si individua il lato più lungo della base inferiore e questo sarà il lato in comune con la superficie laterale. Per la base superiore, si deve prima ottenere una vista in vera forma e

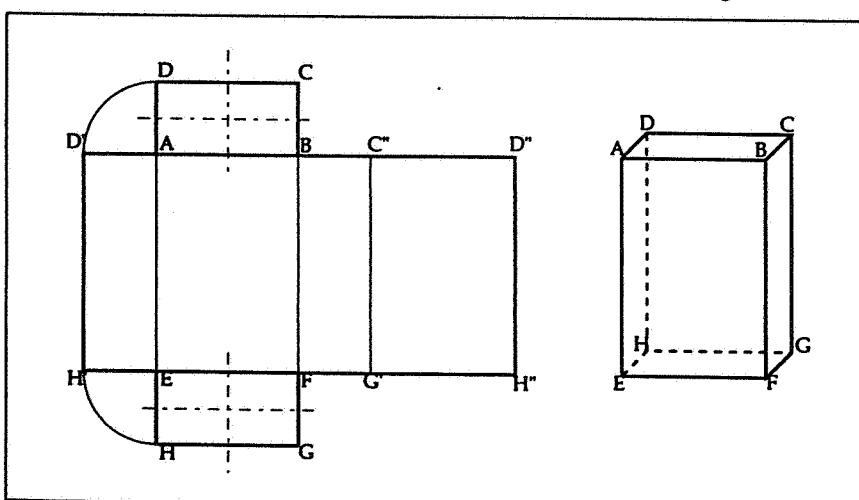


Fig. 104. Sviluppo della superficie di un parallelepipedo a base rettangolare eseguita col taglio lungo gli spigoli AD, DC, CB, DH, HG, FG.

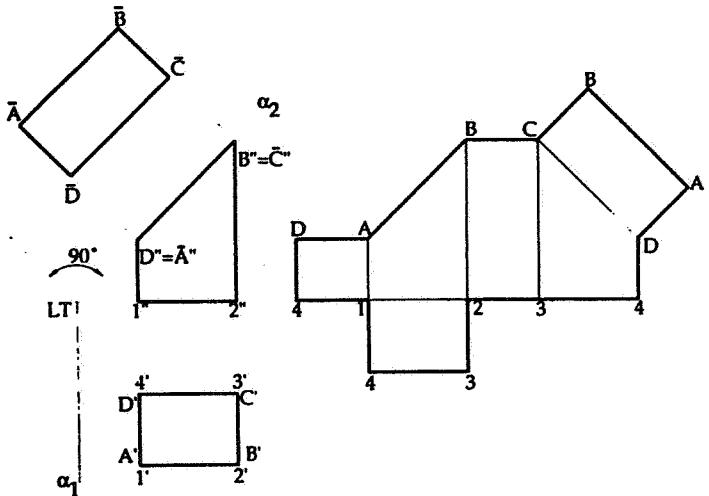


Fig. 105. Sviluppo di un tronco obliqui di prisma retto a base rettangolare; una volta ottenuta la vista ausiliaria, si riportano sulla linea di terra i punti 4, 1, 2, 3 e 4 che individuano consecutivamente i lati della base rettangolare; per tali punti si innalzano le verticali che verranno intersecate dalle linee orizzontali condotte per i punti A e B in modo da individuare tutti i punti del contorno superiore del solido. Perpendicolarmente al lato obliquo CD si riportano infine i lati CB=C B e DA=DA.

Fig. 106. Sviluppo di una piramide retta a base quadrata; la superficie della piramide è composta da un quadrato e da quattro triangoli osceli inclinati col vertice in comune; per determinare la vera lunghezza dello spigolo della piramide e sufficiente ribaltare lo spigolo nel piano del disegno, centrando in V_1 con raggio V_2P_2 fino a determinare il punto P'_1 . Questo punto proiettato sul piano verticale darà origine al punto P'_2 , determinando così la reale lunghezza dello spigolo $V_2P'_2$. Con raggio R corrispondente a tale lunghezza si descrive un arco di circonferenza e su di esso si riporta per volte, la corda corrispondente allo spigolo di base del solido.

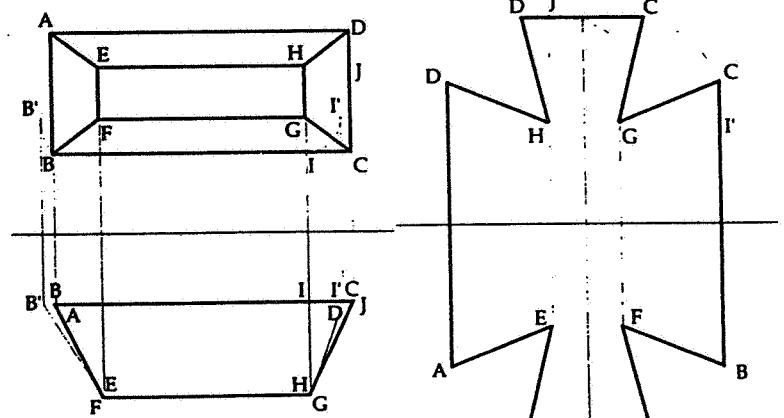
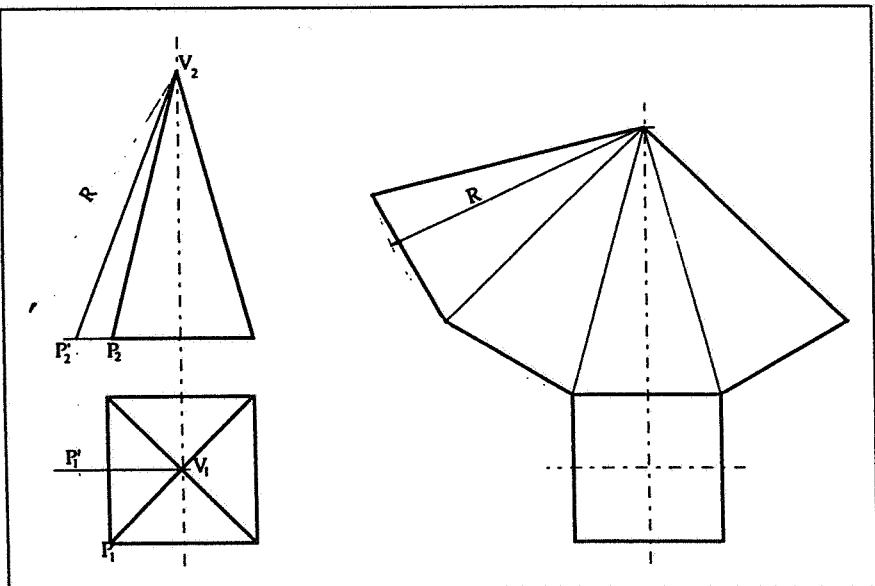


Fig. 107. Sviluppo di un tronco di piramide retta. Bisogna innanzitutto ricavare le vere dimensioni di ogni elemento dello sviluppo: in questo caso l'operazione è resa più semplice dalla simmetria dell'oggetto. Con centro in F si ruota il segmento che rappresenta lo spigolo portando B in B': i segmenti FB' rappresentano nel piano verticale ed in quello orizzontale la vera lunghezza dello spigolo FB; gli altri segmenti paralleli al piano orizzontale o verticale appaiono già in vera grandezza. Per trovare la vera forma del trapezio BCGF si ricorre alla linea ausiliaria GI: portando la linea GI parallela al piano verticale si individua il punto I' che consente sul piano orizzontale la costruzione della vera lunghezza di GI. In modo analogo si ricava la lunghezza effettiva del segmento HJ. Immaginando quindi di tagliare la superficie secondo gli spigoli AE, BF, CG, DH e posizionando sul piano di sviluppo il rettangolo EFHG, con centro nei suoi vertici si tracciano archi di raggio FB', che vengono intersecati dalle parallele ai lati del rettangolo da essi distanti rispettivamente G'I' ed H'I', ricavando in tal modo i vertici A, B, C e D.

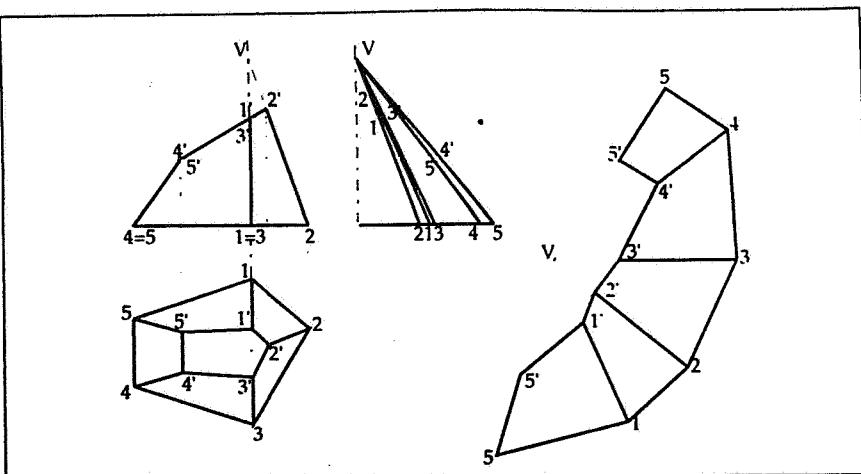
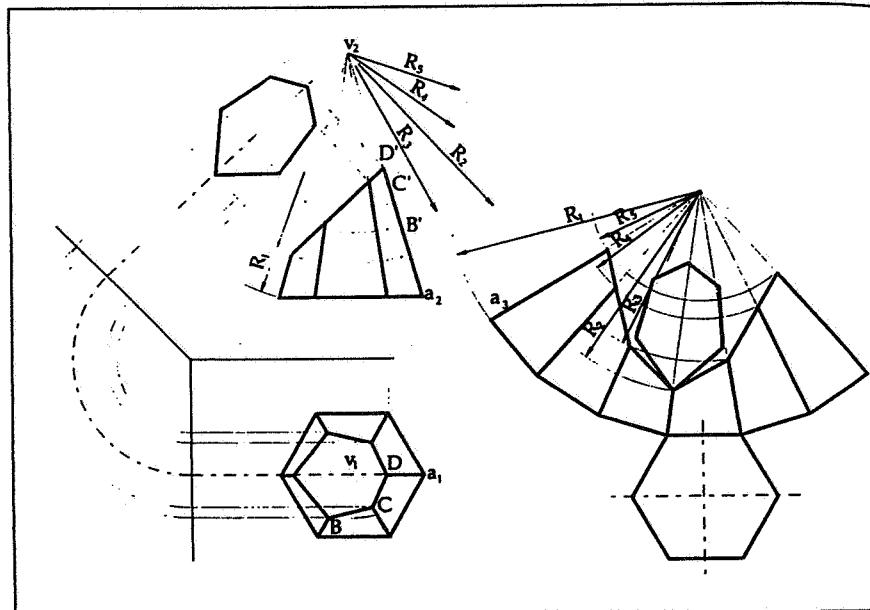


Fig. 108. Sviluppo di un tronco di piramide obliqua. Si determinano innanzi tutto le vere lunghezze degli spigoli V_1, V_2, V_3, V_4 , ottenendone un diagramma. Ciò fatto, si è in grado di costruire i 4 triangoli $1V_2, 2V_3, 3V_4, 4V_1$ in vera forma e nella successione indicata. Poiché per regola lo sviluppo deve essere effettuato mediante tagli che abbiano la minore lunghezza possibile (ciò perché nella costruzione le superfici di sviluppo devono essere poi collegate lungo i tagli mediante saldatura, chiodatura, incollatura, etc), il taglio sarà effettuato lungo lo spigolo V_5 , mentre per quanto riguarda la base, essa avrà in comune con la superficie laterale uno dei lati maggiori, cioè ad esempio il lato 3-4.

Fig. 109. Sviluppo di un tronco obliquio di piramide esagonale retta; essendo V_1a_1 uno spigolo in grandezza reale, fatto centro nel vertice V_1 nella pianta, si ruotano i punti B e C sul segmento V_1a_1 ; nel piano verticale si ritrovano le intersezioni C' e B' ; per realizzare lo sviluppo, si tracciano gli archi di raggio R_1, R_2, R_3, R_4 e R_5 con centro nel punto O ; a partire dal punto a_2 si riportano le lunghezze dei lati dell'esagono e poi la base superiore misurata sul piano di ribaltamento.



si procede poi come per la base superiore; si noti che se la base superiore si sovrappone allo sviluppo della superficie laterale, si deve eventualmente rinunciare ad avere in comune il lato più lungo, poiché sovrapposizioni non sono evidentemente possibili. Se, comunque operando, la base superiore si sovrappone ancora alla superficie laterale, ne segue che lo sviluppo completo non è possibile (ovviamente il problema non si pone se il solido è aperto superiormente o limitato alla superficie laterale).

Un prisma può essere sviluppato rapidamente ricordando che una sezione, effettuata con un piano perpendicolare a tutti gli spigoli, taglia il prisma secondo una linea pura perpendicolare a tutti gli spigoli. Tale linea, detta *perimetrale*, ha lunghezza eguale al perimetro. Se si dispone il prisma in modo da avere una vista (ad esempio la pianta) perpendicolare all'asse del prisma, questa rappresenta in vera forma ogni sezione retta. Il perimetro è allora derivabile di tale vista. Sviluppando di fianco al prospetto, si hanno gli spigoli in vera lunghezza. La figura 110 mostra il caso di un prisma retto con basi oblique. Come sempre il taglio deve essere effettuato lungo lo spigolo più corto.

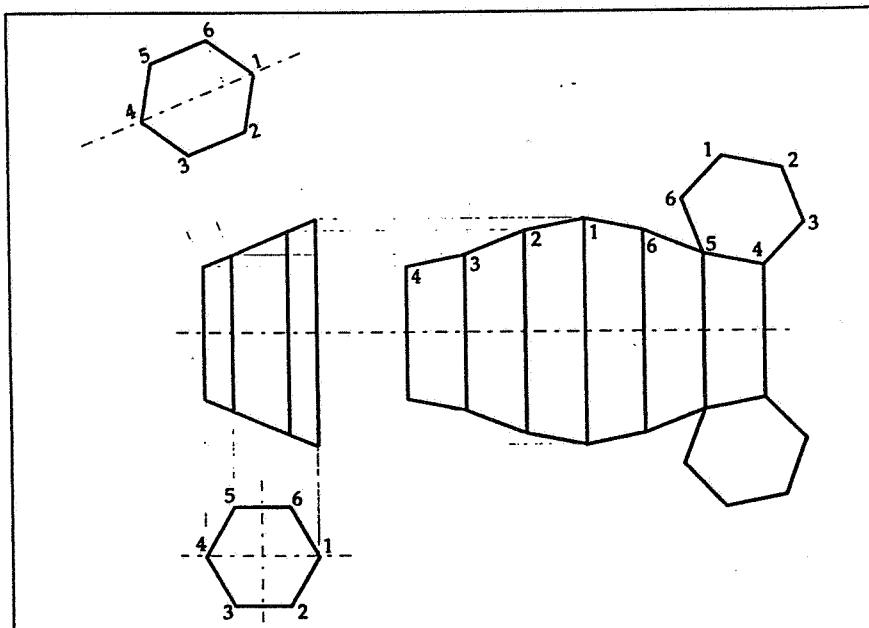


Fig. 110. Sviluppo di un prisma retto con basi oblique.

Sviluppo di cilindri

Lo sviluppo di un cilindro retto, a sezione circolare, è semplicemente un rettangolo avente la base eguale al perimetro di base ed altezza eguale all'altezza del cilindro (fig. 111). Se il cilindro è delimitato da una faccia obliqua (fig. 112), si può procedere ad una costruzione approssimata, cioè ogni elemento della superficie cilindrica è visto come un rettangolo avente base eguale alla corda e lati eguali alle due generatrici che partono dagli estremi della corda: l'approssimazione è maggiore quanto più numerose sono le divisioni della base. Le figure 113, 114 e 115 mostrano le costruzioni per diseg-

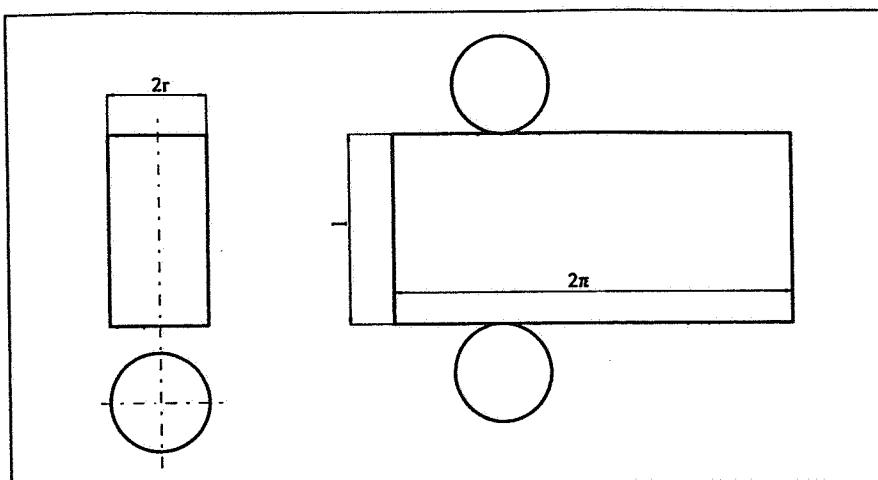


Fig. 111. Sviluppo di un cilindro retto.

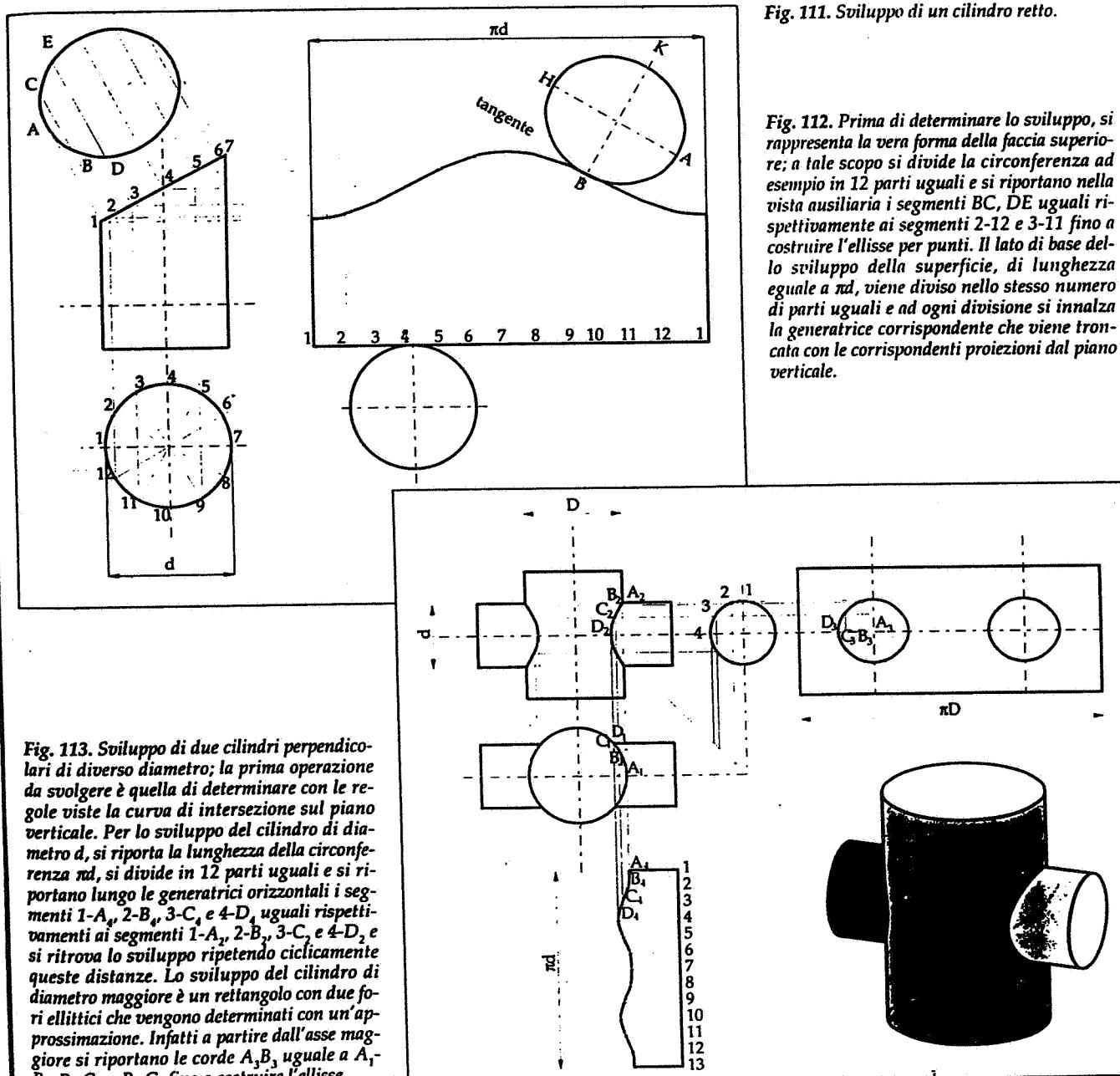


Fig. 112. Prima di determinare lo sviluppo, si rappresenta la vera forma della faccia superiore; a tale scopo si divide la circonferenza ad esempio in 12 parti uguali e si riportano nella vista ausiliaria i segmenti BC, DE uguali rispettivamente ai segmenti 2-12 e 3-11 fino a costruire l'ellisse per punti. Il lato di base dello sviluppo della superficie, di lunghezza eguale a πd , viene diviso nello stesso numero di parti uguali e ad ogni divisione si innalza la generatrice corrispondente che viene troncata con le corrispondenti proiezioni dal piano verticale.

Fig. 113. Sviluppo di due cilindri perpendicolari di diverso diametro; la prima operazione da svolgere è quella di determinare con le regole viste la curva di intersezione sul piano verticale. Per lo sviluppo del cilindro di diametro d , si riporta la lunghezza della circonferenza πd , si divide in 12 parti uguali e si riportano lungo le generatrici orizzontali i segmenti 1-A₄, 2-B₄, 3-C₄ e 4-D₄ uguali rispettivamente ai segmenti 1-A₁, 2-B₁, 3-C₁ e 4-D₂ e si ritrova lo sviluppo ripetendo ciclicamente queste distanze. Lo sviluppo del cilindro di diametro maggiore è un rettangolo con due fori ellittici che vengono determinati con un'approssimazione. Infatti a partire dall'asse maggiore si riportano le corde A₃B₃ uguale a A₁-B₁, B₃-C₃ = B₁-C₁ fino a costruire l'ellisse.

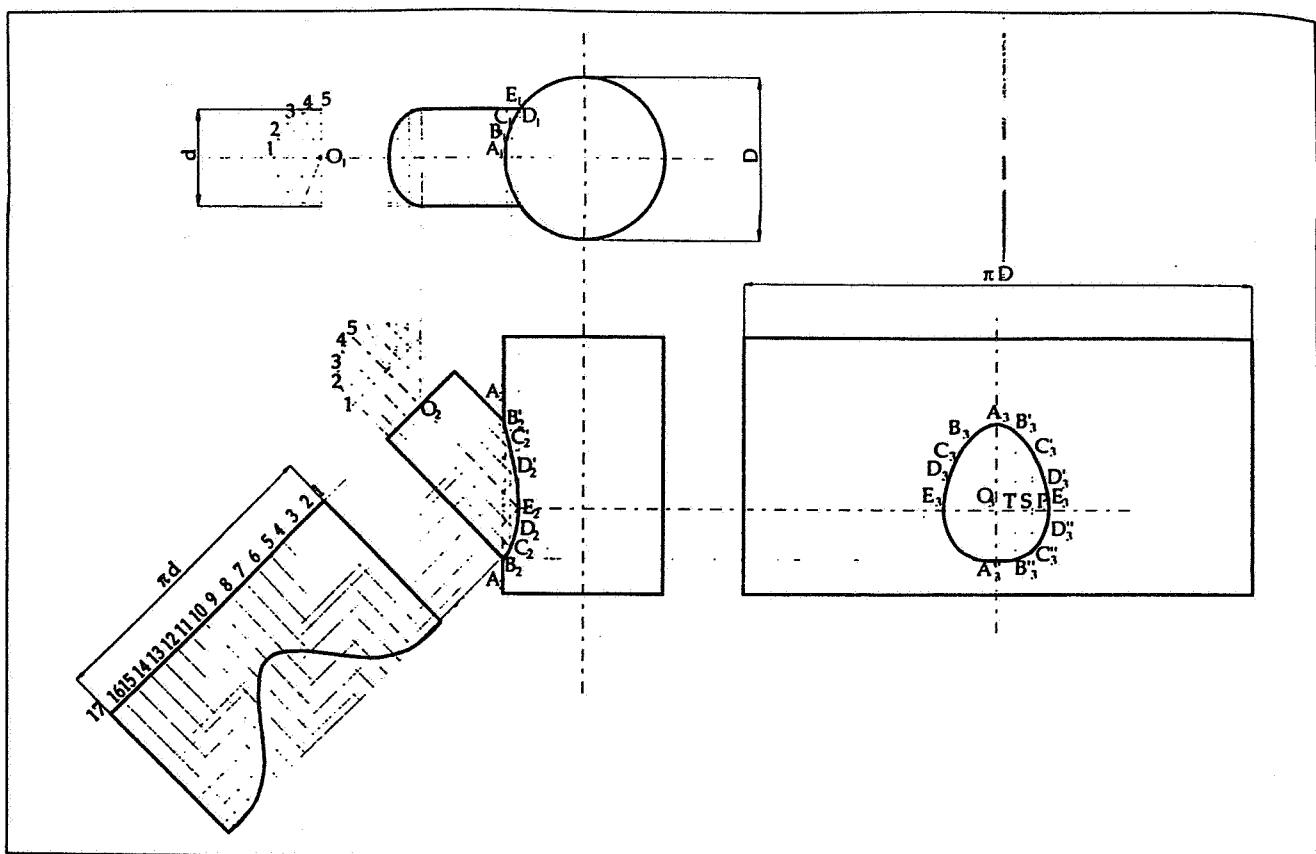


Fig. 114. Sviluppo di una tubazione, con un innesto ad asse inclinato e di diametro minore. La costruzione è analoga al caso precedente.

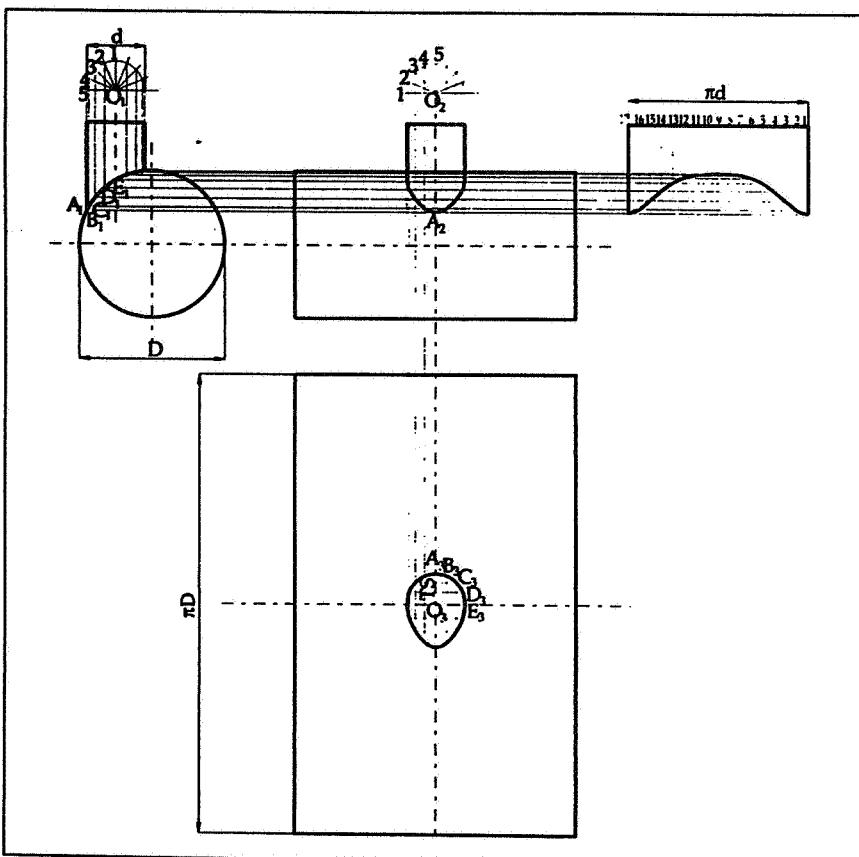


Fig. 115. Sviluppo di un raccordo fra tubazioni cilindriche ad assi sghembi.

gnare lo sviluppo di cilindri compenetrati, metodo che risulta utile per ricavare la forma in piano della lamiera per la costruzione di tubazioni con varie derivazioni. Per eseguire lo sviluppo di un innesto devono essere state già ricavate le curve di compenetrazione secondo i metodi già illustrati.

Sviluppo di coni

Un cono retto (o un tronco di cono retto a basi parallele) può essere sviluppato esattamente secondo un settore circolare avente raggio pari alla generatrice del cono (fig. 116). L'angolo al vertice dello sviluppo è:

$$\alpha = 360 \frac{r}{l} \text{ (gradi)} \text{ o } \alpha = 2\pi \frac{r}{l} \text{ (radiani)},$$

dove r è il raggio del cerchio di base ed l la lunghezza della generatrice del cono. La figura 117 illustra il metodo per ricavare lo sviluppo di un cono retto, tagliato da un piano non parallelo alla base. Utilizzando linee radiali equamente spaziate, la vista in pianta viene divisa in parti eguali che vengono ritrovate sul prospetto sotto forma di generatrici del cono; utilizzando una serie di piani secanti orizzontali a , b , g ... è possibile determinare sulla pianta i punti A , B , C , D , ... che le li-

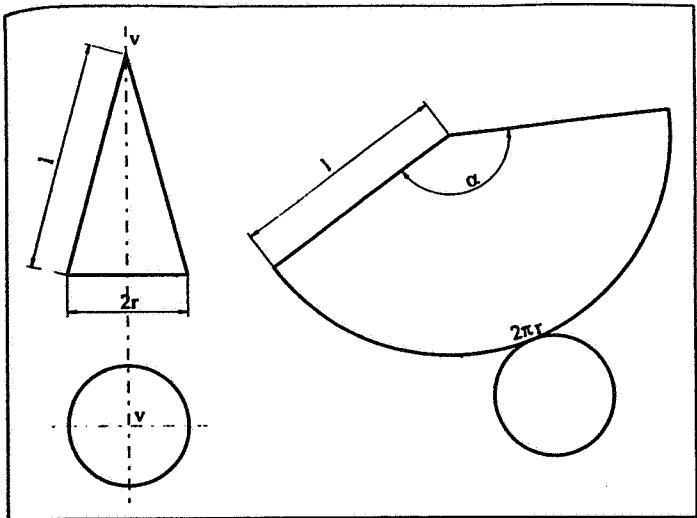


Fig. 116. Sviluppo di un cono di raggio r avente generatrice di lunghezza l .

nee radiali intercettano a partire dai corrispondenti punti del prospetto, ottenendo la figura ellittica di intersezione col piano. È possibile costruire a questo punto la vera forma della sezione, tenendo presente che è ellittica con l'asse maggiore uguale ad AG del prospetto e l'asse minore uguale al corrispondente asse minore dell'ellisse già disegnato in pianta.

Per lo sviluppo, il cono può essere considerato come una piramide con un numero infinito di spigoli; in questo modo può essere applicata la stessa costruzione utilizzata per la piramide e per il cilindro.

Raccordi di condotte

Per concludere viene illustrato un caso di sviluppo di un raccordo fra un condotto cilindrico ed uno prismatico, caso piuttosto frequente nella pratica. Questi pezzi vengono anche chiamati *pezzi di transizione*, in quanto da un estremo all'altro dell'asse del pezzo si ha un cambiamento della forma della sezione; la figura 118 mostra infatti il caso di un raccordo di un condotto prismatico con uno cilindrico, la cui superficie è costituita da quattro porzioni piane di forma triangolare e da quattro porzioni di superficie conica.

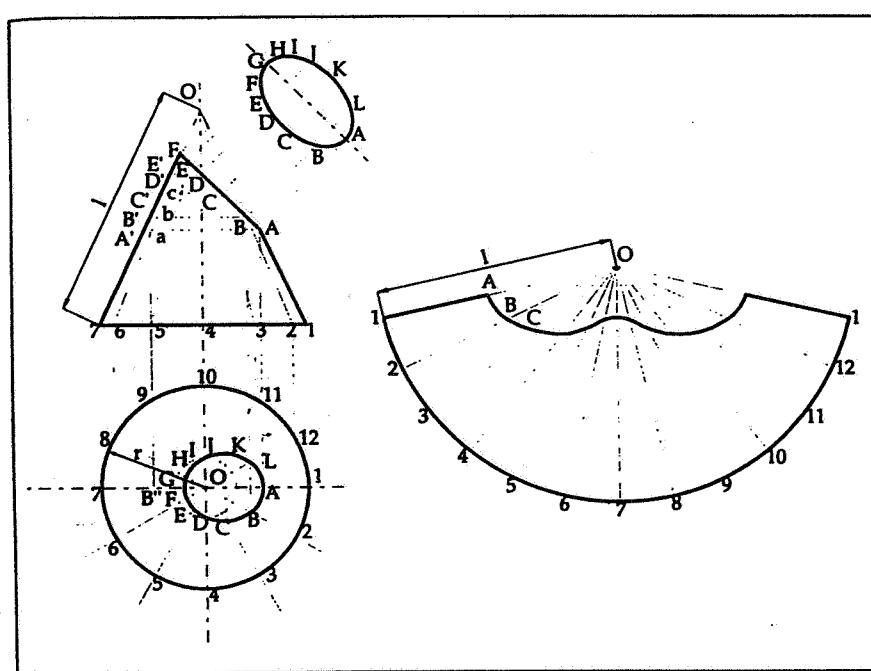
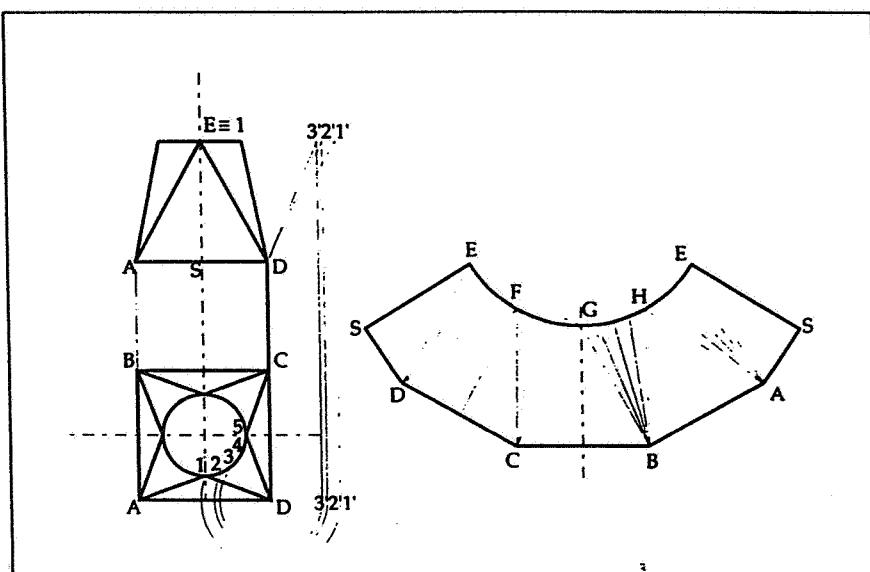


Fig. 117. Sviluppo di un cono tagliato con un piano non parallelo alla base; innanzitutto si termina la vera forma del piano di sezione, utilizzando una serie di piani orizzontali a, b, c e una serie di linee equidistanti partenti dal vertice O del cono; ad esempio il punto B sulla pianta sarà determinato proiettando il punto B' e trovando il punto di intersezione tra la circonferenza di diametro $B'-B''$ e la semirettta $O2$. Lo sviluppo si ottiene riportando un arco di apertura $r \cdot 360/l$ e raggio l , che verrà diviso nello stesso numero di parti del cono; su ogni linea radiale vengono riportati i segmenti $1-A, 2-B$ ecc., ottenendo lo sviluppo.

Fig. 118. Costruzione dello sviluppo di un pezzo di transizione: lo sviluppo si compone di quattro triangoli isosceli e da quattro superfici coniche. La linea di taglio è secondo ES. Si divide l'arco FE in un certo numero di parti uguali, e si costruisce, nella vista principale, il diagramma delle vere lunghezze delle generatrici della superficie conica.

UNI	ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE
UNI 3971	Disegni tecnici. Proiezioni ortogonali. Sezioni.
UNI 3972	Disegni tecnici. Tratteggi per la rappresentazione dei materiali nelle sezioni.
UNI 3977	Disegni tecnici. Convenzioni particolari di rappresentazione.



LE SEZIONI

Il tratteggio da utilizzare per le rappresentazioni in sezione, (denominato anche campitura o riempimento o retinatura), può essere generato ricorrendo ai comandi **BHATCH** (PTRATT in italiano) e **HATCH** (RETINO).

Il comando BHATCH permette la visualizzazione di riguardi di dialogo per la definizione automatica dei contorni, l'anteprima del tratteggio; invece il comando HATCH permette l'esecuzione di una versione ridotta di tratteggio dalla linea di comando.

Ogni tipo di tratteggio è composto da una o più linee con angolazione e passo specificati, raggruppate in un blocco e disegnate sul piano di costruzione corrente. Il motivo viene ripetuto o adattato, a seconda dei casi, fino a riempire tutta l'area che deve essere tratteggiata.

Se si vuole modificare manualmente il risultato di un'operazione di tratteggio, o se si sta mettendo a punto un motivo e si desidera esaminare le linee singole, si può eliminare il raggruppamento automatico di Autocad col comando EXPLODE.

Autocad prevede una libreria di maschere di tratteggio comunemente usate in fase di disegno, che si trova all'interno del file acad.pat (fig. 1). L'utente però può anche definire altri motivi di tratteggio personalizzati.

Definizione dei contorni di tratteggio

Per la corretta definizione del contorno dell'area da tratteggiare, è opportuno fare attenzione alle seguenti regole:

- a) il trattaggio viene applicato all'interno di aree chiuse del disegno, delimitate da linee, archi, cerchi, polilinee;
 - b) le entità o le loro parti utilizzate per la definizione dell'area chiusa dovrebbero trovarsi interamente all'interno della finestra corrente;
 - c) il comando richiede entità parallele all'UCS corrente e uniformemente scalate qualora queste entità siano archi, cerchi o segmenti di arco di una polilinea all'interno di un blocco.

Autocad determina l'area da trattagliare proiettando i lati

Autocad determina l'area da tratteggiare proiettando i lati di delimitazione selezionati sul piano XY dell'UCS corrente. Quando si vuole tratteggiare un'area, le entità che la delimitano possono essere scelte con un qualunque metodo di selezione oggetti.

Il comando BHATCH definisce automaticamente i contorni, mentre in caso di utilizzo del comando HATCH tali contorni devono essere definiti in modo manuale.

Utilizzo del comando BHATCH

Quando si utilizza BHATCH non è necessario selezionare ogni entità per definire il contorno attorno all'area in cui si desidera effettuare il tratteggio come avviene per il comando HATCH, ma basta semplicemente puntare al suo interno. BHATCH definisce automaticamente tale contorno ed ignora qualsiasi entità globale o parziale non contenuta nel contorno stesso.

È possibile anche ottenere un'anteprima del tratteggio.

definito ed apportarvi le modifiche necessarie senza dover ripetere tutta la procedura.

Autocad col comando BHATCH visualizza un riquadro di dialogo dal quale bisogna innanzitutto definire il motivo di desiderato, selezionando il pulsante Anteprima tratteggio (nella figura 2 è visibile la finestra di dialogo in Autocad 13). Il sottoriquadro di dialogo Hatch Options (Opzioni tratteggio), riportato nella figura 3, è definito invece nella Release 12.

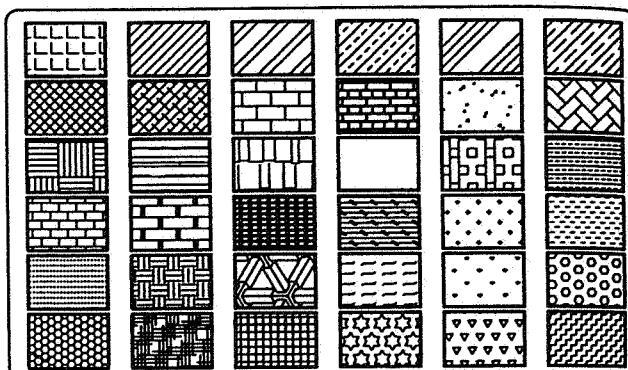


Fig. 1. Librerie di tratteggi in Autocad.

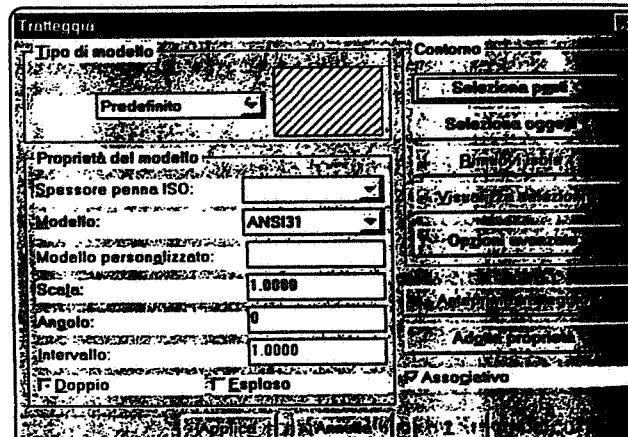


Fig. 2. La schermata hatch in Autocad 13.

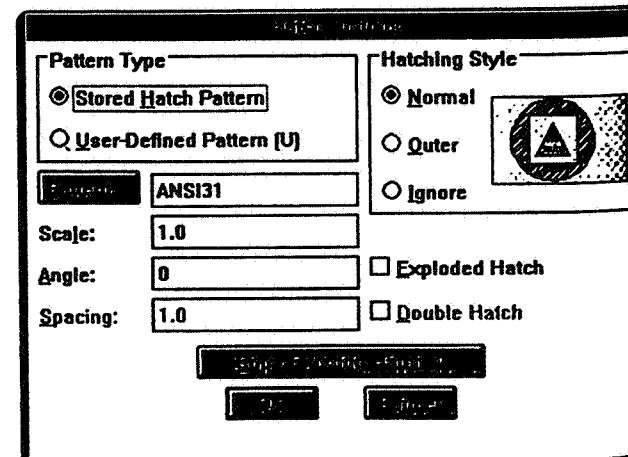


Fig. 3. le opzioni di tratteggio in Autocad 12.

A U T O C A D

In quest'area del sottoriquadro di dialogo Hatch options è possibile specificare un motivo di tratteggio predefinito o precedentemente memorizzato oppure un motivo personalizzato (ovvero definito dall'utente). Qualora il nome del motivo memorizzato sia conosciuto, si può immetterne il nome nella casella di testo che si trova a destra del pulsante Pattern (Tratteggio). Se invece non si conosce il nome del motivo oppure si desidera scorrere l'elenco dei trattaggi disponibili in acad.pat, è sufficiente selezionare il pulsante pattern in modo da permettere la visualizzazione del sottoriquadro di dialogo riportato nella figura 4.

Una volta selezionato il motivo con la relativa icona Autocad passa al sottoriquadro di dialogo Hatch options e visualizza il nome del motivo selezionato nella casella di testo a destra del pulsante Pattern.

Le definizioni dei motivi sono caratterizzate da un fattore scalare iniziale e da una rotazione angolare; è possibile cambiare la scala e l'angolo del motivo immettendo i valori desiderati nelle caselle di testo. Inoltre è possibile specificare lo stile di tratteggio nell'area del sottoriquadro di dialogo Hatching Style come Normal, Outer e Ignore (fig. 3).

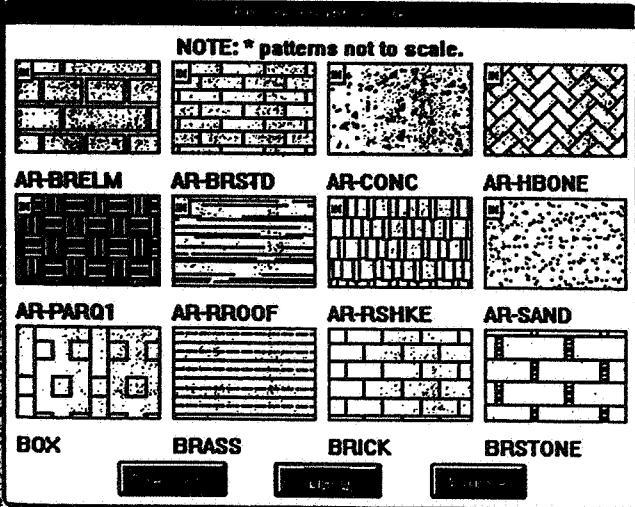


Fig. 4. Selezione dei motivi in Autocad 12.

Infatti se lo spazio all'interno della delimitazione è vuoto, (e nessuno degli oggetti interni è stato selezionato), l'area viene semplicemente riempita dal motivo scelto. Se invece all'interno sono presenti uno o più oggetti inclusi nella selezione, il risultato dipende dai tre stili di tratteggio disponibili: **Normal**, **Esterno** e **Ignore**.

Prendiamo in considerazione un cerchio contenente un'ellisse che a sua volta contiene un quadrato, come illustrato nella figura 5.

Per questo esempio si presume che siano stati definiti i contorni dell'ellisse, del quadrato e del cerchio e che le entità siano state selezionate con il pulsante Select objects (Selezionare oggetti).

Lo stile **Normal** tratteggia l'area selezionata a partire dai bordi esterni verso l'interno; quando incontra un ostacolo interno, il tratteggio è disattivato finché non viene incontrata un'altra figura.

Perciò le aree separate da un numero dispari di intersezioni dalla delimitazione più esterna, verranno tratteggiate, quelle separate da un numero pari di intersezioni, non verranno tratteggiate (fig. 6).

Lo stile **Outer** si sviluppa dai confini esterni verso l'interno, ma il tratteggio si disattiva definitivamente alla prima intersezione incontrata e non viene più riattivato.

Dato che questo procedimento parte da ambedue le estremità delle linee di tratteggio, ne consegue che solamente il livello più esterno della struttura viene tratteggiato e tutte le strutture interne sono lasciate vuote (fig. 7).

Infine lo stile **Ignore** permette di tratteggiare anche le strutture interne. Nel nostro esempio ogni linea di tratteggio inizia e finisce sul cerchio (che è la delimitazione più esterna) passando sopra al quadrato e all'ellisse come se non esistessero (fig. 8).

Il comando BHATCH crea abitualmente un blocco contenente tutte le relative linee di tratteggio. Se, al contrario, si preferisce che vengano generate entità di linea individuali è sufficiente selezionare la casella di controllo explode. È possibile copiare un motivo di tratteggio esistente selezionando il pulsante Copy existing hatch.

Per generare automaticamente un contorno è sufficiente selezionare il pulsante Pick points presente nel riquadro di dialogo Boundary Hatch. Ad esempio, per eseguire il tratteggio dell'ellisse e considerare il quadrato come area non interessata.

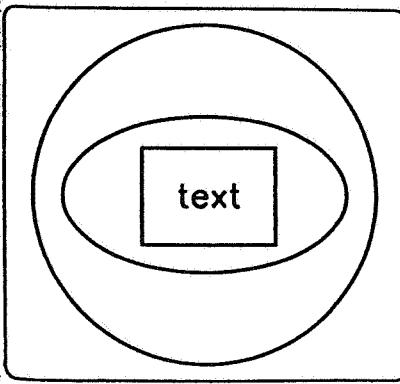


Fig. 5. La figura iniziale.

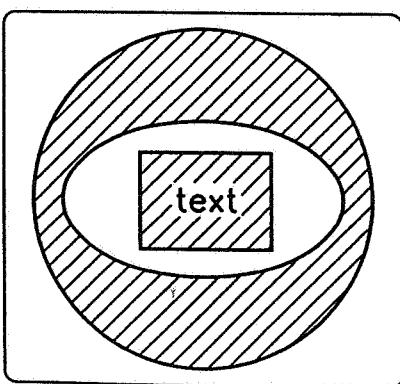


Fig. 6. Opzione "Normal".

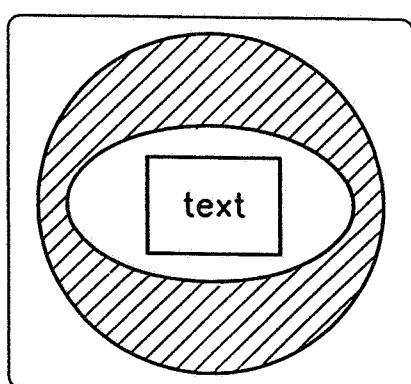


Fig. 7. Opzione "Outer".

A U T O C A D

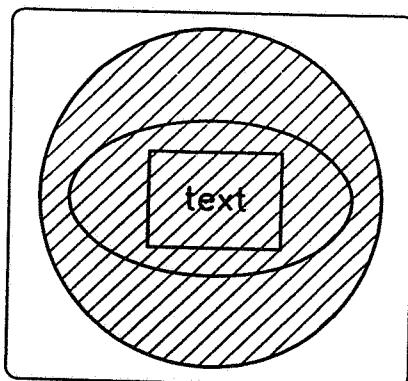


Fig. 8. Opzione "Ignore".

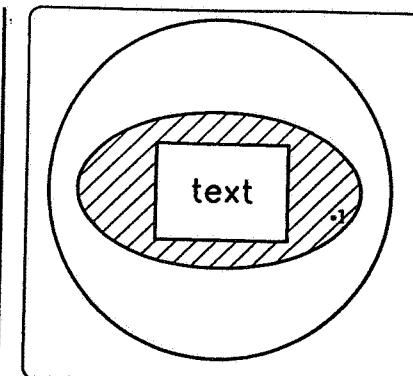


Fig. 9. Esempio di impiego del pulsante Pick points
1. selezionare il pulsante Pick points
2. selezionare un punto all'interno dell'ellisse in prossimità del limite (ad es. il punto 1)
3. selezionare un punto all'interno del quadrato e premere Enter
4. selezionare il pulsante Preview Hatch o Apply

sata dal tratteggio è sufficiente selezionare un punto all'interno dell'ellisse in prossimità del contorno, quindi selezionare un punto all'interno del quadrato (fig. 9).

Se Autocad individua un contorno non chiuso o il punto non all'interno del contorno, visualizza il messaggio d'errore Point is outside of boundary in un sottoriquadro di dialogo Boundary definition error (fig. 10).

Per individuare la ragione per cui Autocad non è stato in grado di definire il contorno, selezionare il pulsante *Look at it*: il risultato dipende dal tipo di errore. Se, ad esempio, il contorno non è chiuso Autocad visualizza una linea nella direzione specificata. In disegni di particolare complessità il metodo standard di definizione di un contorno può richiedere tempo poiché Autocad esamina quanto è visibile nella finestra corrente. È possibile incrementare la velocità di tratteggio impostando i parametri nel sottoriquadro di dialogo Advanced options. In questo modo è possibile specificare il gruppo di entità che il comando BHATCH utilizza e questo incrementa la velocità della generazione del contorno poiché viene considerato un numero inferiore di entità.

La selezione del pulsante *Apply* permette ad Autocad di inserire il tratteggio nel disegno indipendentemente dal fatto che se ne sia esaminata l'anteprima.

In disegni complessi di grandi dimensioni le operazioni di selezione degli elementi da tratteggiare da parte del comando BHATCH può richiedere tempo. In quasi tutti i casi è possibile migliorare le prestazioni grazie ad alcune tecniche, ad esempio:

1. effettuare uno zoom in avvicinamento ad un livello di dettaglio ragionevole. Grazie ad uno zoom in avvicinamento è possibile seguire con maggiore attenzione tutte le fasi dell'operazione e migliorare il risultato restringendo il gruppo di contorni;

2. disattivare o congelare i layer inutili. Questa procedura permette una più facile ed esatta individuazione dei contorni;

3. selezionare le entità nell'area in cui si desidera eseguire il trattoggio tenendo presente che non è necessario selezionare le entità che costituiranno il gruppo di contorni.

Le prestazioni vengono infatti migliorate quando si riduce il numero di entità che Autocad dovrà esaminare.

Anche i blocchi inseriti possono essere tratteggiati, perché il comando Bhatch e hatch riconoscono la struttura interna di un blocco e tratteggiano la figura come se fosse composta da entità separate.

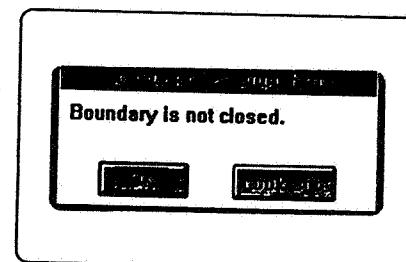


Fig. 10. Messaggio di errore in presenza di controlli aperti.

Uso della linea di comando con HATCH

È possibile creare un tratteggio dalla linea di comando utilizzando il comando Hatch:

Command: **HATCH**

Pattern (? or name/U, style):

Se si desidera usare uno dei motivi standard contenuti nella libreria acad.pat, basta digitare il nome del motivo desiderato. Rispondendo al prompt col punto interrogativo, Autocad chiede di elencare la lista di tutti i motivi standard. Se si risponde u (Utente), si ha la possibilità di definire un motivo sul momento, definendo l'angolo, il passo tra una linea e l'altra.

Tanto usando i motivi predefiniti quanto usando quelli creati dall'utente, si può specificare lo stile di trattoggio separandolo dal nome con una virgola. I codici di stile sono:

N, Normale, O, solo superfici esterne, I, ignora le strutture interne.

Normalmente Autocad riunisce in un blocco tutte le linee di trattoggio; se si vuole evitare questo raggruppamento basta far precedere il nome del motivo da un asterisco (*).

Una volta selezionato lo stile di trattoggio, bisogna definire il fattore di scala e l'angolo per modello scelto in modo da adattarlo alla scala del disegno. Infine, bisogna selezionare, con uno dei metodi standard, gli oggetti che definiscono i contorni dell'area da tratteggiare, nonché gli oggetti interni a quei contorni, se si desidera che siano inclusi. Da notare che la selezione window è particolarmente utile per numerose applicazioni del trattoggio.

Le entità che costituiscono i contorni dell'area da tratteggiare devono congiungersi alle loro estremità; eccedenze oltre il punto di intersezione possono produrre un trattoggio scorretto. Se la figura è delimitata da una linea che si esten-

de oltre
ue mo
a)
b)
line.
Su
appre
o sta!
me de
lar luc
Pe
essere
pezza
Co
Se
En
En
of
En
l'c
dente.

de oltre la zona da tratteggiare, si possono utilizzare questi due metodi:

- spezzare la linea eccedente usando il comando *break*
- tracciare un contorno supplementare col comando *polyline*.

Supponiamo ad esempio di voler tratteggiare il pezzo rappresentato in figura 11 se i segmenti a, b, c, d, e ed f sono state disegnati come linee intere non conviene usarle come delimitazione dell'area da tratteggiare perché possono dar luogo ad un tratteggio scorretto come in figura 12.

Per definire i contorni in maniera corretta, la figura deve essere disegnata usando segmenti separati e quindi conviene spezzare i segmenti col comando *break*:

Command: **BREAK**

Select object: (selezionare il segmento a)

Enter second point (or F for first point): F

Enter first point: Int

of (selezionare l'intersezione A, fig. 13)

Enter second point: @

L'opzione @ vuole indicare la selezione del punto precedente.

Ripetendo la procedura per tutti gli altri punti indicati in figura, si ottiene la separazione delle linee in segmenti che delimitano un'area chiusa e che dà origine ad un tratteggio corretto (fig. 14).

Testi, attributi, forme, tracce e superfici poligonali piene sono entità che si comportano in modo particolare in presenza di tratteggio. Se una linea di tratteggio dovesse passare attraverso una di queste entità, verrebbe automaticamente disattivata per evitare una sovrapposizione. In effetti, entità di testo, attributo e forma sono circondate da un riquadro invisibile, compreso un piccolo margine per semplificare la lettura, che disattiva tutte le linee di tratteggio.

Autocad ed i problemi di penetrazione di solidi

Come tutti i programmi di disegno assistito dell'ultima generazione, Autocad consente il tracciamento delle linee di penetrazione dei solidi sfruttando il programma di modellazione solida **AME** (Advanced Modelling Extension) presente già dalla versione 11 e del quale si parlerà in seguito. Ogni solido viene

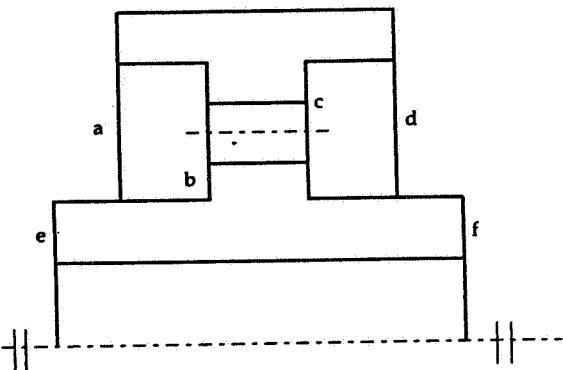


Fig. 11. Le aree da campire

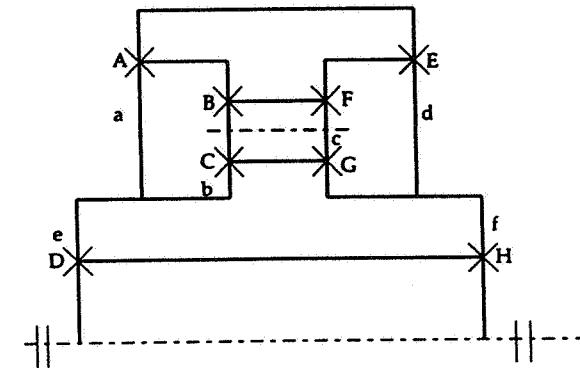


Fig. 13. Utilizzo del comando Break per spezzare le linee.

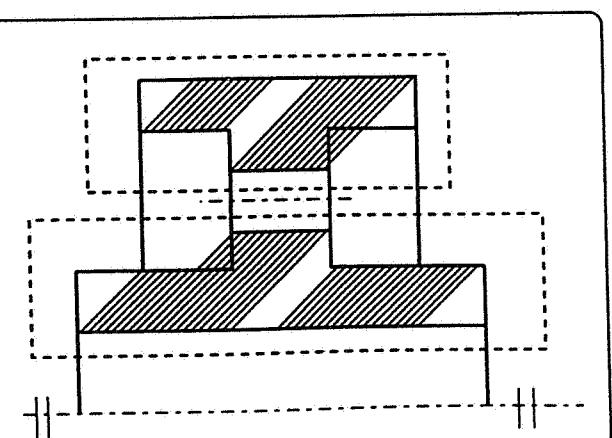


Fig. 12. Campitura errata.

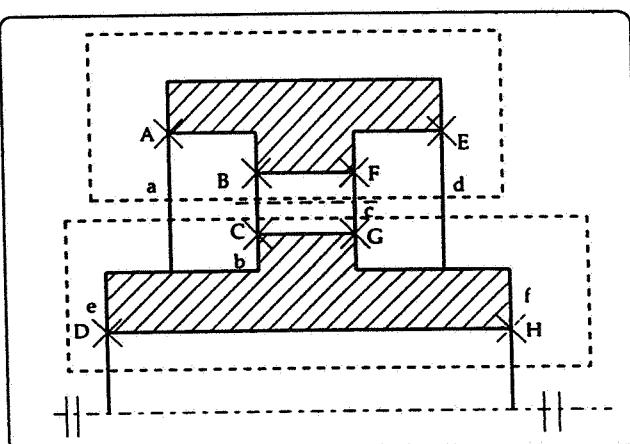
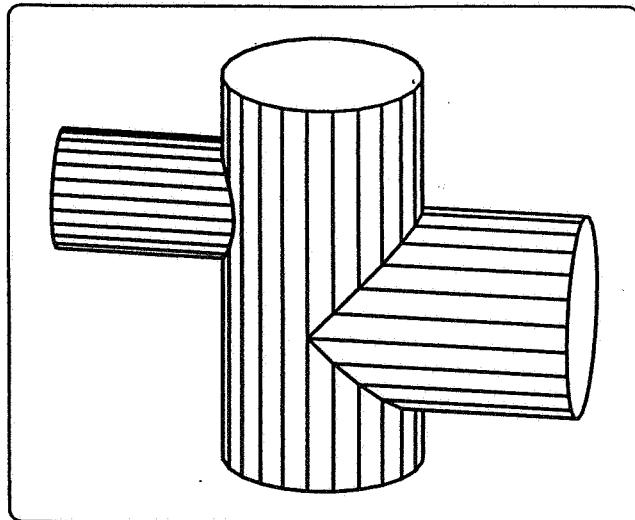


Fig. 14. Campitura corretta.



costruito a partire da elementi base (cilindri, scatole, coni) che possono essere uniti o sottratti, in modo da ottenere la loro intersezione, ovvero il volume comune. In questo modo è possibile tracciare automaticamente le figure di intersezione automaticamente, senza alcuna costruzione grafica (fig. 15).

Utilizzando invece l'approccio convenzionale, è possibile sfruttare le funzione di editing avanzato di Autocad per il disegno delle linee di intersezione; ad esempio la figura 16 mostra il caso di una compenetrazione di tre cilindri; la linea di compenetrazione può essere determinata a partire dai punti E, F, G, H in cui è stata divisa la circonferenza rappresentante la vista ribaltata del cilindro orizzontale di destra. Utilizzando le costruzioni note, ed i comandi *trim* ed *extend*, può essere ottenuta la curva di compenetrazione dei solidi, unendo i punti E'', F'', G'' ed H'' con una polyline modificata col comando *pedit* e *fit*.

Fig. 15. Con la modellazione solida è molto semplice determinare le curve di intersezione.

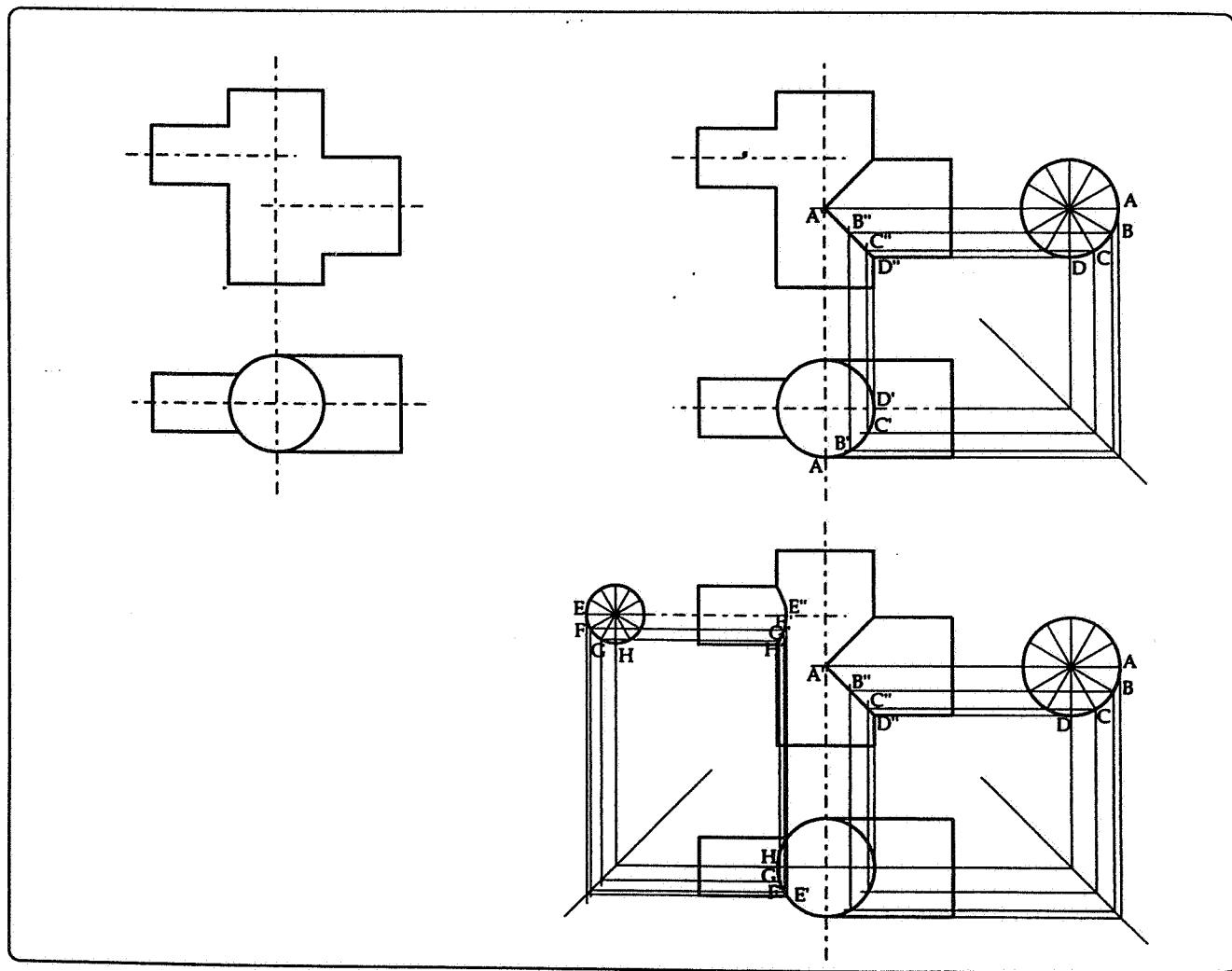
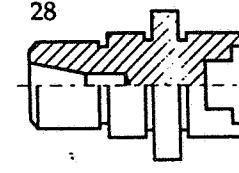
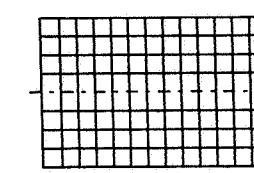
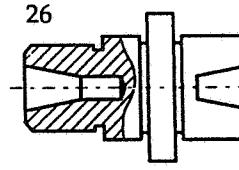
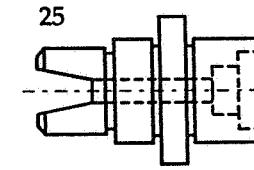
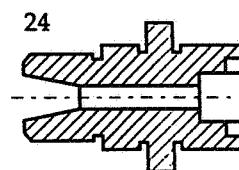
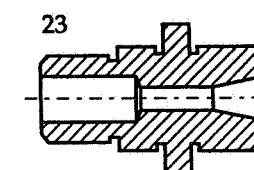
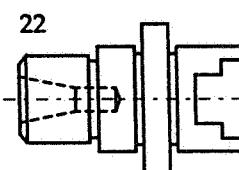
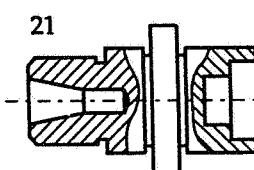
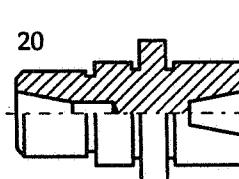
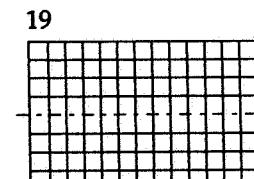
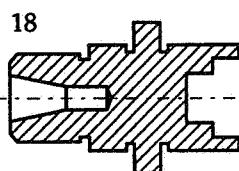
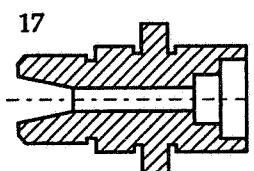
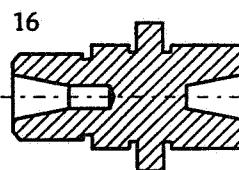
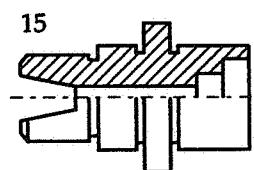
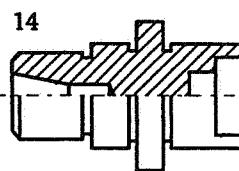
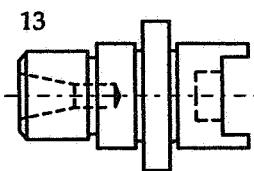
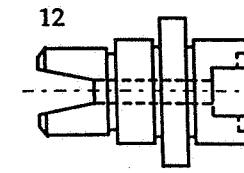
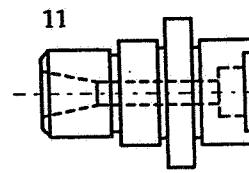
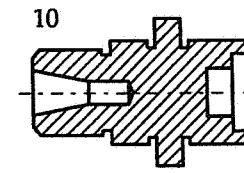
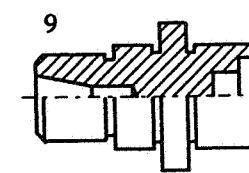
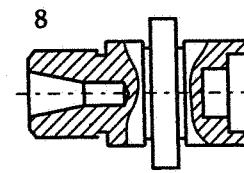
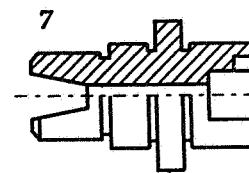
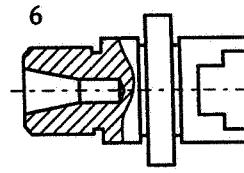
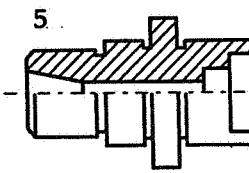
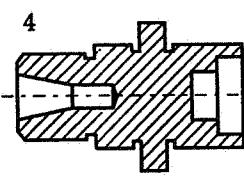
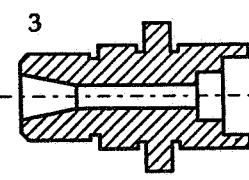
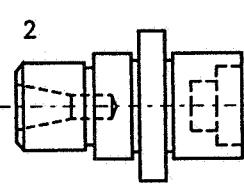
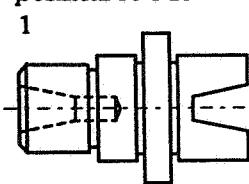


Fig. 16. Problemi di intersezioni di solidi risolti facilmente con Autocad.

ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

1. Degli 8 pezzi assiali simmetrici (indicati in tabella con le lettere da A ad H), sono state effettuate delle sezioni, delle semisezioni e delle sezioni parziali. Completare la tabella indicando i numeri corrispondenti tenendo presente i dati già inseriti e schizzare le sezioni mancanti alle posizioni 19 e 27.

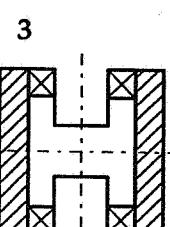
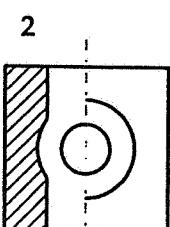
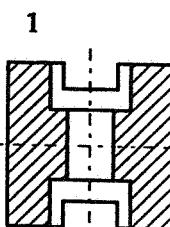
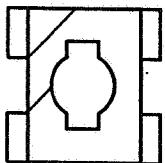
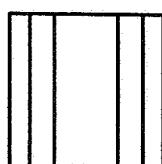
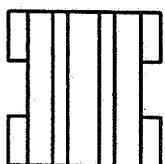
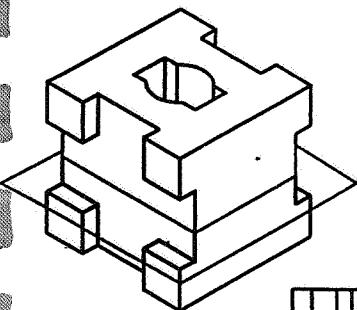
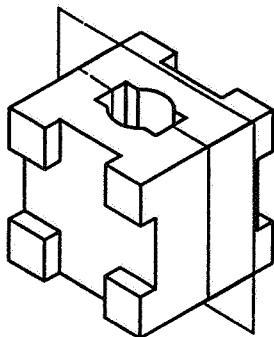
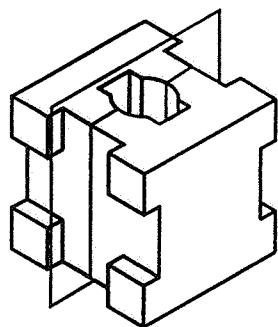
	Vista non sezionata	Sezione	Semisezione	Sezione parziale
A			14	
B	2			
C		18		
D	25			
E			20	
F	27	23	19	
G	11			
H		24		



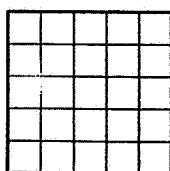
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

2. Il disegno mostra le sezioni dei 3 pezzi prismatici, ottenute mediante dei piani di simmetria. Completare la tabella e disegnare le viste 4 e 20.

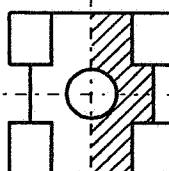
Prospetto	Pianta	Profilo	Prezzo
10			B
	6		C
1			D
	9		E
4	18		F
	2	20	G



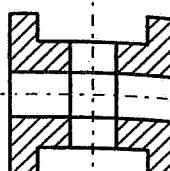
4



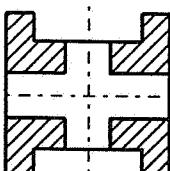
5



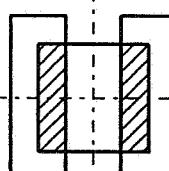
6



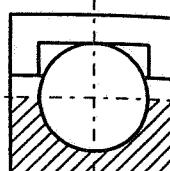
7



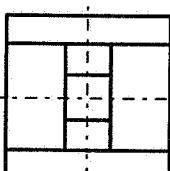
8



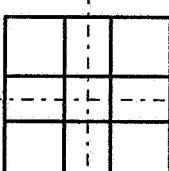
9



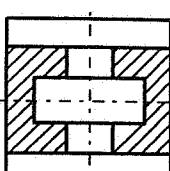
10



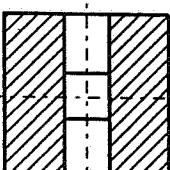
11



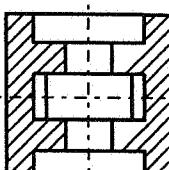
12



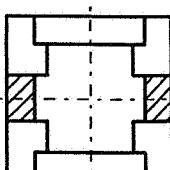
13



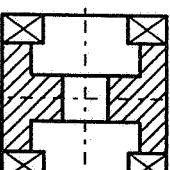
14



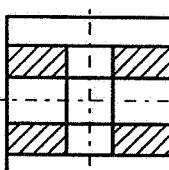
15



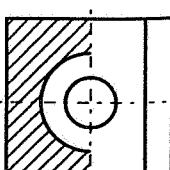
16



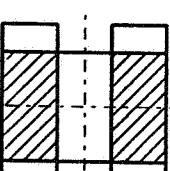
17



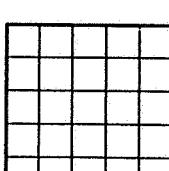
18



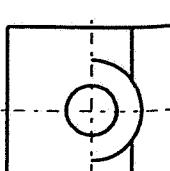
19



20

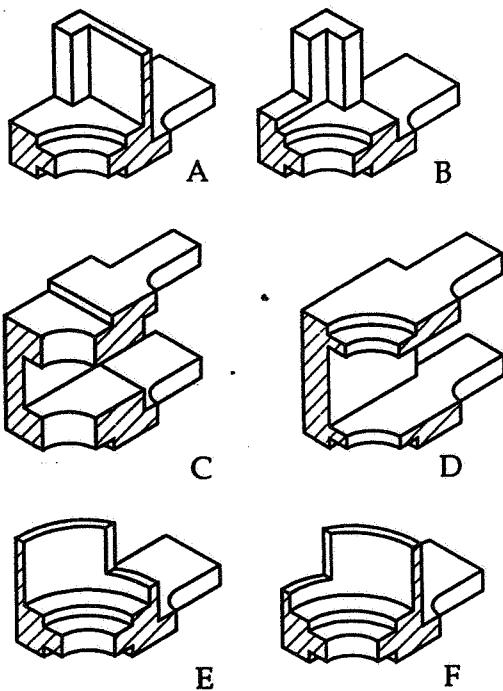


21

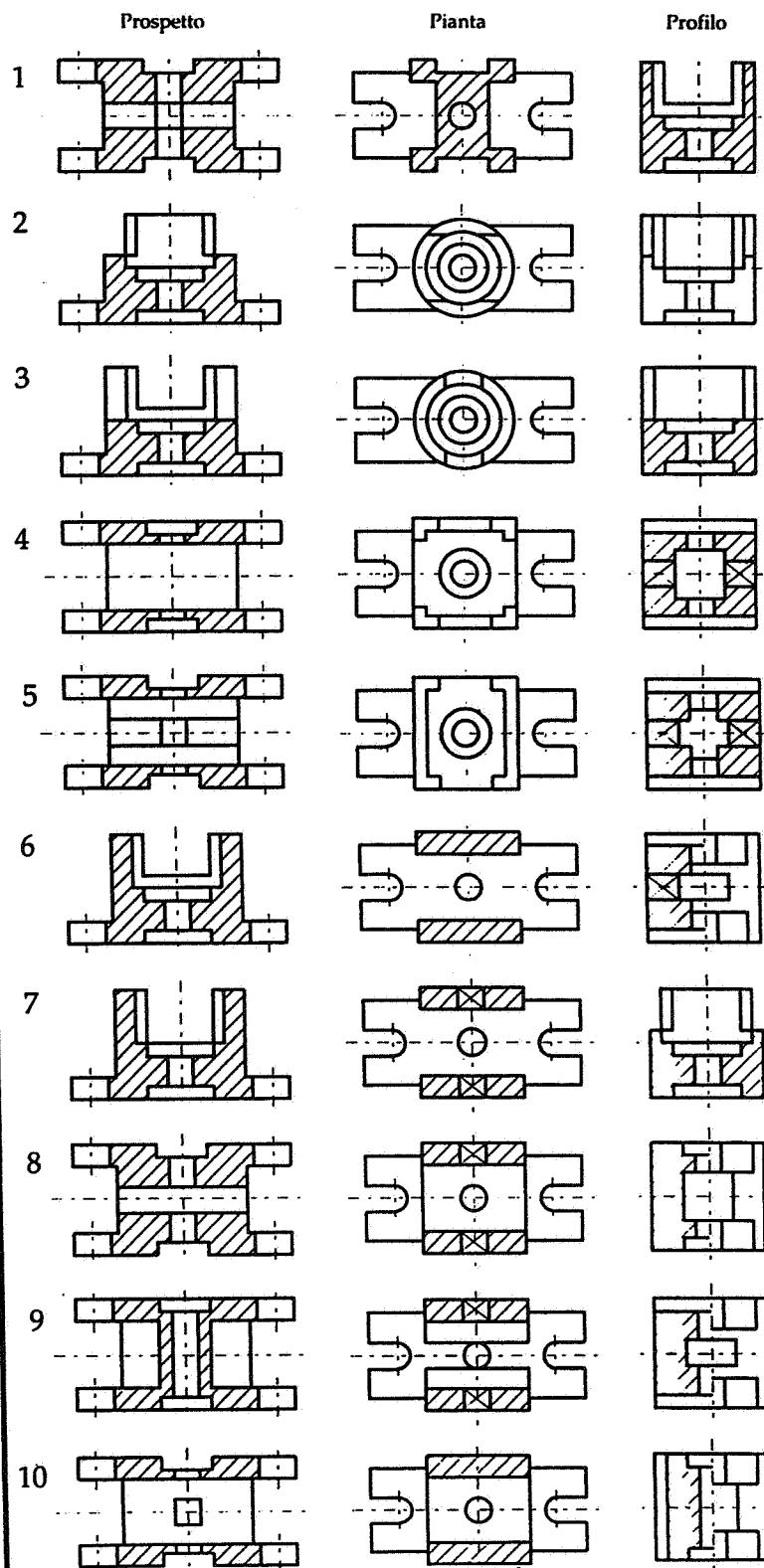


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

- 3.** Nel disegno sono indicati 6 pezzi in assonometria isometrica sezionata; data la simmetria, l'assonometria indica solo 1/4 del componente. Nel disegno sono rappresentati 10 gruppi; accoppiare 6 gruppi con le assonometrie indicate; degli altri quattro pezzi non si dispone delle assonometrie e bisogna completare la tabella.



Prospetto	Pianta	Profilo	Prezzo
1			
2			
3	4	2	B
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



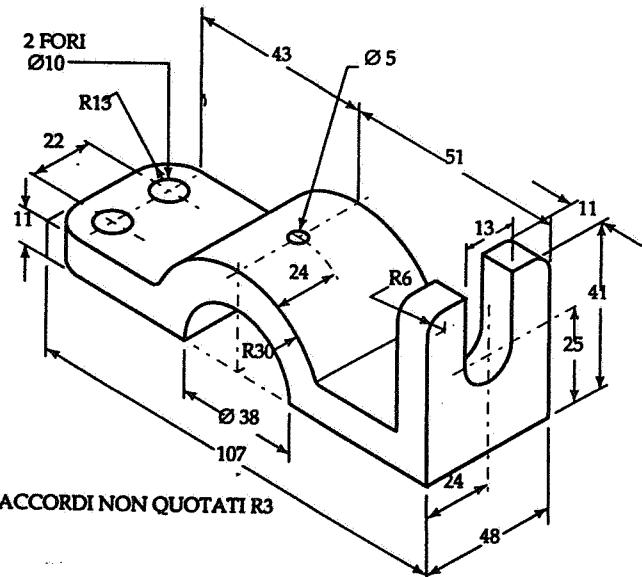
CIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • SE

- 4.** Rappresentare in proiezione ortogonale, col numero minimo di viste e/o sezioni, i pezzi indicati in assonometria.

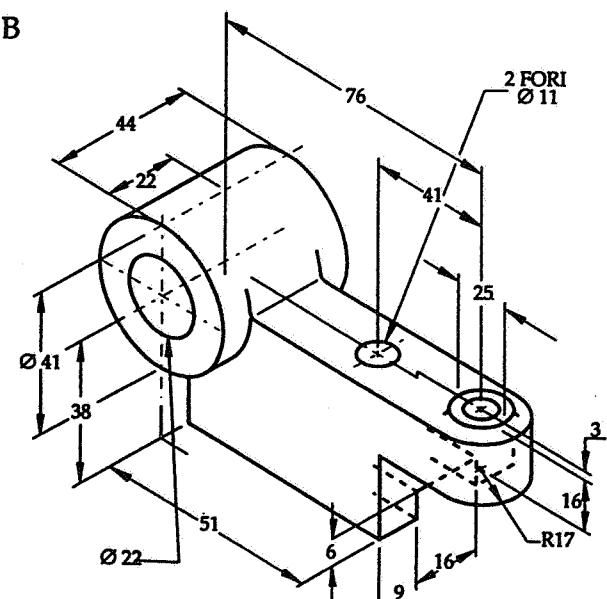
I simboli che compaiono nelle prossime assonometrie sono normalmente usati nella normativa americana ANSI Y14.5M e attualmente proposti nelle norme ISO; il loro significato è il seguente:

- ↓ Profondità o spessore
- Lamatura
- ▽ Svasatura

A

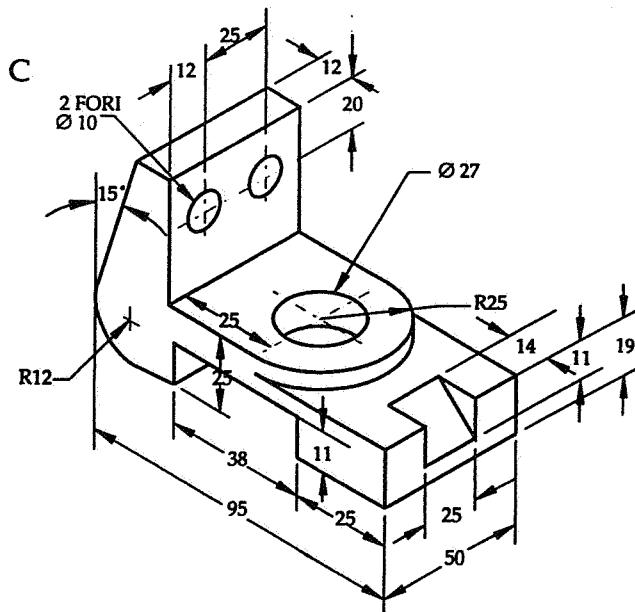


B

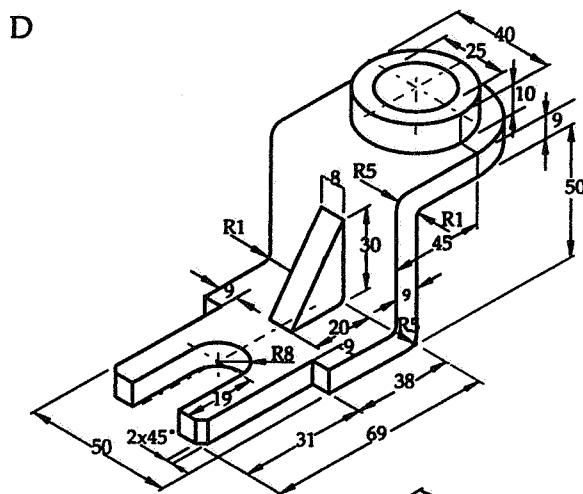


162

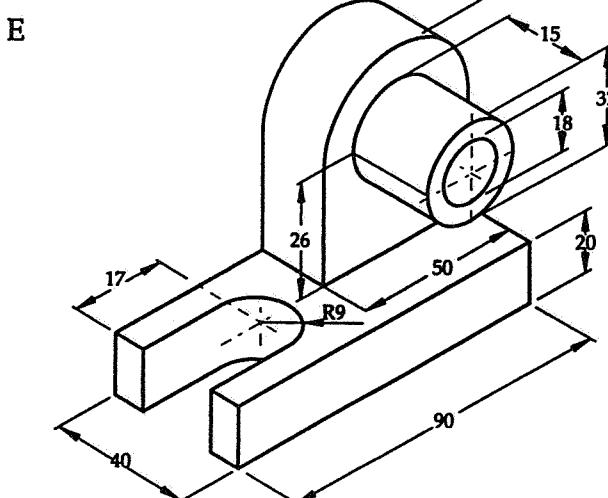
C



D



E

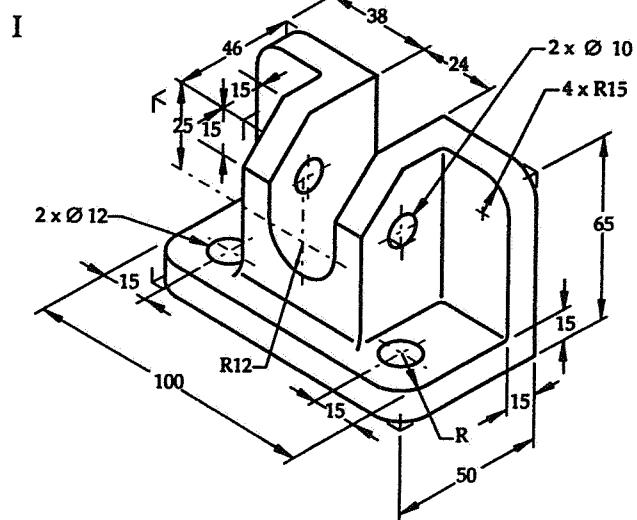
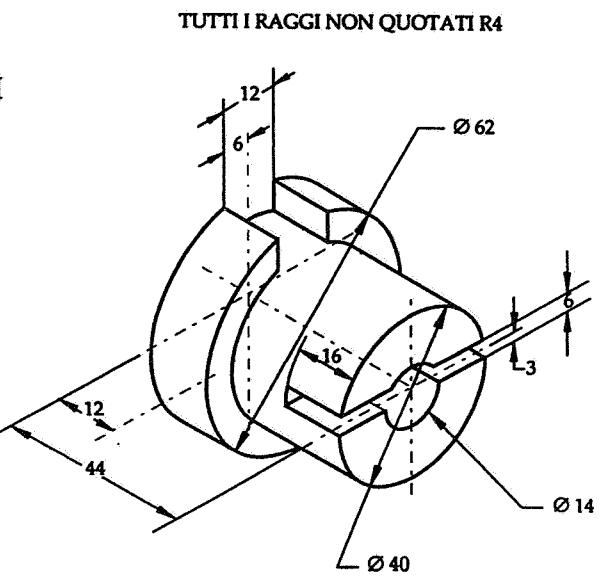
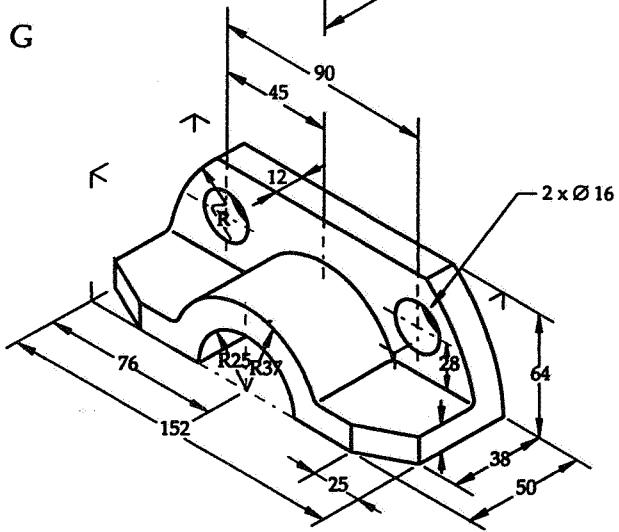
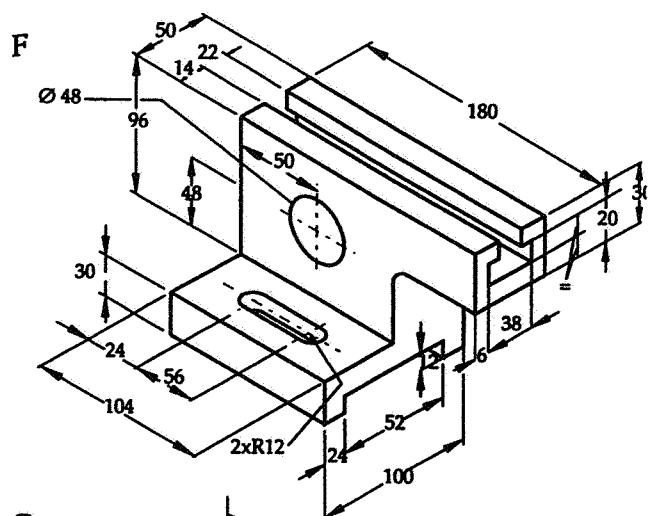


F

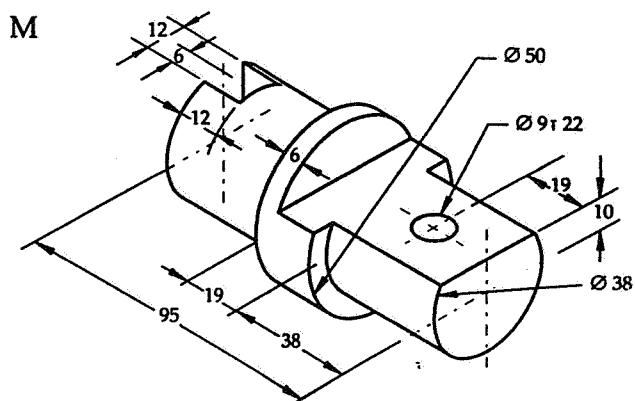
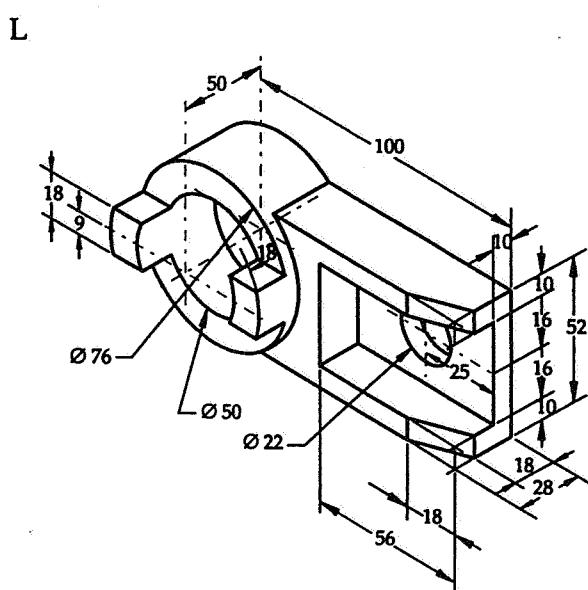
G

H

ERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

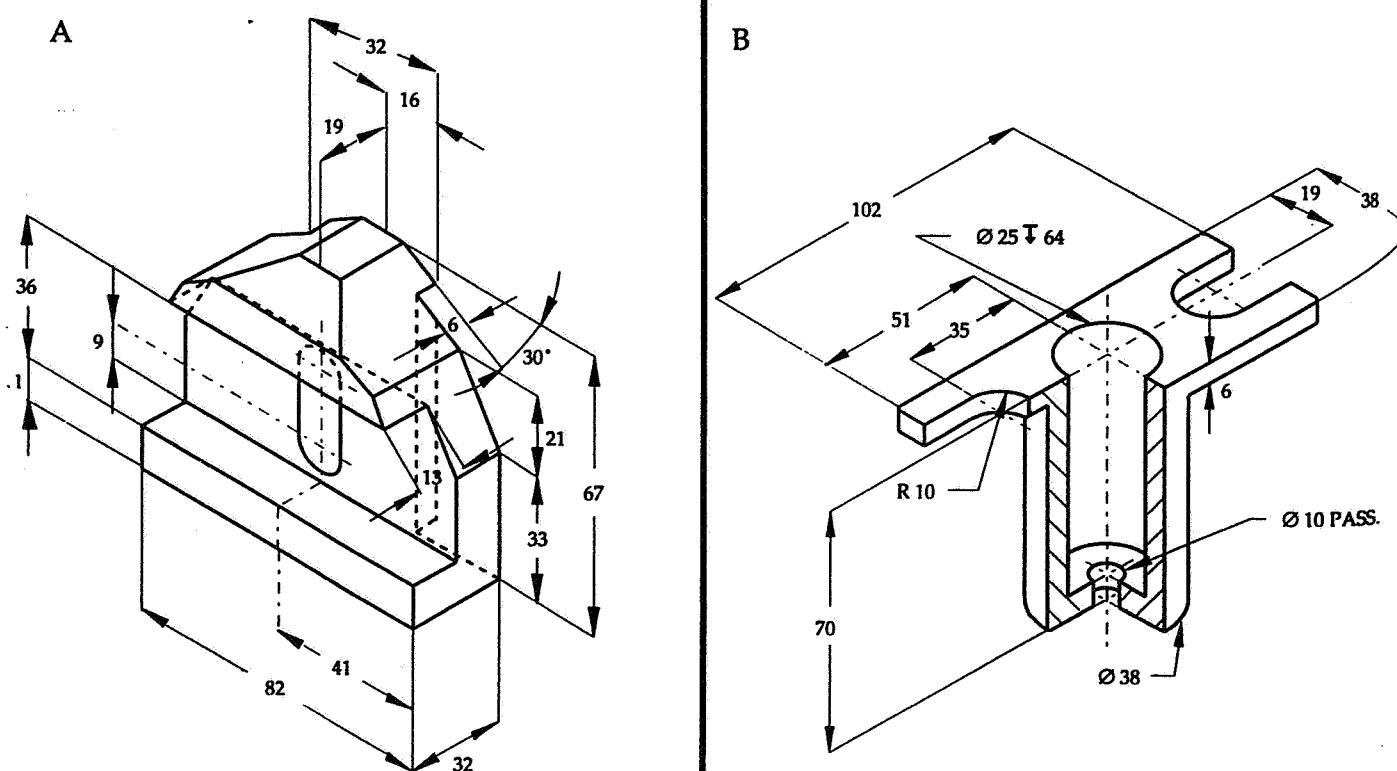
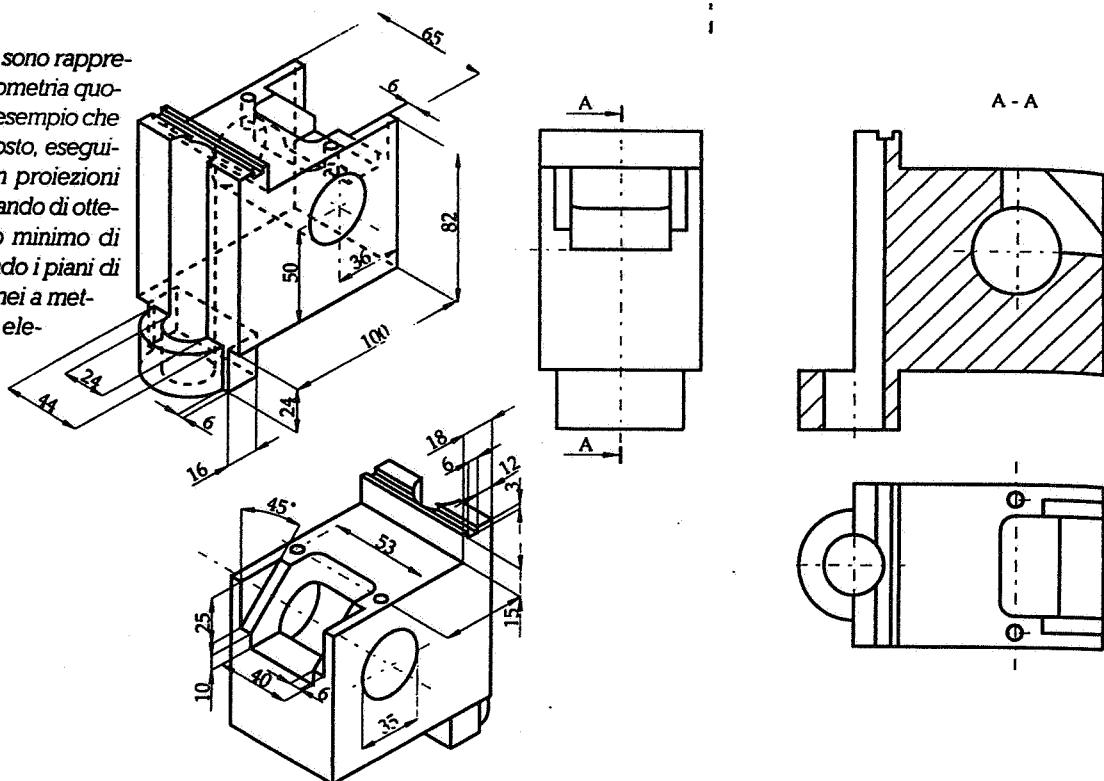


TUTTI I RAGGI NON QUOTATI R5

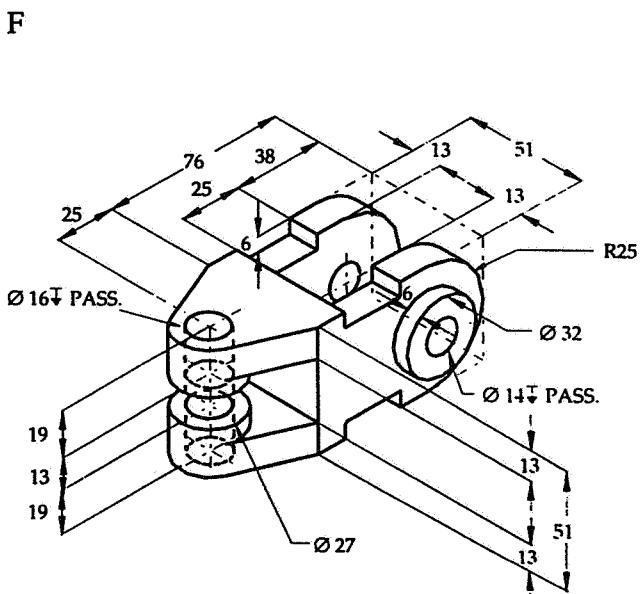
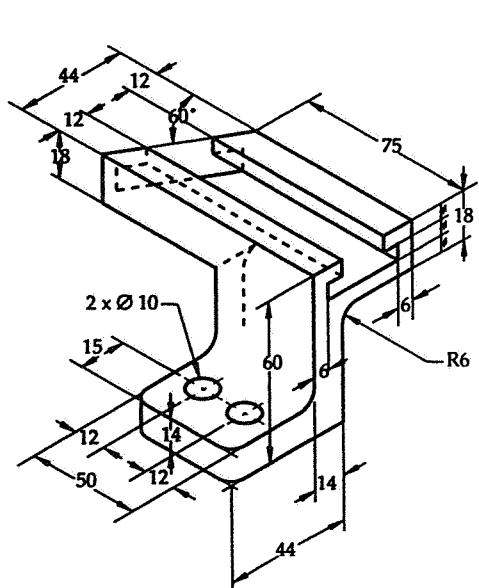
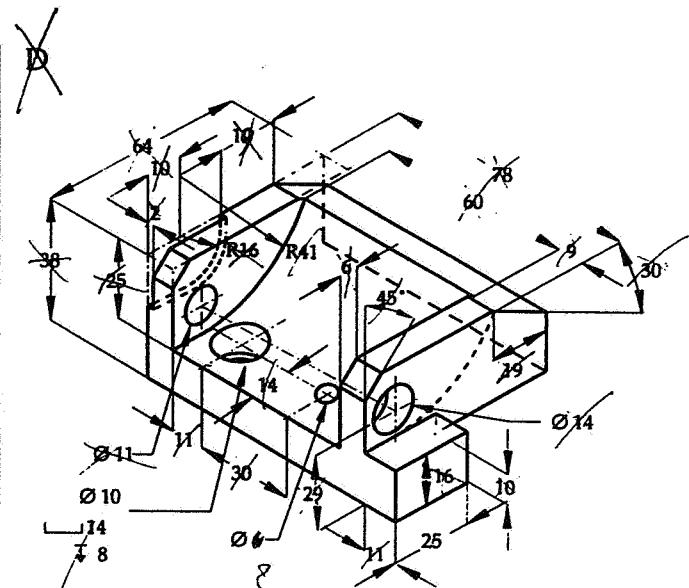
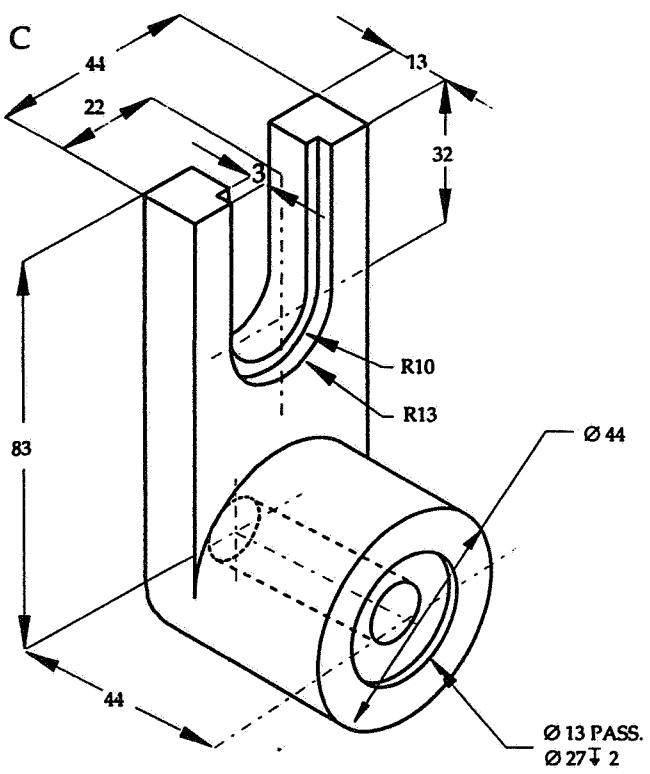


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • E

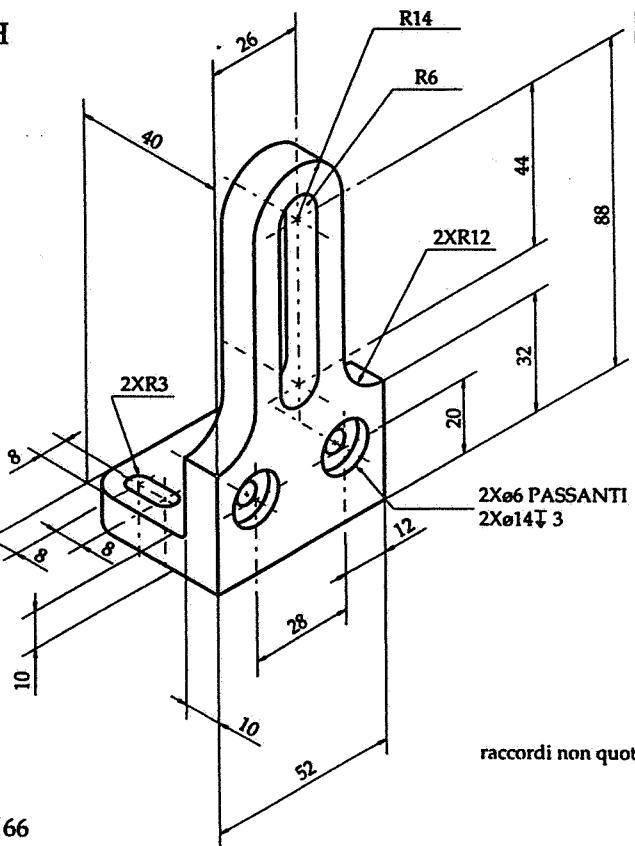
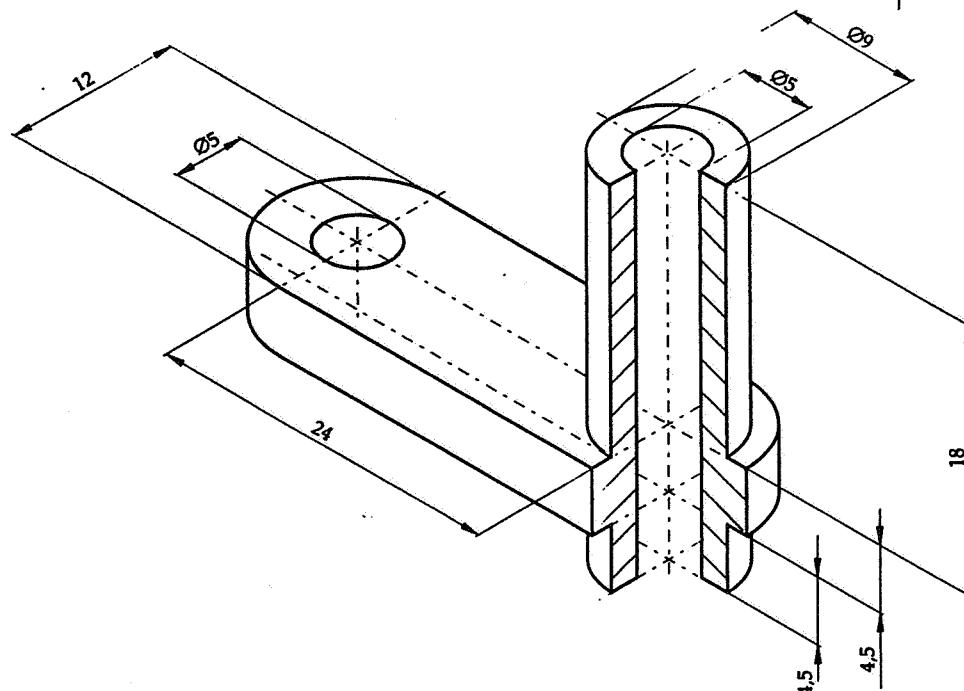
5. I seguenti pezzi sono rappresentati in assonometria quattrostante; come nell'esempio che qui viene proposto, eseguire il disegno in proiezioni ortogonali cercando di ottenere il numero minimo di viste selezionando i piani di sezione più idonei a mettere in luce gli elementi interni.



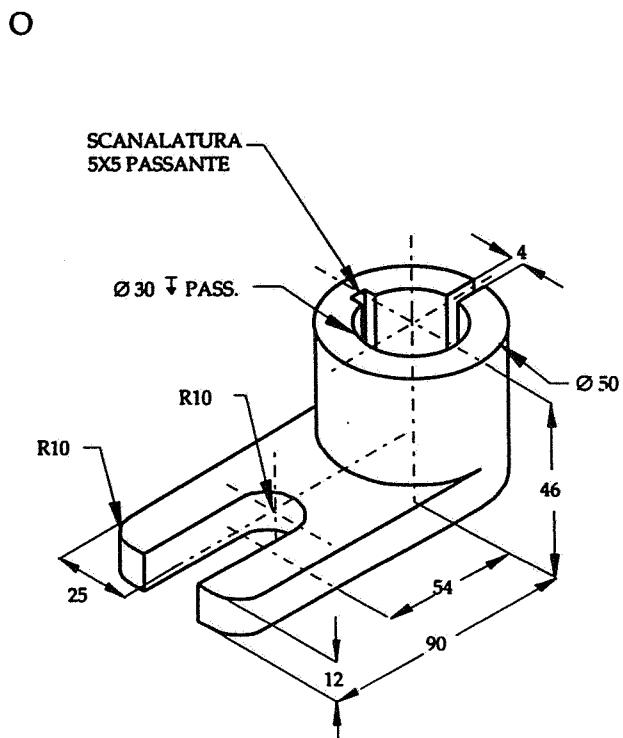
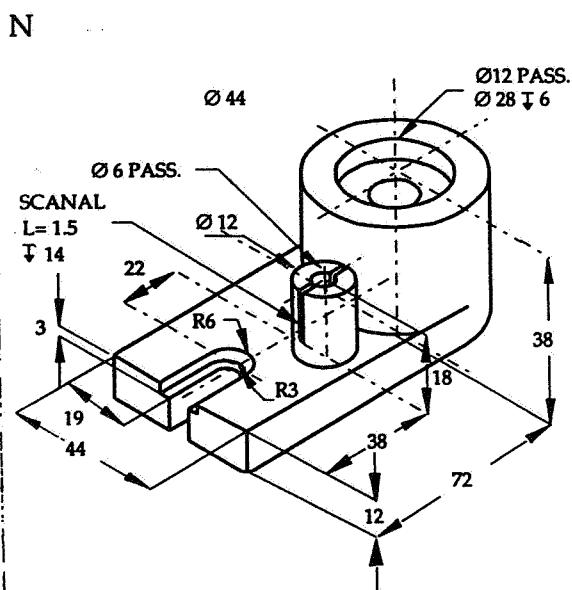
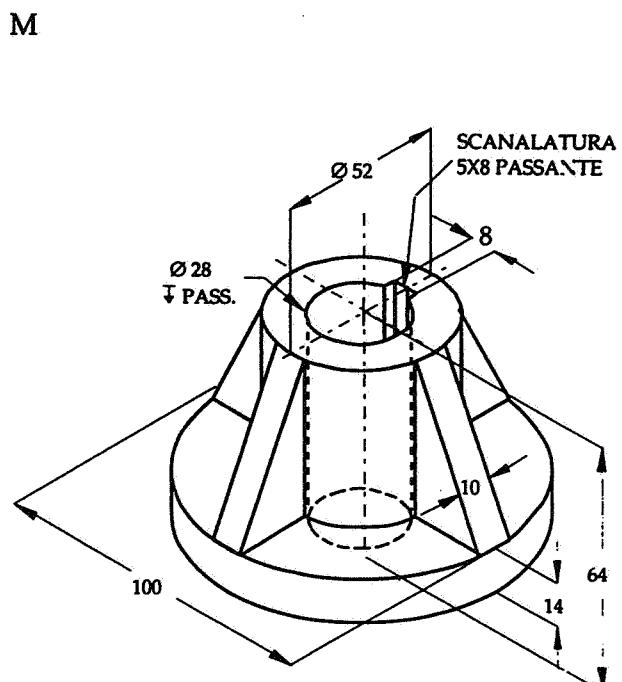
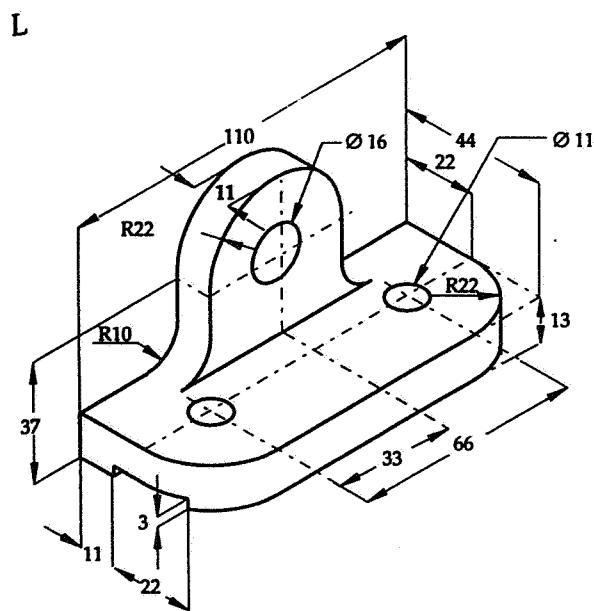
EERCIZI•EERCIZI•EERCIZI•EERCIZI•



CIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • E

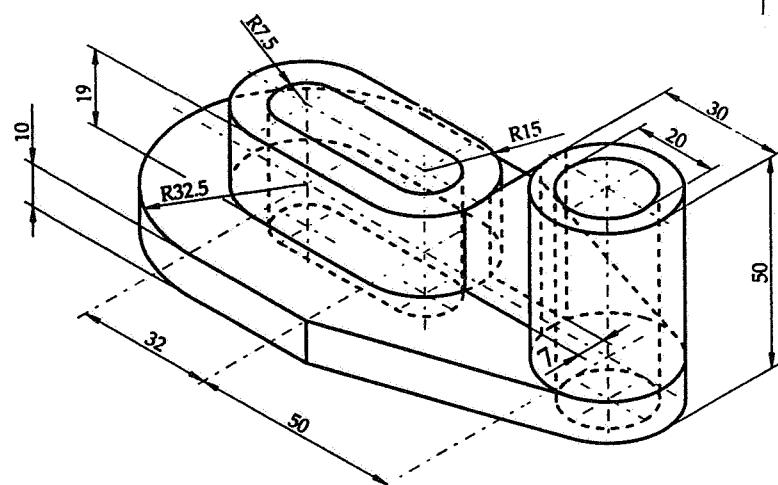


ESERCIZI•ESERCIZI•ESERCIZI•ESERCIZI



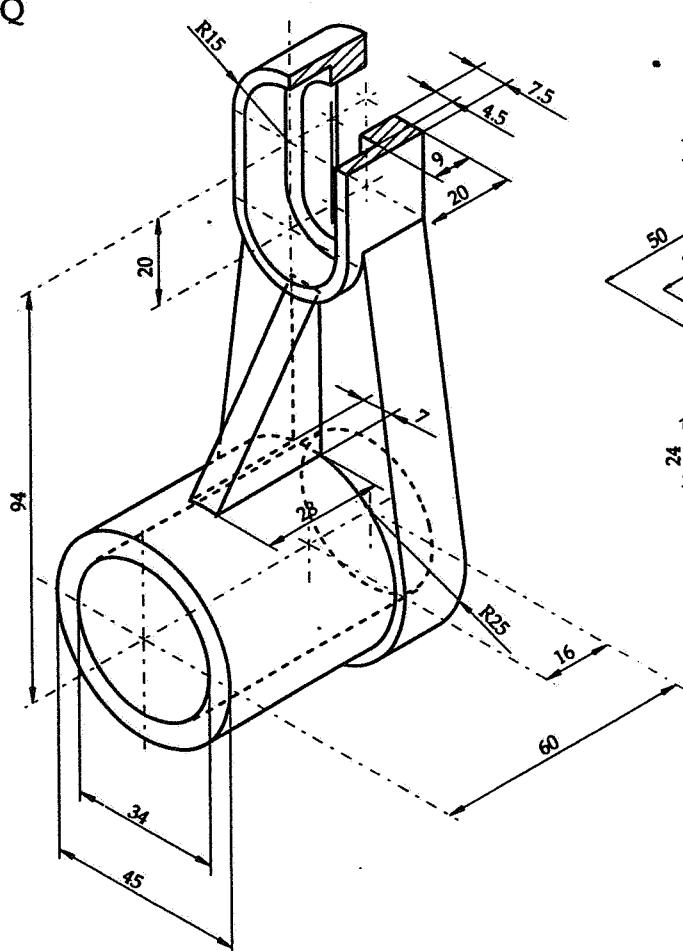
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • E

P

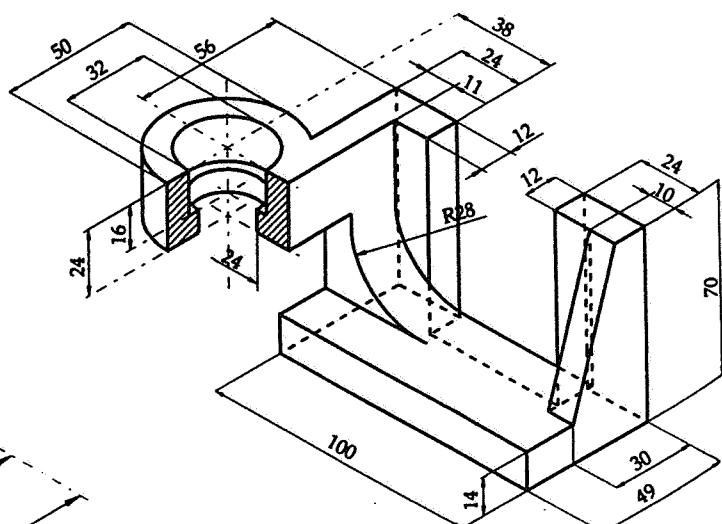


6

Q

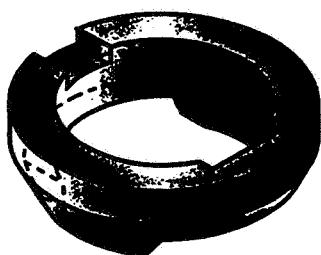
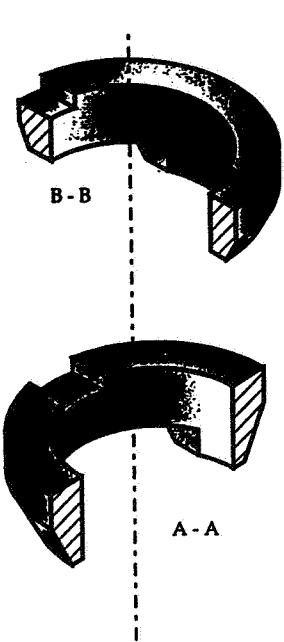
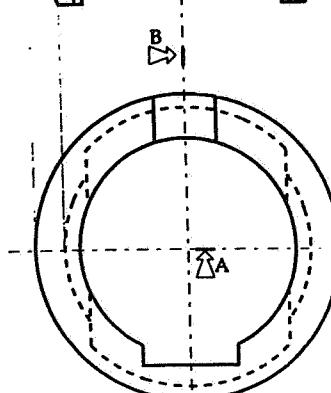
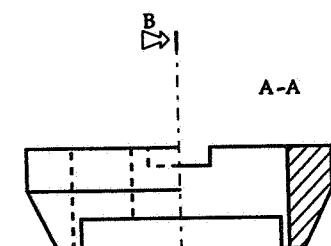
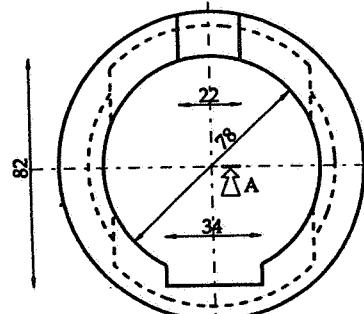
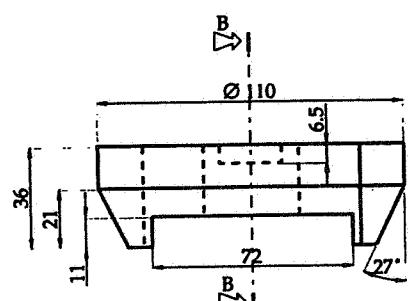


R



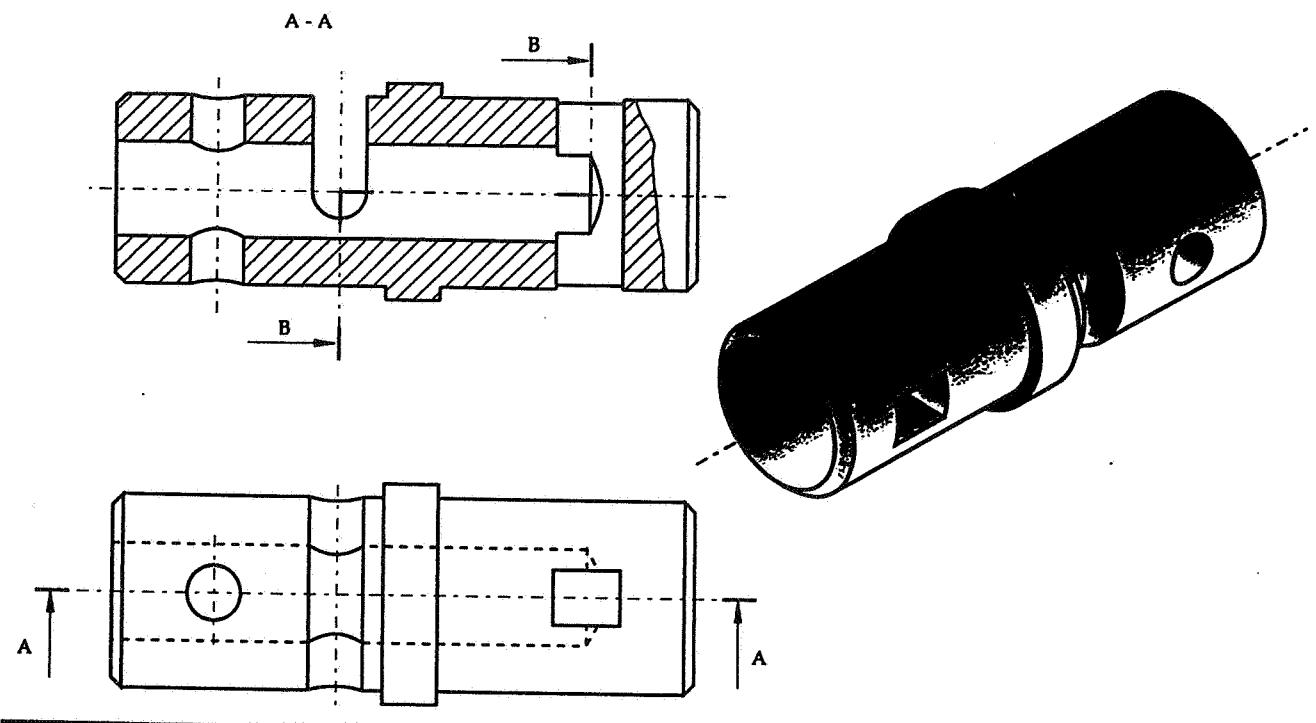
RCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

6. Dal prospetto e la pianta delle tavole seguenti, ridisegnare la vista principale semisezionata secondo il piano A-A e il profilo secondo il piano B-B: Come esempio viene mostrato l'anello di bloccaggio della figura seguente:

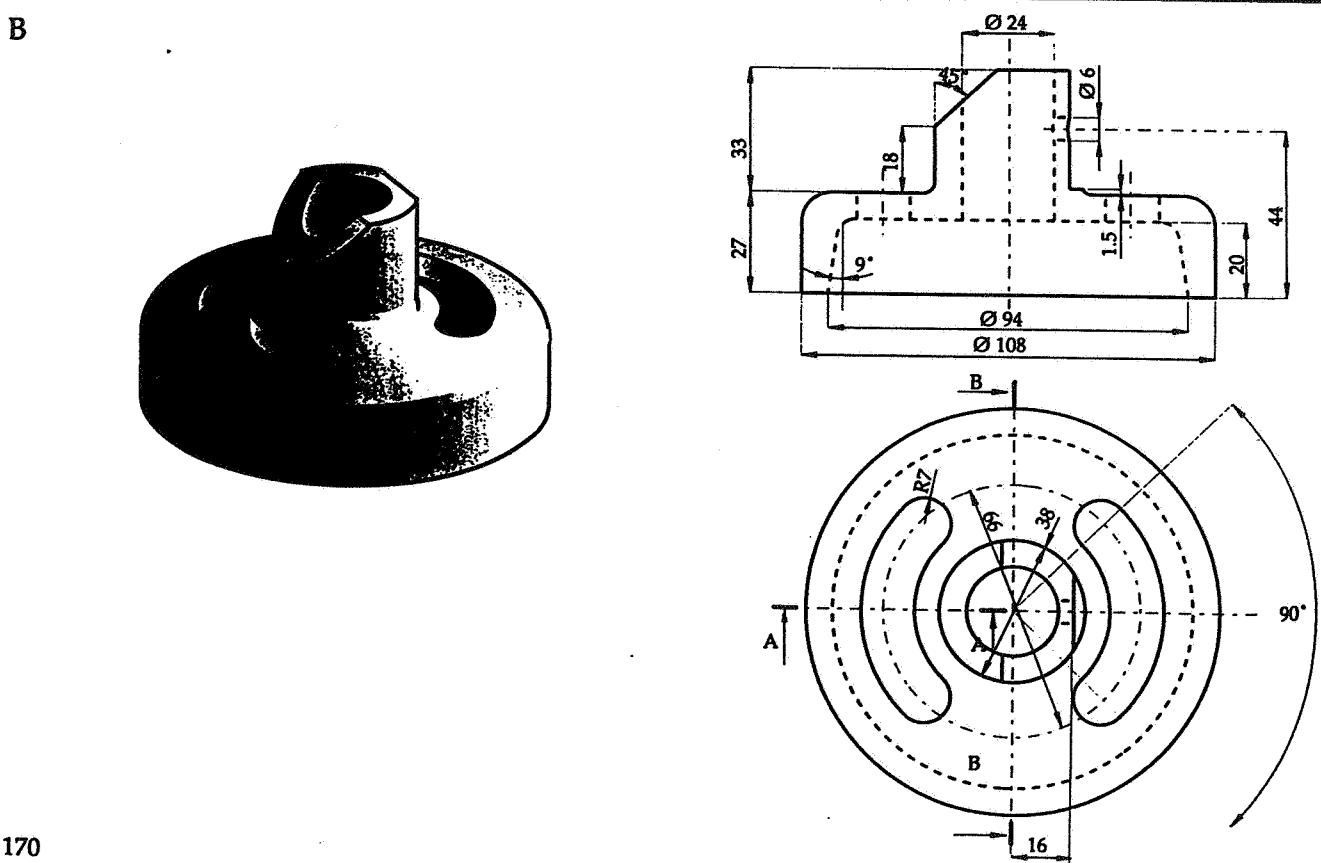


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI.

A

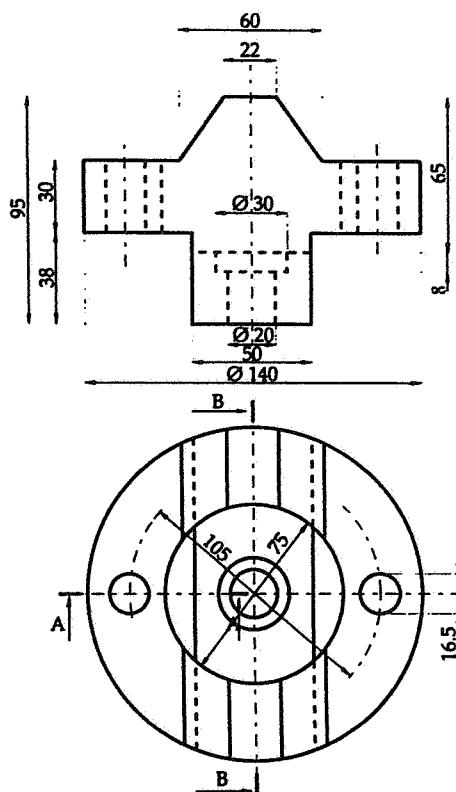
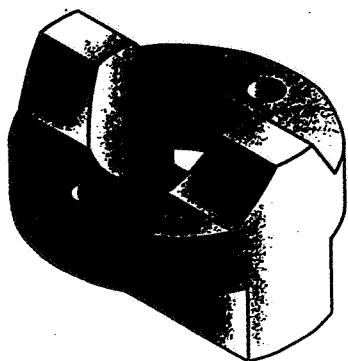


B

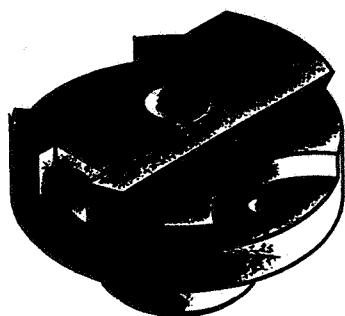
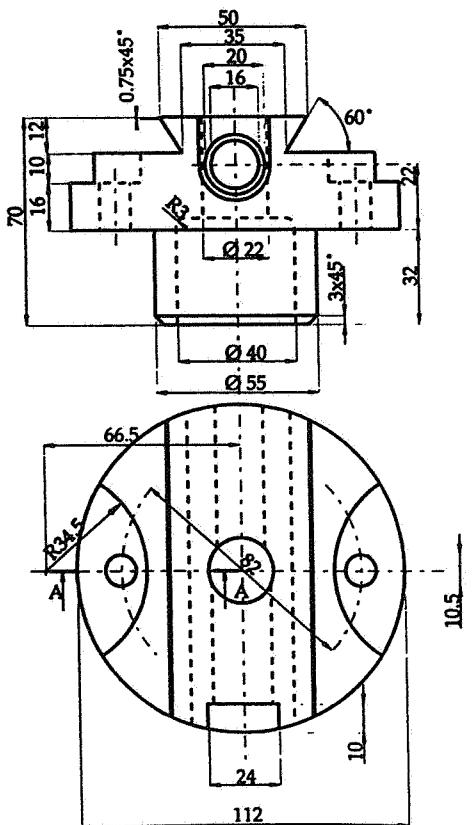


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

C

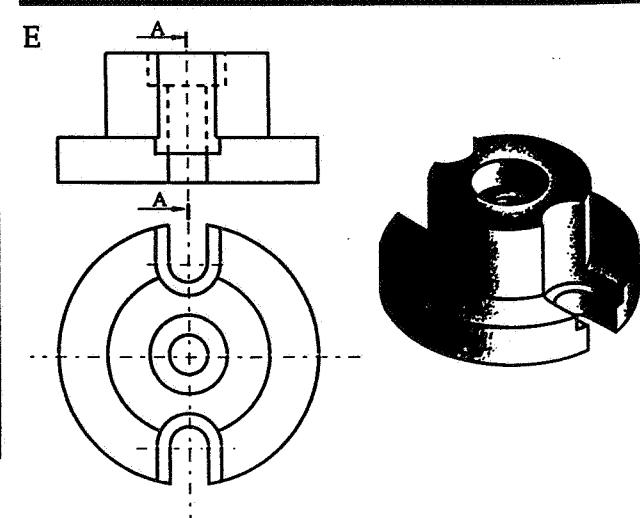
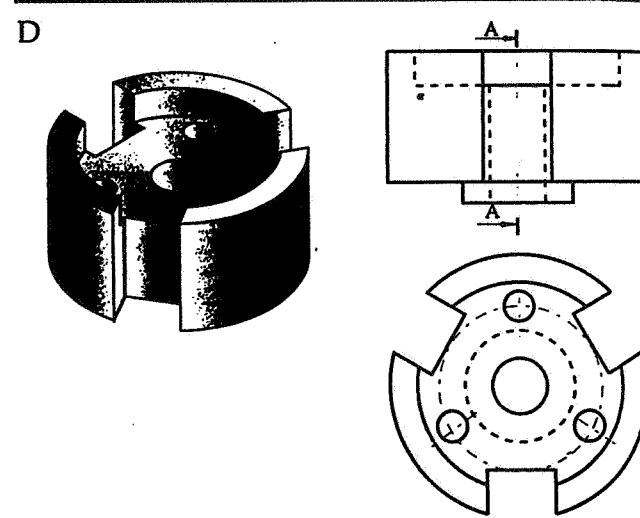
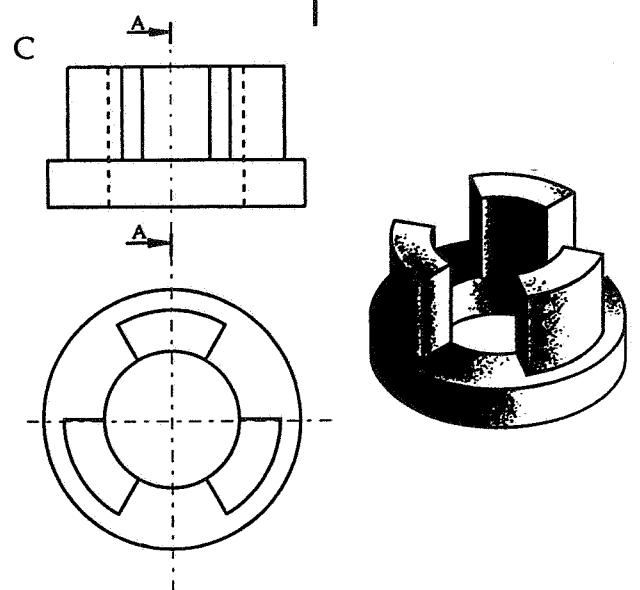
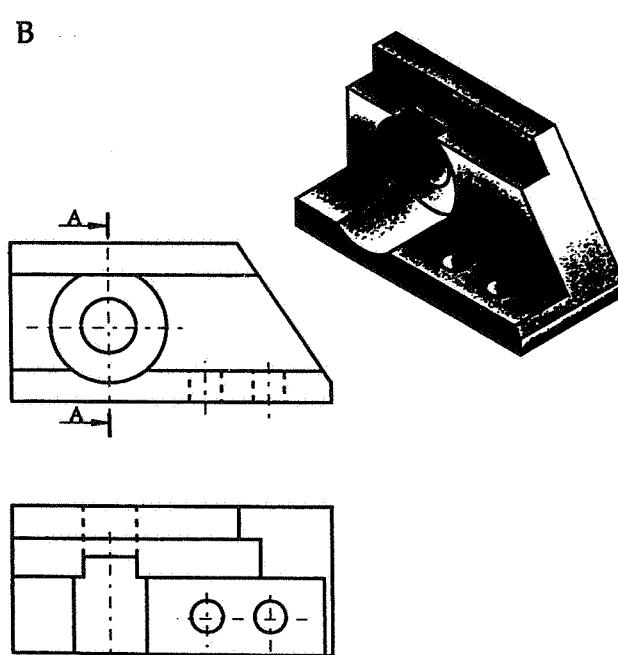
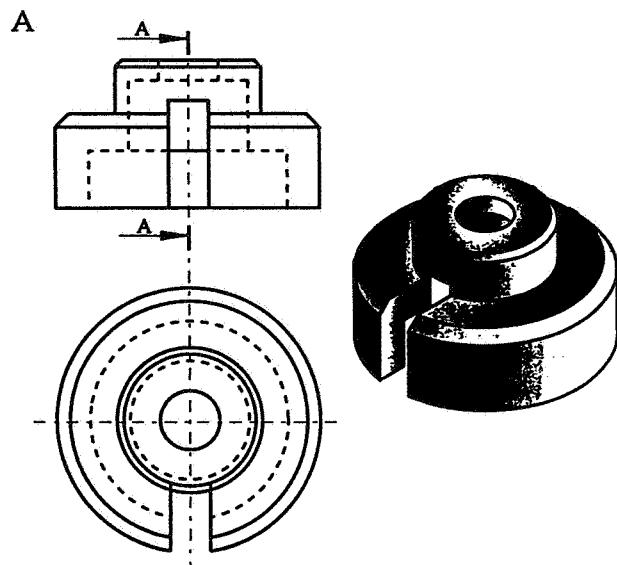


D



CIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ER

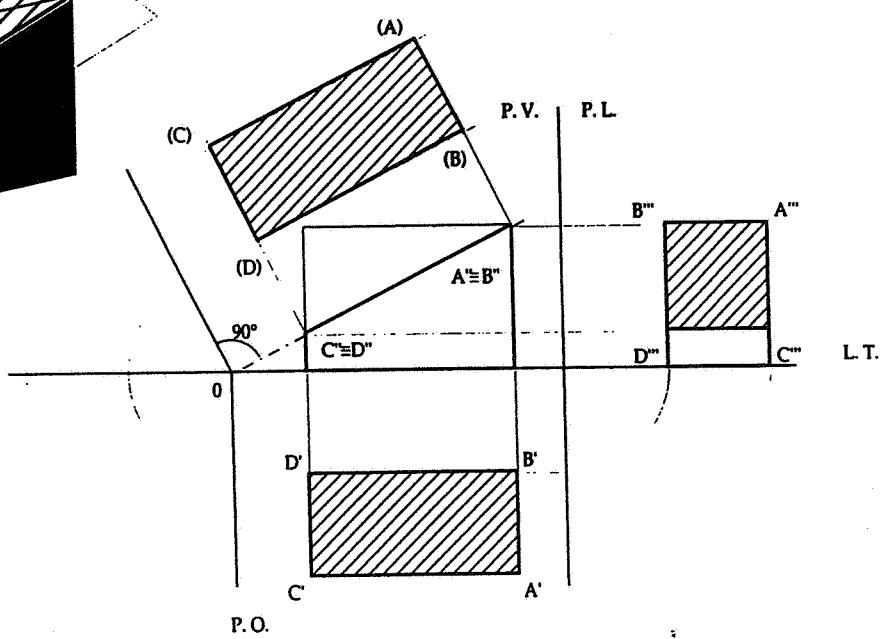
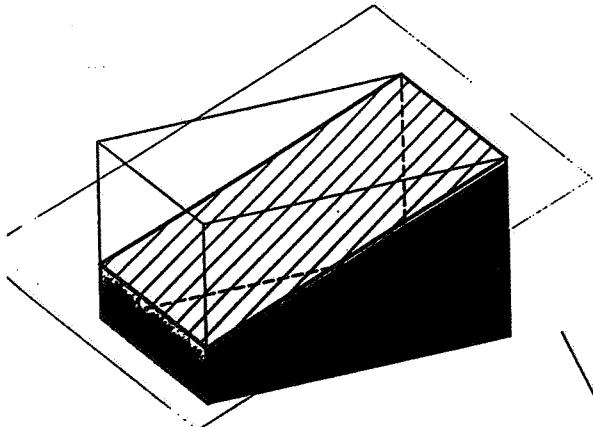
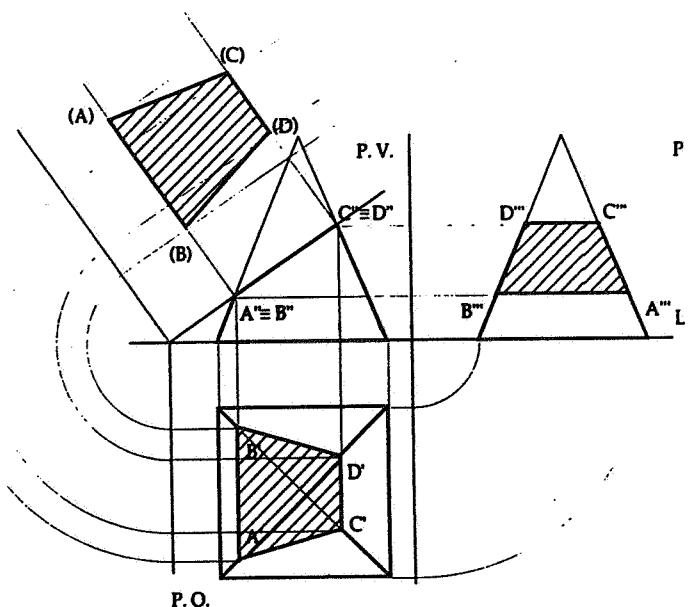
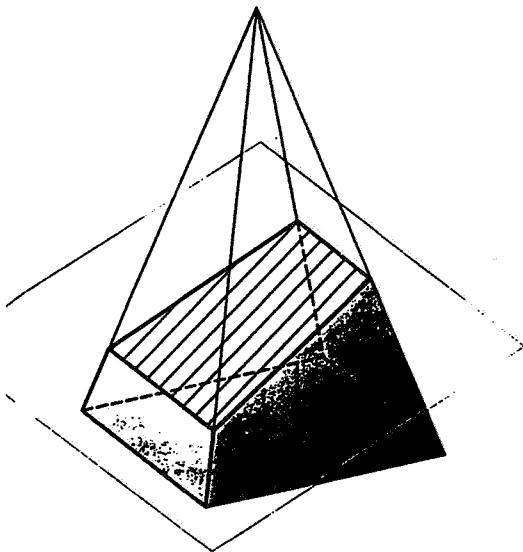
7. Viene fornito il prospetto e la pianta del pezzo rappresentato in assonometria; disegnare il profilo secondo l'indicazione del piano di sezione.



8. Se

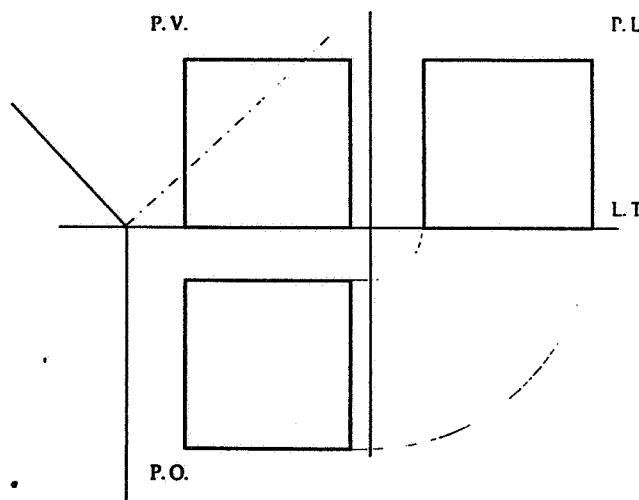
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

Sezioni di solidi geometrici. Eseguire le sezioni indicate e rappresentare la vera forma.

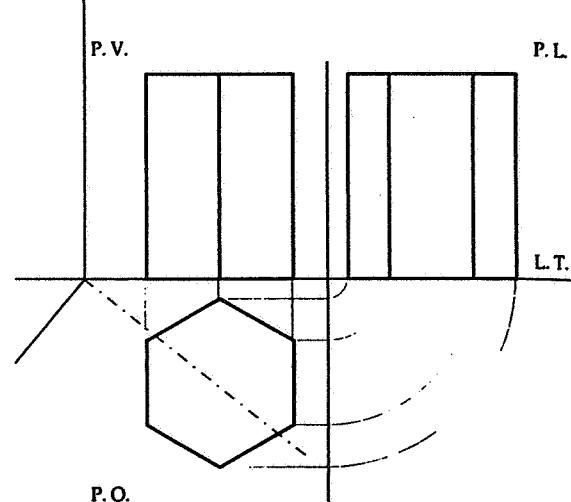


RCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

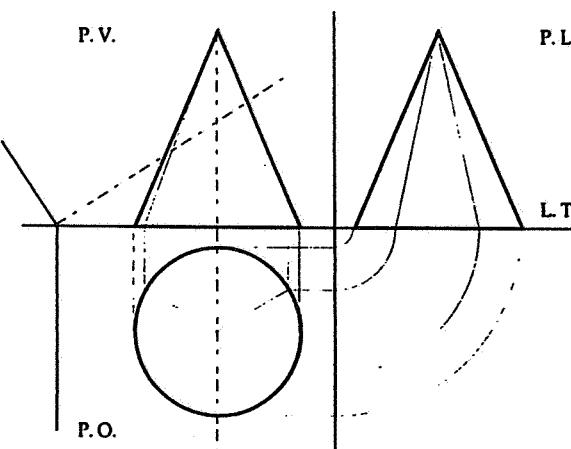
Cubo sezionato da un piano inclinato rispetto al P.O. e perpendicolare al P.V.



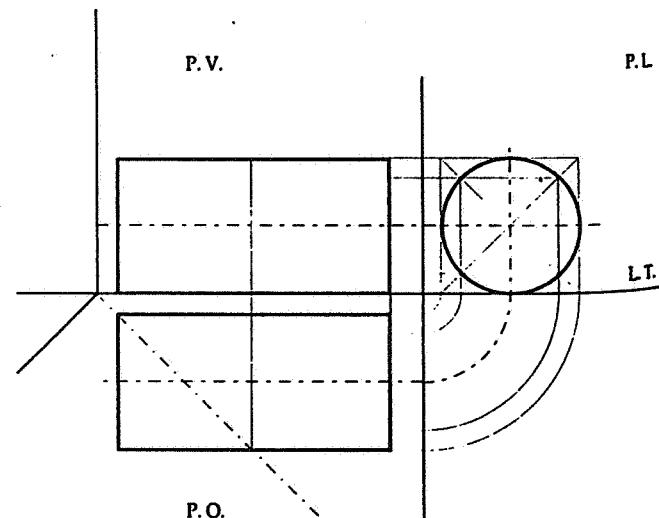
Prisma a base esagonale sezionato da un piano perpendicolare al P.O. e inclinato rispetto al P.V.



Cone sezionato da un piano inclinato rispetto al P.O. e perpendicolare al P.V.



Cilindro sezionato da un piano inclinato rispetto al P.V. e perpendicolare al P.O.



il disegno illustrativo

1

INDICAZIONI GENERALI

Il metodo delle proiezioni ortogonali dà una descrizione dettagliata delle dimensioni, della forma, delle caratteristiche delle diverse superfici di un oggetto attraverso l'uso di una o più proiezioni su piani coordinati e, come già detto, per risalire alla forma complessiva dell'oggetto rappresentato bisogna mentalmente associare le varie proiezioni sfruttando sia le conoscenze della geometria descrittiva sia basandosi su abilità ed esperienza personali. Può essere allora necessario affiancare alla proiezione ortografica disegni di più immediata comprensione, ottenuti mediante altri metodi di rappresentazione.

Per ottenere su un piano la rappresentazione di un oggetto che ne suggerisca e descriva l'aspetto tridimensionale si può ricorrere, come visto nel capitolo I, o alle *proiezioni prospettiche* o alle *proiezioni assonometriche*.

Nella prospettiva centrale, da un centro di proiezione posto a distanza finita, i raggi proiettanti sono divergenti (come se uscissero dal vertice di un cono ed è per questo motivo che si parla anche di *proiezioni coniche*); la rappresentazione è simile a quella che si realizza con la visione ottica, ma con rapporti dimensionali deformati: l'immagine che si forma sul quadro ha dimensioni diverse dall'oggetto reale (fig. 2) e variabili al variare della distanza fra centro di proiezione, quadro ed oggetto.

Nella proiezione assonometrica l'oggetto è rappresentato come apparireb-

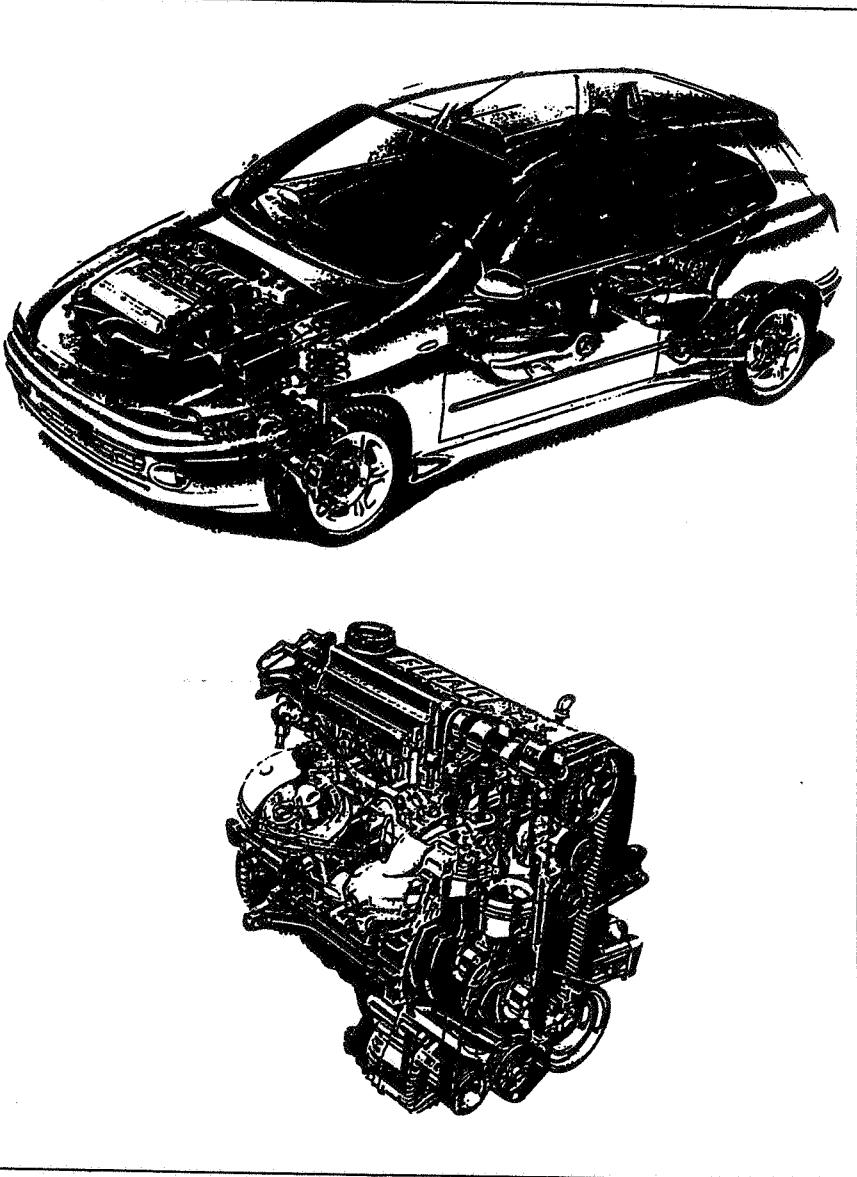


Fig. 1. L'illustrazione di un oggetto è effettuata con tecnica diversa dalle proiezioni ortogonali quando se ne voglia una comprensione più immediata.

PROSPETTIVA

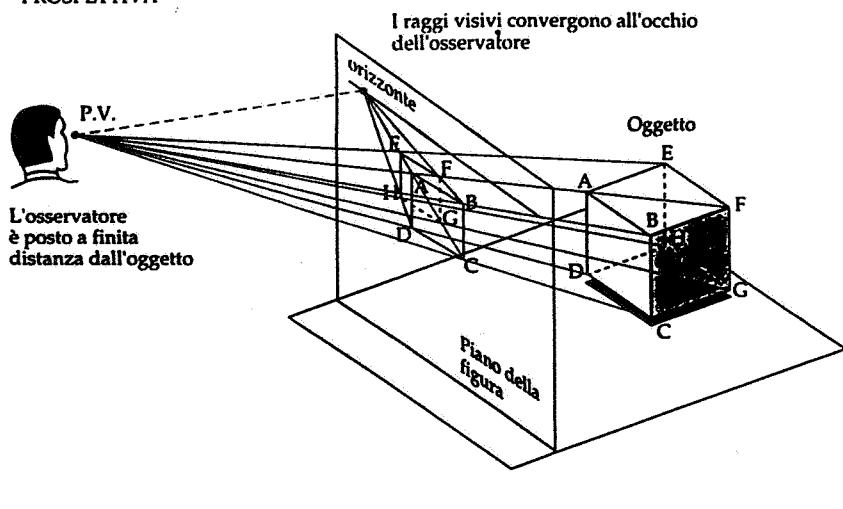


Fig. 2. La proiezione centrale o prospettiva.

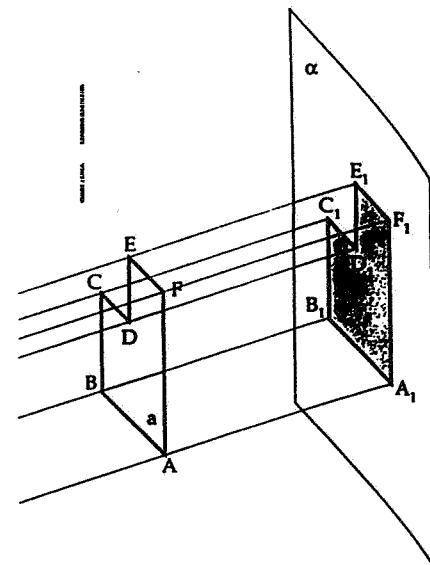


Fig. 4. La figura ABCDEF parallela al quadro, si proietta in vera grandezza e forma.

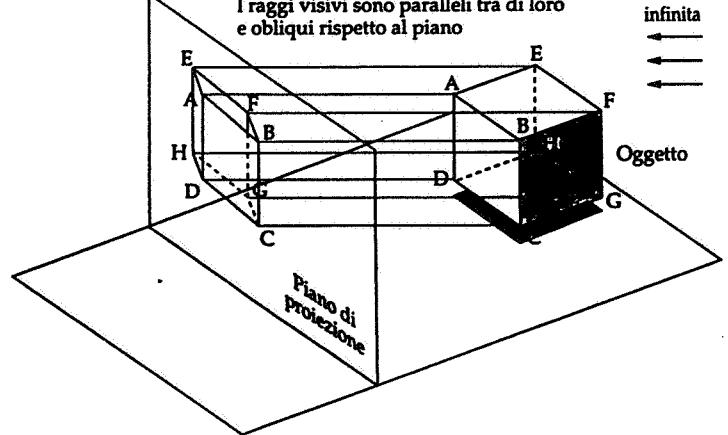
Inclini spetti. Le g. men (cioè spett prop. men. mentano li sul Stab. proie di u. varia men. quad getti. ti mo durr. turo sion. quar. dove to da delle L'ogi lo sp siani do ch colar. conte sulti proie con t del d tazio getto

be ad un osservatore situato in un punto posto a distanza infinita (detto punto improprio) si immagina di mandare dei raggi proiettanti fra loro paralleli (fig. 3).

Poiché i due sistemi proiettivi sono il risultato di una collocazione diversa del punto di vista dell'osservatore, l'assonometria può essere considerata come caso particolare della prospettiva centrale e quindi è anche indicata come prospettiva parallela. Anche se la localizzazione del punto di vista all'infinito è nella realtà assurda, l'assonometria viene comunemente usata nel disegno tecnico in quanto permette di costruire sul piano lo schema geometrico di un oggetto tridimensionale rispettando i rapporti e le dimensioni reali. Inoltre, pur soddisfacendo meno le esigenze visive rispetto alla prospettiva centrale, è di più facile esecuzione e permette anche una descrizione dimensionale sufficientemente rapida.

Il fatto che i raggi proiettanti siano paralleli tra loro conferisce alle assommetrie alcune importanti proprietà generali che, a differenza delle prospettive, le rendono accettabili anche per i disegni tecnici industriali.

I lati e le superfici di un oggetto paralleli al quadro si proiettano sul quadro stesso in vera grandezza e forma (fig. 4), qualunque sia l'angolo che la direzione dei raggi proiettanti forma col quadro. I lati e superfici di un oggetto non paralleli al quadro si proiettano in grandezza diversa, secondo la diversa



b

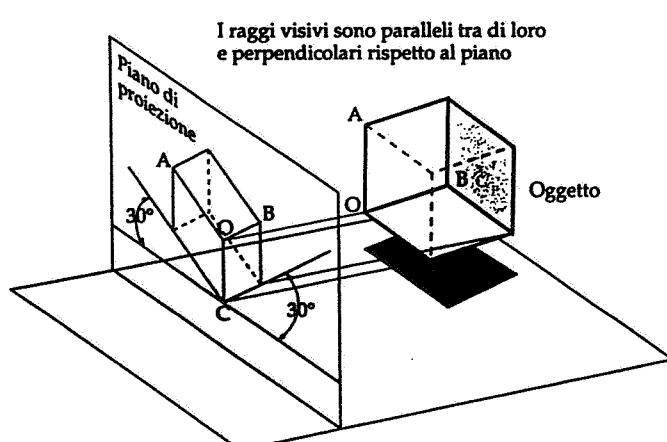


Fig. 3. La proiezione assonometrica ortogonale (a) e obliqua (b).

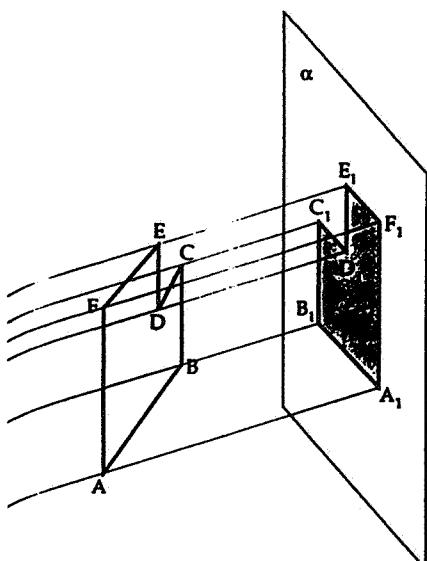


Fig. 5. La figura ABCDEF non parallela al quadro, si proietta in grandezza diversa.

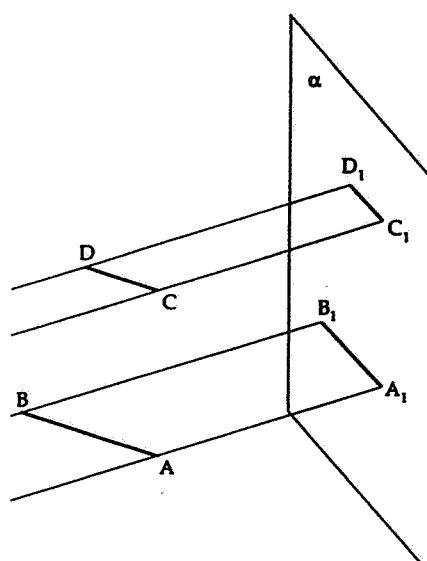


Fig. 6. In una proiezione assonometrica le proiezioni A_1B_1 e C_1D_1 , sono proporzionali ai segmenti proiettati AB e CD :
 $AB : CD = A_1B_1 : C_1D_1$

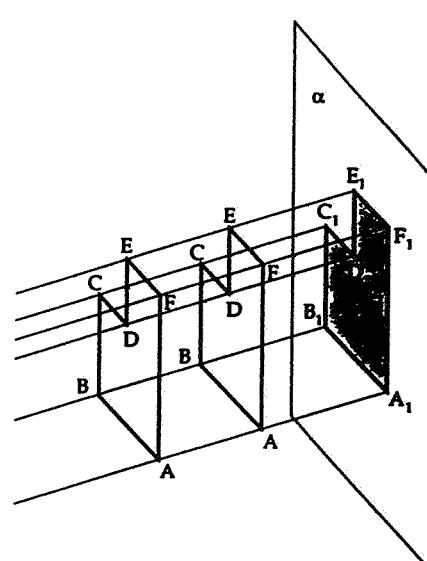


Fig. 7. In una proiezione assonometrica variando la distanza di una figura piana dal quadro le proiezioni rimangono invariate.

inclinazione dei raggi proiettanti rispetto al quadro (fig. 5). Le grandezze delle proiezioni di segmenti e superficie *paralleli tra loro* (cioè aventi la stessa inclinazione rispetto al quadro) sono direttamente proporzionali alle *grandezze dei segmenti e superfici proiettati* (fig. 6). Segmenti paralleli nello spazio si proiettano secondo segmenti *ancora paralleli sul quadro*.

Stabilità l'inclinazione dei raggi proiettanti, le proiezioni sul quadro di un determinato oggetto possono variare soltanto se varia l'orientamento dell'oggetto stesso rispetto al quadro e non con la distanza dell'oggetto dal quadro (fig. 7). Per i suddetti motivi dal disegno si possono dedurre le proporzioni e, dato un opportuno riferimento o una scala, le dimensioni dell'oggetto (a differenza di quanto avviene con la prospettiva dove variando la distanza dell'oggetto dal quadro variano le dimensioni delle proiezioni).

L'oggetto da proiettare è riferito nello spazio ad una terna di assi cartesiani ortogonali di solito scelti in modo che risultino paralleli o perpendicolari alle sue facce o alle sue linee di contorno (fig. 8). L'oggetto viene disposto in modo che la terna di assi risulti inclinata rispetto al piano di proiezione ed i tre assi formeranno con tale piano tre angoli. Sul foglio del disegno si ottiene una rappresentazione delle tre dimensioni dell'oggetto, con misure legate a quelle ori-

ginali da precisi rapporti di proiezione, che dipendono dal tipo di assonometria adottato.

Se l'oggetto è semplice rimane sufficientemente rappresentato con un'unica vista.

Le superfici dell'oggetto viste di sbieco risultano però alterate di forma e inoltre la quotatura e la lettura delle dimensioni è difficoltosa perché i rapporti tra le lunghezze reali e quelle sul disegno possono essere diversi nelle varie direzioni.

Le proiezioni assonometriche sono oggetto delle norme UNI 3969 e 4819.

2

TIPI DI ASSONOMETRIE

A seconda della direzione dei raggi di proiezione rispetto al quadro, si hanno due tipi di assonometrie:

a) assonometria ortogonale, se i raggi di proiezione sono perpendicolari al quadro (fig. 3a).

b) assonometria obliqua, se i raggi di proiezione formano col quadro angoli diversi da 90° (fig. 3b);

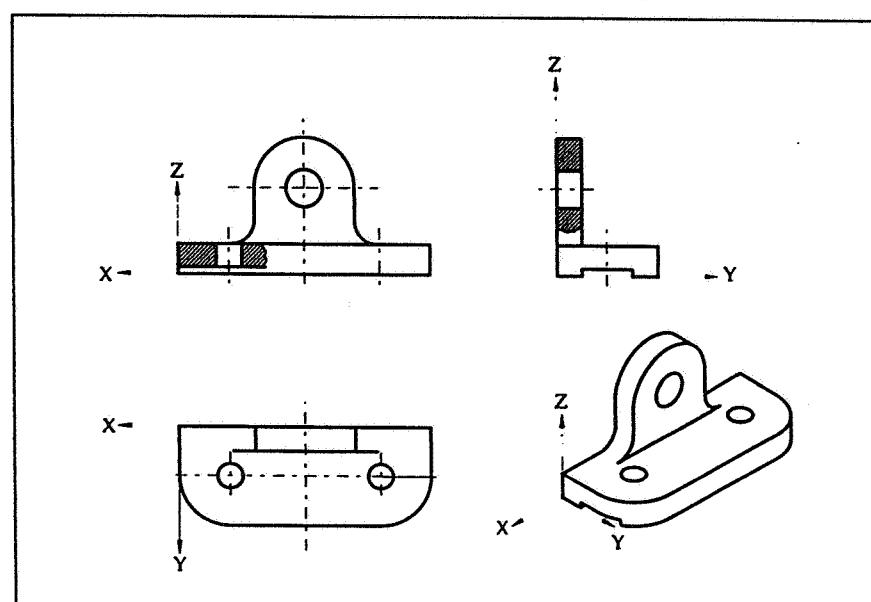


Fig. 8. Nella proiezione assonometrica, gli assi cartesiani sono scelti paralleli alle facce dell'oggetto.

Il piano assonometrico deve essere tale che una sola proiezione assonometrica sia sufficiente per rappresentare completamente la forma dell'oggetto. Dato dunque un oggetto qualsivoglia ed un quadro di rappresentazione, si colleghi all'oggetto un sistema di assi cartesiani ortogonali x , y , z di origine O , in genere scelti paralleli o perpendicolari a facce o linee di contorno; fissate sugli assi tre unità di misura tra loro uguali, $u_x = u_y = u_z = u$, si proiettino gli assi stessi sul quadro π mediante raggi di proiezione paralleli fra loro. La proiezione dà luogo a tre rette x' , y' , z' uscenti da un medesimo punto O' , proiezione dell'origine O sul quadro π (fig. 9) ed a tre segmenti u'_x , u'_y , u'_z non necessariamente uguali tra loro.

Le tre rette orientate x' , y' e z' , proiezioni di x , y e z vengono chiamate assi assonometrici e costituiscono la struttura di riferimento per gli oggetti da rappresentare in assonometria; le unità proiezione u'_x , u'_y , u'_z prendono il nome di unità assonometriche o ridotte.

Poiché una delle proprietà fondamentali delle assonometrie è che segmenti paralleli nello spazio si proiettano secondo segmenti ancora paralleli sul

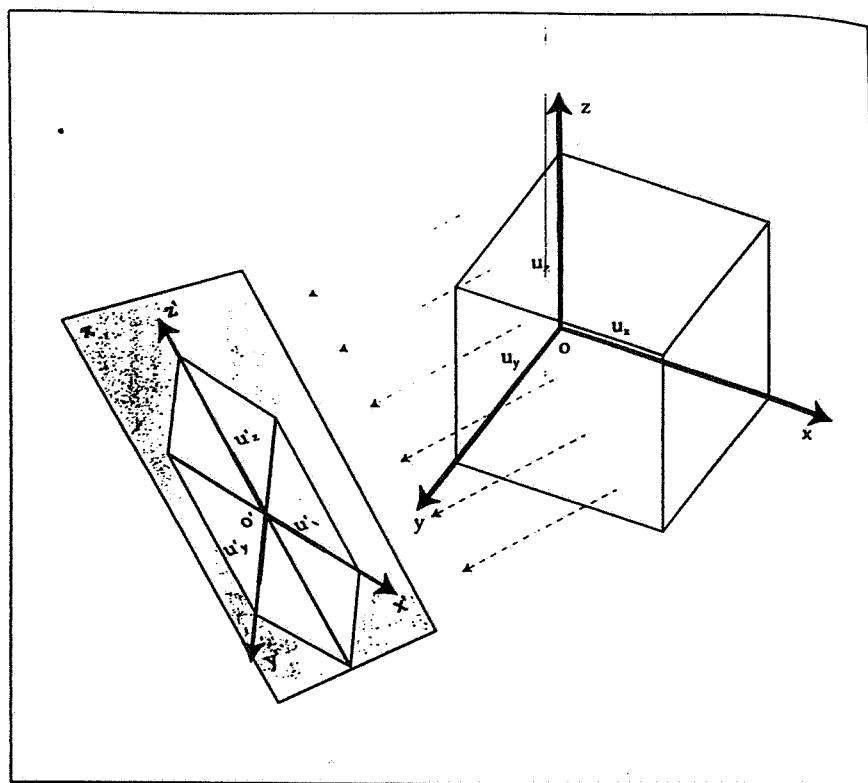


Fig. 9. Proiezione assonometrica di un cubo. Come si vede, i tre spigoli che nell'oggetto reale sono perpendicolari tra loro, nel piano di proiezione danno luogo a tre angoli e a tre lunghezze diverse dalle dimensioni reali.

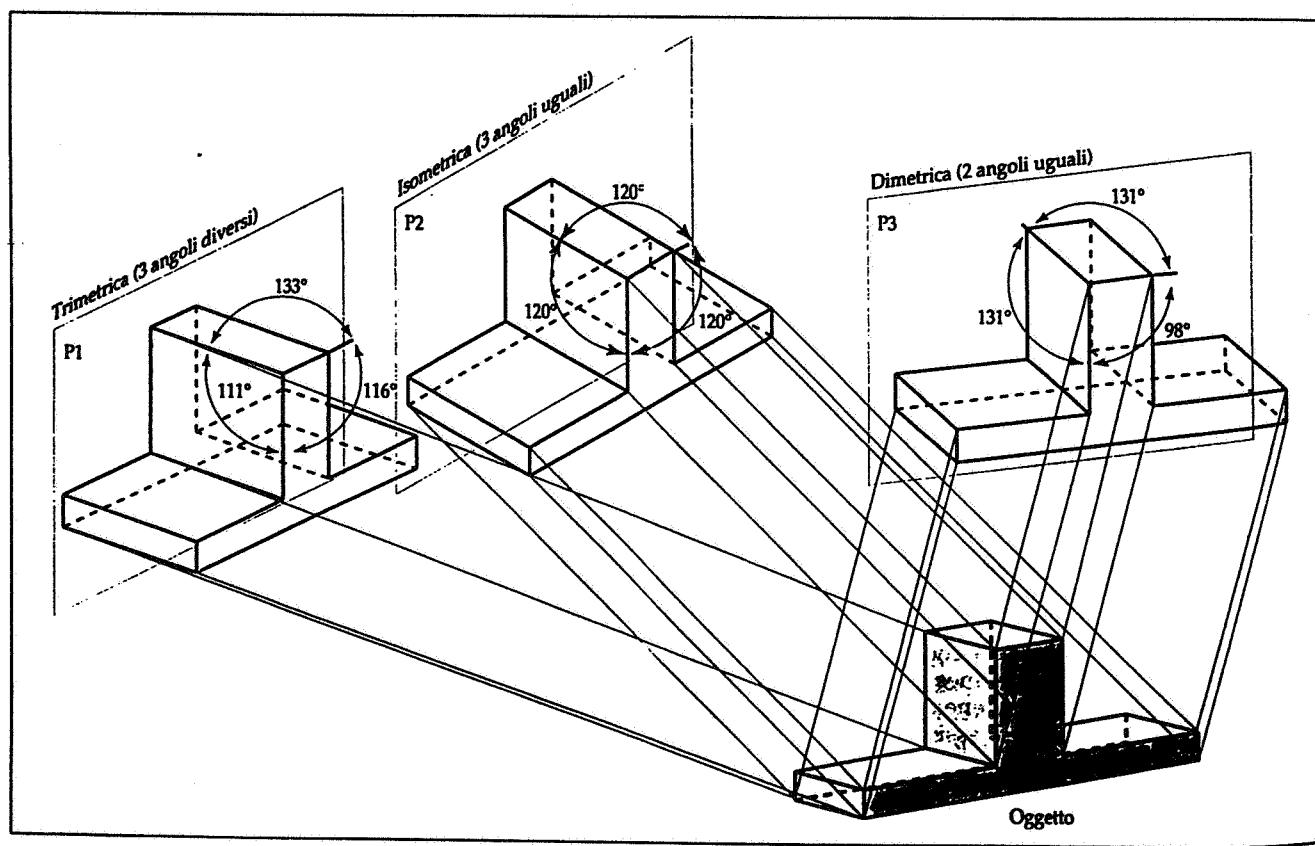


Fig. 10. Proiezioni di un oggetto su 3 piani: nell'assonometria isometrica gli angoli fra i 3 spigoli principali sono uguali (piano P₂), in quella dimetrica (piano P₃) si ottengono 2 angoli uguali, e infine nell'assonometria trimetrica 3 angoli diversi (piano P₁).

quadro di rappresentazione, ne segue che tutti i segmenti paralleli ad uno degli assi cartesiani, sono proiettati secondo segmenti paralleli alla proiezione di quell'asse sul quadro, quindi le loro lunghezze sono tutte ridotte nel medesimo rapporto.

Ne segue che tutti i segmenti paralleli all'asse x nello spazio vengono ridotti di u'_x/u nella rappresentazione assonometrica, così come saranno ridotti di u'_y/u quelli paralleli all'asse y e di u'_z/u quelli paralleli all'asse z ; i rapporti

$$p = \frac{u'_x}{u} \quad q = \frac{u'_y}{u} \quad r = \frac{u'_z}{u}$$

si chiamano rapporti di riduzione secondo gli assi x' , y' e z' . I tre segmenti proiettati u'_x , u'_y , u'_z hanno lunghezze diverse o uguali a quella originaria a seconda che l'asse d'appartenenza sia obliquo o parallelo al quadro.

Quando le dimensioni lineari parallele ai tre assi subiscono tutte e tre la stessa variazione si dice che l'assonometria è isometrica; quando due dimensioni subiscono la stessa riduzione e la terza una diversa, l'assonometria è dimetrica; infine quando le dimensioni subiscono riduzioni diverse tra loro, si ha l'assonometria trimetrica.

3

ASSONOMETRIE ORTOGONALI

Le assonometrie ortogonali si realizzano con proiezioni ortogonali al quadro assonometrico; come avviene per le proiezioni ortogonali i segmenti proiettati sono uguali per forma e dimensione a quelli della figura rappresentata se questi giacciono su piani paralleli al piano assonometrico.

Si immagini di proiettare ortogonalmente a tre diversi piani P_1' , P_2' , P_3' un oggetto qualsiasi (fig. 10): variando le giaciture del piano, è possibile ottenere, secondo le definizioni date, un'assonometria isometrica (sul piano P_2'), un'assonometria dimetrica (sul piano P_3') e un'assonometria trimetrica (sul piano P_1').

Naturalmente si avrebbero uguali risultati se si proiettasse su uno stesso piano variando la posizione dell'oggetto rispetto al piano.

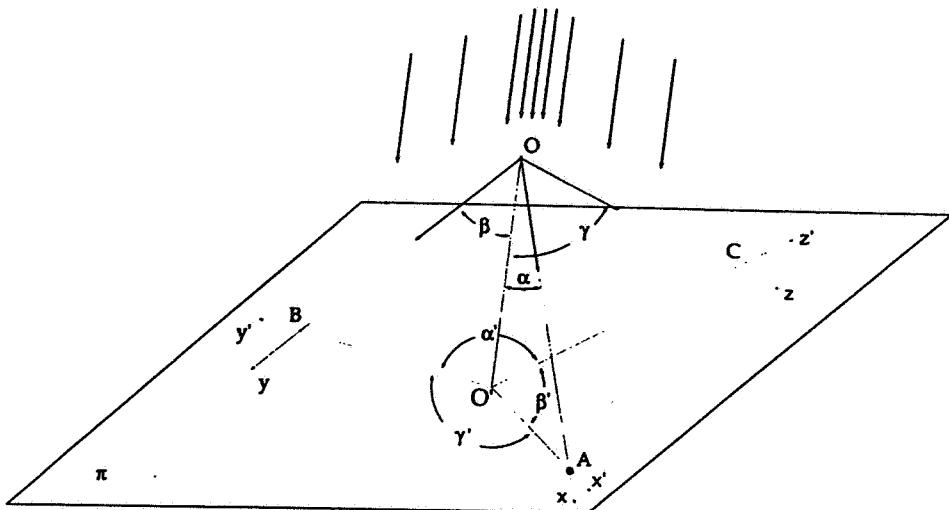


Fig. 11. Proiezioni ortogonali ed assonometriche di una terna cartesiana solidale ad un oggetto.

Si consideri una terna di assi ortogonali x , y , z solidali con l'oggetto (chiamata anche terna obiettiva, fig. 11), e la si proietti ortogonalmente su un piano generico π . I punti A , B e C , intersezioni del piano assonometrico con gli assi x , y e z si chiamano punti traccia. Sia OO' il raggio proiettante l'origine O , perpendicolare al piano, e siano α , β e γ gli angoli che questa perpendicolare forma con i tre assi x , y e z rispettivamente. I tre rapporti di riduzione p , q , r .

sono eguali a:

$$p = \frac{u'_x}{u} = \frac{O'A}{OA} = \operatorname{sen} \alpha$$

$$q = \frac{u'_y}{u} = \frac{O'B}{OB} = \operatorname{sen} \beta \quad [1]$$

$$r = \frac{u'_z}{u} = \frac{O'C}{OC} = \operatorname{sen} \gamma$$

Infatti il triangolo $AO'O$ è rettangolo in O' per ipotesi, quindi essendo AO l'ipotenusa e $A'O$ il cateto opposto, vale la precedente relazione; lo stesso dicono per i triangoli $BO'O$ e $CO'O$. Come è noto dalla geometria analitica, i coseni direttori di una retta orientata sono i coseni dell'angolo che la retta OO' forma con ciascuno degli assi x , y e z ; vale quindi la relazione:

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1 \quad [2]$$

Dalla trigonometria:

$$\cos^2 \alpha = 1 - \operatorname{sen}^2 \alpha = 1 - p^2$$

$$\cos^2 \beta = 1 - \operatorname{sen}^2 \beta = 1 - q^2$$

$$\cos^2 \gamma = 1 - \operatorname{sen}^2 \gamma = 1 - r^2$$

sostituendo nella [2]:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2$$

e quindi:

$$\operatorname{sen}^2 \alpha + \operatorname{sen}^2 \beta + \operatorname{sen}^2 \gamma = 2 \quad [3]$$

Essendo:

$$p^2 + q^2 = 2 - r^2 \quad [4]$$

Poiché p , q ed r sono minori di uno, anche i loro quadrati sono delle quantità minori di uno; pertanto il secondo membro dell'espressione [4] è un numero maggiore di uno, cioè:

$$p^2 + q^2 > 1$$

Dunque, si può scrivere:

$$\begin{aligned} p^2 + q^2 &> r^2 \\ p^2 + r^2 &> q^2 \\ r^2 + q^2 &> p^2 \end{aligned} \quad [5]$$

Lo studioso K. Pohlke (1810-1876) già nel 1853 propose un teorema fondamentale per le assonometrie, e cioè:

«Tre segmenti complanari u'_x , u'_y , u'_z , uscenti da un medesimo punto O' , di lunghezze arbitrarie, formanti tra loro angoli arbitrari, possono sempre essere considerati come proiezione parallela di tre segmenti uguali, mutuamente ortogonali, purché non più di uno dei segmenti e non più di uno dei loro angoli sia nullo». In pratica i tre segmenti arbitrari $O'A$, $O'B$ e $O'C$ di un piano, si possono sempre considerare come proiezioni parallele di tre segmenti OA , OB e OC

presi su tre assi ortogonali: l'unica restrizione al teorema è che i quattro punti O' , A' , B' e C' non siano allineati, senza che resti esclusa la coincidenza di due tra quei punti.

I parametri assonometrici, angoli e rapporti di riduzione, sono strettamente legati tra loro, per cui dati i primi, si possono ricavare i secondi, sia con procedimenti analitici che grafici.

Metodi analitici per le assonometrie ortogonali

Se si vogliono determinare gli angoli α' , β' e γ' compresi tra gli assi assonometrici $O'x'$, $O'y'$ ed $O'z'$ in modo analitico, si ha che:

$$\begin{aligned} \overline{O'A'} &= \overline{OA} \operatorname{sen} \alpha = \overline{OO'} \operatorname{tg} \alpha \\ \overline{O'B'} &= \overline{OB} \operatorname{sen} \beta = \overline{OO'} \operatorname{tg} \beta \\ \overline{O'C'} &= \overline{OC} \operatorname{sen} \gamma = \overline{OO'} \operatorname{tg} \gamma \end{aligned} \quad [6]$$

è anche:

$$\overline{OO'} = \overline{OA} \cos \alpha = \overline{OB} \cos \beta = \overline{OC} \cos \gamma$$

poiché OA ed OB sono ortogonali:

$$\overline{AB} = \sqrt{\overline{OA}^2 + \overline{OB}^2}$$

quindi:

$$\begin{aligned} \overline{AB} &= \sqrt{\frac{\overline{OO'}^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{\overline{OO'}^2}{\cos^2 \beta}} = \\ &= \overline{OO'} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} + \frac{1}{\cos^2 \beta}} \end{aligned} \quad [7]$$

così pure:

$$\begin{aligned} \overline{AC} &= \sqrt{\frac{\overline{OO'}^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{\overline{OO'}^2}{\cos^2 \gamma}} = \\ &= \overline{OO'} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} + \frac{1}{\cos^2 \gamma}} \\ \overline{BC} &= \sqrt{\frac{\overline{OO'}^2}{\cos^2 \beta} + \frac{\overline{OO'}^2}{\cos^2 \gamma}} = \\ &= \overline{OO'} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \beta} + \frac{1}{\cos^2 \gamma}} \end{aligned}$$

per il teorema di Carnot applicato al triangolo $O'BA$:

$$\overline{AB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{OB}^2 - 2 \cdot \overline{OA} \cdot \overline{OB} \cdot \cos \gamma$$

tenendo presente le espressioni [6] e [7]:

$$\cos \gamma = \frac{\overline{tg}^2 \alpha + \overline{tg}^2 \beta - \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} + \frac{1}{\cos^2 \beta} \right)}{2 \overline{tg} \alpha \overline{tg} \beta}$$

poiché:

$$1 + \overline{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 + \overline{tg}^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

Si otterranno alla fine le tre espressioni:

$$\begin{aligned} \alpha' &= \arccos(-\overline{ctg} \beta \cdot \overline{ctg} \gamma) \\ \beta' &= \arccos(-\overline{ctg} \alpha \cdot \overline{ctg} \gamma) \\ \gamma' &= \arccos(-\overline{ctg} \beta \cdot \overline{ctg} \alpha) \end{aligned} \quad [8]$$

Gli angoli α' , β' e γ' sono ottusi e legati dalla relazione:

$$\alpha' + \beta' + \gamma' = 2\pi;$$

si può facilmente dimostrare che:

$$\overline{ctg} \alpha = \sqrt{\frac{-\cos \beta \cdot \cos \gamma}{\cos \alpha'}}$$

$$\overline{ctg} \beta = \sqrt{\frac{-\cos \alpha' \cdot \cos \gamma}{\cos \beta'}}$$

$$\overline{ctg} \gamma = \sqrt{\frac{-\cos \alpha' \cdot \cos \beta'}{\cos \gamma'}}$$

Date quindi nel piano π tre rette orientate x' , y' e z' , che individuano i tre angoli arbitrari α' , β' e γ' la cui somma è 180° , è possibile analiticamente individuare la disposizione spaziale della terna ortogonale che, proiettata ortogonalmente, dà origine ai 3 assi assonometrici x' , y' e z' .

Assonometria isometrica

Uno dei metodi usati nella pratica per la determinazione degli elementi dei sistemi assonometrici ortogonali, è quello di far riferimento a tre numeri di solito interi, proporzionali ai rapporti p , q ed r , nella forma:

$$p_o = kp$$

$$q_o = kq$$

$$r_o = kr$$

L'assonometria isometrica ortogonale è caratterizzata quindi dalla condizione:

$$p_o = q_o = r_o = 1$$

questo vuol dire che la stessa unità di misura $u = u_x = u_y = u_z$, presa sugli assi x , y e z , viene proiettata sul piano π in tre segmenti uguali:

$$u'_x = u'_y = u'_z;$$

La terna da proiettare è orientata in modo che:

$$\alpha = \beta = \gamma$$

Poiché:

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

si ha che:

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{3}$$

$$\alpha = \beta = \gamma = \arccos \sqrt{\frac{1}{3}} = 54,73^\circ$$

Dalle (8):

$$\alpha' = \beta' = \gamma' = \arccos(-\overline{ctg}^2 54,73^\circ) = 120^\circ$$

I tre rapporti di riduzione valgono, tenendo presente le [1]:

$$p = q = r = \operatorname{sen} \alpha = 0,816$$

Nel caso dell'assonometria isometrica, tre segmenti uguali di lunghezza u , presi su tre assi cartesiani ortogonali x , y e z , proiettati ortogonalmente su tre assi x' , y' e z' del piano assonometrico, danno origine a tre segmenti u'_x , u'_y , u'_z di lunghezza pari a $0,816u$. Le figure 12a e 12b mostrano la disposizione delle proiezioni x' , y' e z' dei tre assi e le unità assonometriche di lunghezza $0,816u$ nella proiezione isometrica rigorosa.

La norma UNI 4819, per ragioni pratiche, consiglia di arrotondare i valori dei rapporti p , q ed r a 1, tenendo gli angoli tra gli assi assonometrici di 120° . In tal modo lungo ogni asse assonometrico si ha un ingrandimento lineare risulta dato dal rapporto $1/0,816 = 1,22$ (fig. 12c). L'assonometria isometrica dà quindi un'immagine dell'oggetto piuttosto ingrandita rispetto al pezzo reale.

Procedimenti operativi per l'assonometria isometrica

La norma UNI 4819 riporta alcune importanti norme per la costruzione delle assonometrie:

- La posizione degli assi coordinati ri-

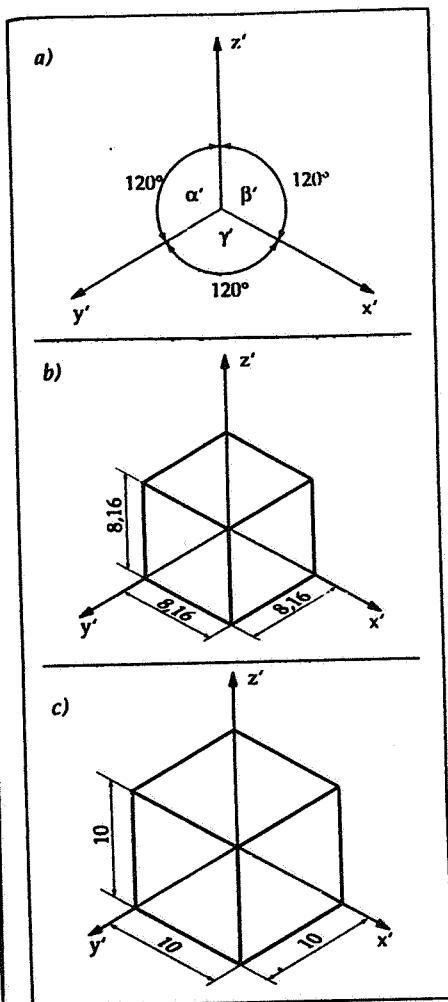


Fig. 12. a) disposizione degli assi assonometrici nella proiezione isometrica; b) poiché le unità assonometriche risultano uguali a $0,816u$, un cubo di lato 10 mm dovrebbe essere rappresentato con lo spigolo di 8,16 mm; c) per ragioni pratiche, i rapporti di riduzione sono arrotondati all'unità; il cubo sarà quindi disegnato con lato 10 mm.

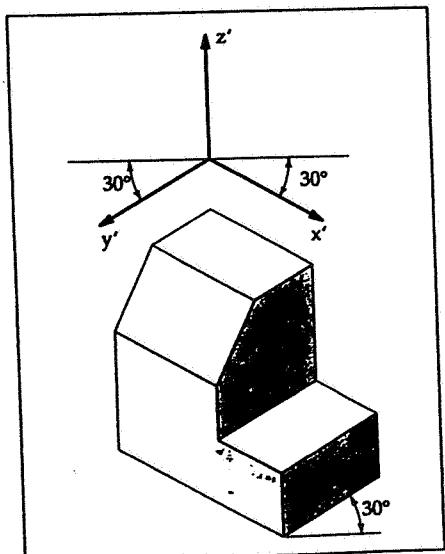


Fig. 13. Un pezzo meccanico in assonometria isometrica.

spetto al quadro deve essere tale che la proiezione di uno degli assi risulti verticale (fig. 13).

- L'oggetto da rappresentare deve essere disposto in posizione tale che i suoi assi e le linee di contorno siano paralleli, per quanto possibile, agli assi coordinati e in modo che risultino in evidenza le tre viste che sarebbero state scelte per la rappresentazione dello stesso oggetto in proiezione ortogonale (fig. 14).

- Gli assi di simmetria dell'oggetto non devono essere tracciati, se non nel caso che risultino necessari.

- Le linee rappresentanti contorni o spigoli nascosti devono essere omesse, a meno che non siano ritenute utili per

chiudere maggiormente la rappresentazione.

- I tratteggi per mettere in evidenza una sezione devono essere tracciati di preferenza secondo angoli di 60° rispetto alla direzione orizzontale (fig. 15a).

- Quando un pezzo viene sezionato con due piani, questi devono per quanto possibile formare nello spazio un angolo di 90° . In questo caso, le inclinazioni dei tratteggi delle due parti devono essere tali che, immaginando di ruotare i due piani di sezione fino a sovrapporsi, il tratteggio risulti coincidente (fig. 15b).

L'assonometria isometrica è di facile esecuzione, poiché presenta un'unica

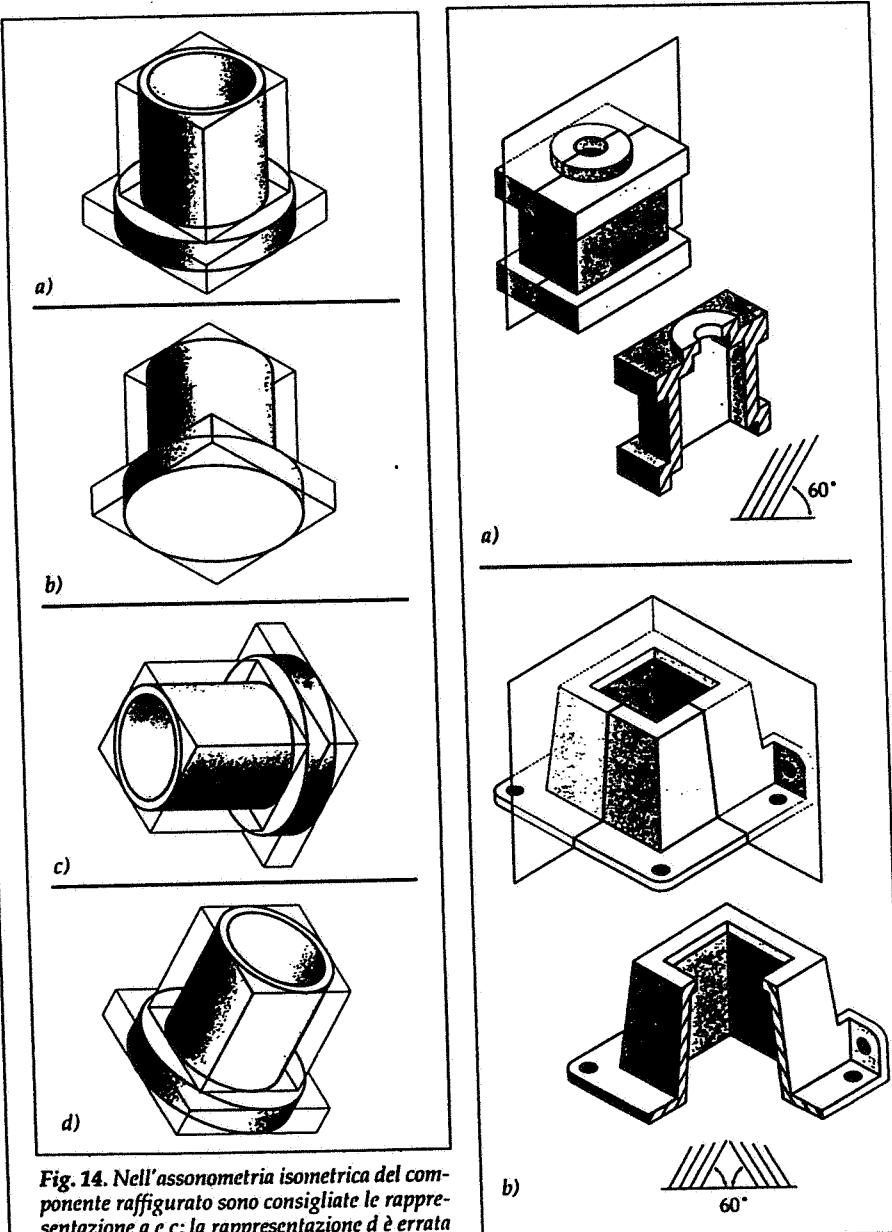


Fig. 14. Nell'assonometria isometrica del componente raffigurato sono consigliate le rappresentazioni a e c; la rappresentazione d è errata (nessuno degli assi è verticale) e la b è sconsigliata (non si possono rilevare le dimensioni del foro cieco).

Fig. 15. Esempi di solidi rappresentati in assonometria isometrica.

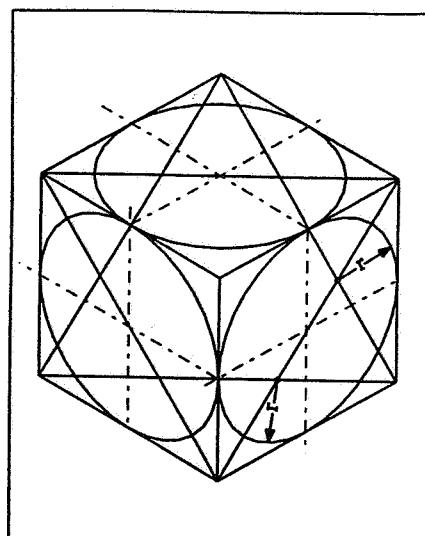


Fig. 16. Costruzione dell'ellisse semplificata.

scala sui tre assi; tuttavia è opportuno tener presente che occorre molta attenzione nel trasporto di angoli e nella rappresentazione dei cerchi. Tenendo presente la costruzione semplificata di un cubo, la rappresentazione in assonometria isometrica di un cerchio inscritto in una delle facce del cubo è un'ellisse, inscritta nel parallelogramma proiezione del quadrato in cui è inscritto il cerchio stesso; la costruzione di questa ellisse sa-

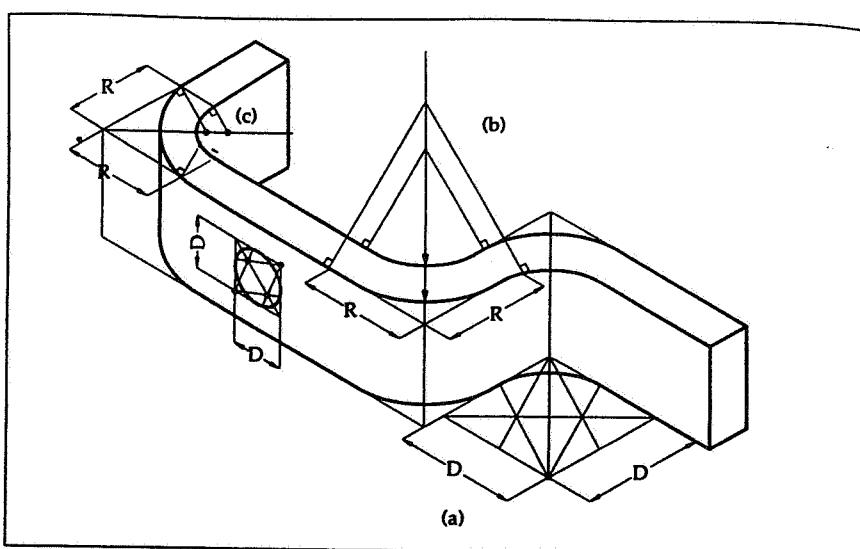


Fig. 17. Costruzione semplificata di archi in assonometria isometrica.

rebbe molto laboriosa e per questo motivo si traccia un ovale approssimante l'ellisse.

Un metodo di tracciamento di tale ovale è quello denominato dei quattro centri (fig. 16) già illustrato nel capitolo IV.

È possibile usare una costruzione semplificata per gli archi di raggio R in assonometria isometrica. Nel caso (a) di figura 17 è stata adottata la costruzione completa, mentre nei casi b

e c dallo spigolo fittizio si intercettano due segmenti di lunghezza R, dai cui estremi si disegnano due perpendicolari che, intersecandosi, danno il centro dell'arco da tracciare.

Per quanto riguarda gli angoli, dei quattro angoli da 90° formati dagli assi di un cerchio, due si possono ridurre di $1/3$ (diventando 60°) e due aumentare di $1/3$ (diventando 120°). La figura 18 mostra come gli angoli di 30° e di 60° siano aumentati o di-

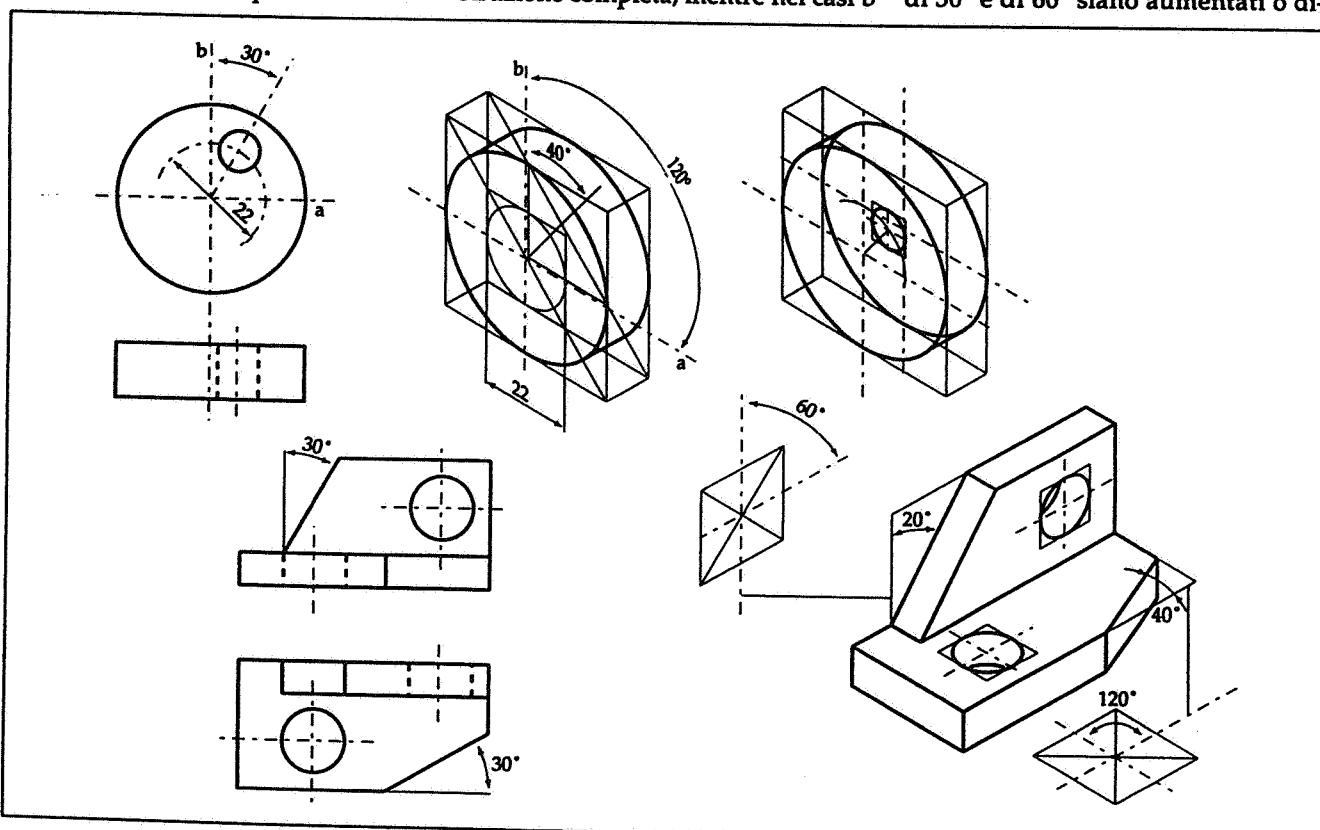


Fig. 18. Esempi di trasporto di angoli nell'assonometria isometrica.

n v A n t i v p d s t r p o t o n e s c r e L a u f o m c u m c i p S i t r i c r q u n o le La co tri lar

minuti di 1/3 secondo la scelta della vista assonometrica.

Al contrario delle proiezioni ortogonali, nelle proiezioni assonometriche tutte le dimensioni dovranno essere visibili sulla stessa, e quindi ogni punto viene individuato da tre coordinate; per questa ragione nella costruzione di un'assonometria isometrica, conviene costruire prima le proiezioni ortogonali dell'oggetto, ottenere le tre coordinate di un punto e infine riportarle sulla terna assonometrica. Per facilitare il disegno sono anche disponibili dei fogli con reticolo "isometrico" (fig. 19).

La figura 20 illustra la costruzione di un pezzo a simmetria circolare con 4 fori passanti a 90°. Si può far riferimento alle proiezioni ortogonali, da cui individuare il piano π della base maggiore e l'asse di simmetria principale, inclinato di 30°.

Si possono quindi individuare i centri e gli assi dei cerchi e rombi che li circoscrivono: ad esempio i centri dei quattro fori giacciono tutti su un piano π' parallelo a π e a distanza uguale a d .

La figura 21 mostra la disposizione consigliata degli assi nell'assonometria isometrica in presenza di singolarità geometriche.

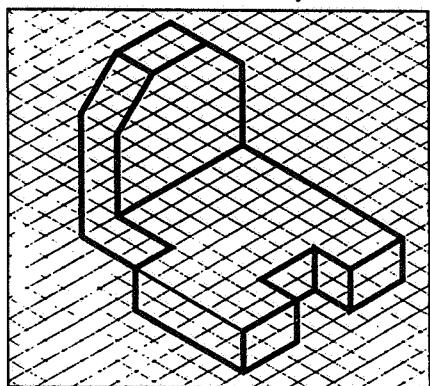


Fig. 19. Reticolo isometrico.

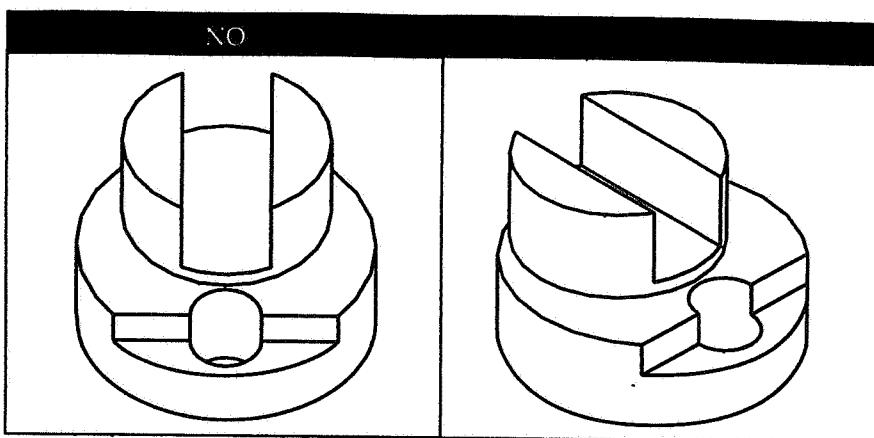


Fig. 21. Nella costruzione in assonometria isometrica si consiglia di disporre le singolarità geometriche fondamentali secondo la direzione degli assi assonometrici: la figura mostra la soluzione sbagliata e quella esatta.

Assonometria dimetrica

L'assonometria dimetrica viene usata quando si vuole mettere in particolare evidenza una delle facce dell'oggetto, ottenendo una rappresentazione più simile a quella reale, ma di esecuzione laboriosa. Due dei rapporti di riduzione sono eguali tra loro, e cioè:

$$p = q \neq r,$$

oppure:

$$q = r \neq p$$

$$r = p \neq q$$

da cui:

$$\cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta = 1 - \frac{1}{4} \sin^2 \alpha$$

e:

$$\begin{aligned} \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma &= 1 \\ \cos^2 \gamma &= \cos^2 \alpha \end{aligned}$$

si otterrà:

$$\tan^2 \alpha = 8$$

da cui:

$$\begin{aligned} \alpha &= \gamma = 70,53^\circ \\ \beta &= 28,12^\circ \end{aligned}$$

tenendo presente le (8):

$$\alpha' = \arccos(-\operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma) = 131,4^\circ \approx 132^\circ$$

$$\beta' = \arccos(-\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \gamma) = 97,18^\circ \approx 97,2^\circ$$

$$\gamma' = \alpha'$$

I rapporti di riduzione sono:

$$p = \sin \alpha = 0,943$$

$$q = \sin \beta = 0,471$$

$$r = \sin \gamma = 0,943$$

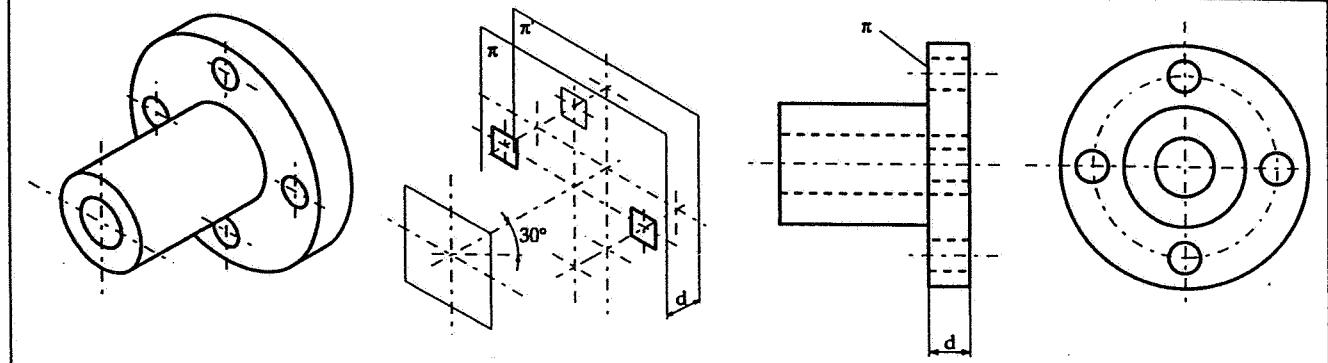


Fig. 20. Costruzione dell'assonometria isometrica di un pezzo cilindrico.

abbastanza trascurabile. In figura 23 è rappresentato lo stesso oggetto in proiezione isometrica e dimetrica: nella proiezione isometrica l'oggetto appare di volume maggiore.
Anche in assonometria dimetrica i cerchi sono rappresentati come ellissi. La figura 24 mostra la costruzione dell'ellisse con l'uso della tecnica dei rombi circoscritti; le circonferenze si trasformano nelle ellissi e_1, e_2, e_3 ; per e_1 la direzione degli assi coincide con quella delle diagonali del rombo circoscritto:

$$a_1 = 1,06a \quad b_1 = 0,93a$$

Per e_2 e e_3 si ha un angolo tra gli assi maggiori e gli assi assonometrici di 7° :

$$a_2 = 1,05a = a_3 \quad b_2 = 0,36a = b_3$$

Fig. 22. Rappresentazioni in assonometria dimetrica.

Questa rappresentazione prevista dalla normativa, viene tuttavia sconsigliata dalle norme UNI, essendone molto laboriosa l'esecuzione.
I valori dei rapporti di riduzione vengono arrotondati a

$$\begin{aligned} p = r &= 1 \\ q &= 0,5 \end{aligned}$$

mentre gli angoli che gli assi x' e y' formano con l'orizzontale vengono arrotondati a 42° e 7° (fig. 22). L'aumento dei rapporti di riduzione porta ad un ingrandimento lineare pari a

$$\frac{1}{0,942} = 1,06$$

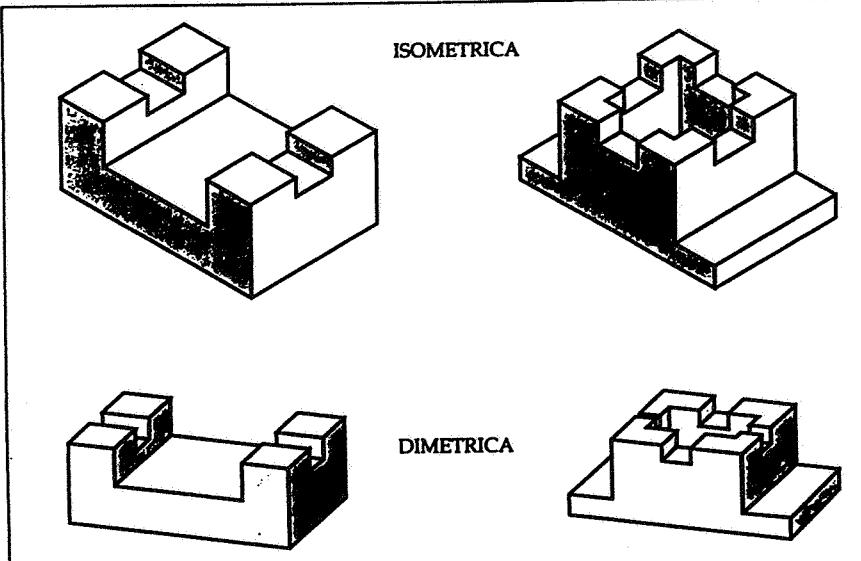


Fig. 23. Confronto tra la rappresentazione isometrica e dimetrica.

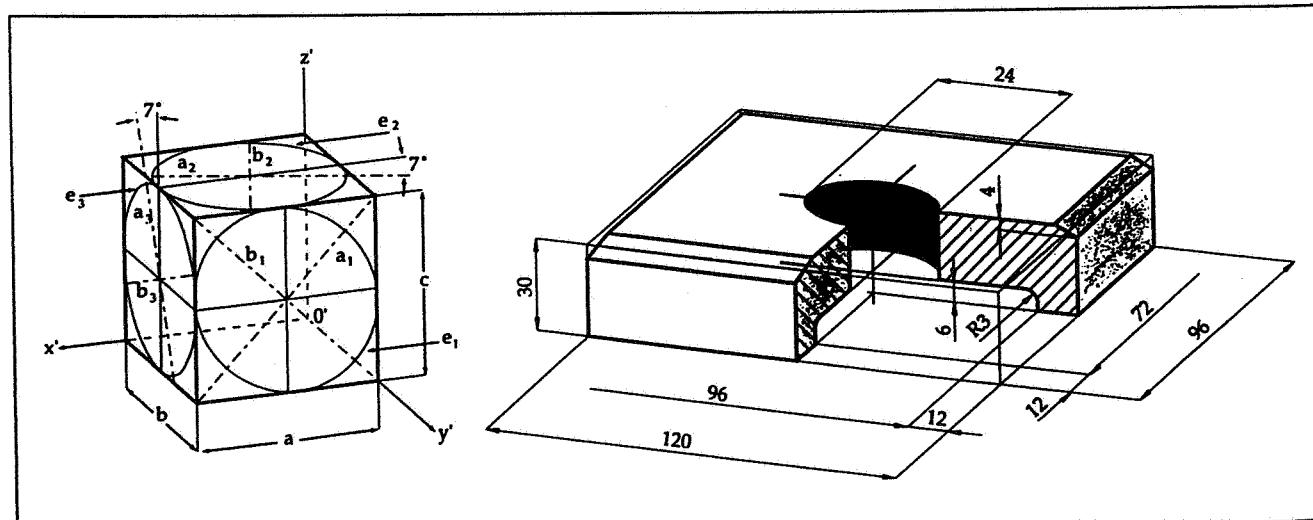


Fig. 24. Costruzione di cerchi in assonometria dimetrica.

Assonometria trimetrica

In questo tipo di assonometria i tre rapporti di riduzione p , q ed r sono tutti diversi tra loro: questo significa che la stessa unità di misura u presa sulla terna obiettiva x , y e z viene proiettata in tre segmenti u'_x , u'_y , u'_z diversi tra loro, rispettivamente lungo gli assi assonometrici x' , y' e z' . Tra le infinite possibilità di orientamento degli assi assonometrici, si può sceglierne una che dia rapporti di riduzione semplici, anche se la rappresentazione di componenti con questa assonometria è comunque molto laboriosa e raramente usata.

In figura 25 sono rappresentati gli assi assonometrici con i rapporti di riduzione:

$$\begin{array}{ll} p_0 = 5 & e \quad p_0 = 7 \\ q_0 = 4 & q_0 = 6 \\ r_0 = 6 & r_0 = 8 \end{array}$$

che rispettano la condizione [5]

I valori degli angoli tra gli assi sono diversi tra loro, così come i rapporti di riduzione.

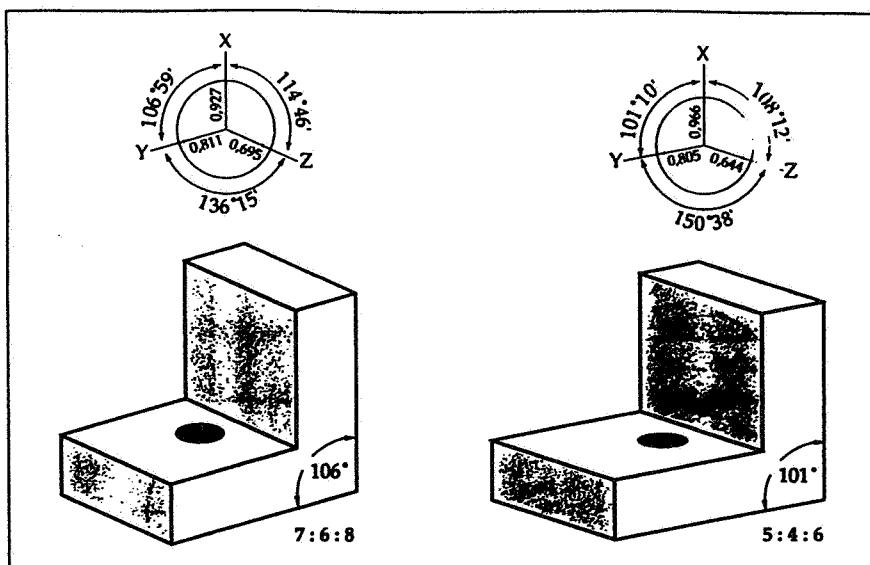


Fig. 25. Inclinazione degli assi assonometrici in due diverse assonometrie trimetriche.

La tabella I mostra il riepilogo di proiezioni assonometriche ortogonali, con diversi valori dei rapporti di riduzione. Facendo variare i rapporti di ri-

duzione p , q ed r nella forma $p:q:r$, un cubo, rappresentato in assonometria, può assumere gli aspetti illustrati nella figura 26.

Coeffienti assonometrici	Angoli			Rapporto di riduzione			Assonometria
	α'	β'	γ	x	y	z	
1:1:1	120°	120°	120°	0,816	0,816	0,816	Isometrica
1:1/2:1	131°25'	97°10'	131°25'	0,943	0,471	0,943	Dimetrica
3:1:3	133°24'	93°2'	133°24'	0,973	0,324	0,973	
5:4:6	108°12'	101°10'	150°38'	0,805	0,644	0,966	Trimetrica
7:6:8	114°48'	106°59'	138°15'	0,811	0,695	0,927	
Valori pratici delle assonometrie adottati							
	120°	120°	120°	1	1	1	Unificata
	131°5'	97°	131°5'	1	0,5	1	Non unificata

Tab. I. Riepilogo delle assonometrie ortogonali.

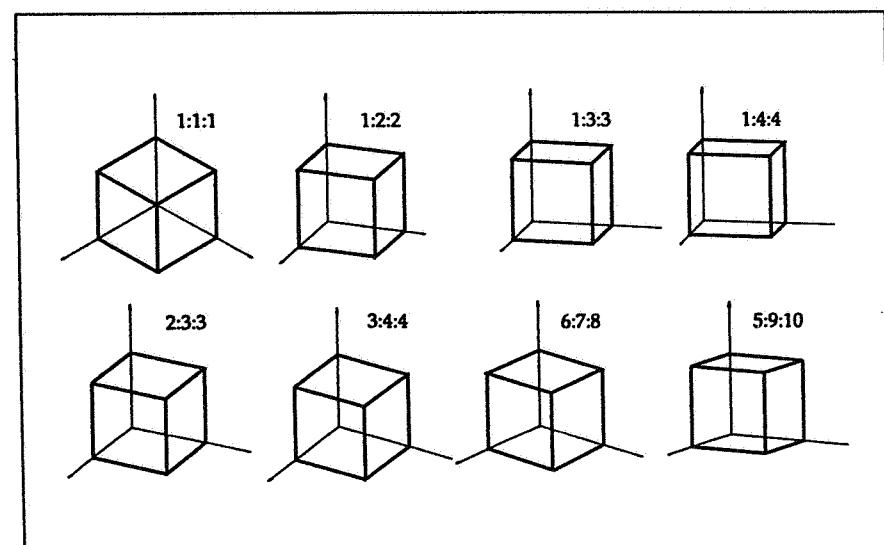


Fig. 26. Assonometrie di un cubo con diversi rapporti di riduzione.

4

ASSONOMETRIE OBLIQUE

Le assonometrie oblique sono proiezioni parallele nelle quali i raggi proiettanti intersecano obliquamente il piano assonometrico, con la conseguenza che i procedimenti proiettivi diventano molto laboriosi e portano a risultati grafici con immagini tanto distorte da rendere sgradevoli alla vista e spesso irriconoscibili le figure assonometriche.

Merita però attenzione un caso particolare di assonometria obliqua, che risulta molto successo fra i progettisti per la rapidità di esecuzione grafica e per la possibilità di descrizioni dettagliate dei particolari rappresentati: l'assonometria obliqua cavaliera.

Nell'assonometria *cavalieriana* il quadro π viene di solito posto parallelamente a due assi, ottenendo così due rapporti di riduzione eguali tra loro ed eguali all'unità. Convenzionalmente il quadro assonometrico risulta parallelo al piano xz , ed i rapporti di riduzione

$$p = \frac{u'_x}{u} \quad r = \frac{u'_z}{u}$$

sono eguali tra loro ed eguali all'unità; la direzione dell'asse assonometrico y' dipenderà dall'inclinazione dei raggi di proiezione rispetto al quadro. Si

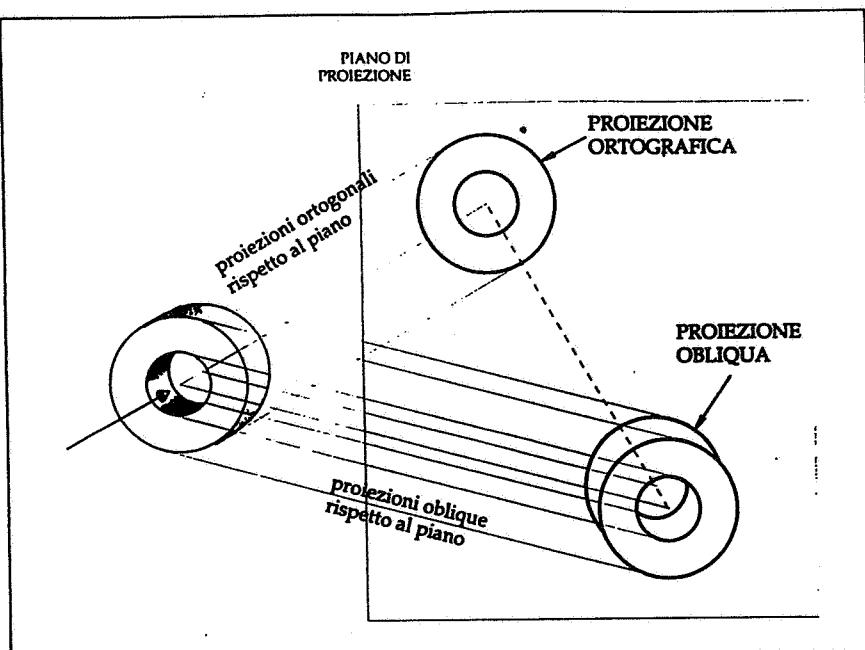


Fig. 27. Differenze tra proiezione ortogonale e obliqua.

ottiene così un'immagine molto realistica e simile a quella ottenuta con l'assonometria dimetrica, ma di più facile esecuzione e generalmente preferita nei disegni tecnici (fig. 27). Supponiamo di avere un cubo appoggiato sul piano di proiezione π , con una faccia principale parallela agli assi x e z (fig. 28); l'aver posto il quadro π parallelo agli assi x e z vuol dire che l'asse y è ad esso perpendicolare. Si proietti il segmento BB'' sul quadro con raggi di proiezione obliqui ed inclinati di 45° rispetto al quadro. Proiettando l'estremo B sul quadro π , si ottengono infinite proiezioni aventi

tutte l'estremo sulla circonferenza di intersezione del piano π con una superficie conica di vertice B ed angolo di semiapertura di 45° (fig. 29). scelto un punto B' su tale circonferenza, essendo il triangolo $BB''B'$ isoscele e rettangolo in B'' , si ha che il segmento BB'' sarà eguale al segmento $B''B'$, da cui si deduce che tutti i segmenti paralleli all'asse y , e quindi perpendicolari al quadro, sono proiettati secondo un rapporto di riduzione unitario. Se il segmento proiettante BB' sta nel piano per y formante angoli di 45° con le direzioni di x e z , si otterrà la proiezione obliqua $A'B'C'D'-A''B''C''D''$ visi-

bile in figura 30, sul piano π . Questa proiezione viene chiamata assonometria cavaliera isometrica con rapporti di riduzione unitari.

$$p = \frac{u'_x}{u} = 1, \quad q = \frac{u'_y}{u} = 1, \quad q = \frac{u'_z}{u} = 1$$

Se si osserva però la figura 31, se si adotta questa prospettiva cavaliera rigorosamente si riscontra un effetto ottico di allungamento degli oggetti; se però si dimezza il rapporto q , ottenendo $q = u'_y/u = 1/2$, si otterrà una figura che soddisfa maggiormente le esi-

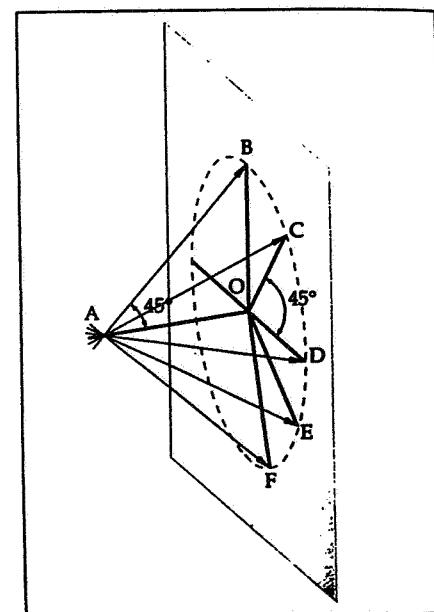


Fig. 29. Le proiezioni oblique a 45° di un segmento perpendicolare al quadro hanno dimensioni uguali a quelle del segmento proiettante. $AO=OB=OC=OD=OE=OF$

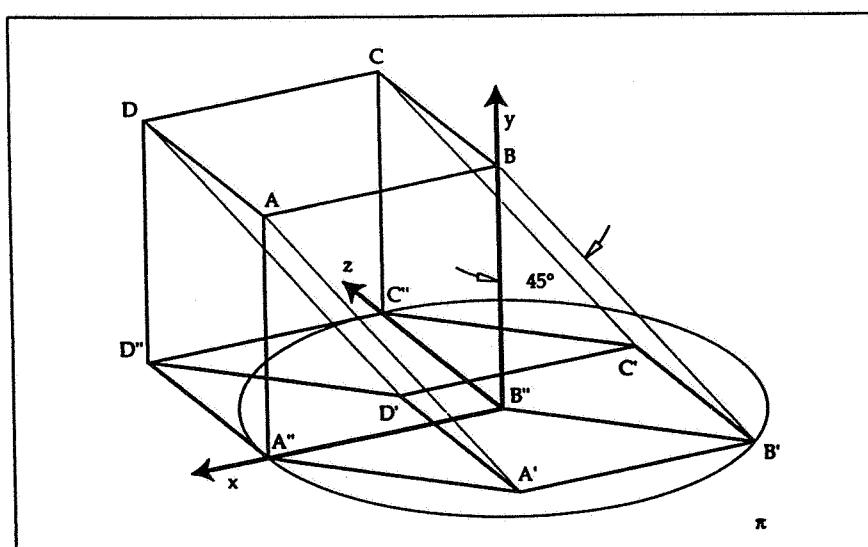


Fig. 28. Assonometria obliqua di un cubo con raggi di proiezione a 45° rispetto al quadro.

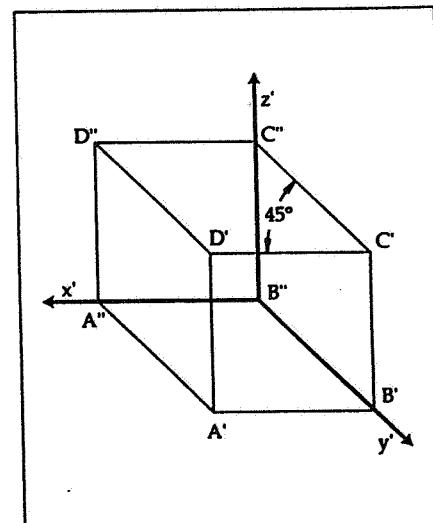


Fig. 30. La proiezione assonometrica obliqua del cubo della figura 31.

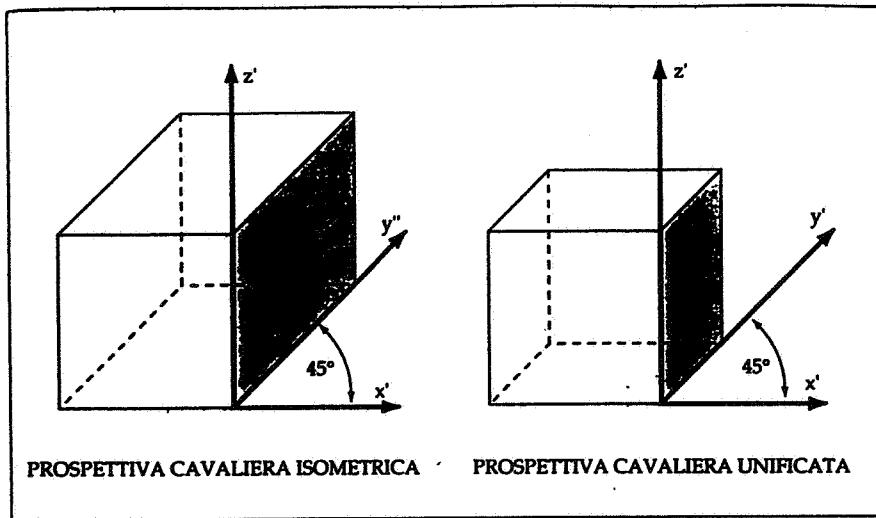


Fig. 31. Assonometria cavaliera isometrica (a sinistra) ed unificata (a destra) di un cubo: si noti nel primo caso l'effetto ottico dell'allungamento dell'oggetto lungo l'asse y'.

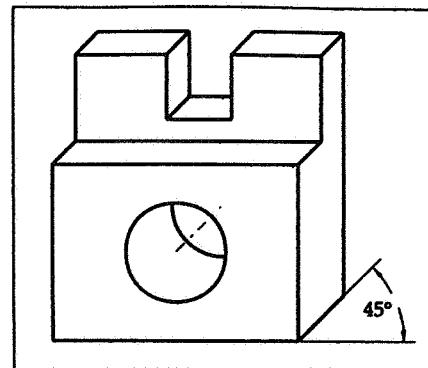


Fig. 33. Assonometria cavaliera di un componente meccanico: il pezzo si orienta in modo da avere i fori paralleli al piano xx.

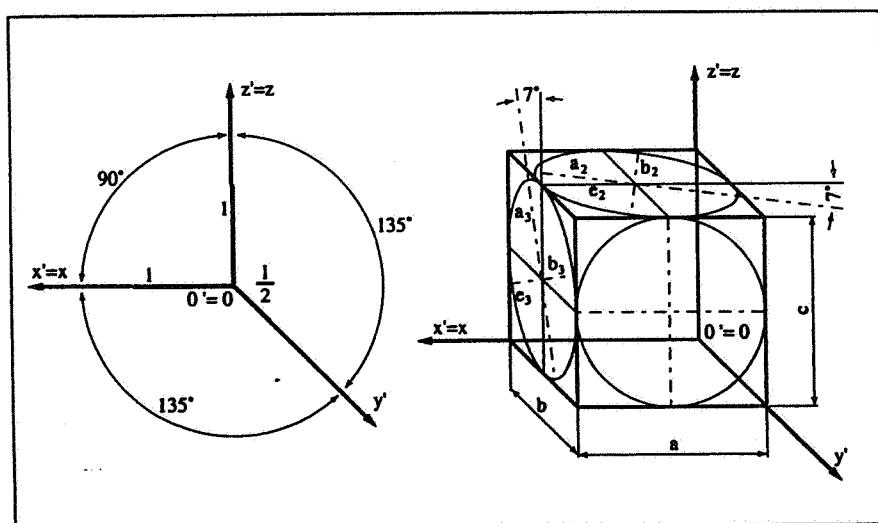


Fig. 32. Costruzione dei cerchi nell'assonometria cavaliera.

genze visive; questa assonometria è raccomandata dalla norma UNI 4819. La figura 32 riporta la disposizione degli assi assonometrici di un cubo che ha delle circonferenze inscritte in ogni faccia; i cerchi, sulle facce parallele al piano xx, come ogni altra figura parallela al piano di proiezione, si mantengono inalterati. Gli altri cerchi si trasformano in ellissi, con gli assi definiti dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} \text{asse maggiore } a_2 &= a_3 = 1,06 a \\ \text{asse minore } b_2 &= b_3 = 0,33 a \end{aligned}$$

Come si vede dalla figura, l'angolo di inclinazione degli assi maggiori dell'ellisse rispetto agli assi assonometrici è di 7°. La figura 33 mostra una rappresentazione in assonometria cavaliera di un componente meccanico. Fra le assonometrie cavaliere, quella

chiamata militare o planometrica ebbe anche nel passato una vasta diffusione. L'appellativo "militare" deriva dall'impiego sistematico di questo tipo di assonometria nella descrizione di mura cittadine e di fortificazioni militari; oggi viene comunemente usata per rappresentare costruzioni edilizie o arredamenti. In questo caso il quadro p si mantiene parallelo agli assi x ed y. I rapporti di riduzione consigliati sono:

$$p : q : r = 1 : 1 : 2/3$$

Normalmente l'assonometria cavaliera planometrica si costruisce con un angolo di 90° e gli altri due rispettivamente di 120° e di 150° oppure di 135° (fig. 34). Oltre all'assonometria cavaliera militare classica esiste l'assonometria cavaliera militare monometrica

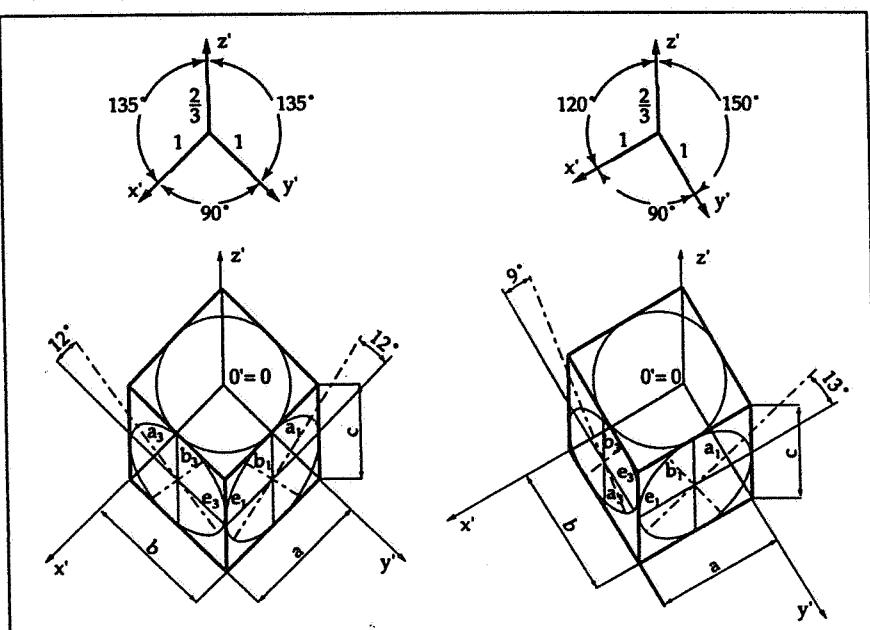


Fig. 34. Assonometria cavaliera militare planometrica.

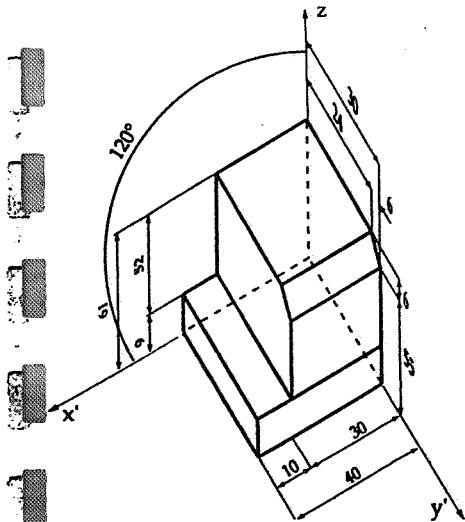


Fig. 35. Assonometria cavaliera militare monometrica. Si devono riportare le misure reali su tutti e tre assi assonometrici.

plificata, tracciando un numero conveniente di corde e riportare le lunghezze in base al rapporto di riduzione 0,5 adottato. Con l'ausilio del curvilineo, si uniscono i punti in tal modo ottenuti.

Costruzione di solidi

Il metodo generale di costruzione di una figura tridimensionale consiste nel costruire il parallelepipedo che contiene completamente il solido; l'orientamento dell'oggetto deve essere tale da mettere in evidenza la vista più funzionale dell'oggetto oppure quella che mostri l'oggetto nelle condizioni di utilizzazione. È opportuno a questo proposito disporre i pezzi in modo tale da avere i cerchi nel piano xz, e risparmiare la costruzione mo-

strata in precedenza (fig. 37). La figura 38 mostra la costruzione in assonometria cavaliera unificata di un componente: si costruisce dapprima la scatola che contiene il solido, facendo attenzione a dimezzare le dimensioni lungo la direzione y e a 45°. Dopodiché è possibile riportarsi gli angoli e tutte le altre dimensioni.

La figura 39 illustra le diverse fasi di costruzione di un altro solido: scelta la configurazione che mostri i fori e i cilindri nel piano xz, a partire dal centro A, si riportano dimezzate tutte le dimensioni a 45° per ottenere i centri E e D, B e C, distanti 100 mm. Le circonferenze vengono raccordate in punti di tangenza facendo riferimento alle costruzioni già mostrate nei capitoli precedenti: infine si esegue l'inspessimento delle linee di contorno e l'eliminazione delle linee inutili.

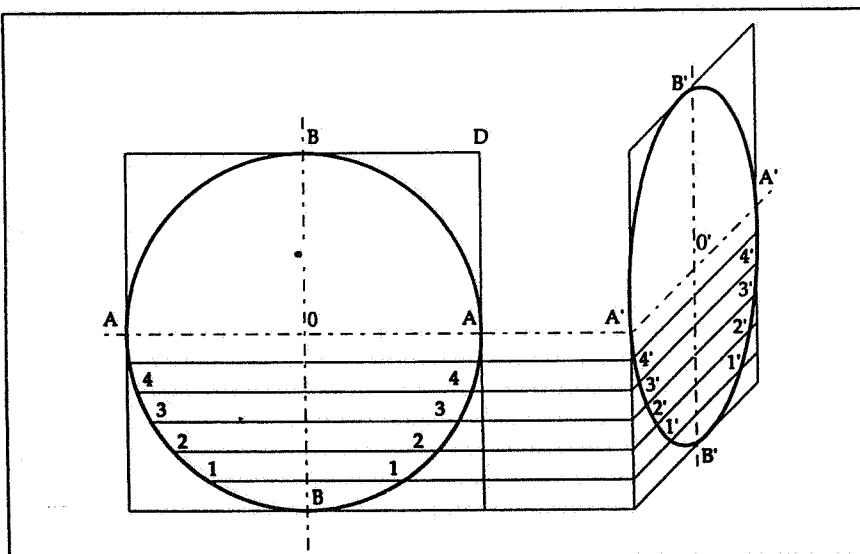


Fig. 36. Assonometria cavaliera tracciamento semplificato di archi.

ca non unificata, con un angolo di 90° e gli altri due rispettivamente di 120° e di 150° (fig. 35). In questo caso sui tre assi assonometrici, si riportano le misure in rapporto 1:1:1.

Costruzione di cerchi

Nell'assonometria cavaliera unificata la rappresentazione di un cerchio inscritto in una delle facce del cubo di riferimento può essere considerata come un ovale inscritto nel parallelogramma prospettiva del quadrato in cui è inscritto il cerchio stesso (fig. 36). Rispetto alla costruzione precedente è possibile usare una costruzione sem-

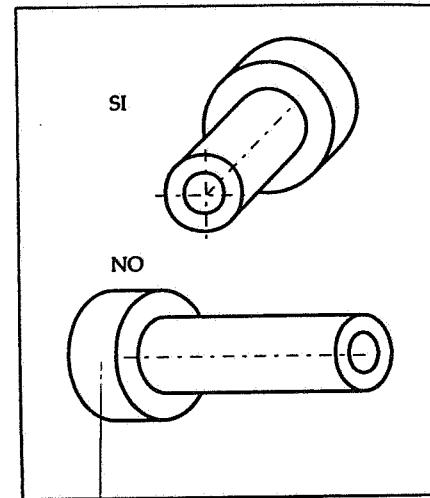


Fig. 37. Disposizione di pezzi nell'assonometria cavalliera.

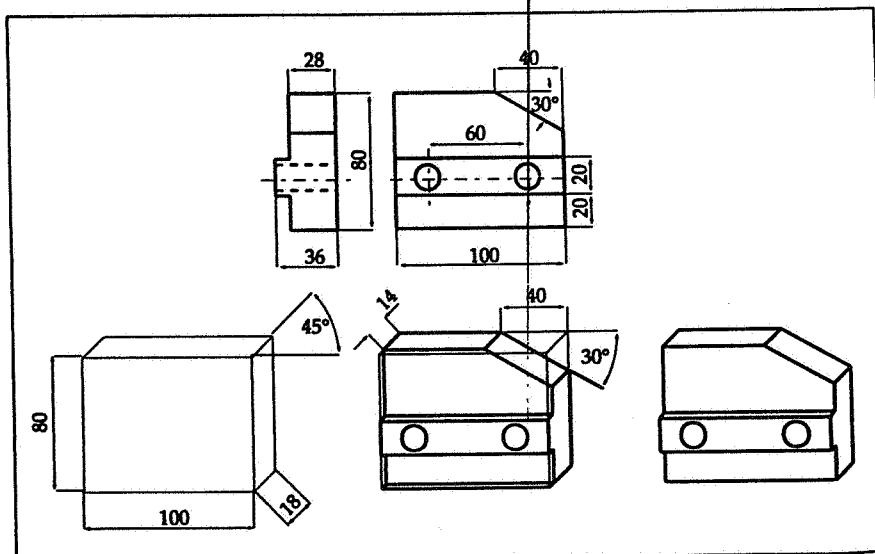


Fig. 38. La costruzione dell'assonometria cavaliera di un componente.

LA PROSPETTIVA

Generalità

Nel capitolo iniziale si è già introdotto il concetto di proiezione centrale e della migliore corrispondenza fra questo tipo di proiezione e le immagini percepite dall'occhio umano.

Lo strumento che veniva usato da pittori ed illustratori e raffigurato in figura 40 ricalca la definizione generale di proiezione centrale vista nella figura 1 del cap. I, con la sostituzione dell'occhio al punto P di proiezione. Nello sviluppo delle tecniche di rappresentazione la definizione delle regole della prospettiva, a partire dal XIV secolo, sia pure su basi essenzialmente intuitive, ha costituito un passo salutato con entusiasmo da chi vedeva nel disegno lo strumento per una raffigurazione del mondo nel modo più realistico possibile.

Datano da allora le regole generali per uno schizzo in prospettiva (fig. 41), che stabiliscono:

a) linee verticali ed orizzontali nella realtà, se parallele al piano di rappresentazione, saranno riprodotte con linee verticali ed orizzontali

b) segmenti fra loro uguali appartenenti a tali linee saranno riprodotti da segmenti uguali nella rappresentazione
 c) rette parallele nella realtà perpendicolari o inclinate rispetto al piano di rappresentazione saranno riprodotte da linee convergenti in un punto (*punto di fuga*) ed i segmenti uguali su di esse nella realtà non lo saranno più nella rappresentazione. I punti di fuga possono essere più di uno, in genere allineati su di una linea chiamata *linea di orizzonte*.

Si comprende facilmente come, in considerazione del suo significato culturale e storico, il discorso sulla prospettiva possa ampliarsi notevolmente dagli aspetti più rigorosamente tecnici fino alle variazioni surreali derivanti da elaborazioni della stessa teoria matematica posta alla base delle definizioni di proiezione prospettica. Basti a questo proposito un esempio tratto dalle note opere grafiche di M. Escher, in figura 42, in cui si hanno tre punti di fuga posti ai vertici di un triangolo equilatero.

Alcune definizioni

Bisogna tenere presente che nel disegno tecnico industriale le rappresentazioni in prospettiva hanno importanza minore che in altri campi, come

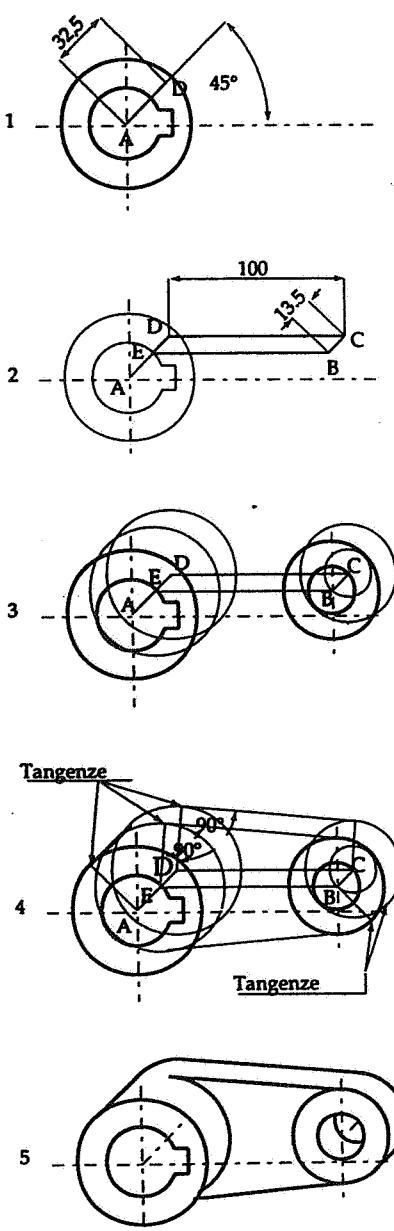
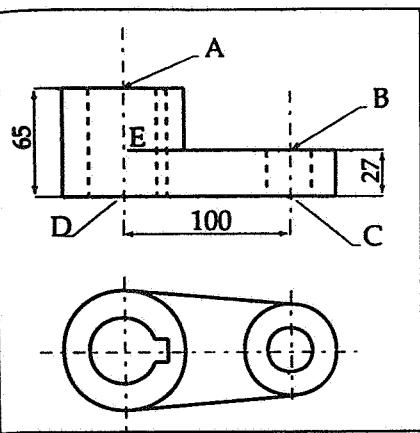


Fig. 39. Tangenze e raccordi nell'assonometria cavaliera.



Fig. 40. Metodo per la rappresentazione prospettica (da A. Dürer, XV sec.).

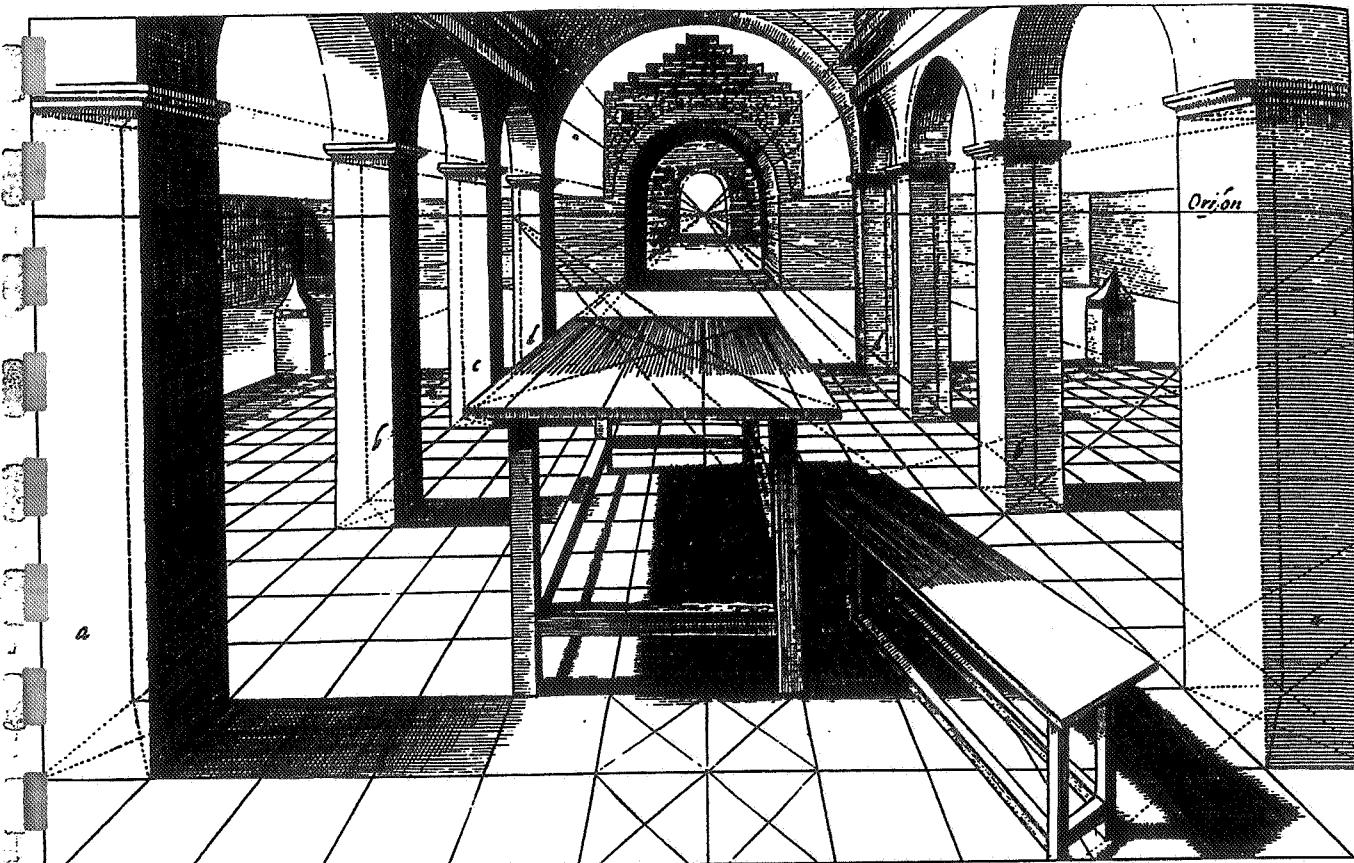


Fig. 41. *Prospektiva* (da J. Vredeman, 1604).

quello edile od urbanistico: sono infatti utilizzate per lo più come fonti di informazioni complementari sulla forma degli oggetti ed in questo compito in genere possono essere sufficienti le assonometrie.

In queste infatti, come già visto, il rapporto di riduzione per le proiezioni di segmenti paralleli è costante, stabilito il tipo di assonometria, mentre nella prospettiva il rapporto di riduzione varia al variare della posizione dell'oggetto rispetto al piano di rappresentazione e della congiungente il punto oggetto con il punto di fuga: ciò rende praticamente impossibile la quotatura.

Nel caso di una sua utilizzazione è opportuno attenersi alle definizioni ed agli esempi conformi alla norma UNI 7349, relativa appunto alle proiezioni prospettiche.

Per comprenderne almeno le basi occorrono alcune definizioni preliminari, con riferimento alla figura 43, in cui si hanno due piani nello spazio fra loro ortogonali, uno verticale (Q) ed uno orizzontale (T) ed un punto X nello spazio, non appartenente ad essi.

Considerando un punto V come punto di vista (il punto in cui sono ideal-

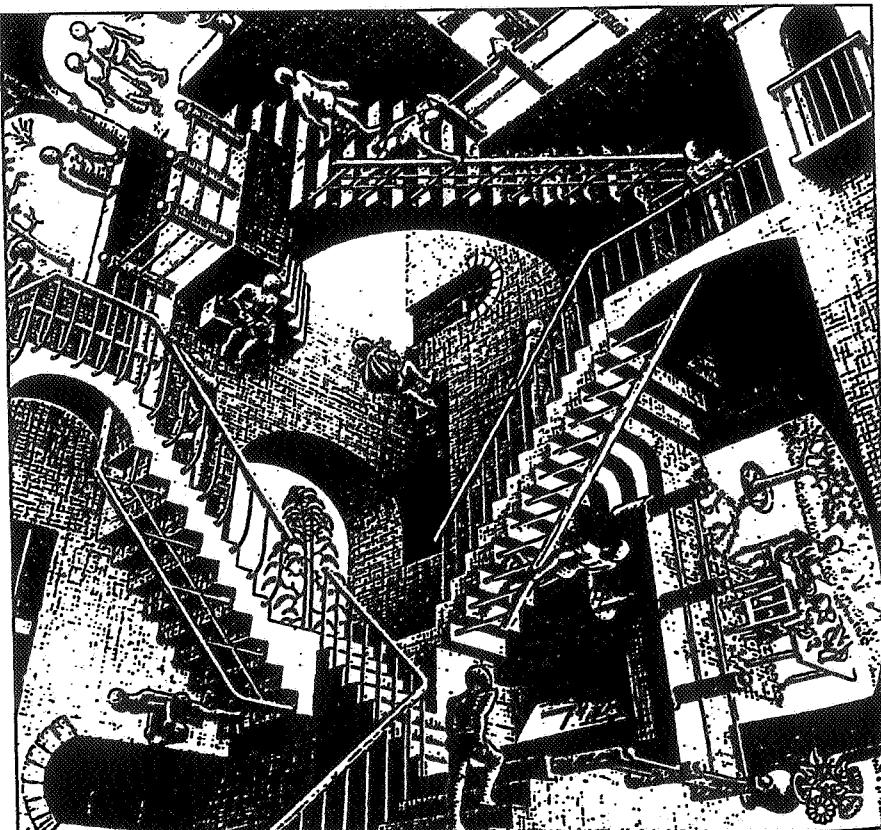


Fig. 42. *"Relatività"* di M. Escher, 1953.

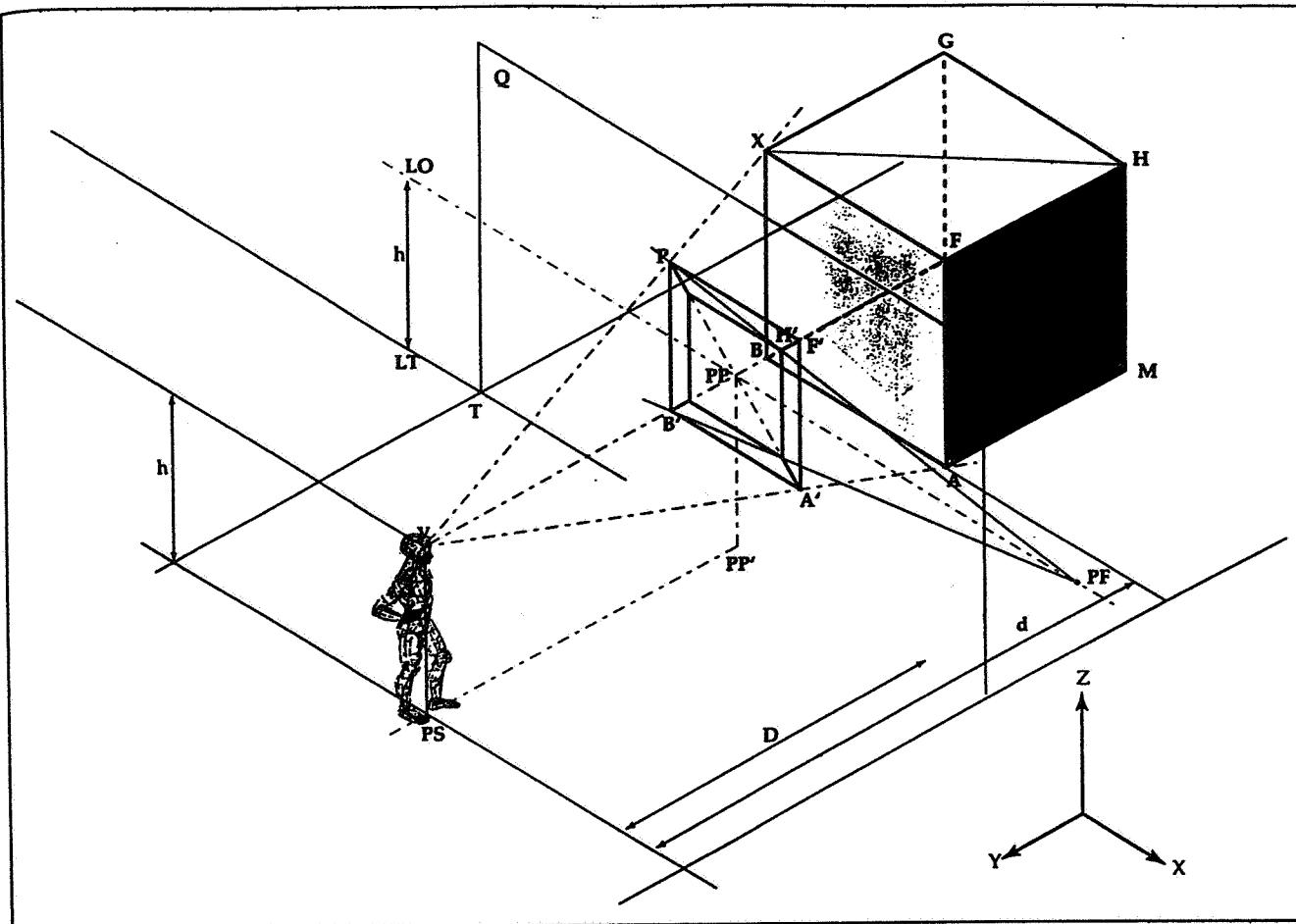


Fig. 43. (La rappresentazione dei principi della prospettiva è in assonometria isometrica). I segmenti paralleli al quadro (cioè anche al piano xz) si proiettano ancora paralleli, con dimensioni inversamente proporzionali alla distanza dal punto di vista (l'oggetto è posto dietro al quadro). I segmenti paralleli all'asse e si proiettano in segmenti le cui direzioni convergono in PP . Altri segmenti, fra loro paralleli ma inclinati rispetto al quadro (ad esempio XH e BM) hanno proiezioni convergenti in un proprio punto di fuga (in questo caso PF , sulla linea di orizzonte).

mente posti gli occhi di un osservatore), i piani Q e T saranno chiamati rispettivamente *quadro prospettico* (su cui si rappresenta l'oggetto in prospettiva) e *piano di terra*, la linea LO è definita *linea di orizzonte* e la linea LT , intersezione dei piani Q e T , *linea di terra*. La proiezione ortogonale PS di V sul piano di terra è detta *punto di stazione* e la proiezione ortogonale PP sul quadro, *punto principale*. La distanza h fra V e PS (uguale a quella fra LO ed LT) prende il nome di *altezza di orizzonte* o di *osservazione*.

L'intersezione della linea condotta da V ad X con il piano Q è la proiezione P dell'oggetto X sul quadro (o *prospettiva di X*): per una rappresentazione corretta tale *proiezione* dovrebbe essere interna ad un cerchio (cerchio di visione) intersezione con il piano di visione di un cono (*cono visivo*) avente vertice in V ed apertura α non superiore a 45° (in genere 35°), per avere immagini corrispondenti all'angolo di

visione dell'occhio umano.

Il rapporto fra la distanza D da V al piano Q e la distanza d fra V ed il piano parallelo a Q contenente il punto dell'oggetto rappresentato più prossimo a V determina il rapporto di riduzione fra l'oggetto rappresentato e quello reale (che sarà ovviamente uguale ad 1 per elementi giacenti su Q).

Ne consegue che la rappresentazione di un oggetto posto tra il punto di visione ed il quadro, per cui $D/d > 1$, risulta ingrandita rispetto alle dimensioni reali; viceversa, se il quadro è posto fra punto di vista ed oggetto, l'immagine è ridotta rispetto al reale: nella maggior parte dei casi ci si porrà in questa condizione.

Quanto visto si riferisce ad un caso particolare, quello della *prospettiva frontale* o centrale, ma può essere esteso anche ad altri tipi di prospettiva. Con il consueto riferimento ad una terna cartesiana ortogonale, associata

all'oggetto da rappresentare, la prospettiva centrale prevede il piano di proiezione parallelo ad uno dei piani coordinati, ad esempio al piano xz , e di conseguenza le rette parallele ad x e z restano parallele a se stesse, mentre quelle parallele ad y (ad es. nella direzione del segmento AM in figura 43) si proiettano in un fascio di rette convergenti nel punto FY , punto di fuga, coincidente in questo caso con la proiezione ortogonale di V sul quadro, quindi con il punto PP .

Infatti viene definito come *punto di fuga*, per un fascio di rette parallele il punto proiezione, sul quadro, del punto di vista V secondo la direzione comune delle rette stesse (quindi nel caso ora visto la direzione del segmento AM in figura 43), che di conseguenza saranno rappresentate sul piano di proiezione da un fascio di rette convergenti nel punto di fuga e passanti ognuna per il relativo punto di intersezione con il quadro stesso.

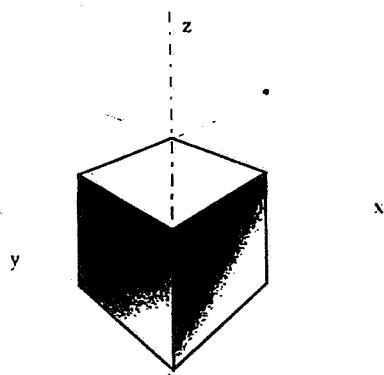


Fig. 44. Prospettiva accidentale.

Sempre in fig. 43, ad esempio, PF è il punto di fuga delle rette aventi la direzione del segmento XH e la cui rappresentazione prospettica è il segmento PH'. Perché il punto di fuga esista occorre che il fascio di rette sia incidente sul piano di proiezione; le rette che incidono sul quadro con uno stesso angolo vi determinano una circonferenza.

Si definisce *prospettiva accidentale* quella in cui l'asse verticale z è parallelo al quadro, mentre gli assi coordinati x e y hanno punti di fuga FX ed FY, in cui convergeranno le proiezioni delle rette parallele rispettivamente agli assi x ed y (fig. 44).

Questa prospettiva viene anche detta a 2 punti di fuga, ma tale definizione non è precisa se non nel riferimento ai punti di fuga per le direzioni degli assi coordinati. Nella prospettiva i punti di fuga sono tanti quante le direzioni possibili di rette parallele incidenti sul quadro, cioè infiniti. Nella figura 45 le rappresentazioni prospettiche della scala sono rispettivamente frontale a sinistra ed accidentale a destra, ed il punto di fuga che compare in più corrisponde a linee oblique rispetto agli assi coordinati.

Prospettiva razionale (od obliqua) è quella in cui la terna è disposta obliquamente rispetto al quadro: si avran-

no quindi tre punti intersezione degli assi coordinati con il quadro e tre punti di fuga corrispondenti alle direzioni degli assi stessi (fig. 46).

Questa prospettiva non viene presa in considerazione nel disegno tecnico per la complessità di esecuzione. L'esecuzione delle altre due rappresentazioni prospettiche non risulta invece particolarmente complicata seguendo alcune regole che portano ai metodi di seguito illustrati.

Esecuzione di prospettive

Per eseguire la prospettiva frontale si tracciano sul foglio due linee parallele, assunte rispettivamente come linea di terra LT e linea di orizzonte LO, e si colloca su quest'ultima il punto di fuga P.

In genere per una costruzione precisa si parte dalla pianta, su cui viene indicata la traccia r del quadro prospettico (per comodità spesso coincidente con la linea di terra). Sulla traccia si individuano i punti D1 e D2 posti ad una distanza da P uguale a quella fra P e V; questi punti riportati sulla linea di orizzonte rappresentano i punti di fuga delle rette inclinate a 45° rispetto al quadro.

Volendo costruire la prospettiva di un cubo (fig. 47) se ne riporta innanzi tutto la pianta: gli spigoli AE, BF, DH e

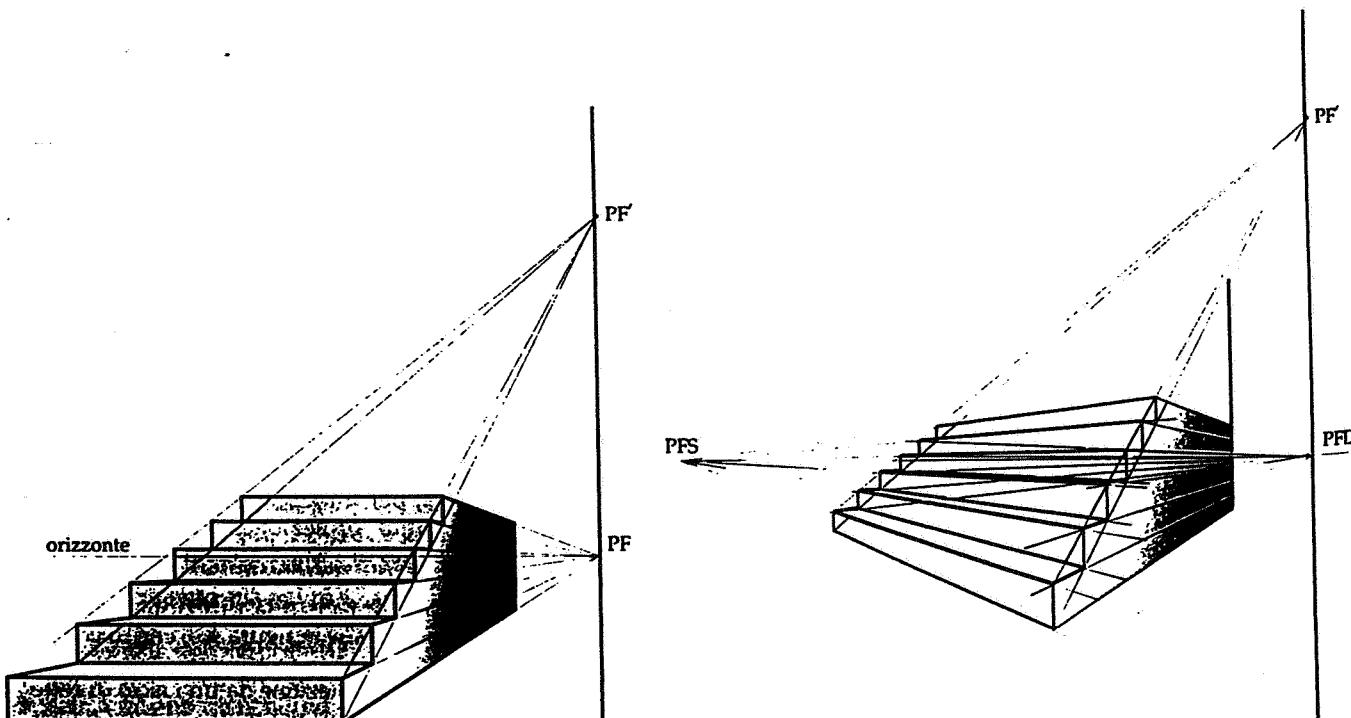


Fig. 45. Prospettive frontale ed accidentale di una scala (PF' è il punto di fuga delle linee parallele passanti per i vertici degli scalini).

CG giacciono su linee convergenti nel punto di fuga P, in quanto perpendicolari al quadro mentre la faccia ABCD si riproduce in vera grandezza in quanto appoggiata al quadro. Le posizioni dei vertici E'F'H'G' si trovano mediante l'intersezione con le linee corrispondenti agli spigoli di quelle corrispondenti alle diagonali convergenti quindi in D1 o D2. Si ricorda che i segmenti verticali ed orizzontali restano paralleli a se stessi.

Per eseguire una prospettiva accidentale si procede in modo analogo: tracciate la linea di terra LT e la linea di orizzonte LO, si collocano su quest'ul-

tima i punti di fuga Fab ed Fcd. In questi punti convergeranno le linee dell'oggetto fra loro parallele secondo due direzioni ortogonali nel piano orizzontale, mentre le linee verticali rimarranno verticali, determinate con le intersezioni delle verticali con le linee convergenti nei punti di fuga.

Per tracciare la prospettiva di un cubo (fig. 48) si parte come nel caso

precedente dalla vista in pianta su cui viene indicata la traccia r del quadro prospettico e la proiezione V del punto di visione. Da questo si tracciano le parallele agli spigoli scelti come principali, le cui intersezioni con la traccia individuano le proiezioni dei punti di fuga: da queste risalendo sulla linea di orizzonte si trovano i punti di fuga. Si ottengono analogamente altri punti di fuga ausiliari, per direzioni interessanti, ad esempio di assi di simmetria o di diagonali. Sulla proiezione ortogonale orizzontale, con cen-

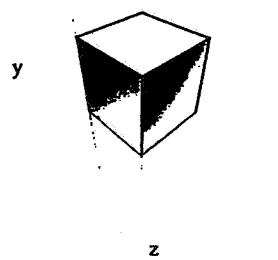


Fig. 46. Prospettiva razionale.

tro nelle proiezioni dei punti di fuga, gli archi di cerchio passanti per il punto di stazione consentono di determinare, in modo analogo ai punti di fuga, i cosiddetti punti di misura, o misuratori, M1 ed M2 (fig. 49) che vengono utilizzati per definire la lunghezza dei segmenti posti sulle linee della prospettiva concorrenti nei punti di fuga.

Per costruire ad esempio la prospettiva del quadrato si riportano infatti i punti misuratori sulla LO mentre sulla LT si riportano i punti (F) e (B) ottenuti ribaltando sulla traccia i punti F e B con archi di cerchio di centro A; le

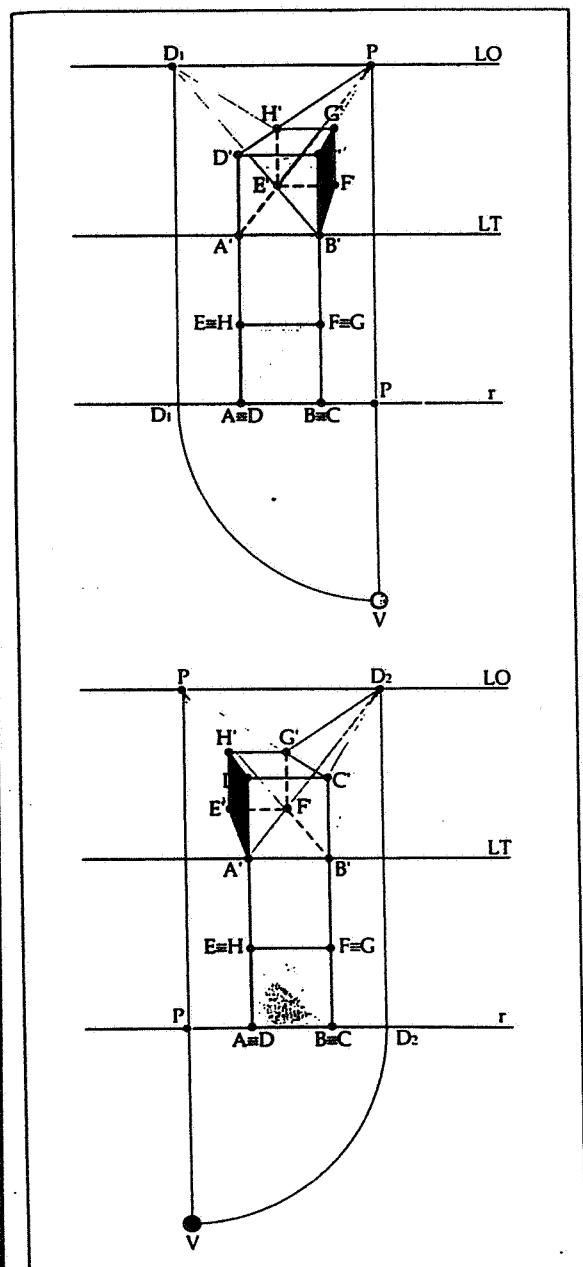


Fig. 47. Prospettiva centrale o frontale di un cubo con punto di vista spostato.

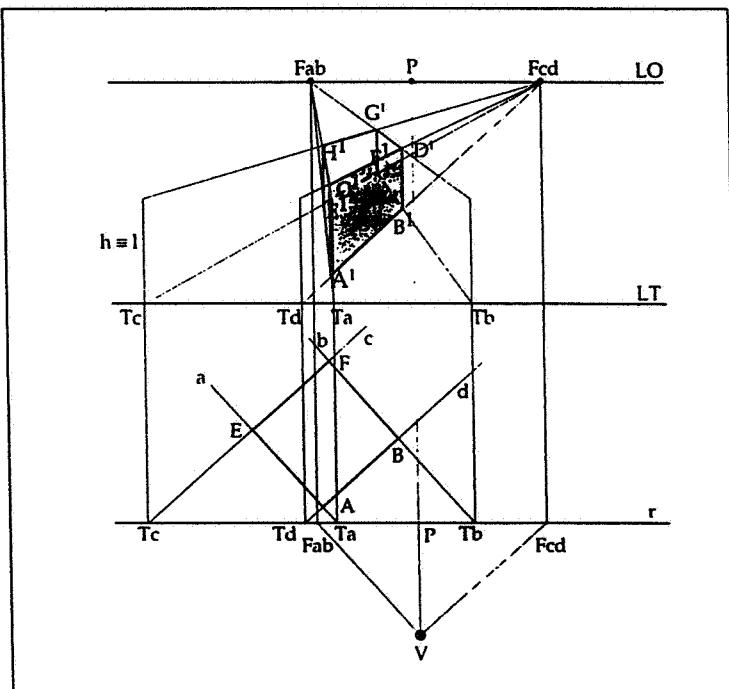


Fig. 48. Prospettiva accidentale di un cubo con punto di vista spostato.

Nel d
dere ogget
Ques to un
di dis
diseg
conn
ridur
Si su
to da
nient
spett
illun
poss
cioè
l'omi
to su
In p
men

L

Altre applicazioni

Ci si è limitati ad alcuni cenni sulla prospettiva per il motivo più volte sottolineato del suo ridotto impiego in disegni di tipo meccanico, per cui comunque, fra quelli indicati, risulterebbe più idoneo il metodo dei misuratori.

A maggior ragione non ci si è soffermati su prospettive come quella obliqua (o razionale), che accanto ai due punti di fuga sulla linea di orizzonte ne prevede un terzo, sopra o sotto detta linea e richiede accanto alla vista preparatoria dall'alto anche una vista laterale o frontale.

Restando nel campo della prospettiva ha un certo interesse pratico anche il problema inverso, di ricavare le viste ortogonali partendo da una vista prospettica, quale si ha ad esempio in una fotografia (fig. 50).

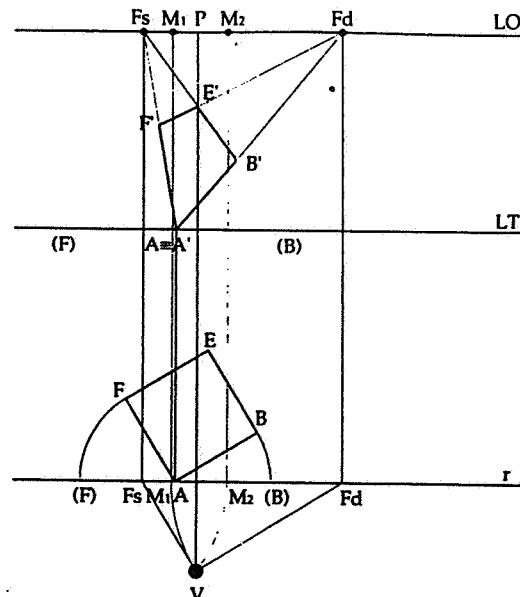


Fig. 49. Tracciato con il metodo dei punti misuratori.

linee che collegano A' rispettivamente con i punti di fuga F_s a sinistra ed F_d a destra individuano i punti F e B' come intersezioni con la $(F)M_2$ e la $(B)M_1$. Nella pratica la costruzione di forme complesse viene per lo più realizzata con approssimazione a forme semplici di più immediata tracciatura.

Tenendo presente quanto finora detto, la normativa definisce tre metodi per l'esecuzione di prospettive:

- metodo del taglio
- metodo delle fughe
- metodo dei misuratori

a) è il metodo semplice ed intuitivo, basato sul trasporto dei punti dalla vista dall'alto alla vista prospettica; la difficoltà consiste nella precisione richiesta per individuare le diverse intersezioni;

b) nella vista dall'alto si prolungano gli spigoli dell'oggetto fino ad intersecare la traccia del quadro; riportati sulla linea di terra e congiunti con i punti di fuga determinano i limiti del fascio di rette che racchiude l'oggetto

c) utilizza direttamente, come ora visto, le dimensioni dell'oggetto, usando i punti misuratori per determinare la riduzione prospettica: si riportano cioè le dimensioni dell'oggetto sulla linea di terra ed i relativi punti limite vengono uniti ai punti misuratori, intersecando sulle tracce orizzontali (in prospettiva) dei piani verticali con le dimensioni correttamente ridotte in prospettiva.

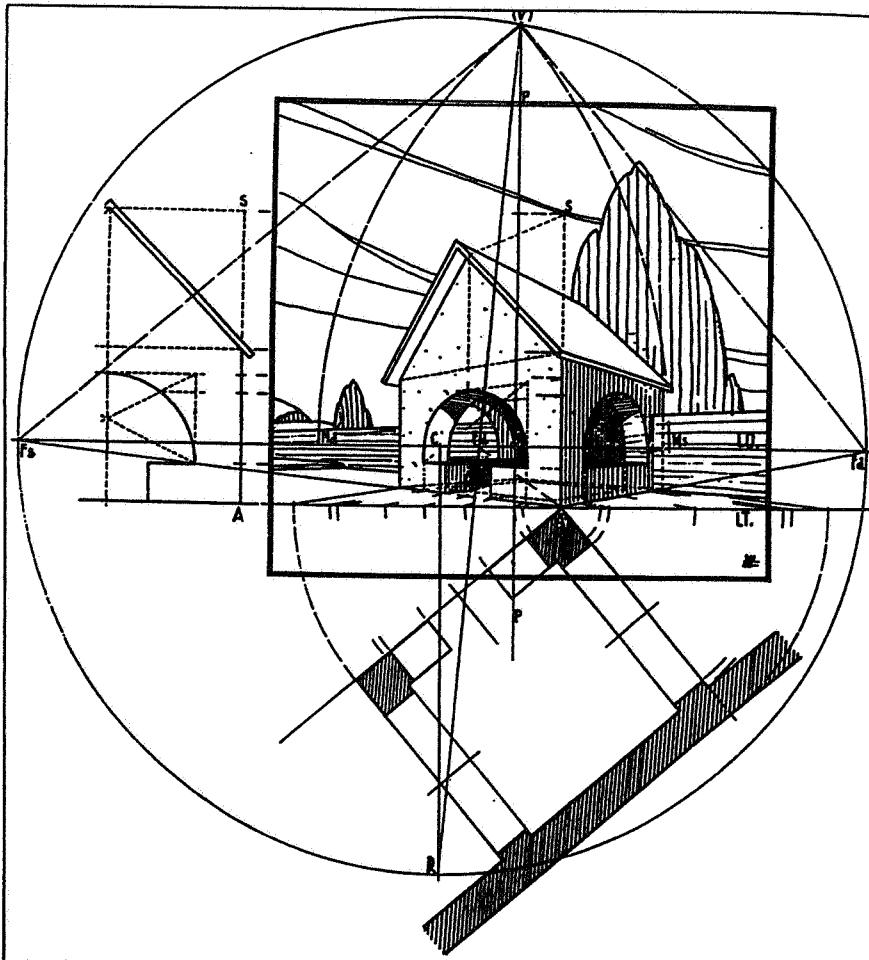


Fig. 50. (Da G. Cento, ridis.). Con costruzioni analoghe a quelle viste in precedenza, utilizzate in senso inverso, si possono ricavare da una fotografia (proiezione centrale) le proiezioni ortogonali, in scala, di un oggetto. Ovviamente, in considerazione della possibilità di ottenere in rappresentazione prospettica immagini uguali di oggetti diversi, a seconda della loro posizione rispetto al quadro, occorre precisare alcune condizioni iniziali.

Ombreggiatura

Nel disegno illustrativo si tende a rendere più realistica l'immagine di un oggetto con l'uso delle ombre.

Questo argomento ha sempre costituito un capitolo importante nei trattati di disegno, ma per quanto riguarda il disegno tecnico (a parte gli sviluppi connessi al disegno automatico) può ridursi ad alcuni cenni.

Si suppone che l'oggetto sia illuminato da un fascio di raggi di luce provenienti da sinistra ed inclinati di 45° rispetto ai piani di proiezione: le parti illuminate sono in chiaro, mentre si possono distinguere l'ombra propria, cioè le zone in ombra dell'oggetto, e l'ombra portata, proiettata dall'oggetto su piani od altri oggetti (fig. 51).

In proiezione ortogonale, il tracciamento delle zone in ombra, determini-

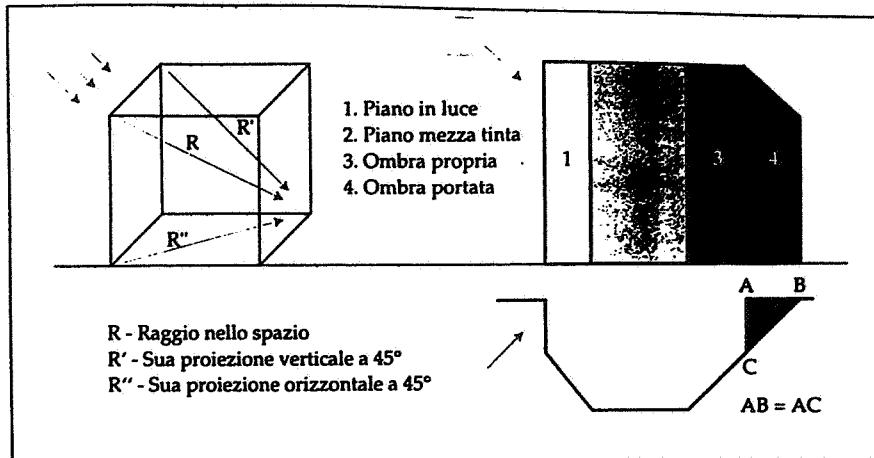


Fig. 51. I raggi di luce provenienti spazialmente secondo la direzione del vettore R hanno proiezioni secondo i vettori R' ed R'' inclinati rispetto alla linea di terra di 45° sul piano verticale e su quello orizzontale (a sinistra). Per un oggetto prismatico appoggiato ad un sfondo verticale (a destra) l'illuminazione risulta con la superficie 1 in piena luce, la 2 con la luce radente e la 3 in ombra (propria), mentre l'ombra portata dell'oggetto si proietta sullo sfondo (4) ed in pianta.

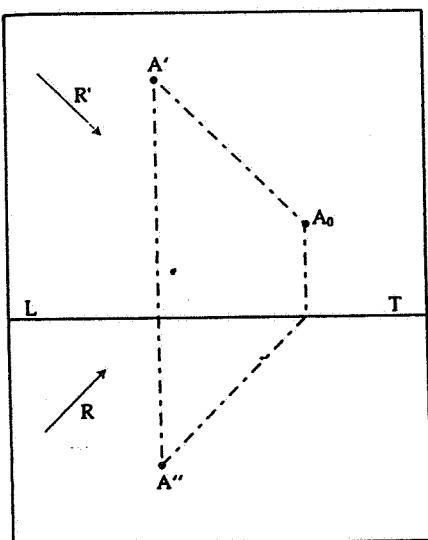


Fig. 52. L'ombra di un punto dello spazio sui piani di proiezione si ottiene conducendo dalle sue proiezioni A' ed A'' due rette parallele alle proiezioni dei raggi luminosi, R' ed R'' . Dal punto in cui una delle due incontra per prima la linea di terra si innalza (o si abbassa) una perpendicolare alla linea di terra che incontra l'altra linea inclinata nel punto A_0 , che è l'ombra cercata.

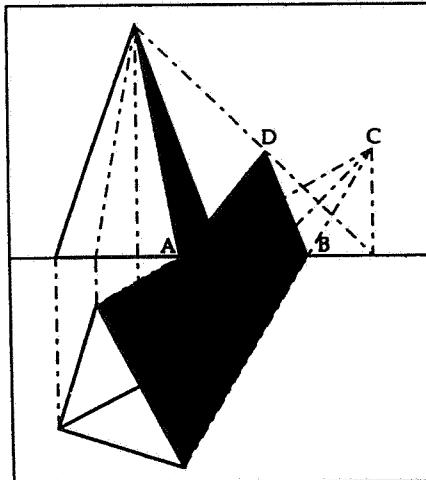


Fig. 53. Ombre di una piramide a base quadrata. Il vertice della piramide in C sul prolungamento del piano orizzontale oltre la linea di terra ed il triangolo ACB così determinato viene poi ribaltato in ADB sul piano verticale, oppure più rapidamente, si trova l'ombra del vertice con il metodo di figura 52.

nate dall'intersezione dell'oggetto con le linee del fascio di luce, assimilabile ad un solido ideale, non presenta particolari difficoltà (fig. 52 e fig. 53).

Analogamente è possibile una rigorosa costruzione nel caso delle proiezioni assonometriche e prospettiche.

Tuttavia nella pratica, soprattutto tenendo conto che l'ombreggiatura viene usata per lo più in schizzi assonometrici, essa viene lasciata all'intuito del disegnatore, che generalmente, ritenendo di avere un oggetto illuminato dall'alto a sinistra, inscrive le parti stimate in ombra, senza curarsi eccessivamente dell'esattezza. Per superfici inclinate, approssimativamente parallele ai raggi luminosi si usa un'ombreggiatura leggera, mentre per superfici curve si ricorre ad ombreggiature sfumate, ottenute in genere con diversa spaziatura dei tratteggi (fig. 54).

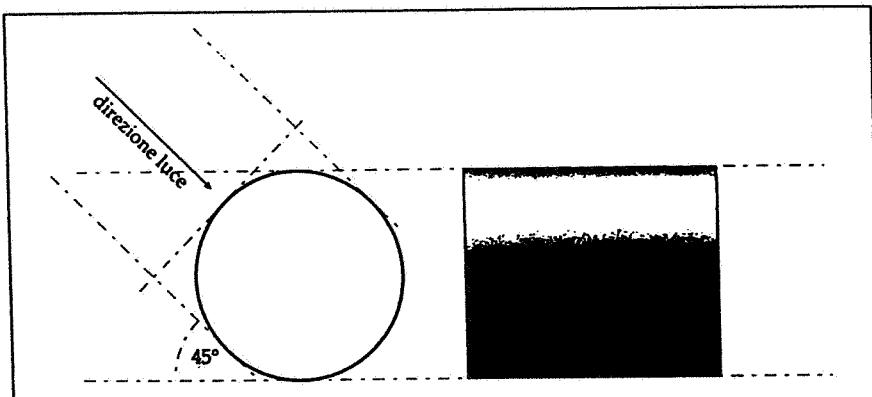


Fig. 54. L'ombra su una superficie curva viene evidenziata con la diversa intensità di sfumatura.

L'ASSONOMETRIA

Autocad ha una serie di comandi che permettono di aumentare la produttività nel disegno in assonometria; purtroppo, l'unica assonometria che è possibile usare è quella isometrica. È tuttavia possibile, come si vedrà in seguito, ottenere altri tipi di assonometria tramite *l'interfaccia utente programmabile* di Autocad.

L'isometrica con Autocad

Per disegnare in assonometria isometrica bisogna innanzitutto predisporre l'ambiente di lavoro usando il comando SNAP per la definizione del cursore crosshair in direzione degli assi assonometrici (fig. 1):

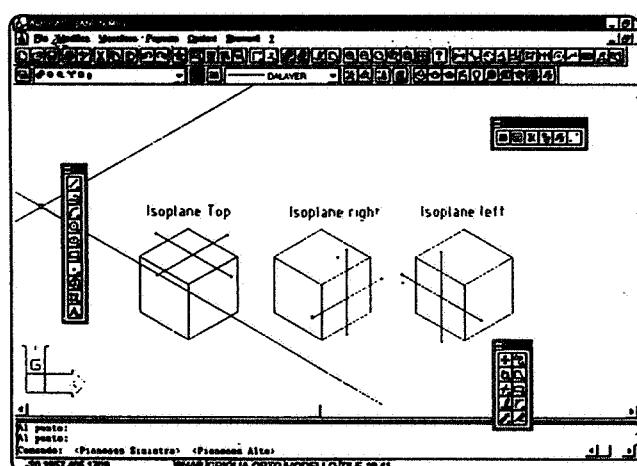


Fig. 1. I piani isometrici di Autocad.

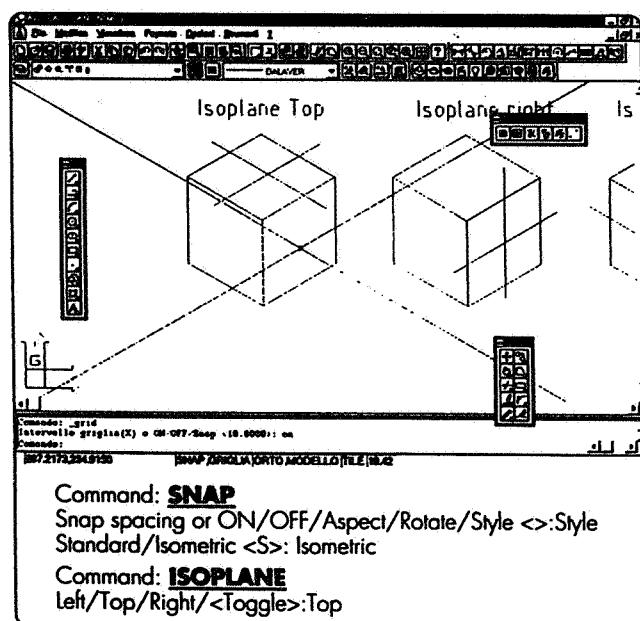


Fig. 2. Definizione del cursore assonometrico.

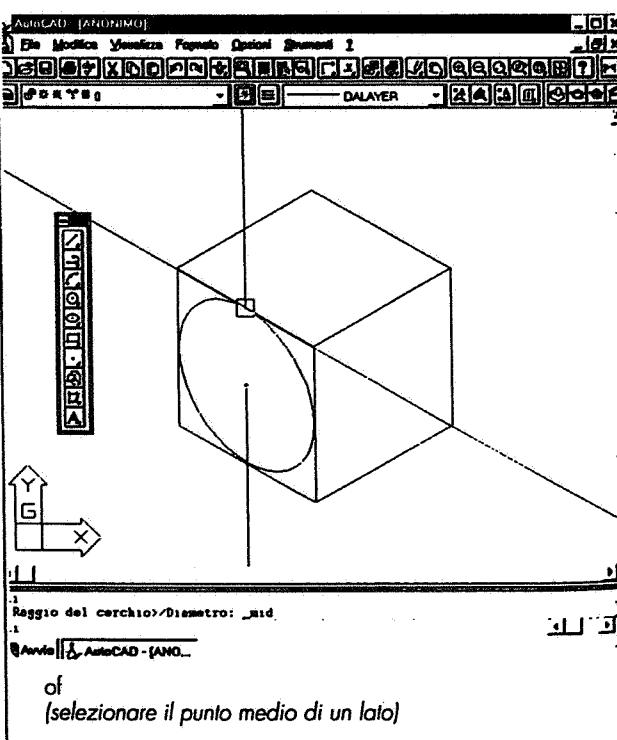
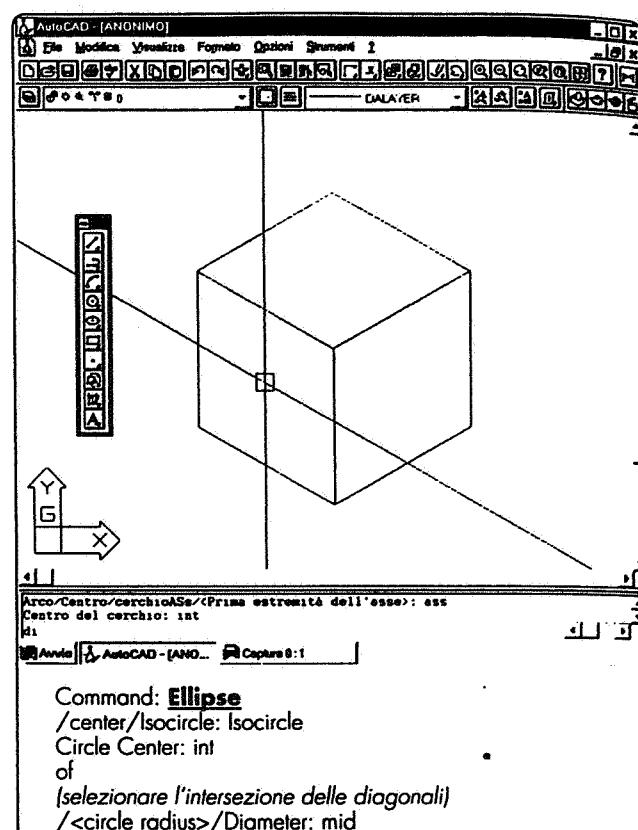


Fig. 3. Costruzione dell'ellisse isometrica.

C
Si
Si
Si
Vi
Pe
ne uti
caso
isome
(top).
a
b
b
R
confir
ciatori
tro; il
I
lati ut
o sele
mostr
sori c
lisce
l'opz
do il
com
zione
ltà S
F
to il
punto
metà

ca il
ne le
vedr
le.

Command: **SNAP**

Snap spacing or ON/OFF/Aspect/Rotate/Style<1.0>:
Style

Standard/Isometric <S>:Isometric

Vertical Spacing <1.0>:0.01

Per la definizione del piano assonometrico di lavoro, viene utilizzato il comando ISOPLANE; infatti, considerando il caso di un cubo, si può immaginare di lavorare in tre piani isometrici fondamentali, sinistro(left), destro(right) e superiore (top). Le opzioni di ISOPLANE sono quindi:

- a) Left, che definisce una crosshair isometrica a 90° e 150°
- b) Top, che definisce una crosshair isometrica a 30° e 150°
- b) Right, che definisce una crosshair isometrica a 90° e 30°

Ripetendo il comando, ci si sposta tra i tre piani a ciclo continuo. È possibile anche usare la sequenza di tasti scorciatoia "CTRL + E" per passare da un piano isometrico all'altro; il piano isometrico di sinistra è quello di default.

I cerchi ed i raccordi si possono costruire con buoni risultati utilizzando il comando ELLIPSE e l'opzione Iso, digitando o selezionando il centro e il raggio dell'ellisse. La figura 2 mostra il risultato sullo schermo per la visualizzazione dei cursori assonometrici dei 3 piani isometrici fondamentali.

La figura 3 mette in evidenza le fasi di costruzione dell'ellisse isometrica; dopo aver attivato lo Snap isometrico con l'opzione Left di Isoplane, l'ellisse viene costruita selezionando il centro (dall'intersezione delle due diagonali) e il raggio (come punto medio di uno dei lati). Per selezionare l'intersezione, potrà rendersi necessaria la disattivazione della modalità Snap.

Per la costruzione dell'ellisse superiore, dopo aver cambiato il piano assonometrico, si può selezionare come centro il punto medio del lato. Di questa ellisse, verrà utilizzata solo una metà, cancellando col comando TRIM la parte eccedente.

Esercizio: realizzazione di una assonometria isometrica

Supponiamo di voler realizzare in assonometria isometrica il pezzo di figura 4, mettendo in evidenza con una sezione le parti interne; il disegno con Autocad risulterà, come si vedrà, molto più semplice rispetto alla realizzazione manuale.

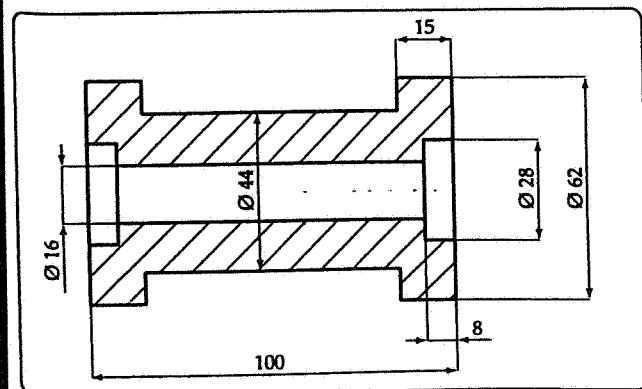


Fig. 4.

FASE 1 - Preparazione dell'ambiente isometrico:

Command: **SNAP**

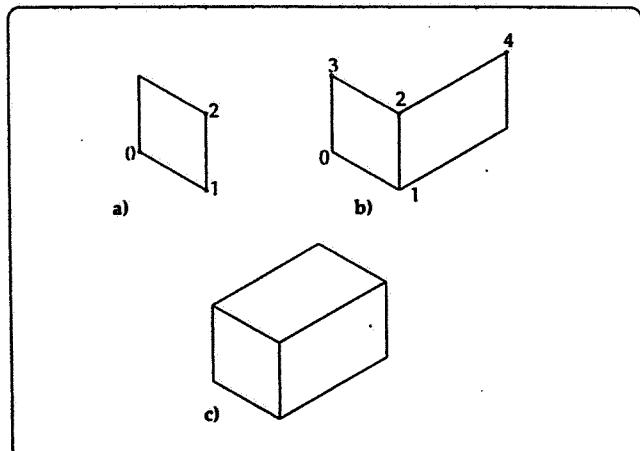


Fig. 5.

Snap spacing or ON/OFF/Aspect/Rotate/Style<1.0>:Style
Standard/Isometric <S>:Isometric

Vertical Spacing <1.0>:0.01

I piani isometrici vengono cambiati di volta in volta col comando ISOPLANE.

Costruzione della "scatola" ingombro del pezzo da disegnare.

Command: **LINE** (fig. 5a)

From point: /selezionare un punto qualsiasi O dello schermo)

To point: @62<330

To point: @ 62<90

To point: @62<150

To point: c

Command: **LINE**

From point: int of (punto 1)

Topoint: @100<30

To point: @ 62<90 (punto 4, fig. 5b)

To point: int of (punto 2)

To point: (Enter)

Command: **LINE**

From point: int of (punto 3- fig. 5b)

To point: @ 100<30

To point: int of (punto 4)

To point: (Enter)

Command: **r**

REDRAW (fig.5c)

FASE 2 - Costruzione degli assi delle ellissi isometriche

Command: **LINETYPE**

?/Create/Load/Set: Set

New entity linetype (or ?) < BYLAYER >:center (Enter)

Command: **COLOR**

New entity color: <BYLAYER>:red

(per visualizzare bene le linee, conviene anche impostare la variabile LTSCALE)

ORTHO ON (CTRL + O oppure F8)

A U T O C A D

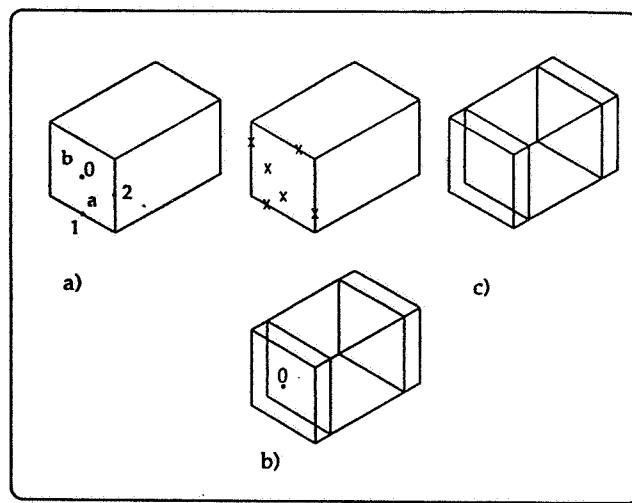


Fig. 6.

Command: LINE

From point: mid of (punto 1 - fig. 6a)
To point: (seleziona un po' oltre il limite della figura)
To point: (enter)
Command: LINE
From point: mid of (punto 2)
To point: (seleziona un po' oltre il limite della figura)
To point: (enter)

Command: COPY

Select objects: w (aprire una finestra che contiene i sei segmenti della prima faccia)
Other corner: 6 found
Select objects: (Enter)
<Base point or displacement>/Multiple: m
Base point: int of (punto O - fig. 6b)
Second point of displacement: @ 15<30
Second point of displacement: @85<30
Second point of displacement: (Enter)

Command: COPY

Select objects: 1 found (selezionare il segmento verticale a, fig. 6a)
Select objects: 1 found (selezionare il segmento orizzontale b)
Select objects: (enter)
<Base point or displacement>/Multiple: m
Base point: int of (punto O - fig. 6a)
Second point of displacement: @8<30
Second point of displacement: @92<30
Second point of displacement: @ 100<30
Second point of displacement: (enter) (fig. 6c)

Command: OFFSET

Offset distance or Through <Through>: 17
Select object to offset: (segmento a - fig. 7a)
Side to offset? (Selezionare un punto all'interno della figura)
Select object to offset: (segmento b)
Side to offset?

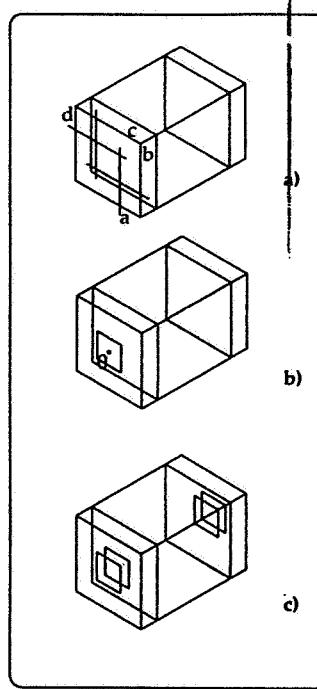


Fig. 7.

Select object to offset: (segmento c)

Side to offset?

Select object to offset: (segmento d)

Side to offset?

Select object to offset: (Enter)

Command: TRIM

Select cutting edge(s)... (selezionare i quattro segmenti appena costruiti con un Enter per fine selezione)

<Select object to trim>
/Undo: (tagliare i segmenti in modo da ottenere il quadrilatero in fig. 7b)

Command: COPY

Select objects: 1 found (selezionare i 4 lati del quadrilatero)
<Base point or displacement>/Multiple: m
Base point: int of (punto O, fig. 7b)
Second point of displacement: @8<30

Second point of displacement: @92<30

Second point of displacement: @ 100<30

Second point of displacement: (Enter) (il disegno apparirà come in figura 6c)

FASE 3 - Costruzione delle ellissi isometriche; cambiare il colore in white e il tipo di linea in continuous.

Command: ELLIPSE

<Axis endpoint 1>/Center/Isocircle: Isocircle
Center of circle: int of (punto 1 - fig. 8a)
<Circle radius>/Diameter: <Isoplane Left> int of (punto 2)

Command: ELLIPSE

<Axis endpoint 1>/Center/Isocircle: I
Center of circle: int of (punto 3 - fig. 8a)
<Circle radius>/Diameter: int of (punto 4)
Con la stessa procedura, e utilizzando i punti 5, 6, 7 ed 8, costruire le altre due ellissi (fig. 8b) e le quattro ellissi interne (fig. 9).

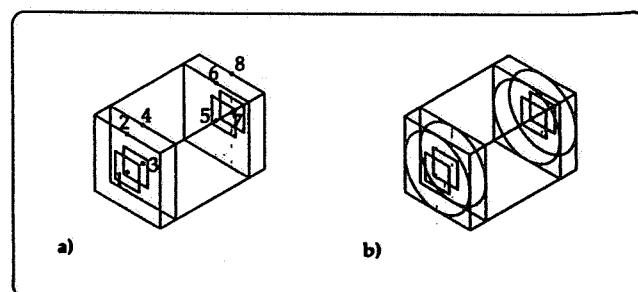


Fig. 8.

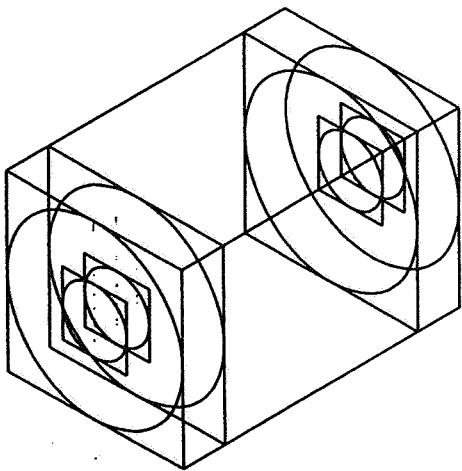


Fig. 9.

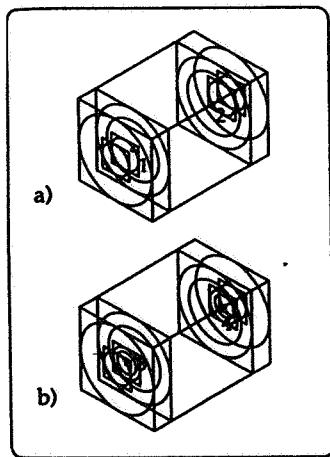


Fig. 10.

Costruzione di quattro ellissi nei punti 1 - 2 - 3 - 4 (fig. 10)

Command: **ELLIPSE**
 <Axis endpoint 1>/Center/Isocircle: i
 Center of circle: int of (punto 1 - fig. 10a)
 <Circle radius>/Diameter:22

Command: **ELLIPSE**
 <Axis endpoint 1>/Center/Isocircle: i
 Center of circle: int of (punto 2)
 <Circle radius>/Diameter:22

Command: **ELLIPSE**
 <Axis endpoint 1>/Center/Isocircle: i
 Center of circle: int of (punto 3 - fig. 10b)
 <Circle radius>/Diameter:8

Command: **ELLIPSE**
 <Axis endpoint 1>/Center/Isocircle: i
 Center of circle: int of (punto 4 - fig. 10b)
 <Circle radius>/Diameter:8
 Il disegno dovrebbe apparire come in fig. 10b.

Command: **LINE**
 LINE From point: int of (punto 1 - fig. 11a)
 To point: int of (punto 2)
 To point: (Enter)
 Command: **COPY**
 Select objects: 1 found (Selezionare il segmento 1-2)
 <Base point or displacement>/Multiple: m
 Base point: int of (punto 1, fig. 11b)
 Second point of displacement: int of (punto 3)
 Second point of displacement: int of (punto 4)

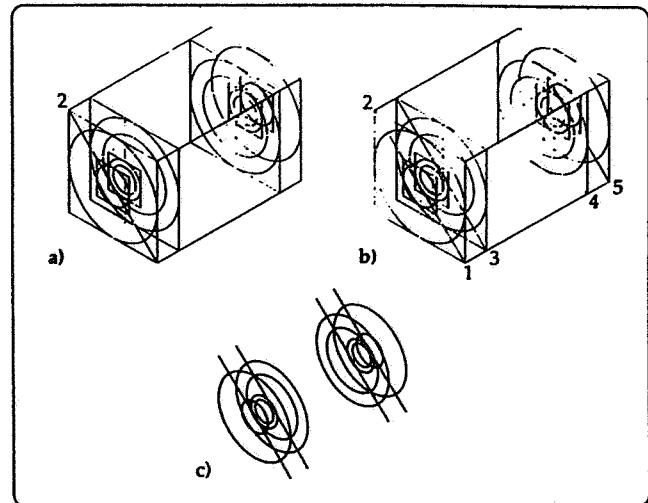


Fig. 11.

Second point of displacement: int of (punto 5)

Second point of displacement: (Enter)

A questo punto col comando ERASE vengono cancellati tutti i quadrilateri utilizzati per la costruzione della figura, ottenendo il disegno in fig. 11c.

FASE 4 - Costruzione delle generatrici dei cilindri

Command: **LINE**
 From point: int of (punto 1, fig. 12)
 To point: int of (punto 2)
 To point: (Enter)

Analogamente si costruiscono i segmenti 3-4, 5-6 e 7-8.

Si tagliano (col comando TRIM) le due ellissi esterne in modo tale da ottenere la fig. 12; vengono cancellate le due linee oblique a e b.

Command: **LINE**
 From point: int of (punto 1 - fig. 12)
 To point: int of (punto 2)

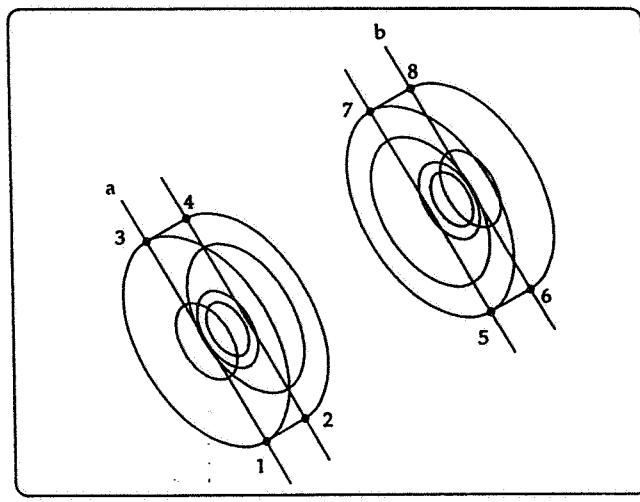


Fig. 12.

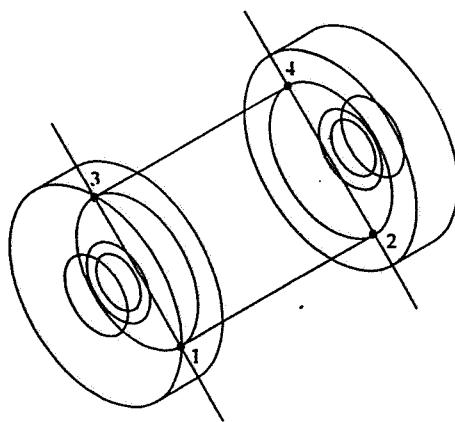


Fig. 13.

To point: (Enter)

Command: **LINE**

From point: int of (punto 3)

To point: int of (punto 4)

To point: (Enter)

Tagliare le ellissi in modo tale da ottenere la fig. 13.

Command: **LINE**

From point: int of (punto 1 - fig. 14)

To point: int of (punto 2)

To point: int of (punto 3)

To point: (Enter)

Command: **LINE**

From point: int of (punto 4 - fig. 14a)

To point: int of (punto 5)

To point: int of (punto 6)

To point: (Enter)

Tagliare le ellissi in modo tale da ottenere la fig. 14b.

Command: **LINE**

From point: int of (punto 1 - fig. 15)

To point: int of (punto 2)

To point: int of (punto 3)

To point: (arrestarsi sul segmento c)

To point: (Enter)

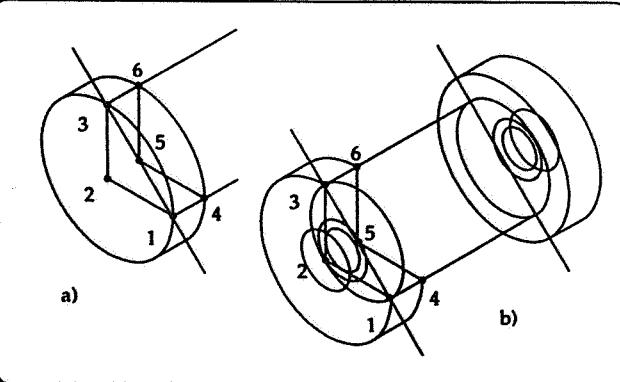


Fig. 14.

Ripetere la costruzione per i punti 1 - 2 - 3 - 4 della fig. 16, cancellando anche i due segmenti obliqui.

Command: **ERASE**

Select objects: (tutti gli assi della parte anteriore)

Select objects: (enter)

Command: **TRIM** (effettuare questa operazione in modo tale da ottenere la fig. 16)

Completere la rappresentazione, ripetendo le operazioni descritte nella fase precedente per l'estremità posteriore del pezzo. Utilizzare il comando TRIM in modo tale da rimuovere gli spigoli non in vista, così da ottenere la figura 17.

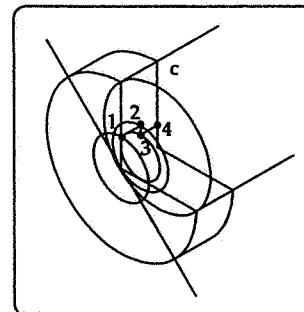


Fig. 15.

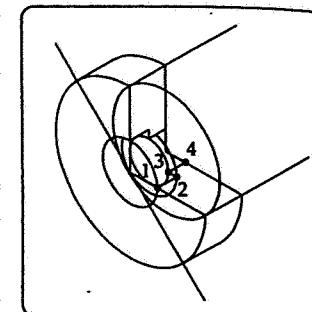


Fig. 16.

Il risultato finale è visibile in figura 18; la campitura è stata aggiunta sfruttando i comandi incontrati nel capitolo precedente.

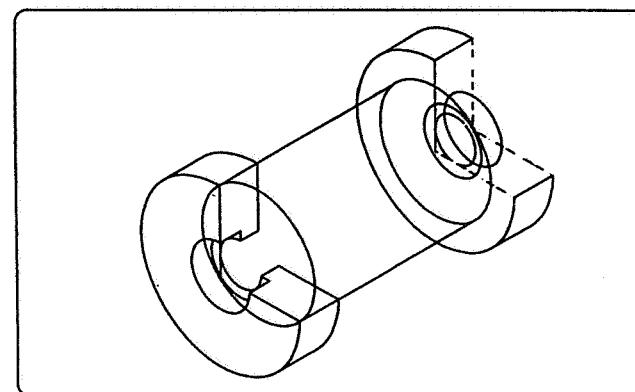


Fig. 17.

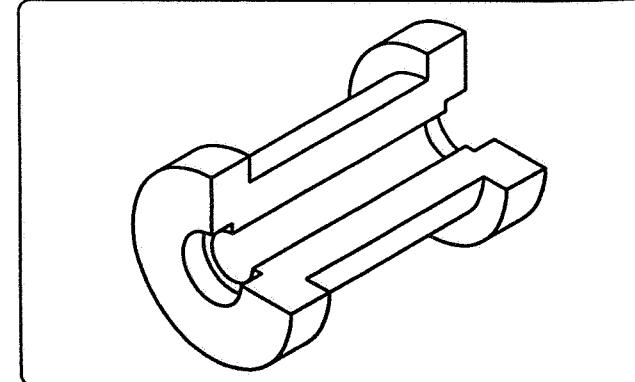


Fig. 18.

AUTOCAD

L'interfaccia utente per le assonometrie con Autocad

Per la rappresentazione di oggetti tridimensionali, Autocad dispone di un comando di visualizzazione che permette di selezionare un punto di visuale dal quale si vuole osservare il proprio disegno: il comando VPOINT.

Questo comando permette di specificare una direzione di osservazione o una distanza di osservazione, rigenerando il disegno con una viewport ridimensionata in modo che tutte le entità ricadano nella finestra in uso (fig. 19). Il valore standard per il punto di mira o target è l'origine (0,0,0).

Nei paragrafi precedenti sono stati definiti i rapporti di riduzione:

$$p = \frac{u'}{u} = \cos \alpha$$

$$q = \frac{v'}{u} = \cos \beta$$

$$r = \frac{w'}{u} = \cos \gamma$$

dove α , β e γ sono gli angoli che la direzione di proiezione, perpendicolare al quadro, forma con gli assi x, y e z. Nell'assonometria isometrica, il piano di proiezione è parallelo al piano che intercetta sui tre assi tre segmenti uguali (fig. 20). Se consideriamo un vettore unitario, perpendicolare al quadro e passante per l'origine, otteniamo le componenti:

$$l = \cos \alpha$$

$$m = \cos \beta$$

$$n = \cos \gamma$$

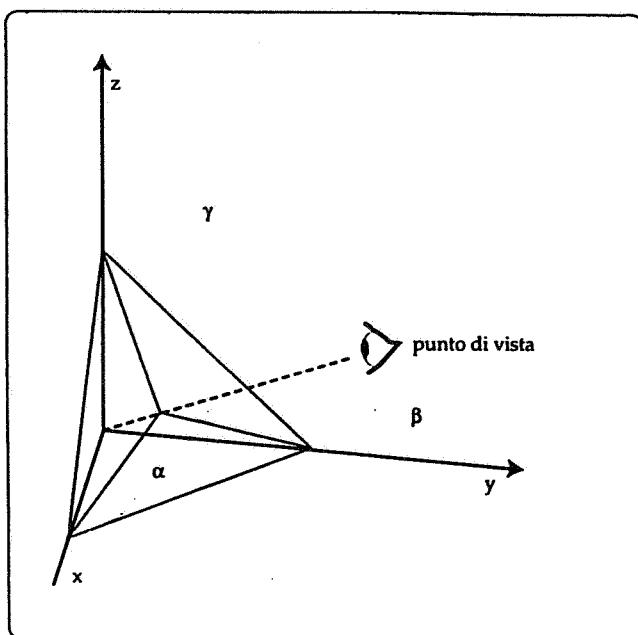


Fig. 20. Assonometria isometrica: il vettore perpendicolare al quadro.

Per ottenere le coordinate del punto di vista, basta quindi conoscere i tre coseni direttori della retta direzione di proiezione.

I rapporti di riduzione p, q ed r sono sempre positivi e minori di uno. Normalmente, al posto dei fattori p, q ed r, ven-

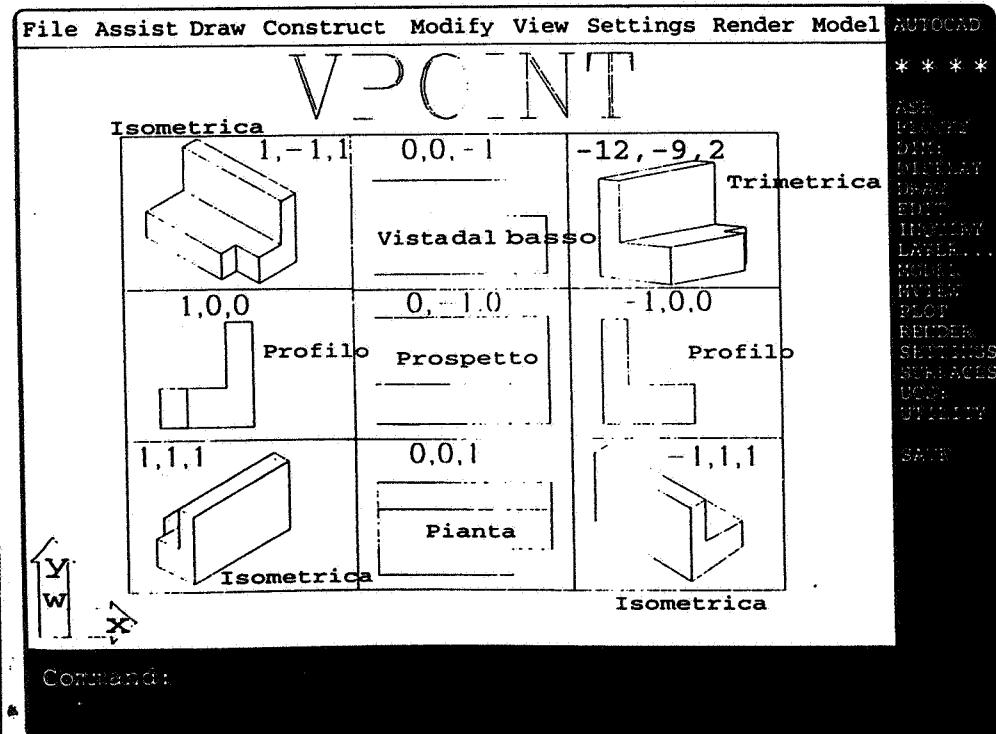


Fig. 19. Caratteristiche del comando di visualizzazione VPOINT.

gono considerati numeri interi, ad essi proporzionali, indicati con po, qo ed ro, tali che:

$$\begin{aligned} po &= kp \\ qo &= kq \\ ro &= kr \end{aligned} \quad [9]$$

Volendo esprimere gli angoli α' , β' e γ' tra gli assi assonometrici in funzione di po, qo ed ro si ha che (dalle [8]):

$$\cos\alpha' = - \operatorname{ctg}\beta \cdot \operatorname{ctg}\gamma = - \frac{\cos\beta \cos\gamma}{\sin\beta \sin\gamma}$$

$$\cos\beta' = - \operatorname{ctg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\gamma = - \frac{\cos\alpha \cos\gamma}{\sin\alpha \sin\gamma}$$

$$\cos\gamma' = - \operatorname{ctg}\beta \cdot \operatorname{ctg}\alpha = - \frac{\cos\beta \cos\alpha}{\sin\beta \sin\alpha}$$

dalle [2]:

$$\cos\alpha' = - \frac{\sqrt{1 - q^2} \sqrt{1 - r^2}}{qr}$$

$$\cos\beta' = - \frac{\sqrt{1 - p^2} \sqrt{1 - r^2}}{pr}$$

$$\cos\gamma' = - \frac{\sqrt{1 - p^2} \sqrt{1 - q^2}}{pq}$$

poiché

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2$$

tenendo presente la [9]:

$$k^2 = \frac{p_0^2 + q_0^2 + r_0^2}{2}$$

sostituendo nelle espressioni [10]:

$$\cos\alpha' = - \frac{\sqrt{(p_0^2 + q_0^2 - r_0^2)(p_0^2 - q_0^2 + r_0^2)}}{2q_0r_0}$$

$$\cos\beta' = - \frac{\sqrt{(-p_0^2 + q_0^2 + r_0^2)(p_0^2 + q_0^2 - r_0^2)}}{2p_0r_0}$$

$$\cos\gamma' = - \frac{\sqrt{(p_0^2 - q_0^2 + r_0^2)(-p_0^2 + q_0^2 + r_0^2)}}{2q_0p_0}$$

Queste tre espressioni ci permettono di determinare gli angoli ed i rapporti di riduzione in funzione dei parametri po, qo ed ro.

A questo punto, si può provare a introdurre all'interno di Autocad, l'assonometria parallela-ortogonale, utilizzando il

linguaggio di interfaccia AUTOLISP. I tre rapporti di riduzione p, q ed r si possono ricavare facilmente da po, qo ed ro:

$$p = \sqrt{\frac{2p_0^2}{p_0^2 + q_0^2 + r_0^2}}$$

$$q = \sqrt{\frac{2q_0^2}{p_0^2 + q_0^2 + r_0^2}} \quad [11]$$

$$r = \sqrt{\frac{2r_0^2}{p_0^2 + q_0^2 + r_0^2}}$$

AutolISP è probabilmente il più potente strumento che Autocad mette a disposizione dell'utente: un insieme di funzioni predefinite che possono essere utilizzate come un linguaggio di programmazione procedurale. Utilizzato con altre caratteristiche di Autocad, per esempio con le variabili di sistema o i menu personalizzati, AutolISP consente di adattare sotto ogni punto di vista Autocad alle proprie esigenze, aumentando di molto la velocità e la facilità di realizzazione e modifica di disegni complessi.

AutolISP può essere utilizzato per creare nuovi comandi Autocad o per modificare quelli esistenti, per eseguire calcoli e memorizzare formule utili per la risoluzione di comuni problemi di disegno, per sviluppare macro "intelligenti" e in grado di prendere decisioni, per interagire con l'utente nell'accesso alle informazioni grafiche e, infine per accedere e modificare direttamente il database di Autocad.

A partire dalla Release 2.18 di Autocad è stato introdotto in Autocad il linguaggio AutolISP con un interprete. In questo modo l'utente poteva scrivere dei file ASCII, detti file AutolISP (con estensione LSP), contenenti una serie di funzioni che potevano essere caricate in memoria ed elaborate in sequenza.

Autodesk ha aggiunto man mano delle nuove funzioni che consentano a queste procedure di essere più interattive, richiedendo dati all'utente, visualizzando messaggi, prendendo decisioni basate su istruzioni condizionali e ripetendo sequenze di istruzioni sino al raggiungimento di determinate condizioni.

AutolISP è un linguaggio ridotto, dagli usi limitati, per cui non è difficile da apprendere anche da parte di chi non è un programmatore. Dopo averne imparato il vocabolario (i nomi delle funzioni predefinite e il loro funzionamento) e la sintassi (le regole per combinare le funzioni in procedure eseguibili), le procedure AutolISP sono piuttosto facili da realizzare e modificare utilizzando un normale editor di testo.

La figura 21 mostra il programma Autolisp per l'assonometria ortogonale: si tratta di due funzioni, la prima asin ha il compito di determinare l'arcoseno di un numero (funzione non presente nella libreria di base del linguaggio). La lista che costituisce la funzione è sempre racchiusa tra una coppia di parentesi tonde che individuano l'inizio e la fine della lista da valutare.

La seconda funzione utilizza come argomento i tre parametri po, qo ed ro e dà in uscita le coordinate del punto di vista x_1 , y_1 e z_1 .

A U T O C A D

```

(defun asin (se) ← definisce una funzione asin, chiamata con l'argomento se;
(setq co (sqrt (- 1 (expt se 2)))) (setq ta (/ se co)) ← funzione setq per creare variabili ed assegnare valori.
(setq ra (atan ta))
; (setq gr (/ (* 180 ra) pi))
)

(defun asson (po qo ro) ← definisce una funzione asson, chiamata con p_0, q_0 ed r_0
(setq pf po)
(setq qf qo)
(setq rf ro)
(if (and (> (+ (* pf pf) (* qf qf)) (* rf rf)) (> (+ (* pf pf) (* rf rf)) (* qf qf)))
(> (+ (* qf qf) (* rf rf)) (* pf pf)))
(progn
; no ((< (+ (* po po) (* qo qo)) (* ro ro)) (prompt "errore!"))
(setq qr (+ (* po po) (* qo qo) (* ro ro)))
(setq p (sqrt (/ (* 2 pf pf) qr)))
(setq q (sqrt (/ (* 2 qf qf) qr)))
(setq r (sqrt (/ (* 2 rf rf) qr))) ← calcolo di p, q ed r secondo la [11]: es.  $p = \sqrt{\frac{2p_0^2}{p_0^2 + q_0^2 + r_0^2}}$ 
(print "rapporti di riduzione p q r: ")
(print p) (print q) (print r)
(setq angx (asin p))
(setq angy (asin q)) ← determinazione degli angoli  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ 
(setq angz (asin r))
(print "angoli tra gli assi alfa, beta e gamma") (setq b1
(/ (cos angy) (sin angy)))
(setq g1 (/ (cos angz) (sin angx)))
(setq aff (asin (* -1 b1 g1)))
(setq a1 (/ (cos angx) (sin angz)))
(setq bff (asin (* -1 a1 g1)))
(setq cff (asin (* -1 a1 b1)))
(print (- 90. (/ (* 180. aff) pi)))
(print (- 90. (/ (* 180. bff) pi)))
(print (- 90. (/ (* 180. cff) pi)))
(print)
(setq v1 (cos angx))
(setq v2 (cos angy)) ← coordinate del punto di vista
(setq v3 (cos angz))
(command "VPOINT" (list v1 v2 v3)) ← il comando finale di visualizzazione restituito dalla funzione
)
(prompt "Errore!, condizione  $po^2 + qo^2 > ro^2$  non verificata!")
)

```

Fig. 21. Il listato Autolisp per l'assonometria ortogonale.

A questo punto si può provare a scrivere il programma con un editor di testi (ad esempio con l'EDIT del Dos e usando la stessa directory di Autocad), salvandolo col nome asson.lsp.

In Autocad è possibile caricare il programma col comando:

command: (load "asson").

Per testare il programma, si può usare la sintassi:
command: (asson 1. 0.5 1.)

Se non vi sono stati errori, l'oggetto tridimensionale che si sta modellando viene visualizzato in assonometria dimetrica.

È possibile inserire nei menu a tendina (o a discesa) il comando e la funzione Lisp per eseguire le assonometrie orto-

A U T O C A D

gonali; si può quindi personalizzare il file di menu di Autocad che ha l'estensione .MNU. Il file di menu della versione 12 ha il nome ACAD.MNU. Nel caso che si decidesse di usare questo menu standard per fare le prove, è consigliabile effettuarne una copia attribuendole un altro nome.

(E' possibile trovare il file ACAD.MNU nella Directory Acad/Support o Acadwin/support per la versione Windows)

Supponiamo di aver copiato il menu di Autocad nel file MIO.MNU, e di averne modificato la sezione come mostrato in fig. 22; nel file vengono costruiti dieci diversi menu a discesa, ciascuno contrassegnato con l'etichetta POP seguita da un numero da 1 a 10. La sezione del menu a discesa di figura 23 è stata implementata per la versione inglese di Autocad 12 per Windows.

I menu a tendina possono contenere fino a 999 voci: ogni sezione di menu è controllata dalla parola chiave **POPn dove n è un numero intero compreso generalmente tra 1 e 10.

I nomi delle diverse voci di menu appaiono tra parentesi quadre, e il primo nome [Draw] in figura 22 rappresenta il titolo principale. I sottomenu sono definiti facendo precedere il nome dai caratteri ->:

[->/TTrimetrica]

Il primo carattere del testo (es. /TTrimetrica) viene ripetuto per poter essere selezionato col tasto scorciatoia che appare sottolineato).

L'ultima voce del sottomenu viene indicata dal carattere <->:

[<-1:2/3:1]

Infine, i due caratteri <-> indicano l'ultima voce del sottomenu e il ritorno al menu principale.

Il carattere di controllo ^C rappresenta la digitazione della sequenza [Ctrl C]; che viene utilizzata per l'interruzione

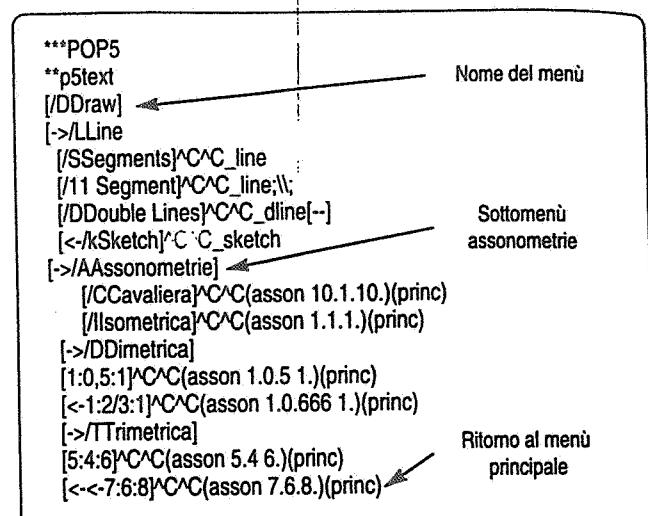


Fig. 22. Il listato del menu ACAD: MNU con le sezioni per l'assonometria ortogonale.

della maggior parte dei comandi. Inserendo per esempio due sequenze ^C^C all'interno dei menu, si ha l'assicurazione che, se una sequenza di comandi viene selezionata mentre ne è in corso un'altra, quest'ultima viene interrotta, in modo da evitare che il nuovo comando possa essere interpretato come una risposta al precedente.

Una volta iniziato una sessione di Autocad, bisogna richiamare il menu appena costruito col comando:

Command: Menu

apparirà a questo punto una finestra di dialogo dalla quale si selezionerà il nome del file mio.mnu, che, una volta caricato, sarà compilato automaticamente dal programma.

L'esempio di figura 23 mostra il risultato: il menu di Autocad è stato personalizzato con l'introduzione delle assommetrie (naturalmente prima di usare il menu, bisogna aver caricato la funzione asson).

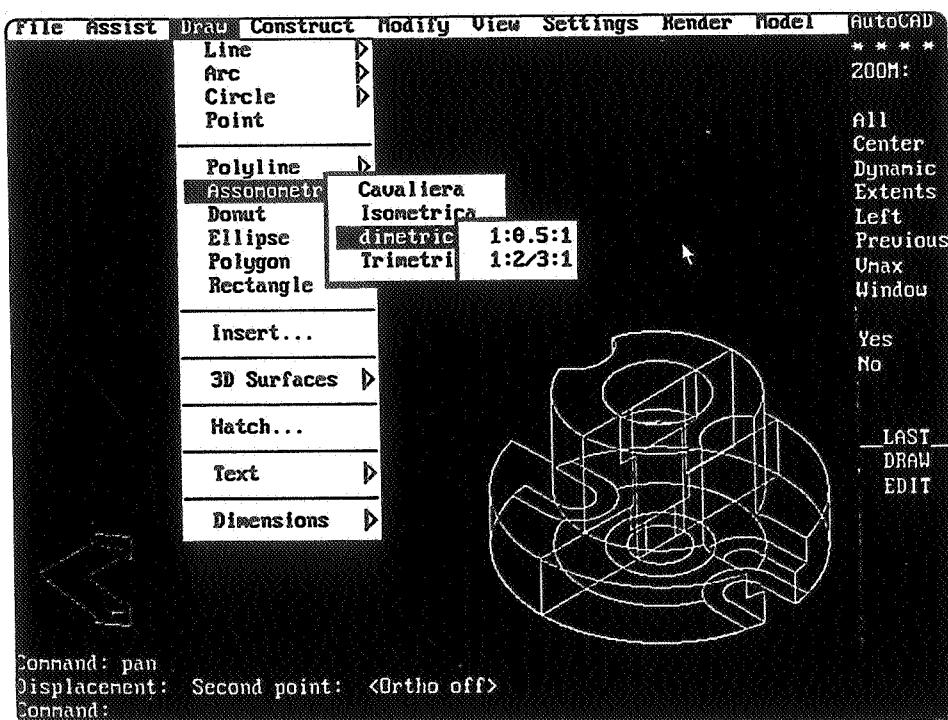
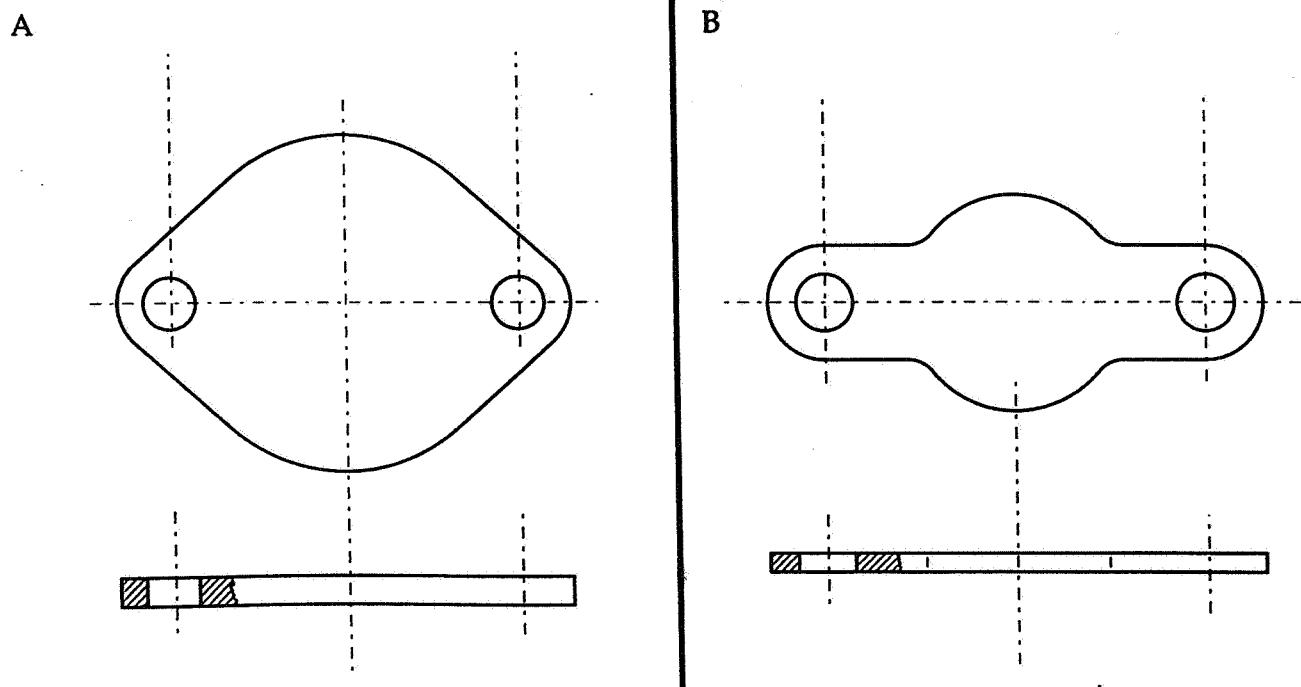
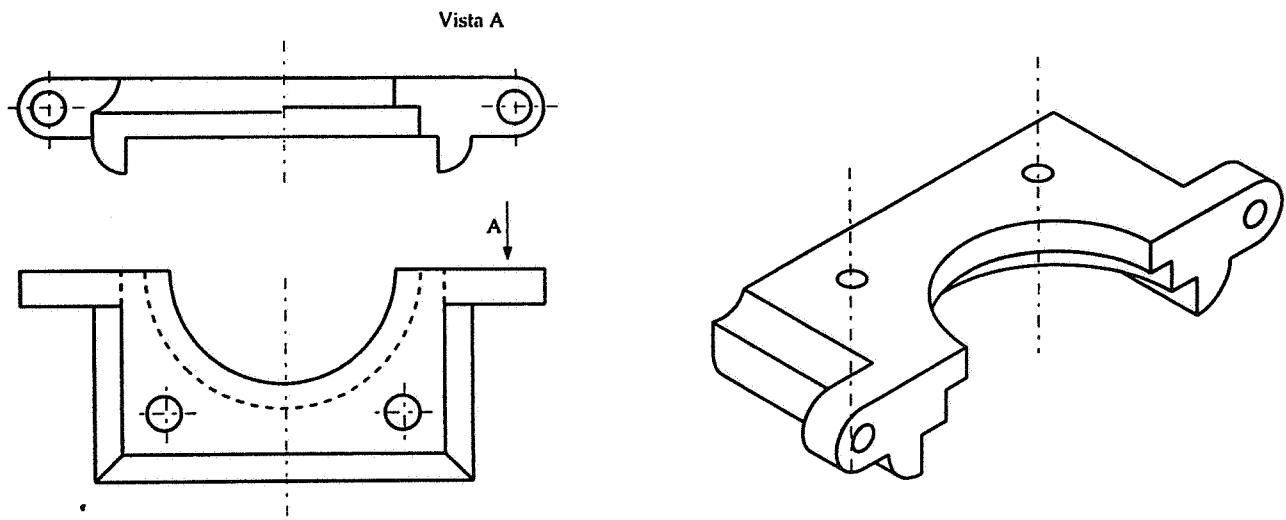


Fig. 23. Il risultato del listato di figura 22.

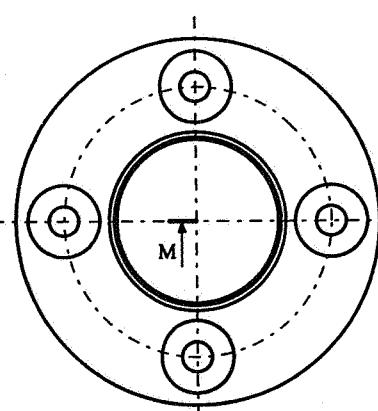
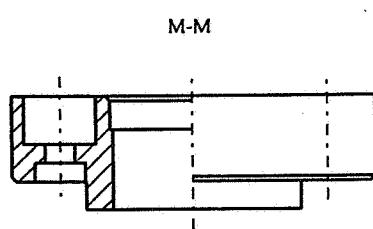
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

1. Disegnare in assonometria isometrica i pezzi rappresentati in proiezioni ortogonali, come nell'esempio seguente:

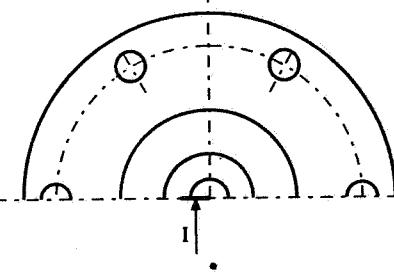
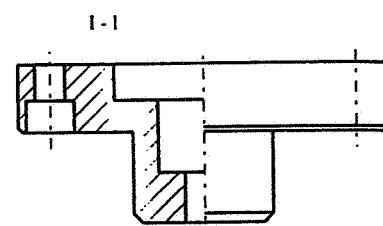


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

1 C

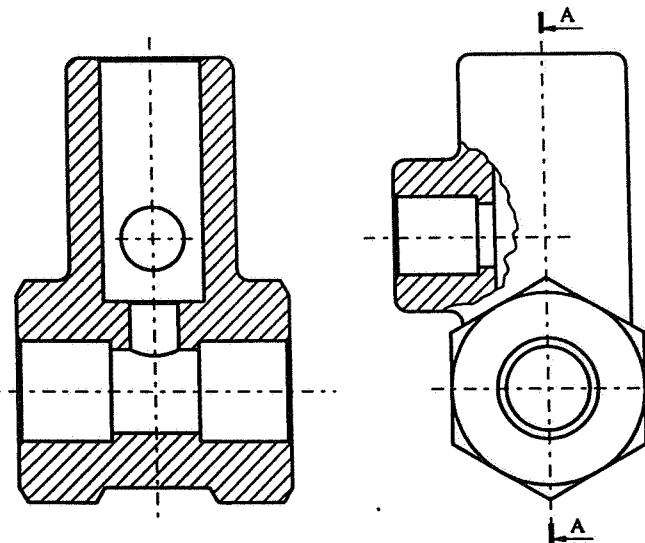


D

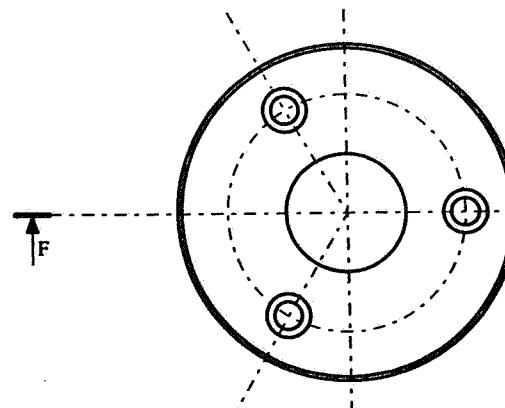
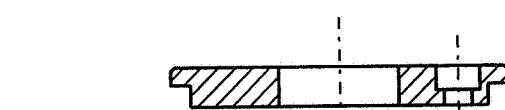


E

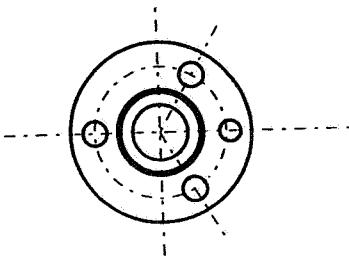
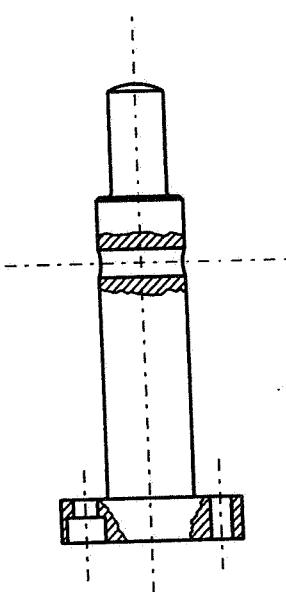
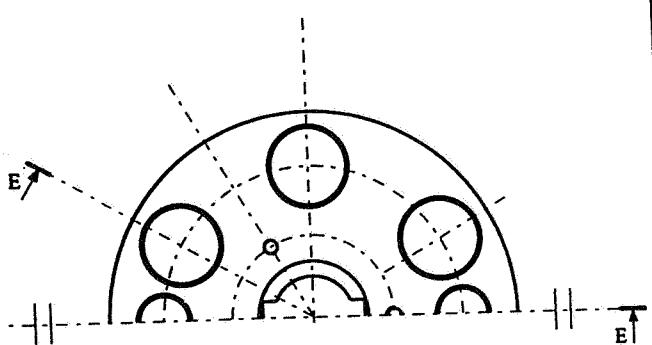
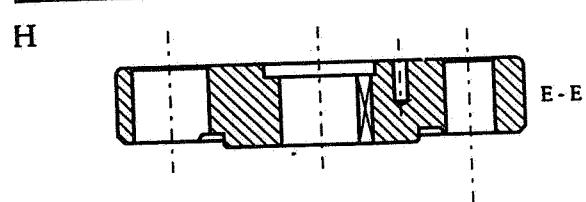
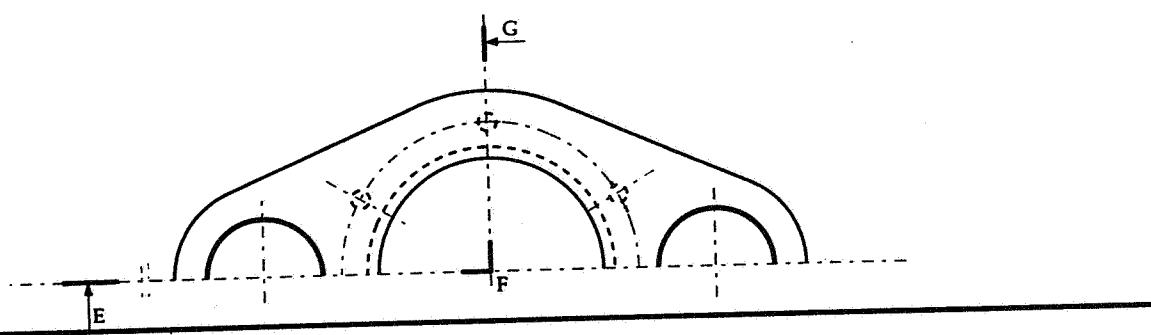
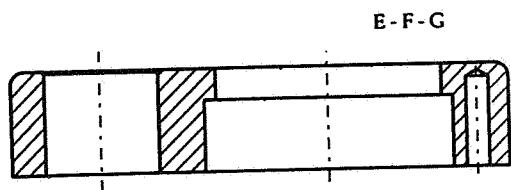
A-A



F

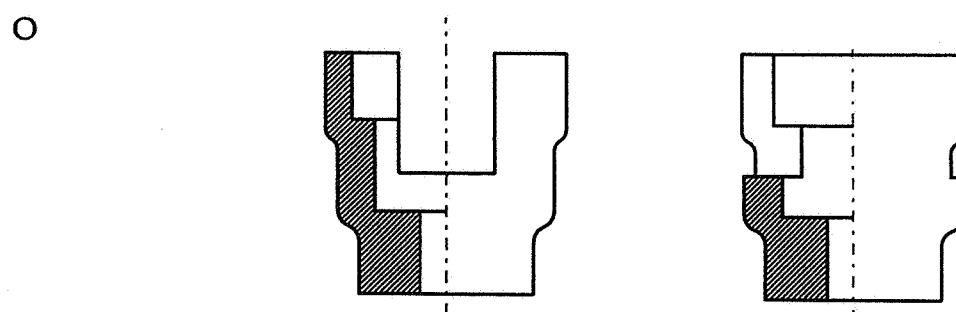
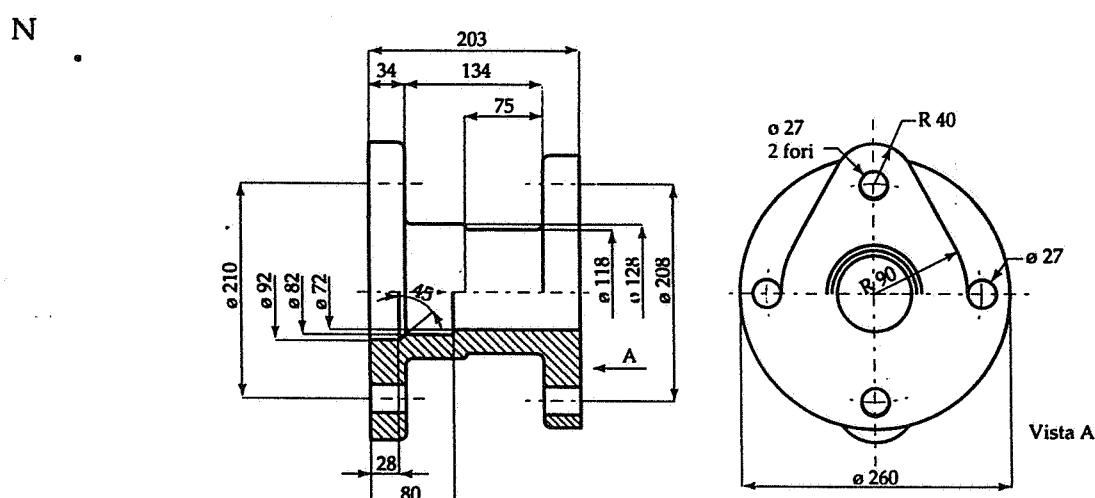
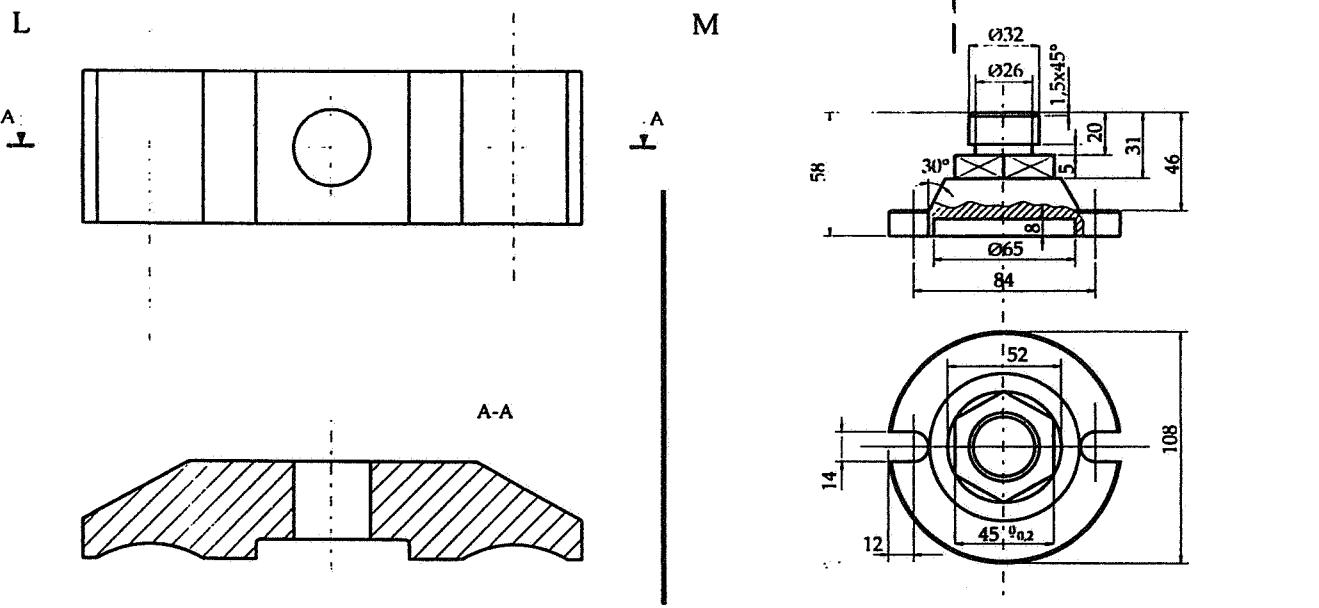


ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI



ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

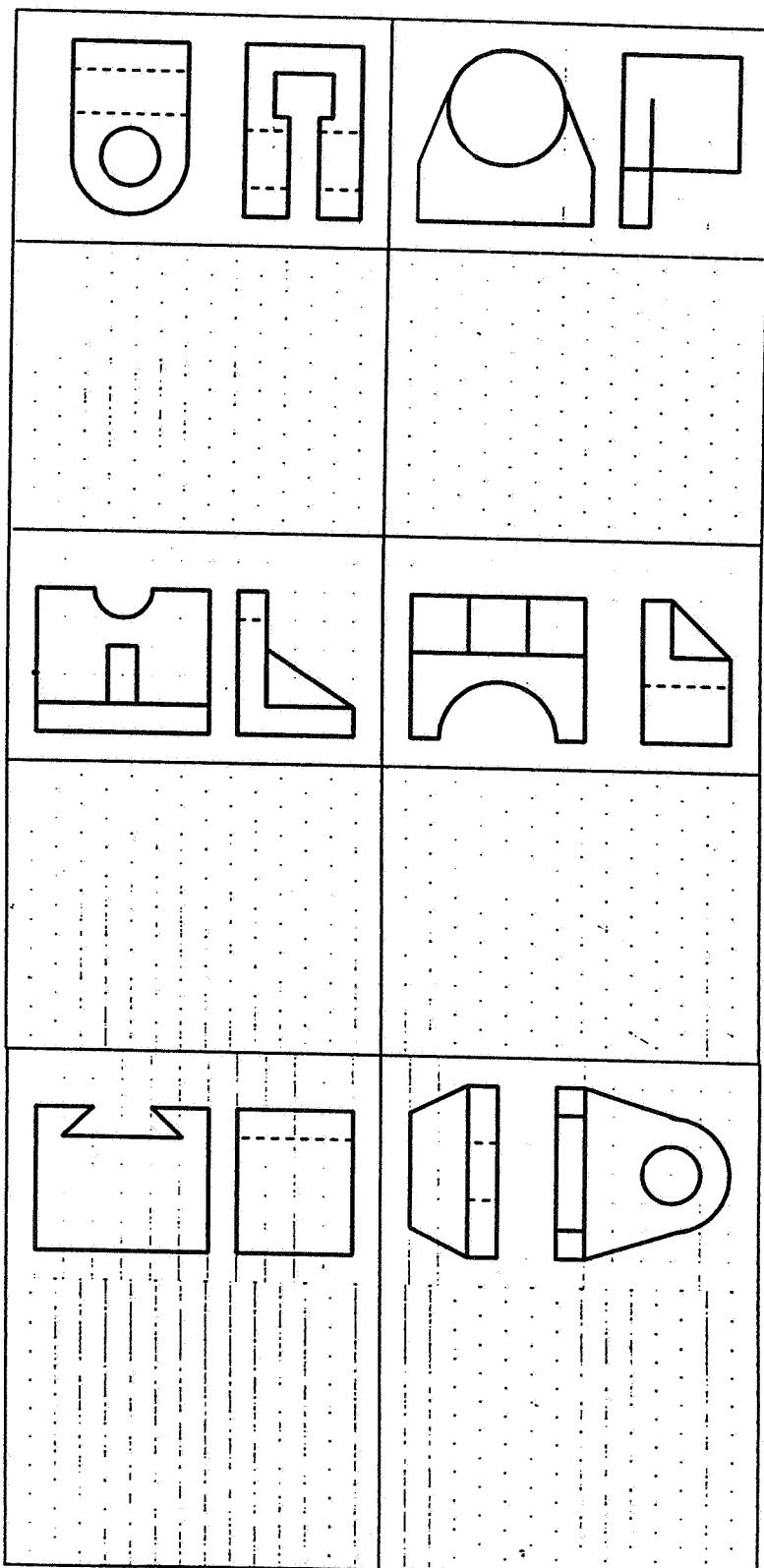
2
tr.
nc



208

ERCIZI • ESERCIZI • Esercizi • ESERCIZI

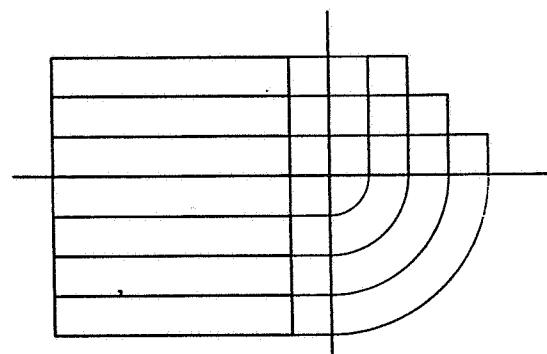
2. Sfruttando il reticolo assonometrico, disegnare a mano libera in assonometria isometrica il pezzo rappresentato in proiezioni ortogonali.



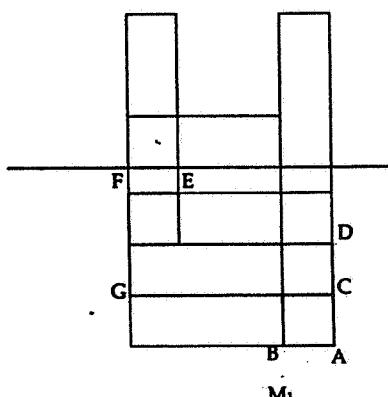
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

3. Disegnare in prospettiva (centrale o accidentale) i pezzi rappresentati in proiezione ortogonale. A titolo di esempio è riportata la costruzione della prospettiva accidentale, col metodo dei punti misuratore, della composizione D.

A



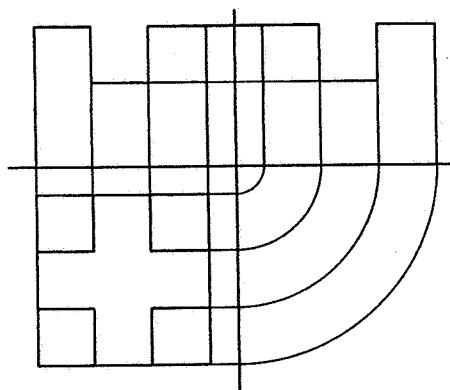
C



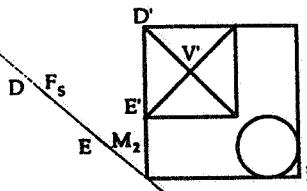
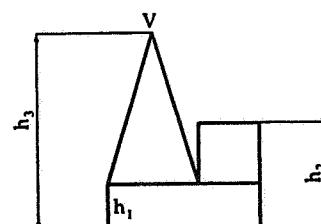
Fs

V

B

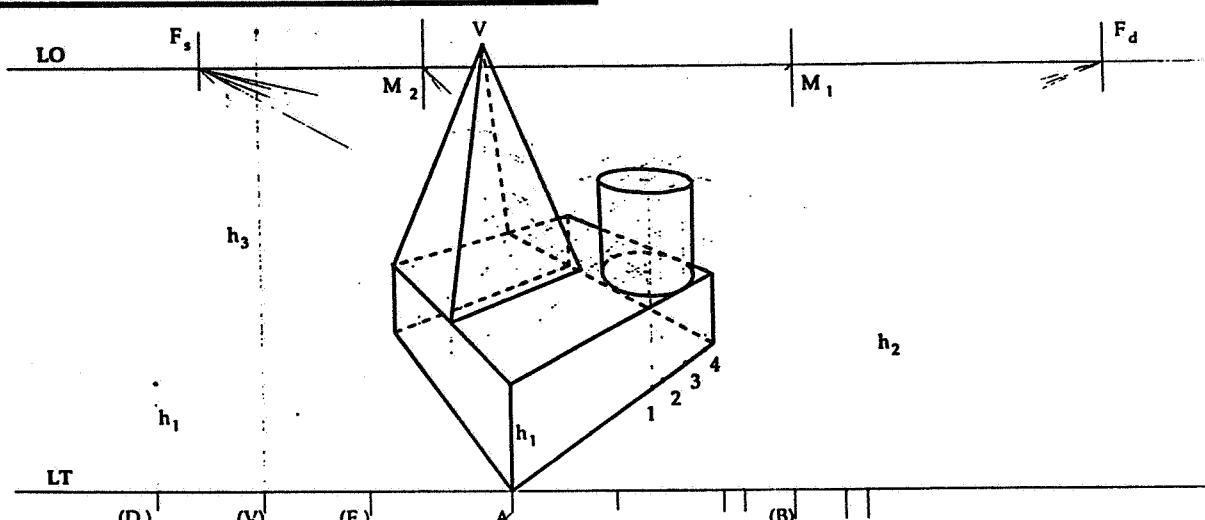


D



V₀

1 2 3 4



il disegno e le lavorazioni meccaniche

1

INTRODUZIONE

La moderna tecnica produttiva opera in tre campi fondamentali, classificabili come: produzione di energia, lavorazione della materie prime e industria manifatturiera. La prima si occupa della produzione, trasformazione e distribuzione dell'energia; la seconda della produzione, trasformazione dei materiali fino al livello dei *semilavorati*. Infine il compito dell'industria manifatturiera è di trasformare i materiali scelti secondo forme e dimensioni prefissate, per ottenere degli oggetti funzionali; ogni procedimento si compie attraverso una trasformazione dallo stato di grezzo o semilavorato, allo stato di prodotto finito, impiegando macchine *operatrici ed utensili*.

Il processo di progettazione¹ di un prodotto, come si è visto nel secondo capitolo, richiede una chiara identificazione delle funzioni e delle specifiche del manufatto, in modo da ottenere un manufatto industriale capace di assolvere a tutte le funzioni richieste gli, per il tempo previsto. Le esigenze specifiche dei vari componenti possono essere in genere soddisfatte da organi dal disegno assai diverso; a parità di prestazioni del pezzo, il criterio in base al quale il disegnatore o il progettista deve scegliere fra le diverse soluzioni è sempre quello economico, cioè il disegno dell'organo dovrà essere tale da consentire di produrre il pezzo con il ciclo di lavorazione meno costoso e col grado di precisione e finitura richiesto. Da questo ragionamento consegue che solo chi ha una discreta conoscenza dei procedimenti di la-



Fig. 1. Attraverso il ciclo di lavorazione il disegno si trasforma in oggetto reale. Nelle foto alcuni momenti del ciclo di lavorazione della Bravo nello Stabilimento di Cassino.

vorazione è in grado di elaborare correttamente un disegno tecnico, ed è per questo motivo che i processi di progettazione e produzione devono essere intimamente correlati.

¹ progettazione: processo di costruzione, descrizione ed analisi delle forme, delle proprietà di un prodotto e del suo processo produttivo, al fine di svolgere una determinata funzione.

Classificazione dei processi di lavorazione

Per una scelta del più appropriato processo produttivo, è necessaria una classificazione sistematica dei processi di lavorazione, al fine di definire i campi di applicazione dei singoli procedimenti e le possibili scelte alternative. La figura 2 mostra la classificazione dei processi di lavorazione in base al metodo utilizzato per ottenere dei manufatti di forma definita. La tabella I invece mette in relazione la forma da ottenere col procedimento di lavorazione più comune. Il progettista per la scelta del processo di lavorazione deve anche tener conto di altri fattori, quali:

- a) la quantità dei pezzi da produrre
- b) la complessità delle forme da ottenere
- c) la natura del materiale
- d) le dimensioni dei pezzi
- e) la precisione dimensionale
- f) la disponibilità di macchine e attrezzature.

LA FORMATURA DALLO STATO LIQUIDO: FONDERIA DI FORMA DEFINITA

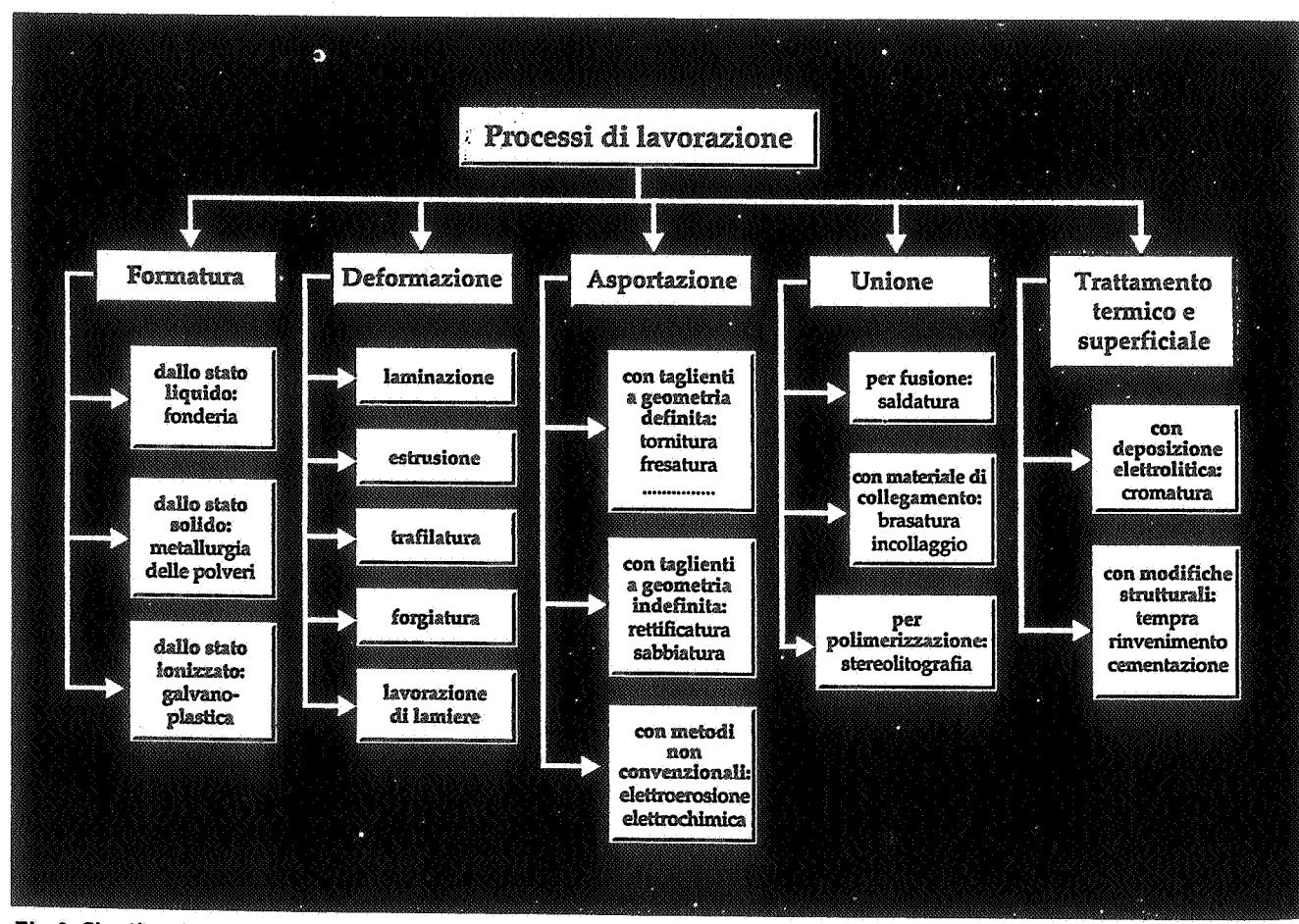
La fusione è la tecnica più antica e versatile per la produzione di manufatti metallici; la ricerca archeologica ci permette di datare attorno al 3000 a.C., cioè agli inizi dell'età del bronzo, la scoperta della possibilità di conferire una forma definita ad un metallo allo stato liquido: si sviluppò così, con l'arte della colata, una nuova tecnica di lavorazione, definibile come tecnica di fonderia.

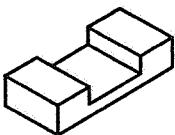
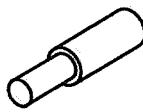
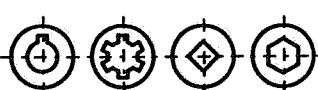
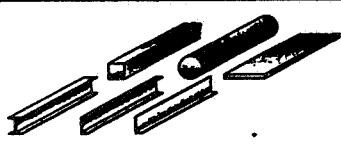
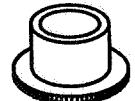
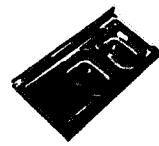
Solo nel secolo scorso, però, la fonderia ha assunto un carattere industriale col perfezionamento degli impianti, con lo sviluppo della ricerca sui materiali e con il progresso tecnologico, che ha portato questo procedimento ad occupare un posto di primo piano rispetto agli altri metodi di produzione.

In pratica il procedimento consiste nel preparare una cavità, detta *forma*, che ricopia in negativo il pezzo che si desidera realizzare, nella quale si colla la lega metallica fusa scelta per la realizzazione del pezzo.

La fonderia è quindi il procedimento di lavorazione che consente di trasformare i materiali metallici in prodotti semilavorati o anche finiti, sfruttando la proprietà tecnologica della *fusibilità*. Rispetto alle altre tecniche di lavorazione, la fonderia presenta il vantaggio della rapidità di esecuzione e della convenienza economica, nella realizzazione di pezzi la cui forma renderebbe troppo costosa o difficile la lavorazione con altri metodi.

La fonderia opera specialmente nella realizzazione di pezzi la cui costruzione alle macchine utensili è difficile o impossibile, come carburatori, testate di motori, volani, bancali di macchine utensili, raccordi di tubazioni, caloriferi, rubinetterie, valvolame, ecc. (fig. 3).



Esempi	Forma	Lavorazione
	Superfici piane	laminazione, fresatura, rettifica, piallatura
	Superfici assialsimmetriche	tornitura, estrusione, rettifica, imbutitura, foratura, alesatura
	Fori di forma qualsiasi	stozzatura, broccatura, fresatura
	Parti con cavità complesse	fresatura frontale, elettroerosione, elettrochimica, stereolitografia, stampaggio fonderia
	Forme tubolari	estrusione, imbutitura, laminazione, trafilettatura
	Semilavorati, Profilati, barre, nastri	laminazione, estrusione, trafilettatura
	Ingranaggi	fresatura, dentatura, rettificatura
	Lavorazione di lamiere	piegatura, tranciatura, punzonatura, imbutitura
	Parti con filettature	maschiatura, tornitura, rettifica, rullatura, fresatura
	Forme complesse di ridotte dimensioni	microfusione, sinterizzazione
	Forme complesse di grandi dimensioni	stampaggio, fonderia, saldatura

Tab I. Relazione forma da ottenere-lavorazione.

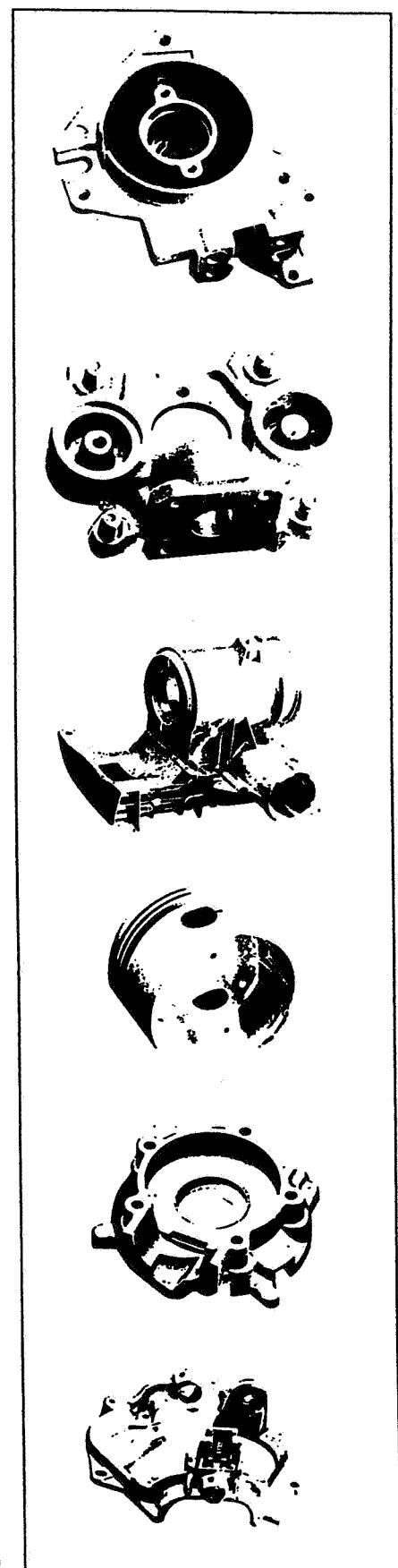


Fig. 3. Tipici prodotti dell'operazione di fonderia.

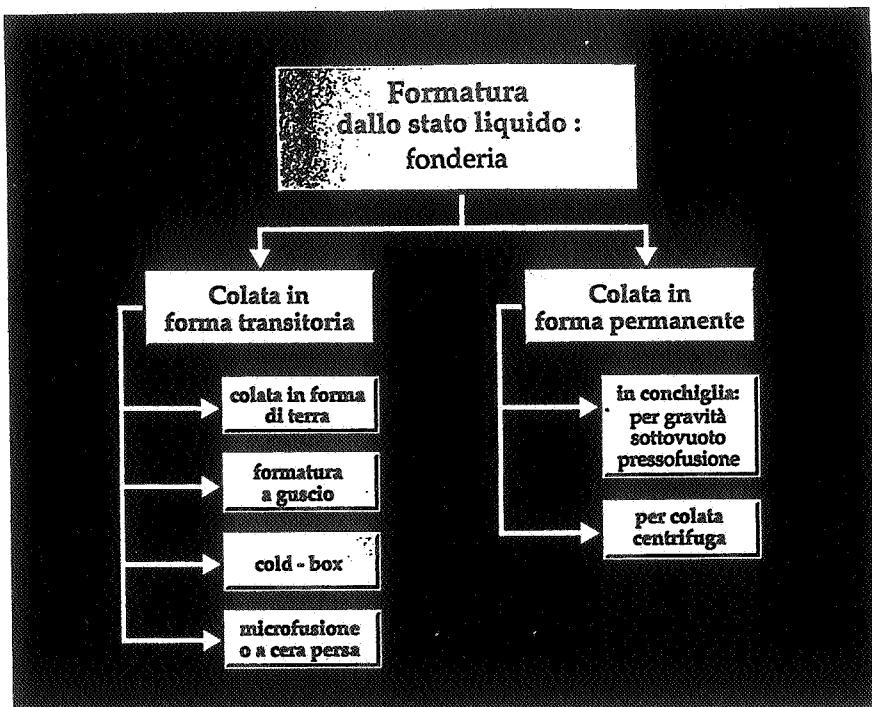


Fig. 4. Classificazione dei procedimenti di formatura.

La figura 4 mostra una classificazione dei processi di fonderia utilizzati oggi sia per la produzione di manufatti usati come semilavorati per le successive lavorazioni ad asportazioni di truciolo, sia per la produzione, anche economica, di pezzi finiti di forma complessa. In genere i metalli più adatti alla fonderia sono le ghise, i bronzi, gli ottoni, le leghe d'alluminio. Le fasi di lavoro che si seguono per ottenere un pezzo fuso sono generalmente, nell'ordine, le seguenti:

- 1) allestimento del modello
- 2) formatura
- 3) fusione del metallo e colata nella forma
- 4) estrazione del getto dalla forma
- 5) finitura del getto.

Il modello, costruito in legno, in resina o in lega leggera in base al disegno di progetto, ha la forma uguale a quella che avrà il pezzo finito, fatta eccezione per qualche particolare e per le dimensioni che, come vedremo, sono lievemente maggiori.

Mediante il modello si procede alla formatura, cioè si esegue un'impronta in negativo di quella che sarà la forma definitiva del pezzo, la quale verrà riempita col metallo fuso per dar luogo al pezzo desiderato. Le forme possono essere transitorie (*forme perdute*) come nel caso della formatura in sabbia, oppure permanenti, come nel caso della fusione in conchiglia, della fusione sotto pressione, ecc. La forma

transitoria serve per una sola colata, mentre quelle permanenti servono per più colate.

Formatura con forme transitorie

Nel caso della formatura con forme non permanenti, l'operazione di formatura può essere condotta a mano oppure mediante l'uso di apposite macchine; si distinguerà dunque in formatura manuale o meccanica.

La formatura transitoria può venir fatta allo scoperto, quando l'impronta in cui si versa il metallo liquido è praticata nel pavimento di sabbia della fonderia, oppure in staffa, quando l'impronta viene eseguita nella sabbia contenuta in speciali contenitori metallici, privi di fondo, composti di due o più pezzi, in modo da essere facilmente apribili e ricomponibili.

Le operazioni di formatura comprendono le seguenti fasi:

- a) posa del modello
- b) compattatura delle varie parti della forma contro le pareti del modello
- c) estrazione del modello
- d) preparazione dei canali di colata e dei montanti; posa eventuale delle anime
- e) completamento e rifinitura della forma, sua ricomposizione e preparazione per la colata.

La formatura più semplice è quella re-

lativa a pezzi senza fori e cavità interne, la cui sezione massima coincide con il piano di appoggio e quindi con il piano di divisione delle due staffe; per questa formatura il modello è costruito in un pezzo unico.

Più frequentemente i pezzi da fondere hanno un piano di divisione intermedio. In questo caso il modello, per poter essere estratto dalla terra, deve essere costruito in almeno due parti facilmente scomponibili e ricomponibili. In figura 5 sono visibili le fasi di formatura di un pezzo con cavità interne, a partire da un modello diviso in due parti simmetriche, perfettamente ricomponibili, grazie ai perni di orientamento ricavati sulle superfici di divisione. Per riprodurre la cavità, è necessario introdurre nella forma un solido composto di terra speciale, chiamato *anima*; per questo motivo, il modello viene dotato di due appendici, chiamate *portate d'anima*, destinate a lasciare nella forma dei vani d'appoggio per l'anima.

Il getto, appena estratto dalla forma, presenta incrostazioni di sabbia, rugosità, sporgenze, bavature, eccedenze (montanti, materozze, canali di colata, ecc.) per cui è necessario pulirlo, sterrarlo, staccare i montanti, i colatoi, le materozze, sbavarlo ed operare insomma tutte quelle lavorazioni che costituiscono la finitura del getto (*sabbiatura, sabbiantura*).

I processi di fusione in guscio e di microfusione

Sono processi di fusione in forma transitoria in grado di produrre getti di ottima qualità e facilmente automatizzabili.

Il processo *shell molding* utilizza un modello metallico, preriscaldato alla temperatura di circa 250°, che viene investito da uno speciale tipo di sabbia (si parla di sabbia prerivestita) nella quale i grandi di silice sono avvolti da uno strato sottilissimo di resina fenolica termoindurente (fig. 6); la sabbia prerivestita, a contatto col modello, polimerizza, formando un guscio (shell) molto poroso che limita le soffiature nel getto.

La microfusione non è altro che la derivazione industriale dell'antico processo a *cera persa* (fig. 7) nella quale il modello costruito, anche nei minimi particolari, in cera viene eliminato dalla forma mediante fusione, in modo da lasciare un vuoto per colarvi il metallo. Il procedimento ha origini

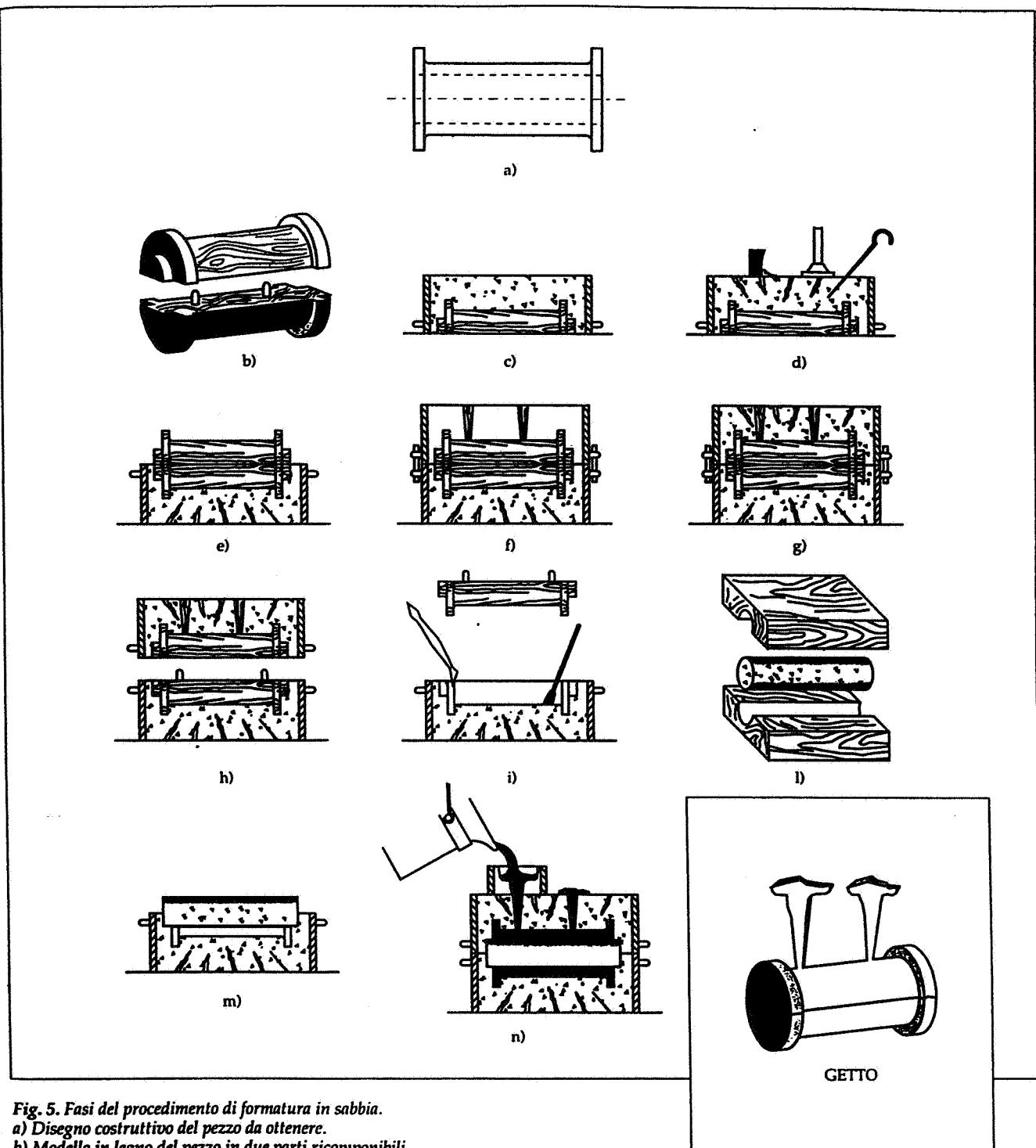


Fig. 5. Fasi del procedimento di formatura in sabbia.

- a) Disegno costruttivo del pezzo da ottenere.
- b) Modello in legno del pezzo in due parti riconponibili.
- c) Posa della prima metà del modello nella staffa e riempimento con terra.
- d) La terra viene pressata e spianata; mediante un ago sottile si trapassa più volte la terra, per creare i canaletti che serviranno allo sfogo dei gas verso l'esterno, durante la colata.
- e) La staffa viene capovolta e si ricompone il modello.
- f) Si monta la staffa coperchio e si inseriscono nella terra i pioli o coni destinati a lasciare la forma dei canali di colata e degli sfiatatoi.
- g) Si procede al riempimento di terra e alla sua pressatura come nella prima forma.
- h) Si separano con precauzione le due staffe.
- i) Si procede all'estrazione del modello e dei coni di legno; e si riparano gli eventuali guasti provocati nella fase di sformatura.
- l) Fabbricazione dell'anima in terra speciale, servendosi di un modello in legno, denominato cassa d'anima.
- m) L'anima viene depositata nella forma.
- n) Si sovrappongono di nuovo le staffe; la forma è pronta per la colata, cioè al versamento del metallo liquido nella forma. Dopo la colata, il getto viene lasciato solidificare e raffreddare e quando esso ha raggiunto una temperatura che non costituisca pericolo per il personale addetto alla lavorazione, lo si estraе dalla forma (distaffatura).

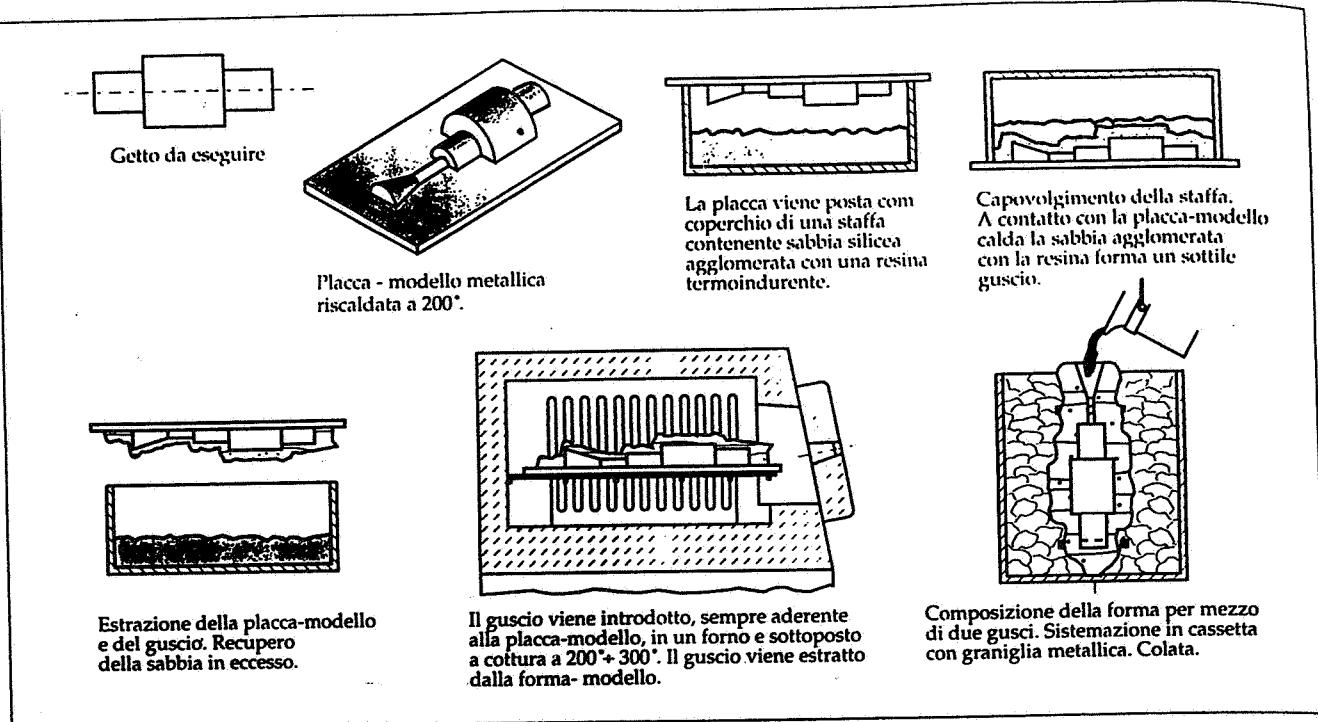


Fig. 6. Le diverse fasi della formatura a guscio (shell-molding).

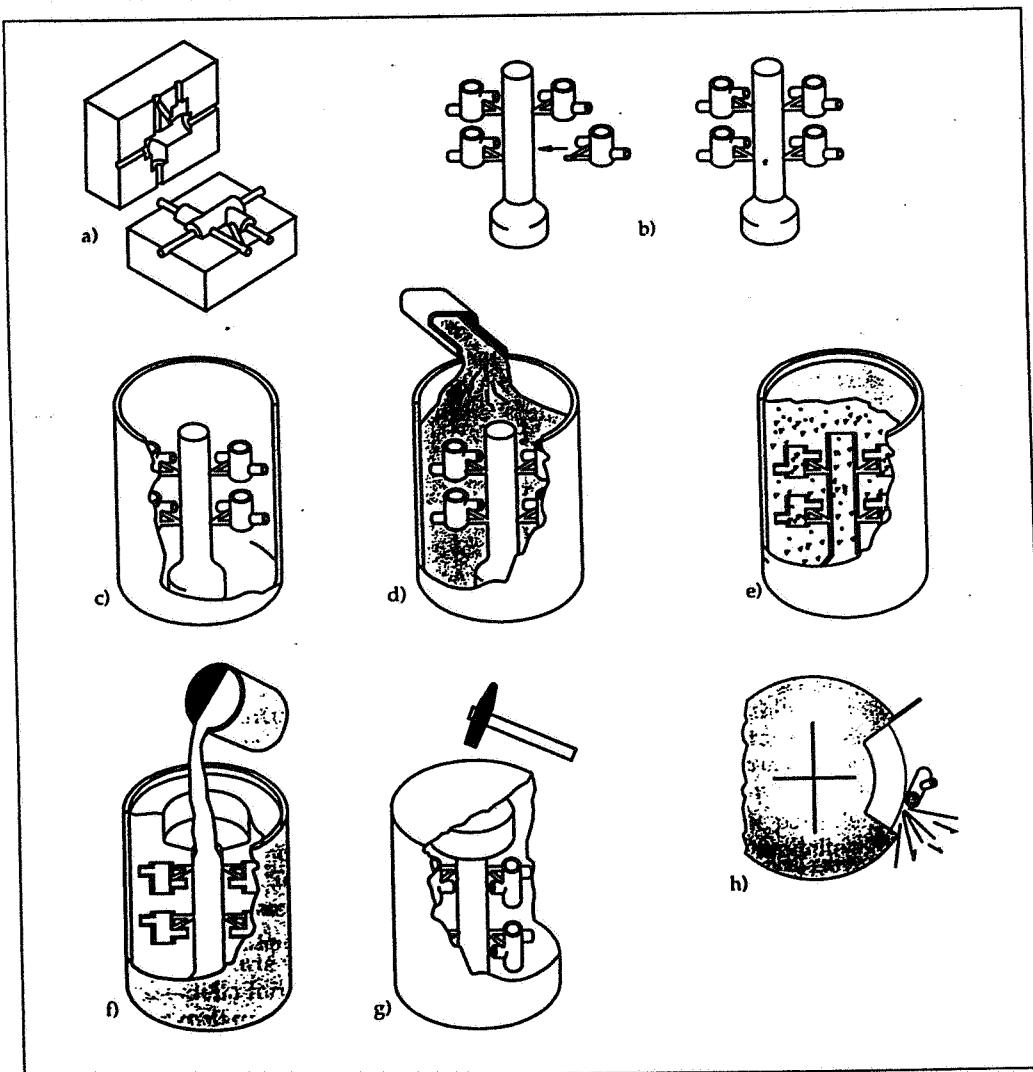
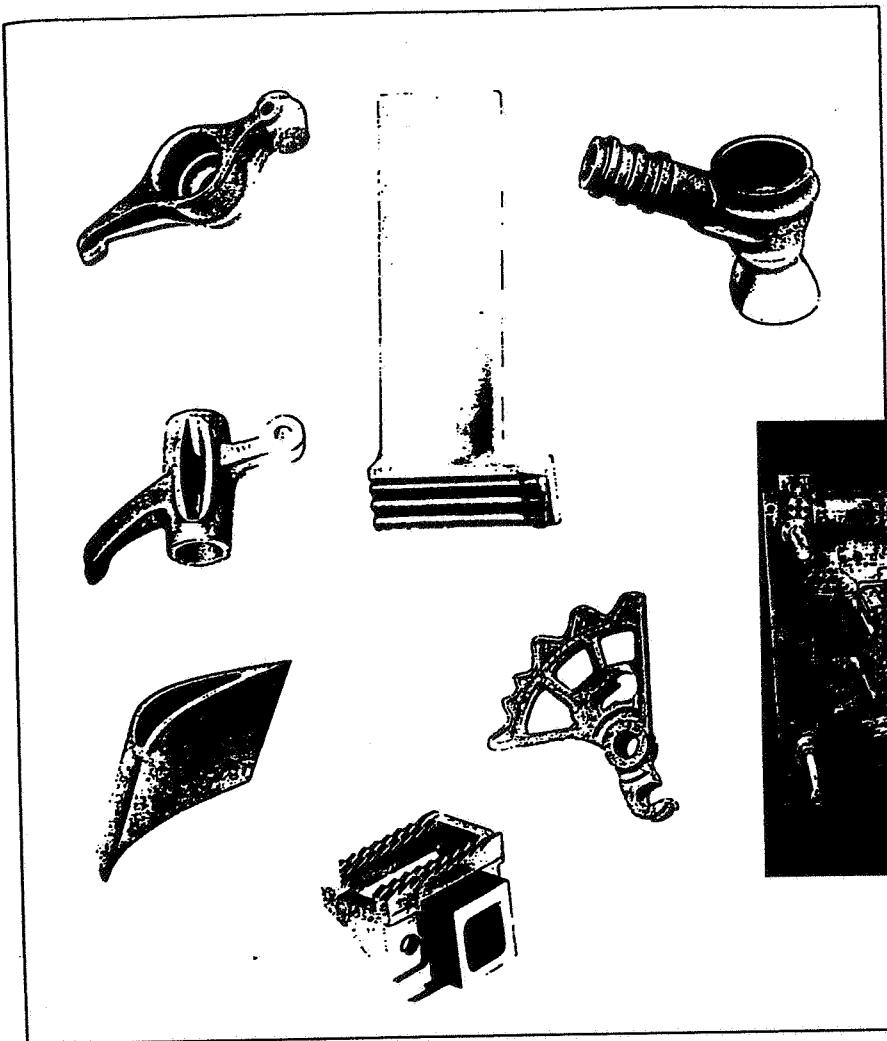


Fig. 7. Il procedimento di microfusione:
 a) realizzazione, tramite iniezione in stampi, dei modelli in cera;
 b) assemblaggio dei modelli di cera fino a formare un grappolo completo di canale di colata e materozza;
 c) introduzione del grappolo in un apposito recipiente;
 d) rivestimento del grappolo in una sospensione di grani refrattari e legante (silice colloidale);
 e) riscaldamento per eliminare la cera e ottenimento della forma (vetrificazione);
 f) colata del metallo;
 g) eliminazione del materiale refrattario e ottenimento dei getti;
 h) finitura del getto.



*Fig. 8. Esempi di getti realizzati in microfusione.
Si ottengono buone finiture superficiali e tolleranze dimensionali ristrette.*

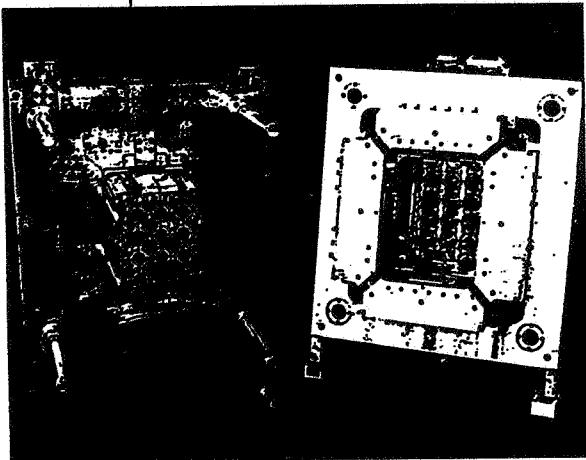


Fig. 9. Uno stampo per la pressofusione.

antichissime e si ritrova già nell'antica civiltà cinese per la produzione di vasi in bronzo.

Formatura con forme permanenti

Per la produzione in grandi serie di getti risulta conveniente procedere con forme scomponibili in metallo dette *conchiglie*, costruite in acciaio speciale al cromo-manganese, al cromo-tungsteno e che riproducono in negativo la forma del getto da ottenere. Oltre ad un canale a forma conica che consente l'introduzione del metallo fuso, nelle conchiglie sono ricavati sottilissimi canali per lo sfogo dell'aria e dei gas al momento della colata. Di solito le conchiglie sono divise in due parti (fig. 9), di cui una è fissa e l'altra è mobile per consentire l'estrazione del getto, operazione quest'ultima da eseguire con molta rapidità poiché il ritiro subito dal metallo nella solidificazione potrebbe portare alla rottura del getto imprigionato nella conchiglia. Per

questa ragione le conchiglie sono spesso attraversate da estrattori a molla che provocano il distacco del getto solidificato dalla forma.

I metalli più idonei alla colata in conchiglia sono il bronzo, l'ottone, le leghe dell'alluminio e dello zinco; questo procedimento è adottato soprattutto per pezzi dalla forma complessa, con spessori sottili e dimensioni limitate. Il costo di costruzione delle conchiglie è molto elevato, ma la loro durata è assai lunga, per questo la convenienza della fusione in conchiglia aumenta con il crescere del numero dei getti da produrre.

La conchiglia viene riempita mediante due diversi procedimenti, a gravità, oppure sotto pressione.

La fusione sotto pressione viene anche chiamata *pressofusione*, e viene utilizzata per la produzione in grande serie di getti a partire dal metallo fuso che viene iniettato in appositi stampi sotto forti pressioni; i getti ottenuti sono esenti da soffiature e hanno un'ottima finitura superficiale; inoltre è

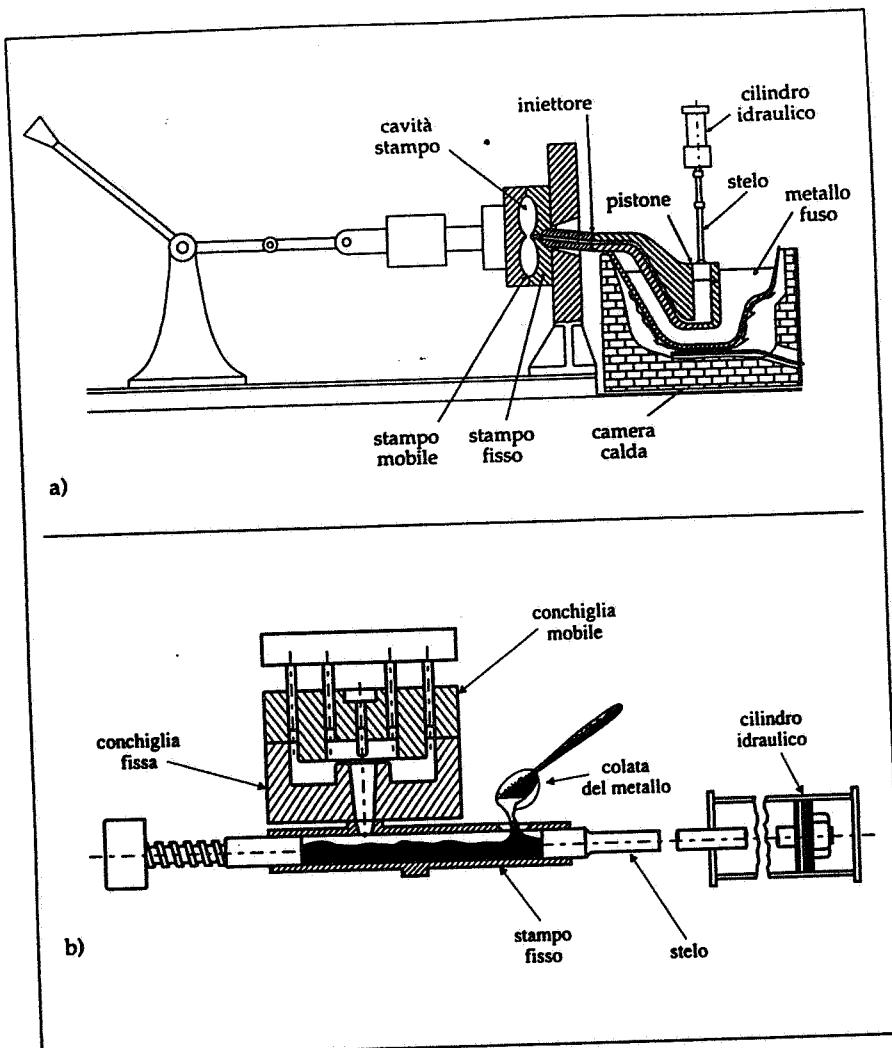
possibile produrre getti di forma complessa e di buona accuratezza dimensionale, con una resistenza meccanica più elevata di quella ottenibile con i metodi tradizionali di fusione.

I metodi di pressofusione sono sostanzialmente due: pressofusione (o iniettofusione) con macchine a *camera calda*, e pressofusione con macchine a *camera fredda*. Nel primo caso l'apparato di compressione è inserito nel contenitore del metallo liquido (fig. 10a); il metallo liquido contenuto nella camera viene iniettato nello stampo con un pistone azionato idraulicamente o pneumaticamente. Questo tipo di procedimento è limitato alle leghe che non attaccano chimicamente il sistema di iniezione immerso come quelle di zinco e di magnesio.

Nel procedimento a camera fredda il metallo viene mantenuto allo stato fuso in un contenitore separato dalla macchina (fig. 10b) e viene introdotto in un'apertura del cilindro ad iniezione immediatamente prima della fase di iniezione.

L'uso recente di stampi in leghe di tungsteno e molibdeno ha aumentato l'interesse della pressofusione anche per i materiali ferrosi.

Fig. 10. I processi di pressofusione a camera calda (a) e a camera fredda (b).



Acciaio (C = 0,3%)	1,67%
Acciaio (C = 0,8%)	1,54%
Ghisa bianca	1,50%
Ghisa grigia	1,00%
Bronzo (Sn = 10%)	0,77%
Bronzo (Sn = 18%)	1,30%
Bronzo d'alluminio	1,67%
Ottone (Zn = 30%)	1,60%
Leghe leggere	1,25-1,55%
Antifrizione	0,50%
Stagno	0,70%
Zinco	1,60%
Piombo	1,10%

Tab. II. Valore approssimativo del ritiro per alcuni materiali per getti in sabbia.

Il disegno dei pezzi prodotti per fusione

Vi sono numerosi fattori che il progettista deve tener conto nel disegno dei pezzi prodotti per fusione e dei relativi modelli, ma in particolare i seguenti:

- fenomeno del **ritiro**
- **sovraspessore** per successive lavorazioni
- **estraibilità** del modello dalla forma

Ritiro dei getti

Durante il riscaldamento necessario per raggiungere la temperatura di colata, il metallo da fondere si dilata; successivamente, quando si raffredda nella forma e torna allo stato solido, esso diminuisce di volume: questa contrazione prende il nome di **ritiro** (Tab. II). È necessario tener conto del ritiro perché, se la forma avesse esattamente le dimensioni del pezzo finito, il getto risulterebbe di dimensioni inferiori, a causa della suddetta con-

trazione durante il raffreddamento. Anche nella progettazione del modello sarà necessario aumentare le dimensioni rispetto a quelle del pezzo finito, per tener conto del ritiro.

Il ritiro può essere causa di molti inconvenienti, in quanto le parti sottili, le sporgenze, gli spigoli, si raffreddano prima di quelle di maggior spessore; nel successivo raffreddamento delle parti centrali più grosse, si manifestano delle tensioni nei confronti delle parti già solidificate, con conseguenti deformazioni nel pezzo finito e talvolta anche rotture. Per evitare questo problema, le diverse parti di un getto devono avere spessori per quanto possibile uniformi (fig. 11). Inoltre il ritiro causa spesso la formazione di **risucchi** all'interno dei pezzi, cioè di cavità interne che si formano per un movimento del metallo dal centro verso la periferia, dovuto al fatto che le zone esterne si raffreddano prima e diminuiscono di volume rispetto a quelle interne. Spesso nelle cavità di risuccio vanno a raccogliersi dei gas che non sono riusciti a sfociare all'esterno e si producono così ulteriori difetti nel getto quali le **soffiature**.

Estrazione del modello

Bisogna tener presente che quando si è allestita la forma circondando il modello con la sabbia da formatura, occorre aprire la forma ed estrarre il modello, per poter poi ricomporre la forma e riempirla col metallo liquido. Il modello deve perciò essere **estraibile** ed è quindi necessario predisporre un invito (sformo o spoglia) cioè fare le pareti lievemente inclinate per evitare che la sabbia della forma aderisca al modello durante la sformatura; così facendo, il modello appena staccato dalla forma non incontra più le pareti della forma stessa e quindi non può lesionarle (fig. 12).

Il valore della spoglia varia in funzione del materiale, delle dimensioni del pezzo e del metodo di formatura. Come per i pezzi fusi, occorre lasciare sulle superfici che verranno lavorate alle macchine utensili un opportuno sovrametallo di lavorazione.

Nel progettare un pezzo, è opportuno prevedere, per quanto possibile, che le superfici da lavorare alle macchine utensili siano ridotte al minimo, e che siano inoltre realizzati corretti piani di appoggio del pezzo stesso alla tavola porta pezzo della macchina utensile (fig. 13).

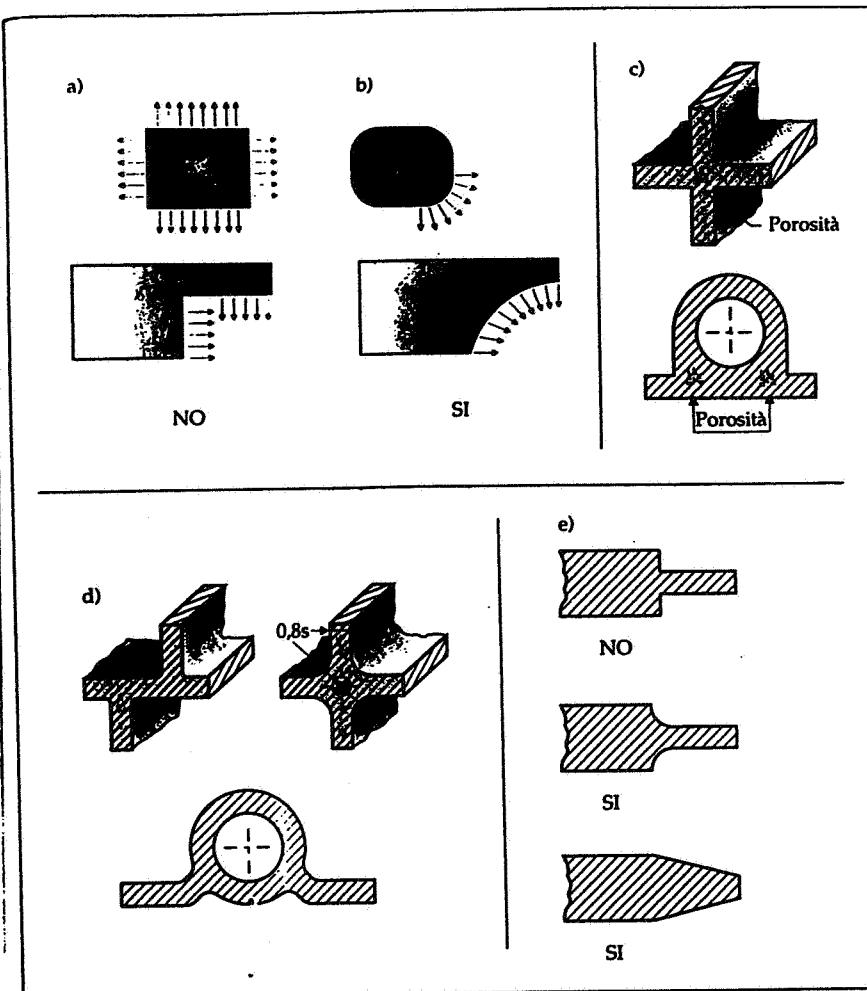


Fig. 11. Accorgimenti per evitare o ridurre al minimo i danni prodotti dal ritiro; bisogna studiare opportunamente la forma del modello, che deve essere quanto più semplice possibile per evitare squilibri eccessivi nel raffreddamento fra le varie parti, e disegnare opportuni raccordi fra parti grosse e parti sottili:

- a) la solidificazione procede più rapidamente in vicinanza degli spigoli vivi;*
- b) raccordando le forme, la solidificazione procede a velocità uniforme;*
- c) le zone di grande massa collegate con zone di piccolo spessore creano il pericolo di porosità o soffiature nel pezzo;*
- d) il problema si evita sfalsando gli incroci di nervature o alleggerendoli con fori;*
- e) evitare bruschi cambiamenti di sezione.*

La sinterizzazione

Si parla di metallurgia delle polveri (*PM*) o sinterizzazione per indicare i processi di produzione di pezzi finiti partendo direttamente da polveri metalliche (o mescolate con carburi od ossidi), preventivamente miscelate, pressate nella forma desiderata a temperatura tale da provocare l'agglomerazione di tutta la massa, senza peraltro giungere alla fusione del materiale.

Il ciclo di sinterizzazione comprende una fase iniziale di preparazione delle polveri, la miscelazione con opportuni lubrificanti solidi (necessaria per sopperire, in fase di pressatura, all'elevata usura degli stampi), la successiva compattazione in forme opportune, e infine la sinterizzazione vera e propria in appositi forni, in atmosfera controllata o sottovuoto.

I pezzi prodotti per sinterizzazione presentano delle superfici di buona qualità, con tolleranze dimensionali contenute, mentre si hanno limitazioni nelle dimensioni, nelle forme e nelle caratteristiche meccaniche, generalmente inferiori a quelle del corrispondente materiale lavorato con metodi tradizionali.

La sinterizzazione trova applicazione nella metallurgia ceramica dove un composto di polveri ceramiche e metalliche viene agglobberato al fine di ottenere prodotti che presentano sia le caratteristiche favorevoli dei materiali ceramic (resistenza ad alta temperatura e bassa condutività termica) sia quelle dei materiali metallici (alta resistenza alle sollecitazioni); questi prodotti, chiamati anche Cermets (dall'inglese *ceramic metals*), sono soprattutto utilizzati come materiali per utensili, sotto forma di placchette, sfruttando refrattività, durezza e resistenza alla corrosione e alla usura.

Processo	Metallo usato	Massa del getti	Minima quantità di produzione	Costi attrezzature	Spessori minimi	Tolleranze	Rugosità
Formatura in sabbia	Leghe ferrose e non	da 0,5 kg a parecchie tonnellate	1-2	bassi	3 a 6	$\pm 0,5 \div 4$	10
Shell molding	Leghe ferrose e non	da 0,2 kg a 15 kg	50	moderati	0,8 a 2,5	$\pm 0,25 \div 1,2$	5
Microfusione	Leghe ferrose e non	fino a 25 kg	25	moderati	0,5 a 1,5	$\pm 0,025 \div 0,2$	2
Forme permanenti	Zinco, Stagno, leghe leggere	2 a 30 kg	1000	alti	1,2 a 2	$\pm 0,6$	2

Tab. III. Comparazione tra i vari processi di formatura.

Altezza "A"	Formatura a mano		Formatura a macchina	
	α	Inclinazione	α	Inclinazione
fino a 10 mm	5°	9%	3°	5%
da 10 a 35 mm	4°-3°	7-5%	2°-1°	3,5-2%
da 35 a 150 mm	2°30'-2°	4-3,5%	1°-45°	2-1,5%
oltre 150 mm	1°	2%	30°	1%

Fig. 12. Valori minimi consigliati di spoglia per fusioni in sabbia.

La for
tità
la str
ne vo
zic
di ha
fat
tei
gu
su
da
va
fa
le
zie
to
na
m

Le
di
lo
la

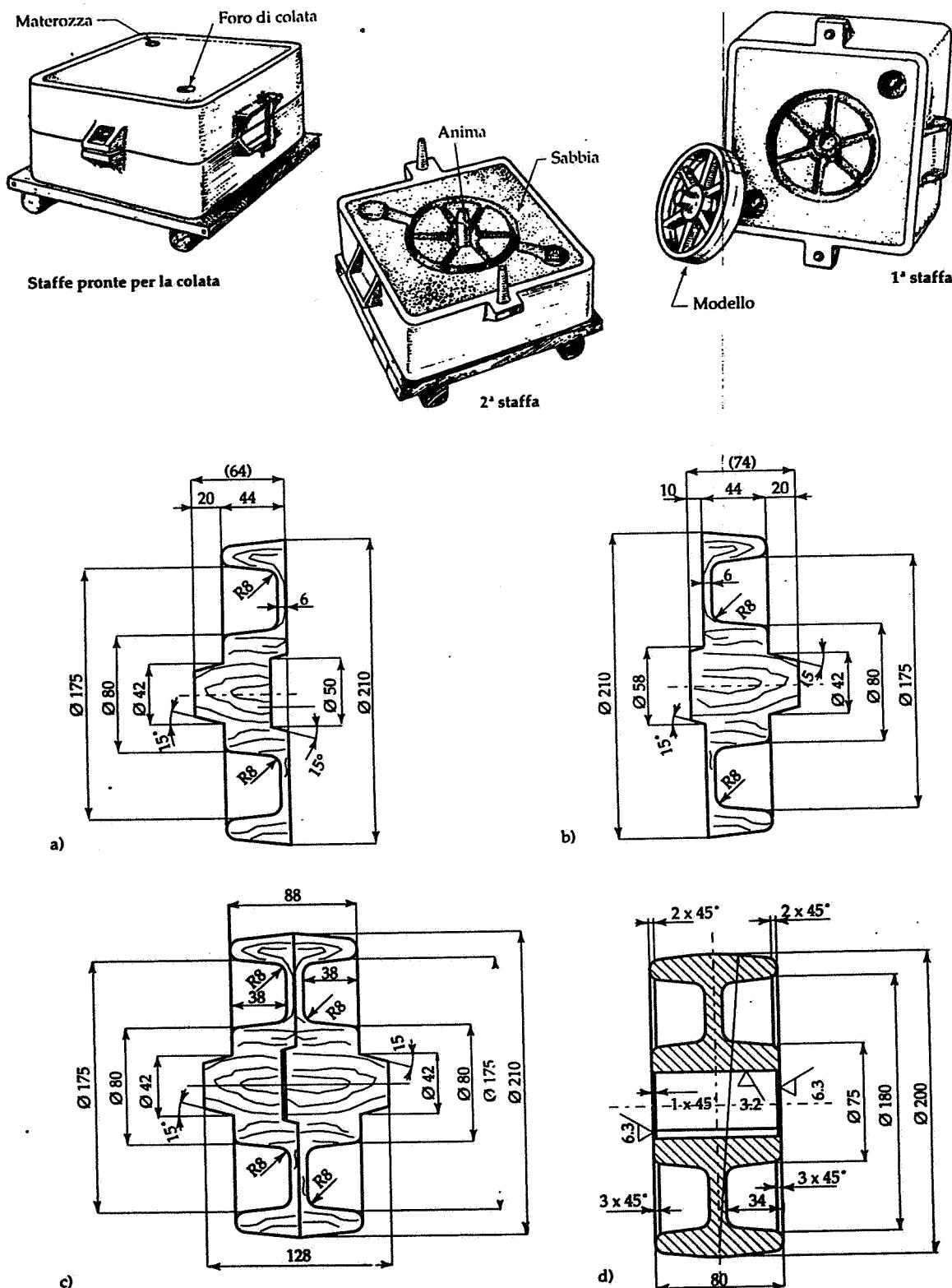


Fig. 13. Disegno del modello nelle due parti (a) e (b); disegno del modello montato (c) e della puleggia ricavabile dal getto (d), dopo la lavorazione alle macchine utensili.

LE LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA

La proprietà dei metalli di subire deformazioni permanenti di notevoli entità senza subire rotture o lesioni, è alla base di numerosi processi industriali di lavorazione. In figura 14 viene indicata la classificazione delle lavorazioni meccaniche per deformazione che sono denominate *lavorazioni di forgiatura di primo grado*, quando hanno lo scopo di produrre dei manufatti o semilavorati utilizzabili per ulteriori lavorazioni meccaniche. La figura 15 mostra infatti il processo che subisce il materiale informe a partire dai processi metallurgici fino ad arrivare ai prodotti industriali finiti; nelle fasi intermedie del processo troviamo le principali lavorazioni per deformazione plastica che ad esempio permettono di ottenere le barre grezze destinate alle successive lavorazioni alle macchine utensili.

La laminazione

La laminazione è un processo produttivo mediante il quale si produce lo schiacciamento, l'allungamento o la sagomatura di un blocco di metal-

lo per l'azione di compressione esercitata da 2 rulli rotanti in senso inverso.

Si possono classificare in tre tipi i cicli di laminazione che si differenziano per il grezzo di partenza ed il prodotto che generano (fig. 16).

1) Laminazione di sbozzatura.

Questa laminazione si effettua a caldo ed è il primo processo che subiscono i prodotti siderurgici quali i lingotti che vengono trasformati in semilavorati (detti anche *sbozzati*), classificabili in:

a) *blumi*, aventi sezione quadrata con lato da 130 a 400 mm.;

b) *bramme (slabs)*, di sezione rettangolare con lato maggiore fino a 400 mm, e costituiscono il materiale di partenza per la fabbricazione delle lamiere;

c) *billette*, di sezione quadrata o rettangolare con lato variabile da 50 a 130 mm, possono essere destinate a successive operazioni di laminazione (per la produzione di barre e profilati) oppure impiegate per la fucinatura.

2) Laminazione di semifinitura o di preparazione.

I blumi e le bramme, opportunamente riscaldati, subiscono un successivo ciclo di laminazione per essere trasformati in prodotti, detti semifiniti, aven-

ti sezione minore e forma adatta a ricevere rapidamente il profilo definitivo. Ad esempio dai blumi si ottengono *profilati* con sezioni a L, a I, a T, a Z, a C, a doppio T, a fungo per le rotaie, profili particolarmente resistenti alle sollecitazioni meccaniche, pur con un peso minimo e spesso usati per lavori di carpenteria metallica.

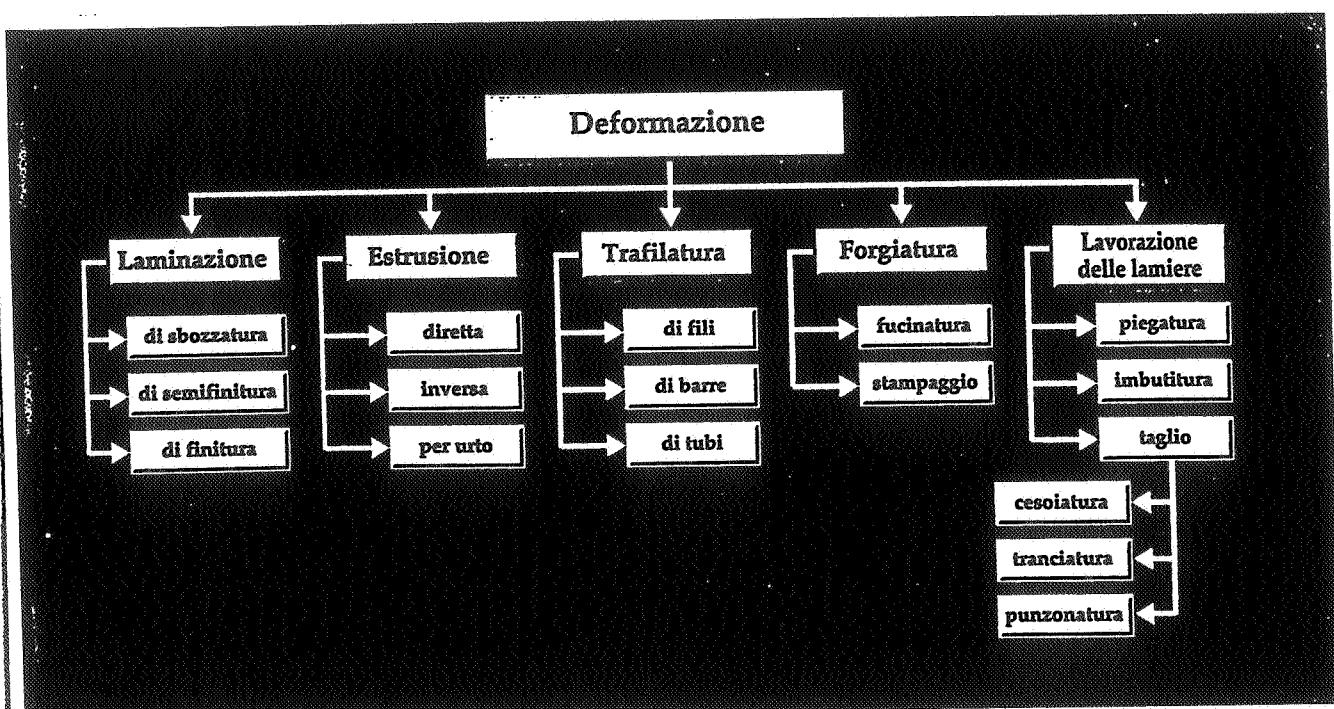
Le billette vengono trasformate in *piatti e barre*, a sezione circolare, esagonale e talvolta anche quadrata, destinate alla fucinatura o alla lavorazione di macchina utensile.

3) Laminazione di finitura.

Il semifinito di sezione adatta subisce l'ultimo ciclo di laminazione, che può essere effettuato a caldo o a freddo; i prodotti di questa laminazione assumono il nome di:

a) *lamiere* con spessori da 1 a 200 mm e sono usate in applicazioni di ogni genere, dalla carpenteria metallica, alla costruzione di caldaie, navi, carcasse di grandi macchine o motori;

b) *nastri* con spessori inferiori a un millimetro avvolti in rotoli, destinati a lavorazioni a freddo (imbutitura, piegatura) ed impiegati per l'industria automobilistica (carrozzerie), degli elettrodomestici (frigoriferi, lavatrici, lavelli) o per l'industria alimentare (fogli sottilissimi di alluminio per la protezione di cibi) (fig. 18);



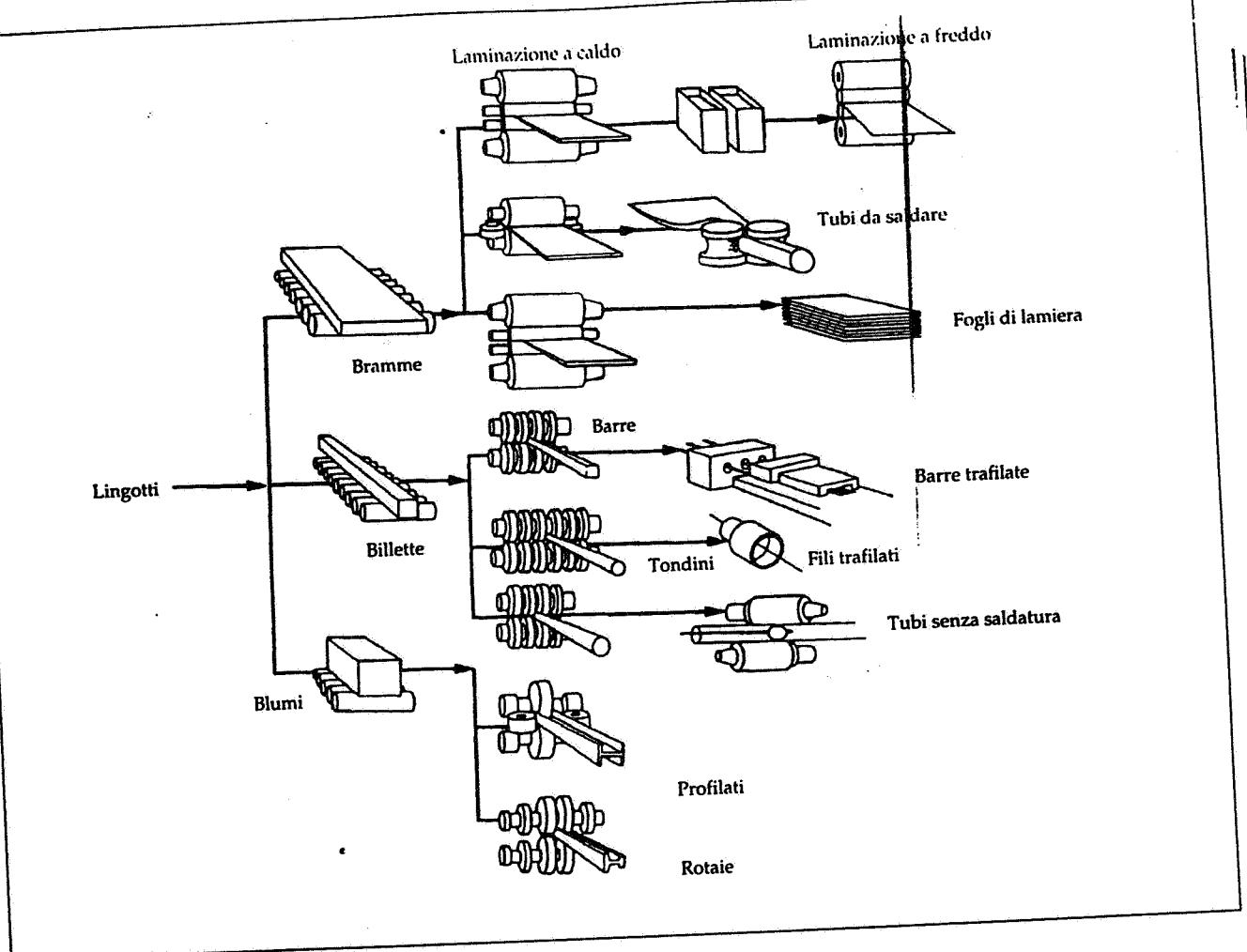


Fig. 15. La laminazione modifica per deformazione forma e dimensione.

c) vergella, costituito da un filo del diametro di 5 mm che si presenta avvolto in matasse e dal quale con successive operazioni di *trafilatura a freddo*, si ottiene il filo metallico.

Le dimensioni dei laminati, complete di tolleranze di fabbricazione e caratteristiche varie sono raccolte in numerose tabelle UNI, indicate a fine capitolo; l'enorme varietà dei laminati fi-

niti è ottenuta con uno studio accurato delle forme e delle dimensioni dei calibri da realizzare nei cilindri, nei vari cicli di laminazione onde utilizzare al massimo la deformazione plastica in ogni passaggio e ridurre quindi il numero delle passate. Un altro prodotto finito molto importante della laminazione è costituito dai *tubi*, cioè corpi cavi di forma normalmente cilindrica ad asse rettilineo.

L'estruzione

L'estruzione è una lavorazione plastica che consiste nel forzare un materiale a passare attraverso una matrice di forma determinata. Il procedimento è molto rapido, economico ed è particolarmente indicato nella fabbricazione di profilati in lega leggera o altri materiali non ferrosi. I procedimenti per estruzione si possono classificare in:

a) **estruzione diretta**, nella quale il materiale, riscaldato a temperatura sufficiente per ottenere la massima plasticità, viene introdotto in un cilindro e obbligato ad uscire dalla matrice per l'azione di una pressa idraulica (fig. 19a);

b) **estruzione inversa** in cui viene utilizzato un pistone tubolare, che, avanzando, obbliga il metallo plastico a rifluire attraverso la filiera posta alla sua estremità (fig. 19b);

c) **estruzione ad urto**, effettuata a freddo e con la quale è possibile produrre sezioni tubolari molto sottili.

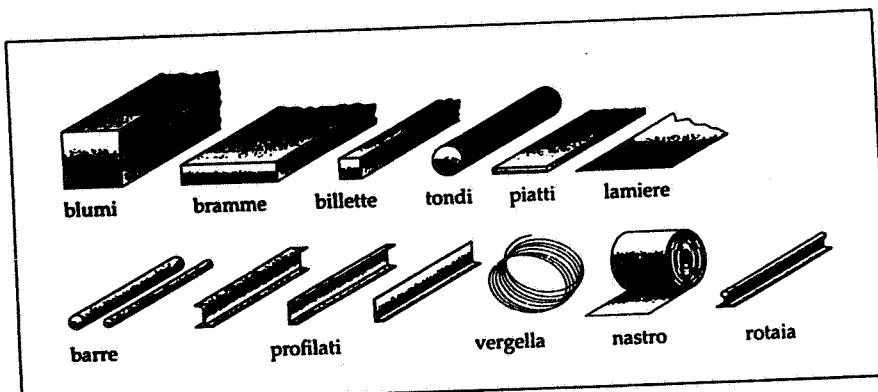


Fig. 16. I tipici prodotti della laminazione.

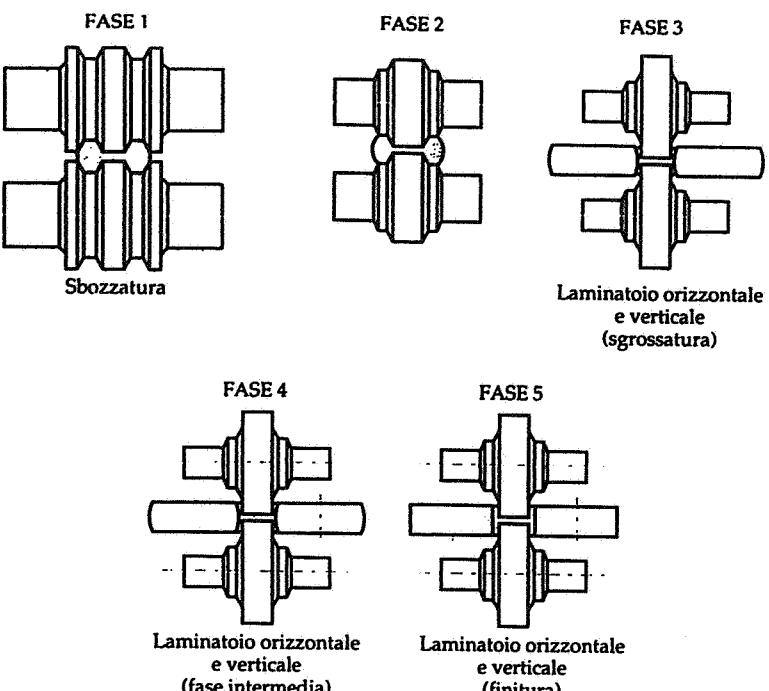


Fig. 17. Laminazione di un profilato ad H; le scanalature dei cilindri necessarie a realizzare le varie forme sono denominati calibri.

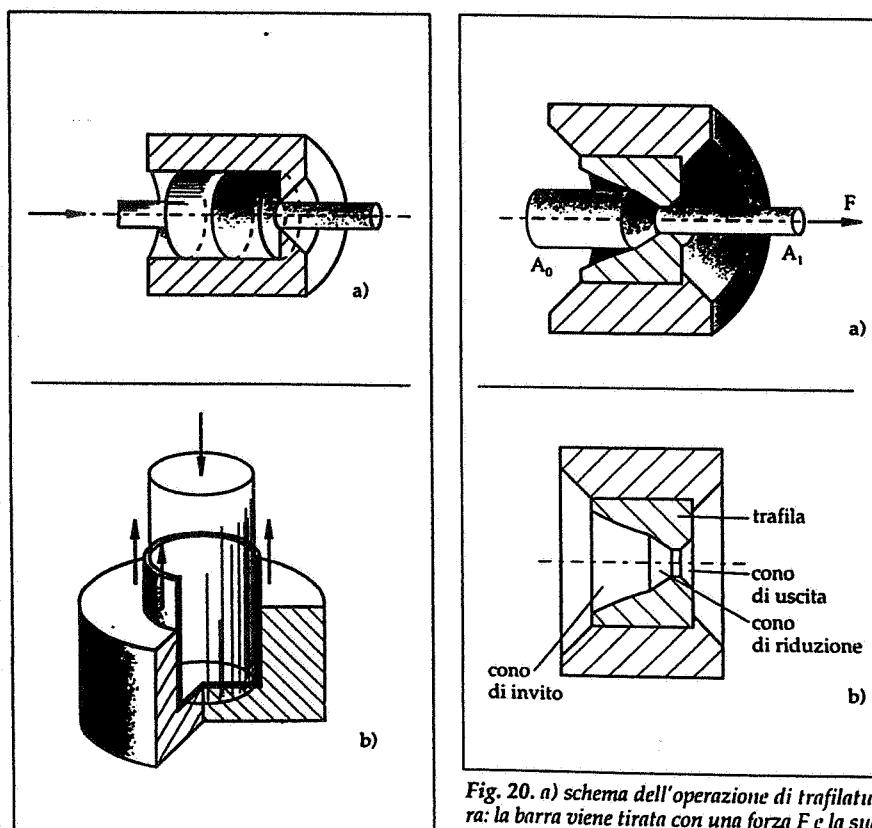


Fig. 19. L'estruzione diretta (a), ed inversa (b).
Fig. 20. a) schema dell'operazione di trafilatura: la barra viene tirata con una forza F e la sua sezione decresce da A_0 ad A_1 , allungandosi; b) nomenclatura di un foro di trafilatura.

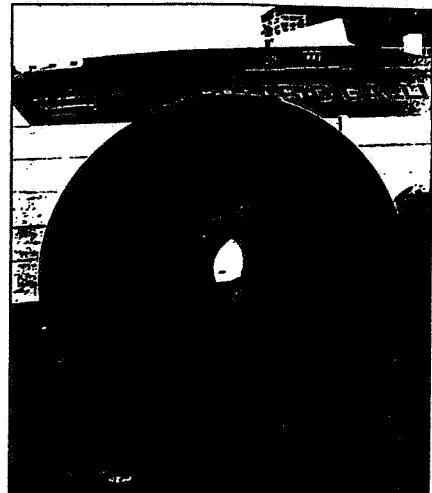


Fig. 18. Rotolo di lamiera sottile, in acciaio.

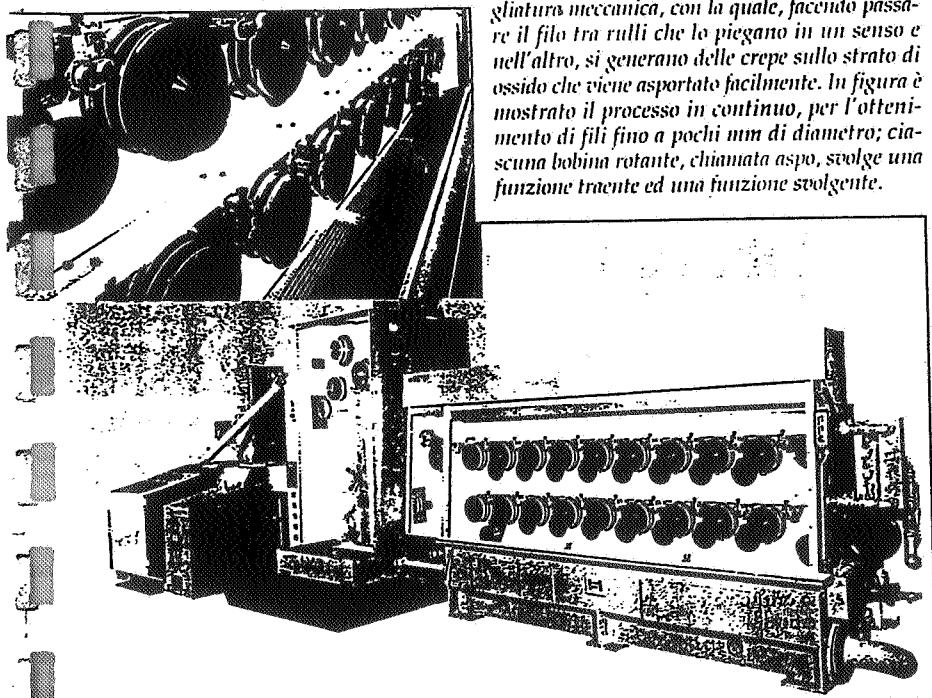
La trafilatura

La trafilatura consiste nell'obbligare una barra di data sezione a passare attraverso una matrice a sezione decrescente, detta *trafila*, mediante una forza di trazione e in modo che il materiale si deformi allungandosi ed assottigliandosi (fig. 20). L'operazione, sempre condotta a freddo, utilizza come grezzo di partenza un laminato tipo vergella o barra ed il prodotto ottenuto prende il nome di trafiletto. I principali prodotti trafiletti sono costituiti da *barre*, (caratterizzate da notevole precisione e costanza del loro diametro, e da una buona finitura superficiale) da *fili*, in genere trafiletti in continuo, attraverso più passaggi (fig. 21), e da *tubi*, talora trafiletti anche a caldo.

La forgiatura

È una delle più antiche lavorazioni sui metalli in quanto le prime tracce si trovano in reperti datati 4000 a.C.; il pezzo forgiato presenta, nei confronti del pezzo uguale ottenuto con un altro processo produttivo, una maggiore resistenza dovuta in parte alla continuità delle fibre generate dalla lavorazione; inoltre, da un punto di vista economico la fucinatura presenta vantaggi analoghi a quelli della fusione e cioè l'eliminazione di molte operazioni di macchina utensile (spesso limitate alle sole parti che devono venire a contatto fra loro), un minor spreco di materiale e la possibilità di ottenere un gran numero di pezzi anche di forma complessa e con buone finiture superficiali con tempi di lavorazione minimi.

Fig. 21. Trafila multistadio; prima della trafilatura è necessario compiere alcune operazioni preliminari, come il decapaggio con un bagno di acido solforico che ha lo scopo di eliminare l'ossido dalla superficie del filo, la fosfatazione con un bagno di fosfati che espliano un'azione lubrificante; un altro metodo alternativo può essere la scaligatura meccanica, con la quale, facendo passare il filo tra rulli che lo piegano in un senso e nell'altro, si generano delle crepe sullo strato di ossido che viene asportato facilmente. In figura è mostrato il processo in continuo, per l'ottenimento di fili fino a pochi mm di diametro; ciascuna bobina rotante, chiamata aspo, svolge una funzione traente ed una funzione svolgente.



I materiali destinati alla fucinatura devono presentare essenzialmente la caratteristica di essere malleabili e di poter quindi subire, senza rotture, profondi mutamenti di forma, entro temperature non eccessivamente elevate. Per questo motivo alcuni materiali, come la ghisa, non si possono assolutamente fucinare perché non sono deformabili mentre altri materiali (come le leghe di acciaio speciale) sono difficili da fucinare perché presentano un'elevata resistenza meccanica a caldo e richiedono una temperatura di fucinatura elevata che provoca una rapida usura degli stampi.

La lavorazione di forgatura può essere distinta in:

- Fucinatura, o forgatura in stampo aperto, può essere effettuata a mano o a macchina (fig. 22); la fucinatura a mano viene utilizzata solo in campo artigianale e artistico ad esempio per la fabbricazione di cancellate di ferro battuto, lampadari ed altri oggetti d'arte. La forgatura meccanica viene utilizzata o per pezzi di grandi dimensioni o come operazione di sbozzatura prima di un'operazione di stampaggio.

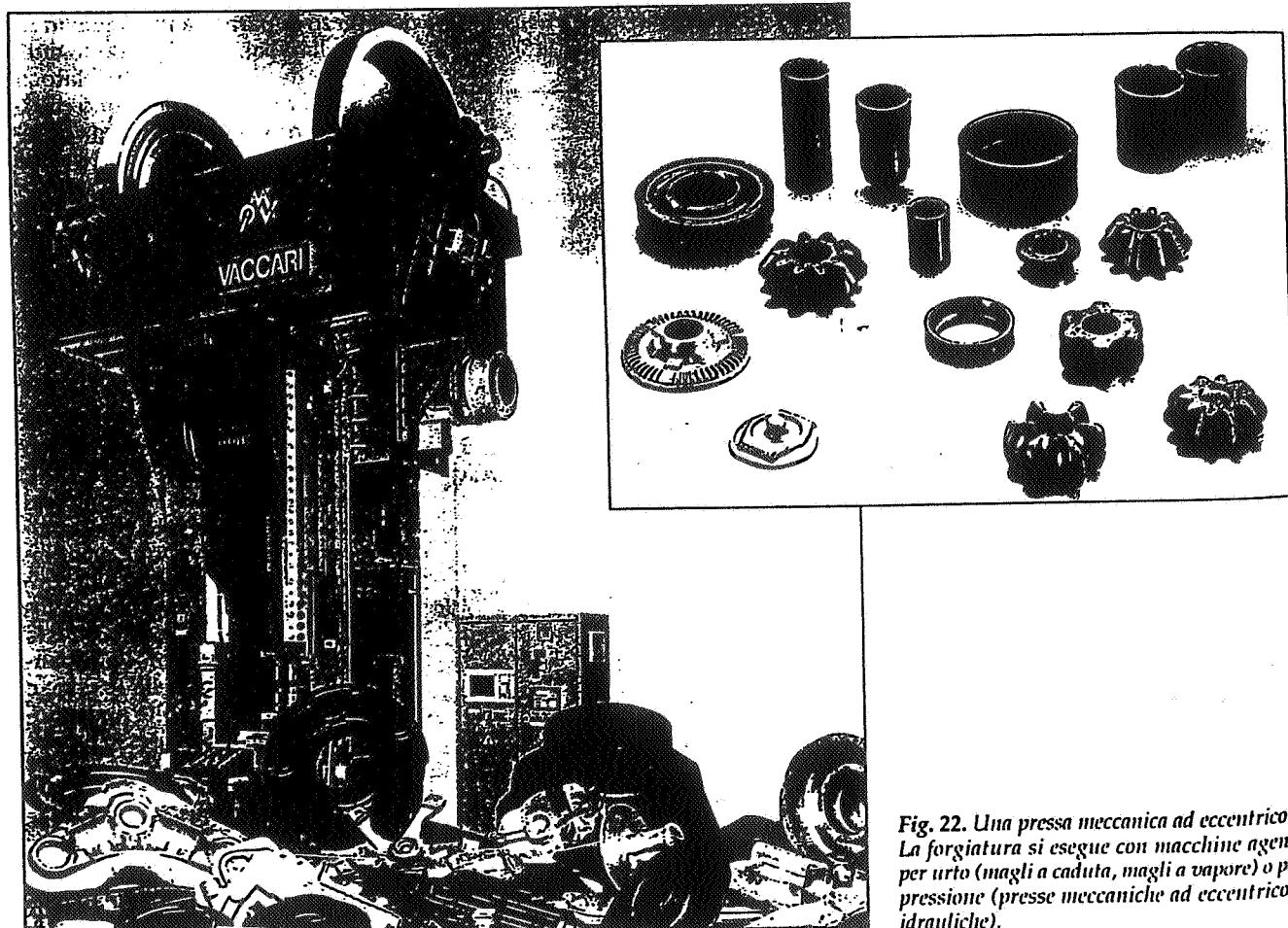


Fig. 22. Una presa meccanica ad eccentrico. La forgatura si esegue con macchine agenti per urto (magli a caduta, magli a vapore) o per pressione (presse meccaniche ad eccentrico o idrauliche).

Stampaggio, o forgiatura in forma fusa, consiste nella deformazione del metallo, opportunamente riscaldato, eseguita fra due cavità (stampo e controstampo) che hanno in negativo la forma del pezzo da eseguire (fig. 3). In generale la produzione di un pezzo stampato a caldo comprende le fasi seguenti (fig. 24):

a) taglio del materiale, in quantità tale a ottenere un volume pari a quello del manufatto più una opportuna maggiorezza per tenere conto delle bave;

b) riscaldamento in forno fino alla temperatura di stampaggio (per gli acciai, 1000-1200 °C);

c) eventuale sbizzaratura preliminare il maglio;

d) stampaggio tra stampo e controstampo (fissati uno alla parte fissa ed uno alla parte mobile della macchina) in una o più riprese in modo da modificare progressivamente la forma di partenza del pezzo;

e) asportazione del materiale in eccesso, che deborda dalla cavità sotto forma di lamiera a bordi irregolari, e che prende il nome di *bava di stampaggio*. L'operazione viene anche chiamata *sbavatura*, e viene impiegata una matrice e un punzone di for-

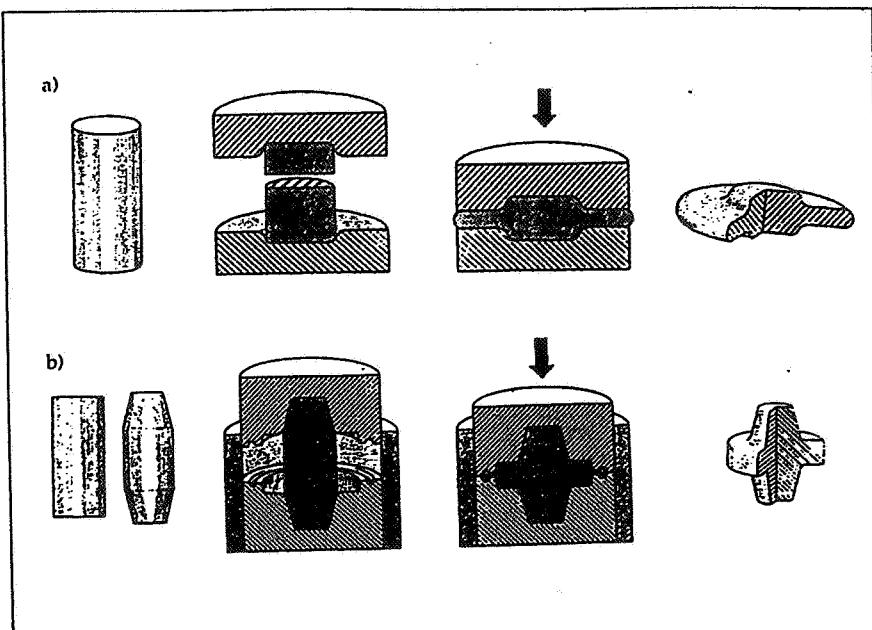


Fig. 23. La fucinatura in forma aperta (a) e stampaggio in forma chiusa (b).

ma corrispondente al profilo del pezzo. Lo stampaggio è molto costoso come spese di impianto e di attrezzatura, e quindi l'adozione di questo processo produttivo è conveniente solo per produzione di grandi serie di pezzi.

Il disegno dei pezzi prodotti per stampaggio

Risulta evidente l'analogia tra le lavorazioni di stampaggio e di fonderia per quanto riguarda i fattori da tener presente nel disegno dei pezzi. Infatti per quanto riguarda il fenomeno del ritiro, mentre in fonderia la cavità deve essere maggiorata, nei confronti

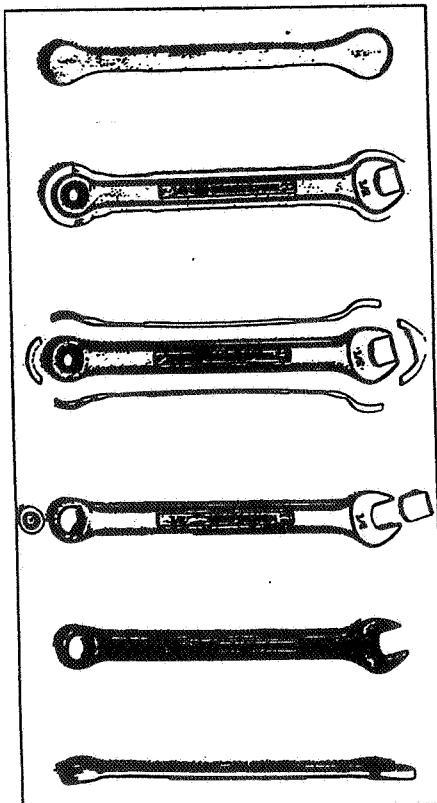


Fig. 24. Le fasi di produzione mediante stampaggio a caldo di una chiave a forchetta.

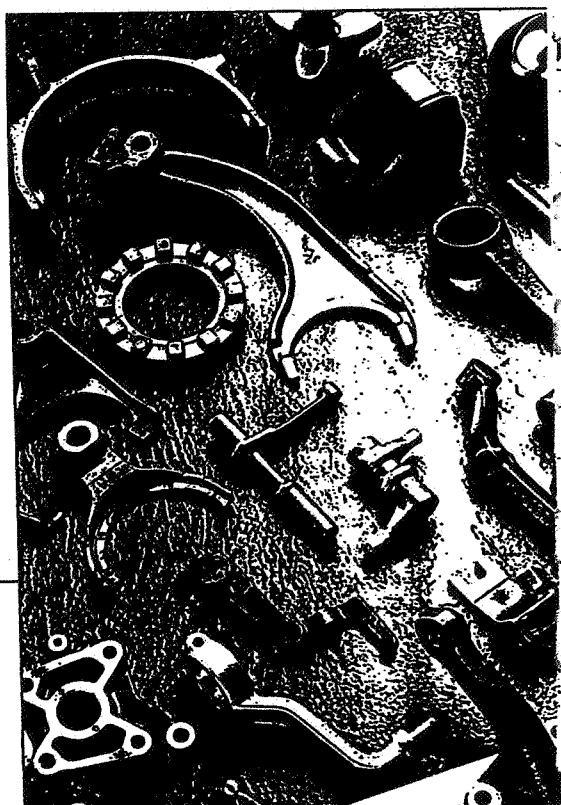
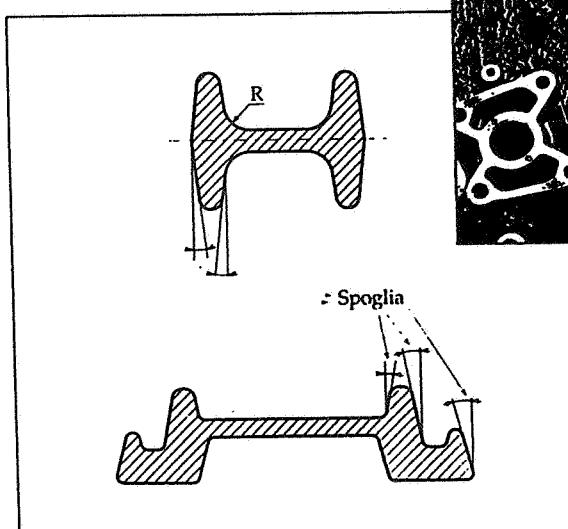


Fig. 25. Gli oggetti "stampati" presentano arrotondamenti ed angoli di spoglia caratteristici.

Norme per la rappresentazione semplificata di particolari ottenuti per fusione o stampaggio

Alcune delle regole pratiche illustrate in precedenza si ritrovano in una formulazione più rigorosa nella norma ISO 10135 del 1994.

Risultano particolarmente interessanti le indicazioni legate a caratteristiche comuni ad entrambi i procedimenti, cioè alla presenza di opportuni angoli di spoglia e all'individuazione di un piano di separazione ideale nell'oggetto (che corrisponde alla separazione reale dello stampo in due parti).

Angoli

L'indicazione presenta analogie con quella prevista per la conicità: dato però che si tratta di angoli di apertura ridotta le linee rappresentative sul disegno non appaiono inclinate, figura 27.

L'orientamento del simbolo indica la direzione nella quale l'angolo va crescendo.

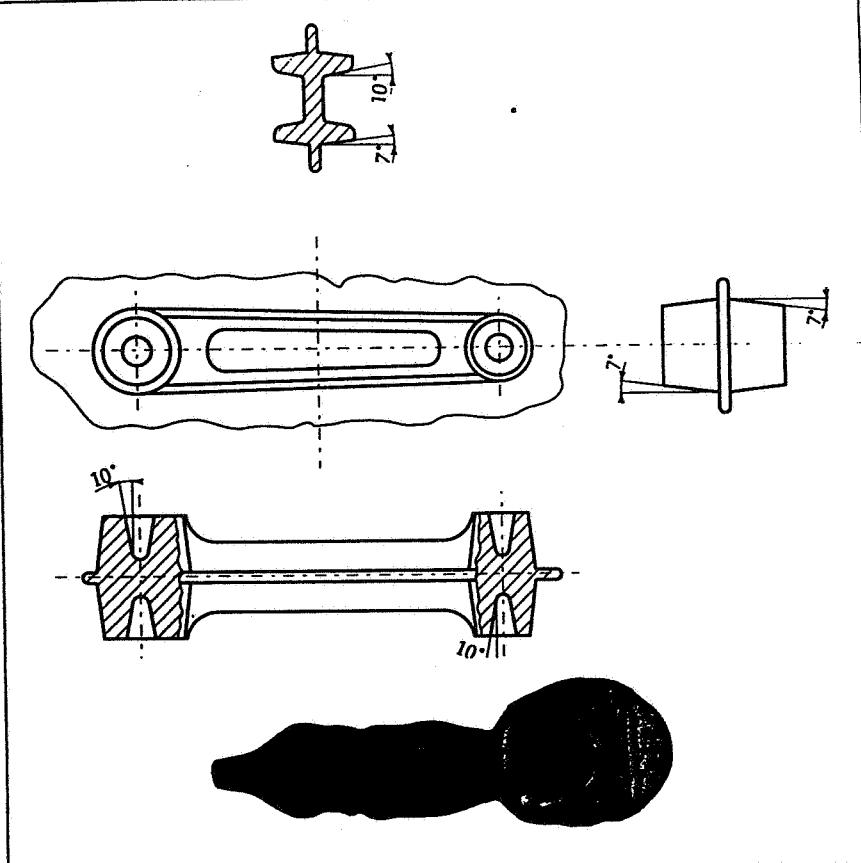


Fig. 26. Gli angoli di spoglia per lo stampaggio a caldo.

delle dimensioni del pezzo da ottenere, della quantità corrispondente ai ritiri di solidificazione e di raffreddamento, nello stampaggio è sufficiente considerare il solo ritiro di raffreddamento, che viene mediamente valutato nella misura dell'*uno per cento*. In fonderia l'angolo di sformo, per l'estraibilità del modello in legno dalla forma in terra, non supera, generalmente, i 5°.

Nello stampaggio invece l'angolo di sformo deve facilitare il riempimento della cavità e l'estrazione del pezzo: tale angolo raggiunge circa 7°, per le superfici esterne, e 10° per quelle interne del pezzo (fig. 26).

Le superfici degli stampi non devono presentare spigoli vivi ma devono essere ampiamente raccordate; orientativamente si adotteranno raggi di raccordo di 1-2 mm per pezzi di dimensioni fino a 100 mm; di 3 mm per pezzi fino a 500 mm e di 4 mm per pezzi di dimensioni più grandi. Il raccordo ha una duplice funzione cioè di facilitare il flusso di metallo nello stampo e nello stesso tempo evitare la concentrazione delle tensioni derivanti da bruschi cambiamenti di sezione.

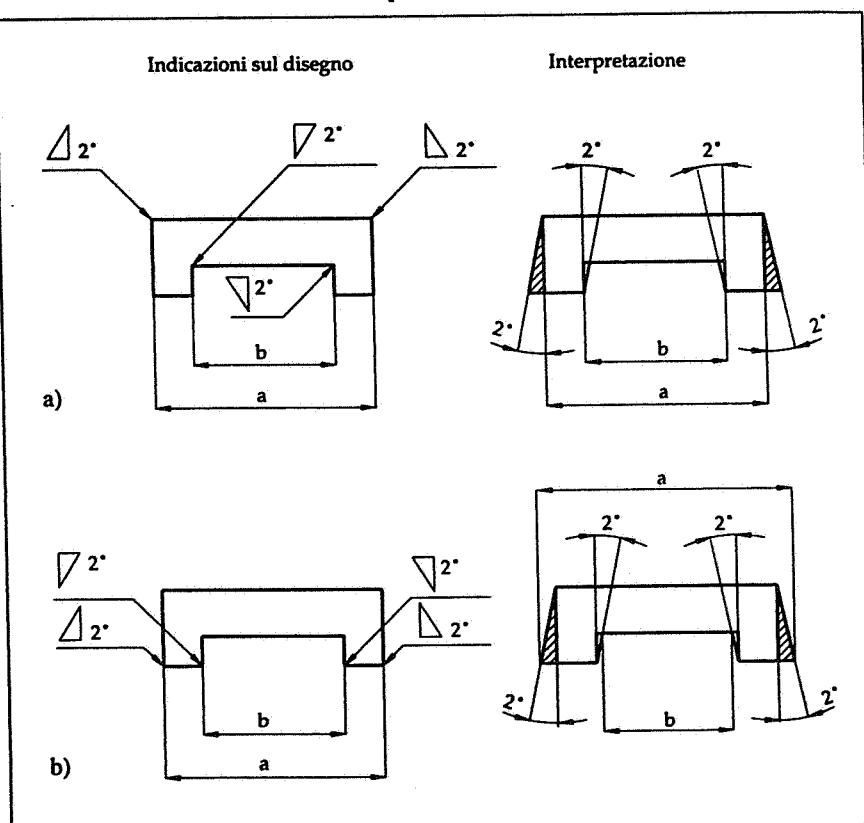


Fig. 27. Indicazione semplificata dell'angolo di spoglia: a) il simbolo in corrispondenza del valore minimo della quota indica un incremento di materiale; b) il simbolo in corrispondenza del valore massimo di a indica una diminuzione di materiale.

La posizione del simbolo non è indifferente: in figura 27a, appare posto in corrispondenza al valore minimo della quota a, mentre in figura 27b, è presto in corrispondenza al valore massimo di a; di conseguenza nel primo caso si avrà un incremento di materiale, nel secondo una diminuzione (per la quota b, relativa a superfici "interne" rispetto alla direzione di sformatura, l'indicazione è analoga, tenuto conto della direzione stessa).

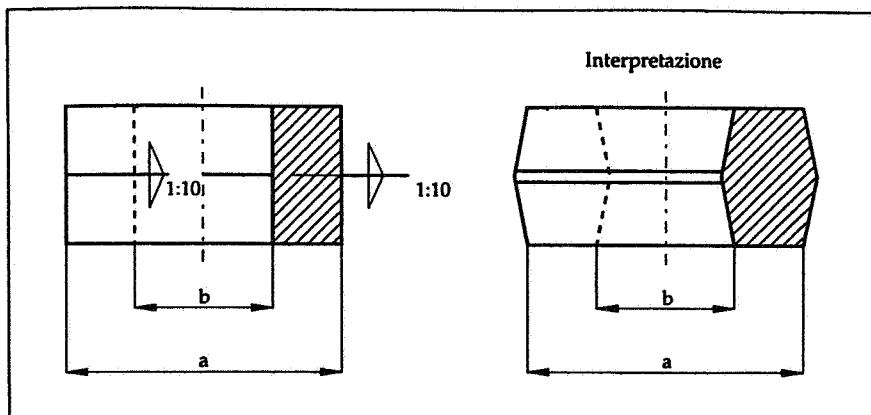


Fig. 28. Esempi di indicazione di angoli di spoglia.

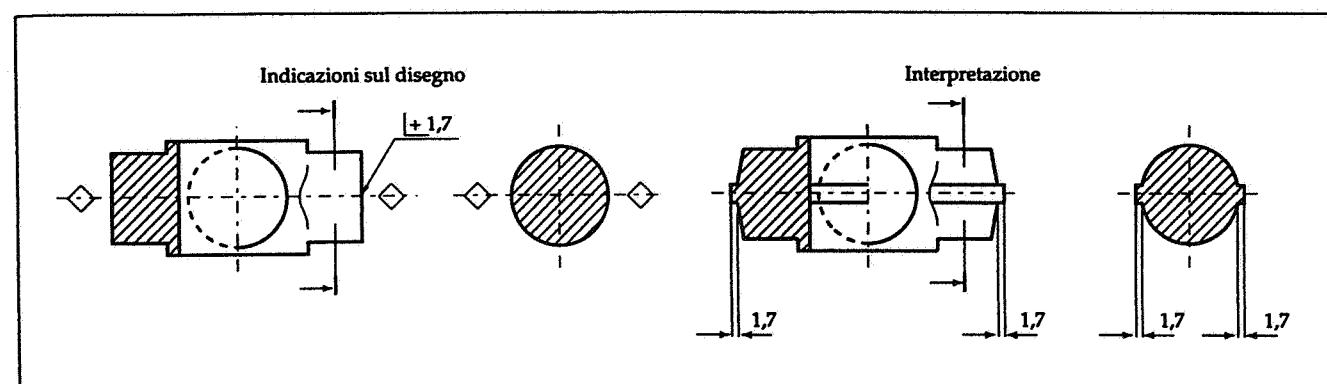
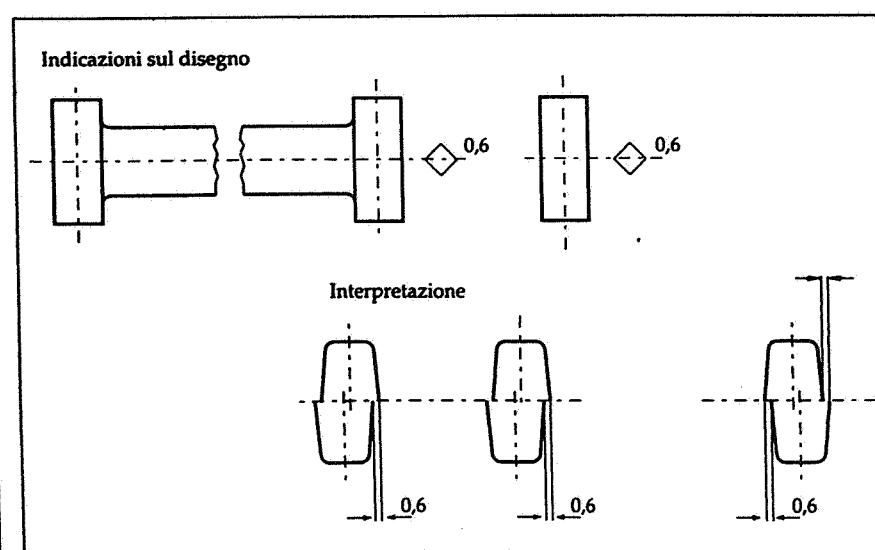
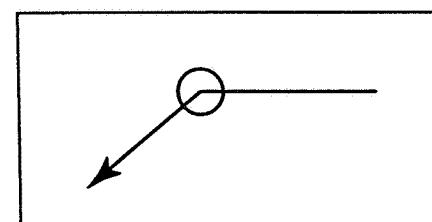


Fig. 29. Rappresentazione semplificata della linea di separazione nei pezzi stampati, con l'indicazione della sporgenza massima rispetto al profilo ideale.

Fig. 30. Simbolo per l'indicazione di una sporgenza perimetrale.



La linea di separazione

Nel caso in cui sia previsto uno stampo in due parti, l'indicazione della conicità viene posta in corrispondenza della linea indicante il piano ideale di separazione sul pezzo (fig. 28). Tale linea viene indicata come uno spigolo reale, cioè con linea continua (tipo A, UNI 3968) in vista, mentre per la sezione è usata la linea mista (tipo J).

Il simbolo grafico che individua la linea di separazione viene posto sulla linea, come in figura 28.

Il valore numerico che compare nella stessa figura indica la sporgenza massima rispetto alla forma geometrica ideale; il simbolo integrato con il cerchietto di figura 30 significa che la sporgenza si estende per tutto il contorno del piano di separazione. Un'altra indicazione può essere quella del massimo spostamento o disassamento ammesso, posta come in figura 31.

Fig. 31. Indicazione del massimo disassamento ammesso.

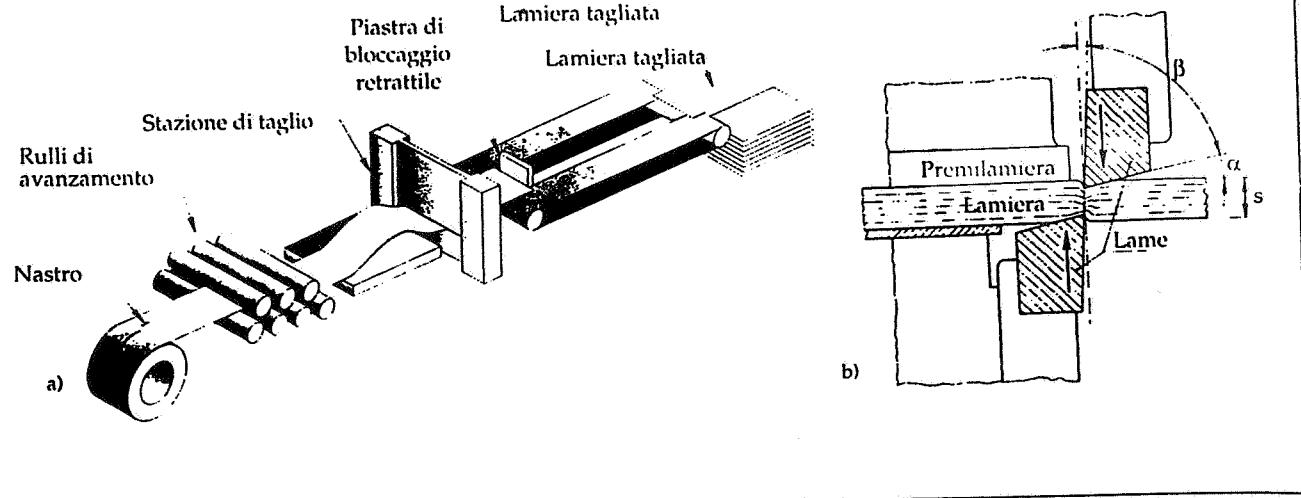


Fig. 32. a) una stazione di lavoro di cesoia; in b), l'azione delle lame di una cessoia: la lama superiore preme contro quella inferiore in modo da operare il taglio della lamiera.

4

LA LAVORAZIONE DELLE LAMIERE

La lavorazione delle lamiere ha una grandissima importanza per innumerevoli campi di impiego, come carrozzerie delle automobili, involucri di apparecchi elettrodomestici, fabbricazione di mobili metallici di ogni genere, condutture, ecc. Le lavorazioni sulle lamiere si effettuano quasi sempre a freddo e si possono così classificare:

- 1) taglio e punzonatura
- 2) deformazione libera a freddo (piegatura, curvatura, profilatura ecc.)
- 3) imbutitura
- 4) lavorazioni speciali.

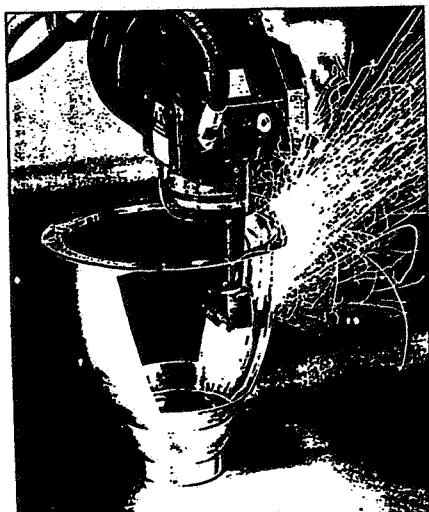


Fig. 33. Taglio al laser.

Taglio della lamiera

Con questa fase operativa si possono ottenere sia pezzi grezzi per successive lavorazioni che prodotti finiti. Le lamiere di piccolo spessore, fino a pochi millimetri, vengono tagliate con macchine dette *cesoie* (fig. 32). Le lamiere d'acciaio di grande spessore si possono tagliare col procedimento dell'arco elettrico o con l'ossitaglio; quest'ultimo consente di tagliare lamiere fino a 400 mm circa di spessore. Con questi due sistemi il taglio può avvenire anche secondo linee molto complesse, ma i bordi tagliati presentano una grande irregolarità. Il taglio col *laser* è vantaggioso per il taglio di

pezzi di contorno molto irregolare e di grande precisione; sono già diffuse macchine laser a comando numerico che consentono elevate velocità di taglio (fig. 33). La *tranciatura* o *punzonatura* consiste nel sollecitare la lamiera tra due taglienti sagomati, punzone e matrice, fino a realizzare il distacco della lamiera in due parti, secondo un profilo che riproduce la for-

ma dei taglienti stessi (fig. 35). Dei due pezzi di lamiera ottenuti, uno rappresenta lo scopo della lavorazione, mentre l'altro costituisce la parte inutilizzata, detta *sfrido*. Si parla di *punzonatura* quando lo *sfrido* è rappresentato dalla parte di lamiera staccata dal punzone. Si dice invece *tranciatura* la lavorazione nella quale la parte di lamiera staccata dal punzone rappresenta l'oggetto utilizzabile.

Importanza fondamentale per il disegnatore assume lo studio della disposizione e della quantità dei punzoni e dei fori da realizzare nelle matrici: ciò al fine di ridurre al minimo lo *sfrido* assolutamente inservibile (per ragioni di economia di materiale), di ridurre i tempi di lavoro (economia di costo di lavora-

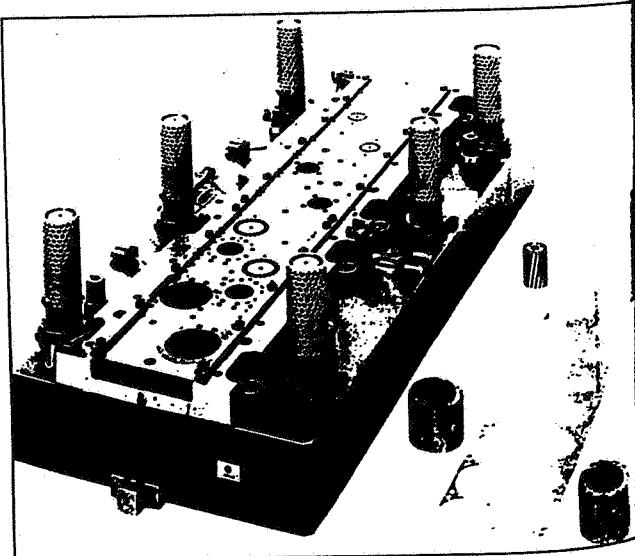


Fig. 34. Particolare di uno stampo di tranciatura.

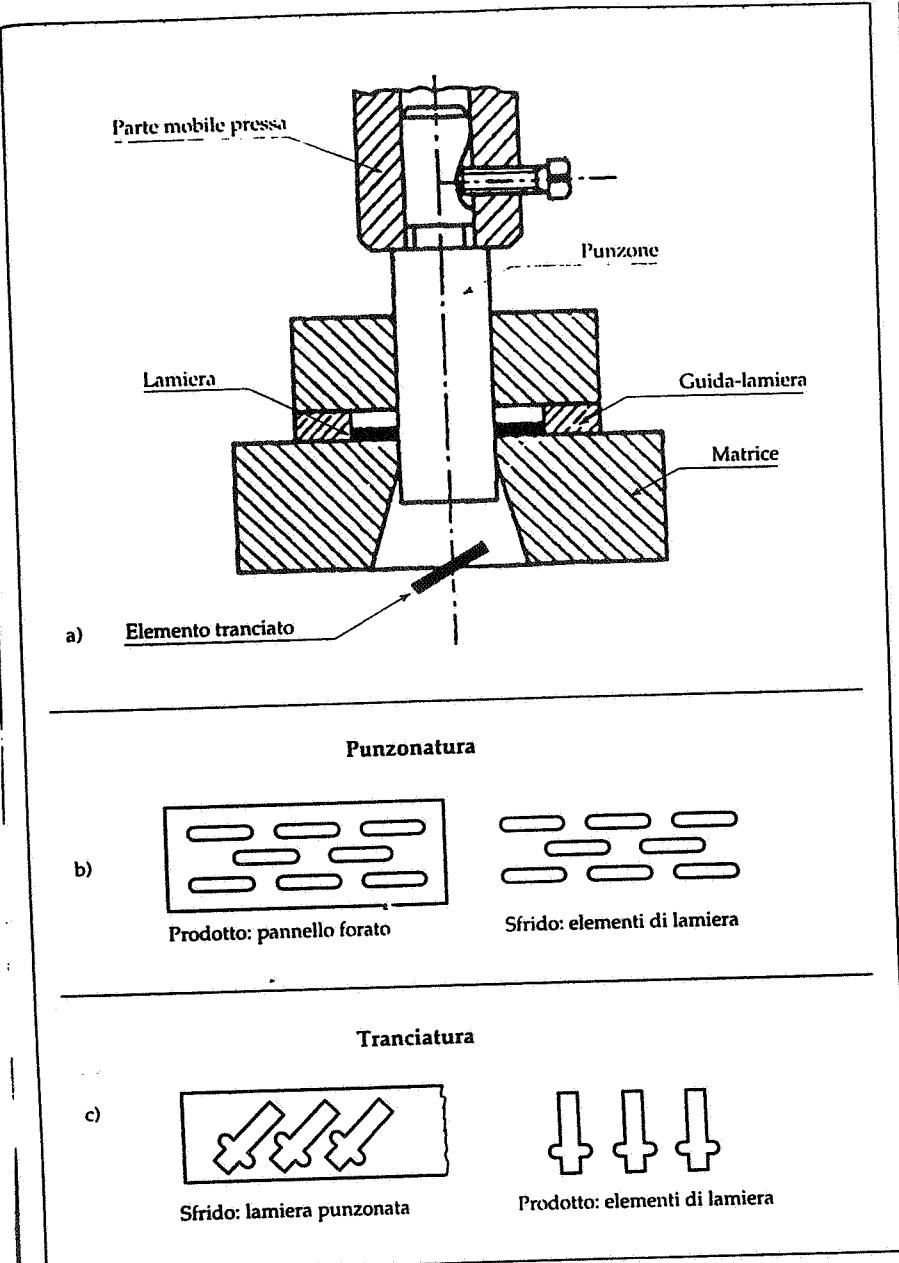


Fig. 35. a) Operazione di traciatura; b) il prodotto della punzonatura (a destra) e c) della traciatura (a sinistra).

zione), e di assicurare robustezza e durata alla matrice (economia di utensili e attrezzature), soprattutto quando viene utilizzato un rotolo di lamiera come materiale grezzo di partenza (fig. 36).

Piegatura

La piegatura della lamiera viene generalmente ottenuta su macchine che, in funzione sia della posizione in cui avviene la deformazione, sia della deformazione specifica ottenuta, assumono nomi particolari. Ad esempio, oltre alle piegatrici tradizionali (fig. 37), con

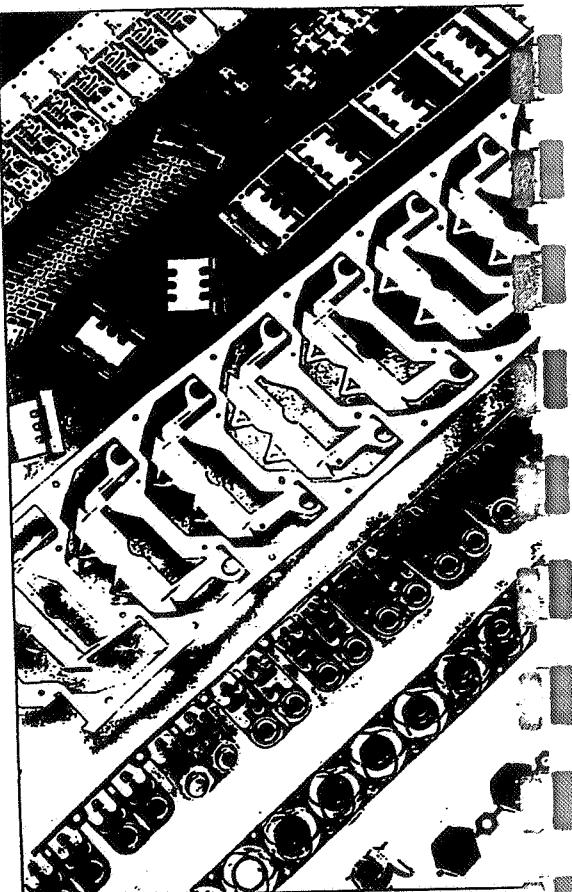


Fig. 36. Vari tipi di disposizione dei pezzi per ridurre gli sfridi ed i tempi di lavoro.

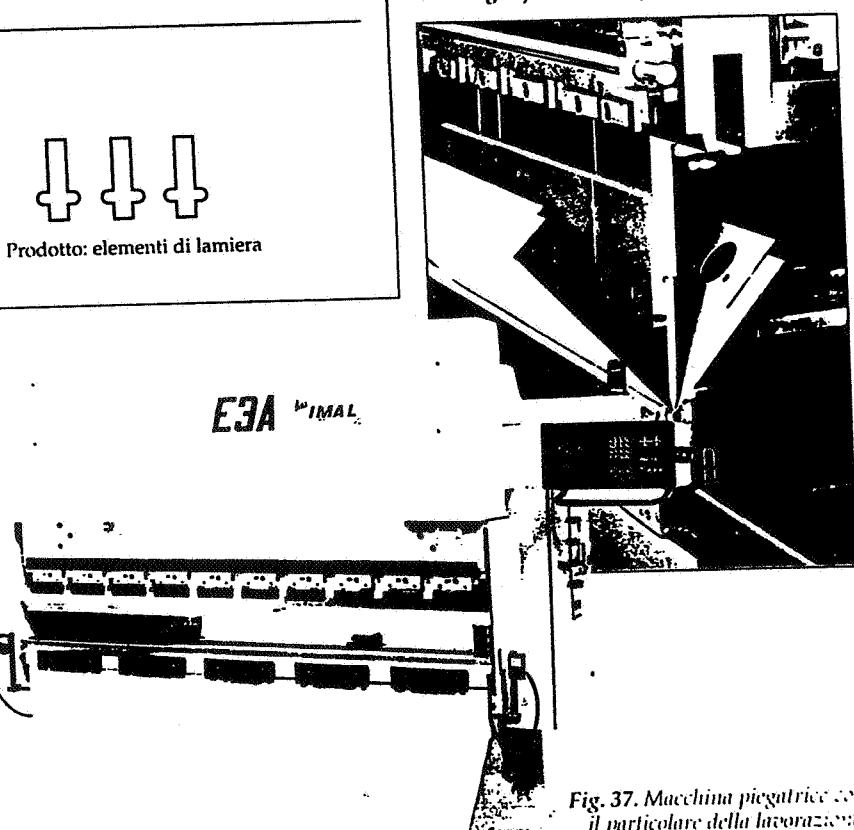


Fig. 37. Macchina piegatrice con il particolare della lavorazione.

Il pi
ugu
di ri
lasti
dific
dim
Con
tent
estra
Il p
men
rare
borc
lo ac
il fo
del j
L'es
espe
zo i
adei
te la
seg
fond

bordatrici e bordatura sono indicate le macchine e la lavorazione che realizzano bordi arrotolati alle estremità di corpi cilindrici cavi, con aggraffatrici ed aggraffatura sono indicate le macchine e le lavorazioni che realizzano l'unione dei letti d'estremità della lamiera piegata, oppure curvata, allo scopo di ottenere un collegamento ermetico (fig. 38). Un'altra operazione diffusa è la calandratura che trasforma lamiere piane di consistente spessore in corpi cilindrici cavi privi dei fondi e di grande diametro, utilizzati, ad esempio, per la fabbricazione di caldaie. La macchina consiste in un telaio contenente una serie di cilindri rotanti ed opportunamente disposti sui quali la lamiera, costretta a passare tra detti rulli, assume la curvatura richiesta (fig. 39).

Per quanto riguarda le implicazioni che si hanno nel disegno di lamiere piegate, occorre tener presente che la realizzazione di spigoli vivi porta facilmente alla rottura della lamiera, ed è quindi consigliabile realizzare, nella zona piegata, spigoli arrotondati il cui raggio di curvatura minimo sia da *uno a due volte il valore dello spessore* per materiali molto deformabili, e da *tre a quattro volte il valore dello spessore* per i materiali più duri.

L'imbutitura

È la più importante delle lavorazioni delle lamiere, mediante la quale si ottengono oggetti cavi le cui superfici possono anche non essere sviluppabili in piano, pur partendo da lamiera

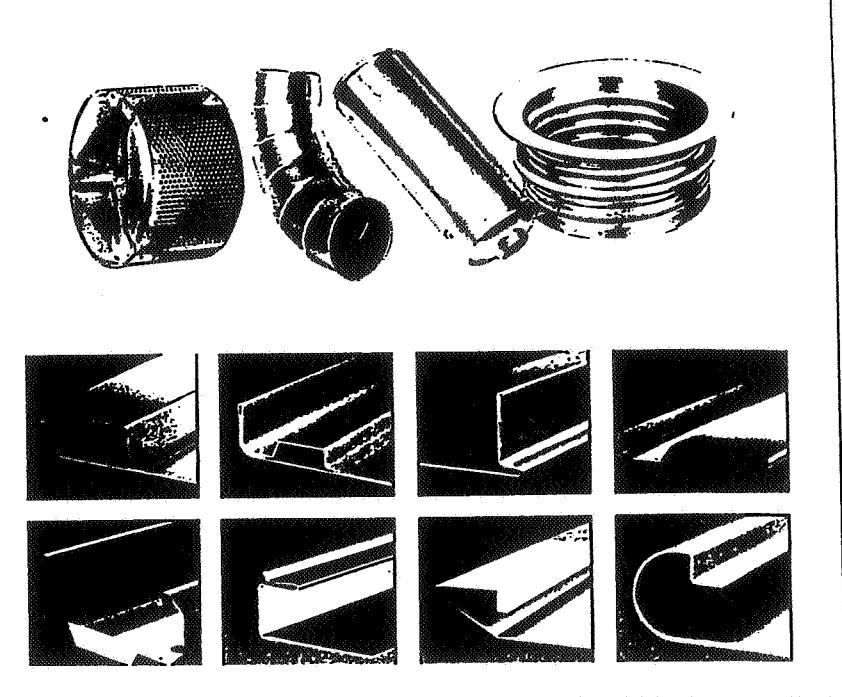


Fig. 38. Forme ottenibili mediante aggraffatura.

piana. La deformazione della lamiera viene ottenuta a freddo su presse, mediante l'azione di stampi opportunamente sagomati e formati da due elementi di cui uno, detto punzone, è mobile, ed uno, detto matrice, è fisso.

I materiali più idonei a queste lavorazioni devono avere un carico di snervamento molto basso e sono costituiti, normalmente, da acciai con basso tenore di carbonio, ottone, rame, leghe di alluminio e rame.

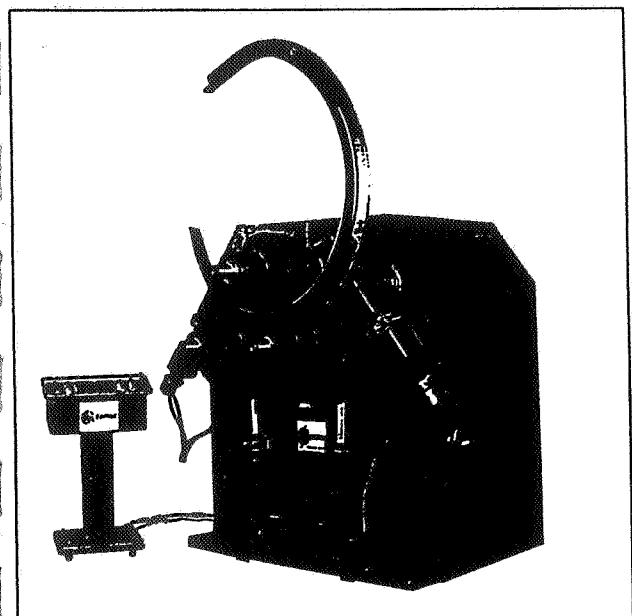


Fig. 39. La calandratura o profilatura a rulli.

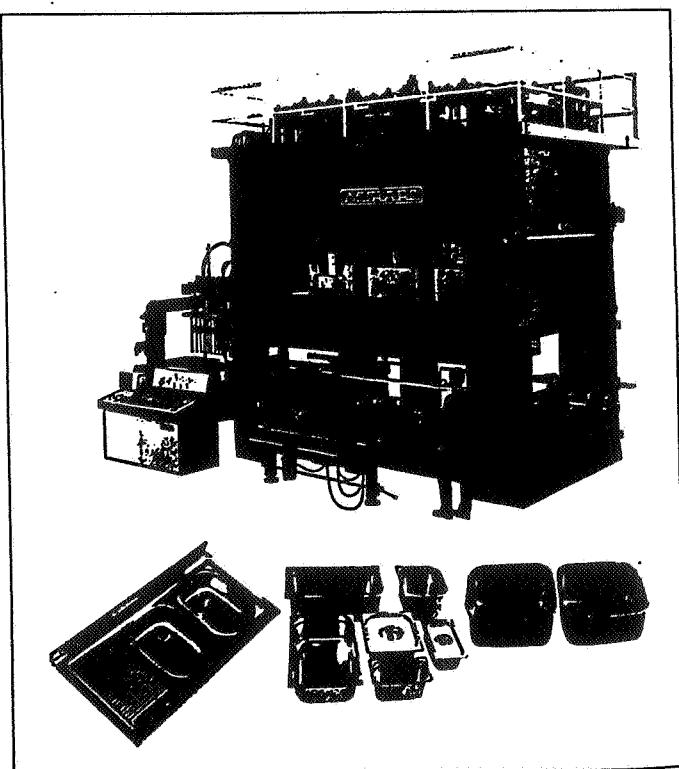


Fig. 40. Pressa per imbutitura e pezzi imbutiti.

Il punzone (fig. 41), penetra nel foro, ugualmente sagomato, della matrice di riscontro, trascinando in esso una lastra di lamiera di cui vengono modificate, con tale *stiramento*, forma e dimensioni.

Completano lo stampo una piastra di tenuta, detta *premilamiera*, ed un *estrattore*.

Il premilamiera permette lo scorrimento in piano della lamiera da lavorare, impedendo il sollevamento dei bordi di questa in modo da evitare sia lo accartocciamento della lamiera che il formarsi di grinze sulla superficie del pezzo imbutito.

L'estrattore ha invece la funzione di espellere dal foro della matrice il pezzo imbutito e di mantenere la lamiera aderente al fondo del punzone durante la lavorazione, impedendo, di conseguenza, la formazione di grinze sul fondo del pezzo.

Il disegno dei pezzi ottenuti per imbutitura

Nel disegno dei pezzi da ottenere per imbutitura, si deve tener conto del numero di operazioni necessarie, a loro volta funzione del materiale, dello spessore della lamiera e della complessità della forma da ottenere.

Per la determinazione della forma e delle dimensioni del grezzo di partenza, bisogna effettuare dei calcoli che tengono conto della costanza del volume e dello spessore della lamiera, prima e dopo la lavorazione; ad esempio, tenendo presente l'imbutitura del bicchiere di diametro d rap-

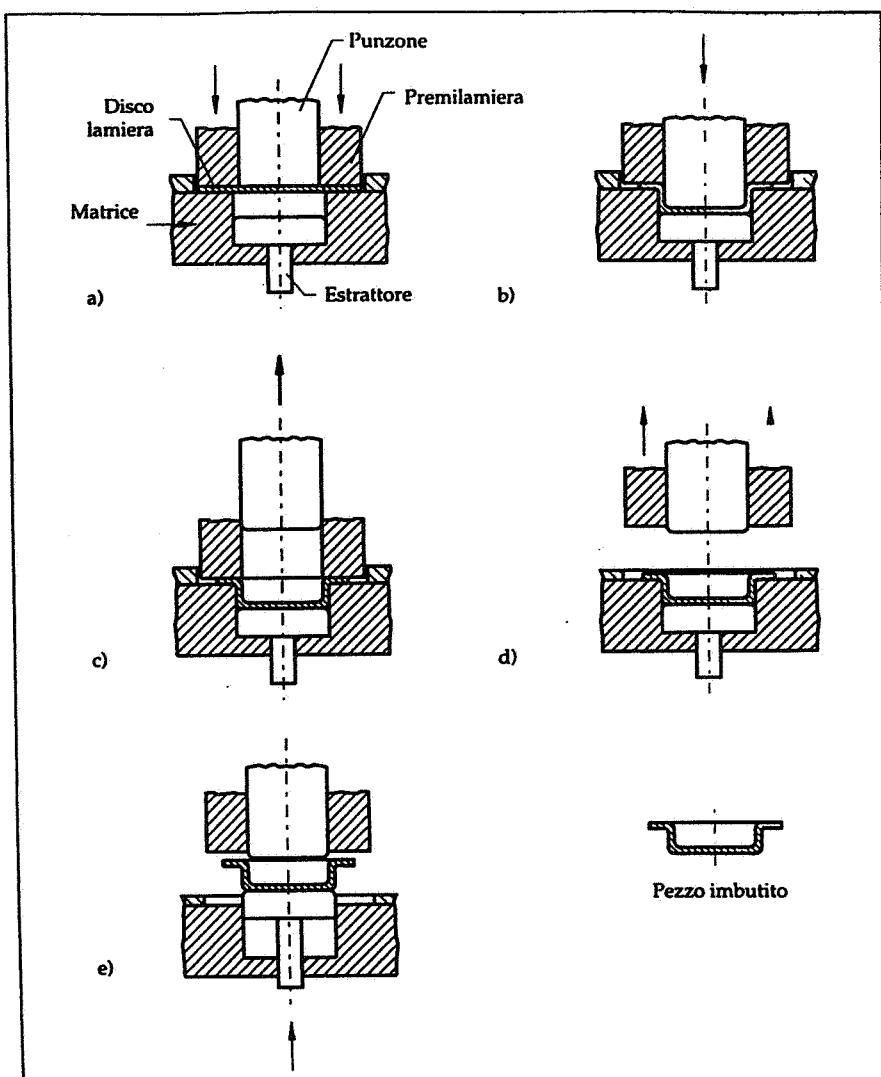


Fig. 41. Sequenza delle operazioni di imbutitura: a) disco di lamiera collocato nella matrice; b) il punzone comprime il disco ed il materiale, fortemente compresso, riempie lo spazio libero tra il punzone e la matrice; c) si solleva il punzone, seguito dal premilamiera; d) espulsione del pezzo dalla matrice. Insieme di lavorazioni diverse che costituiscono il cosiddetto «ciclo di stampaggio».

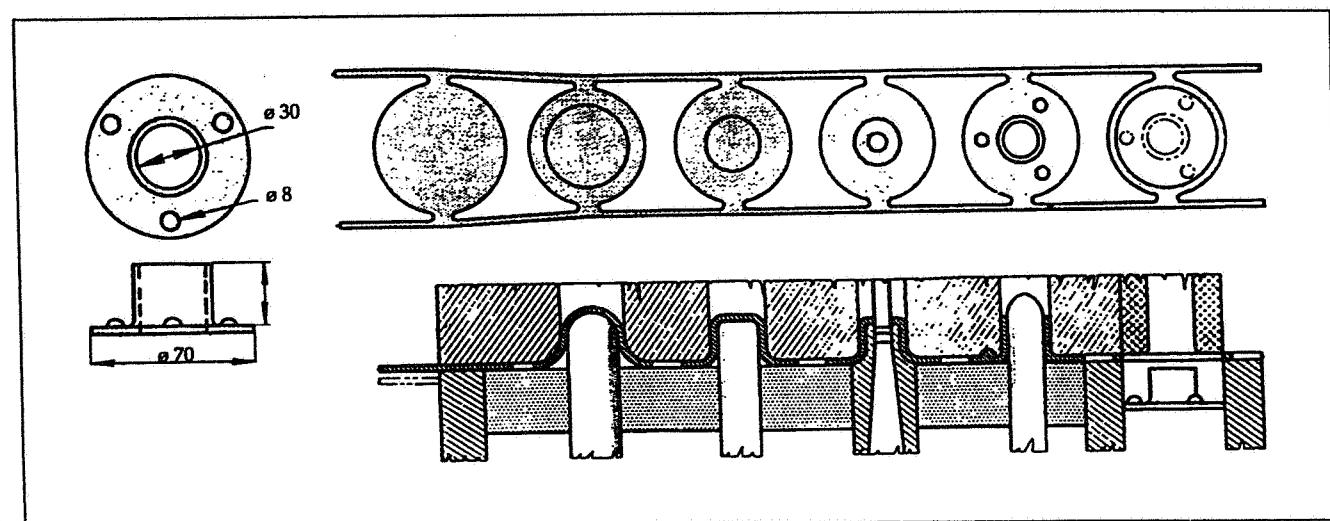


Fig. 42. Ciclo di stampaggio costituito da tranciatura, punzonatura e imbutitura.



Fig. 43. L'imbutitura di un contenitore per carni in scatola: l'operazione di imbutitura viene effettuata partendo da un disco in lamiera su cui viene già stampata l'etichetta; naturalmente, i testi ed i disegni devono tener conto delle deformazioni che subisce il materiale durante l'operazione e quindi appaiono molto sproporzionati.

presentato in figura 44, l'area della parete cilindrica più quella del fondo è:

$$\frac{\pi d^2}{4} + \pi dh$$

L'area del disco grezzo, di diametro D , vale:

$$\frac{\pi D^2}{4}$$

Per rispettare l'equivalenza delle superfici, si ha:

$$\frac{\pi d^2}{4} + \pi dh = \frac{\pi D^2}{4}$$

da cui si ottiene il diametro del disco di partenza in funzione della forma e delle dimensioni del pezzo finale:

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

La figura 45 riporta alcuni esempi di forme ottenibili mediante imbutitura, col calcolo approssimato del diametro del disco di lamiera di partenza.

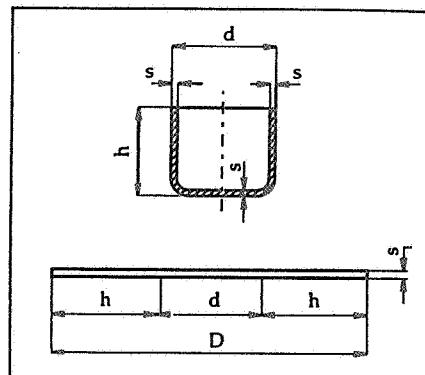


Fig. 44. Pezzo da imbutire e grezzo di partenza.

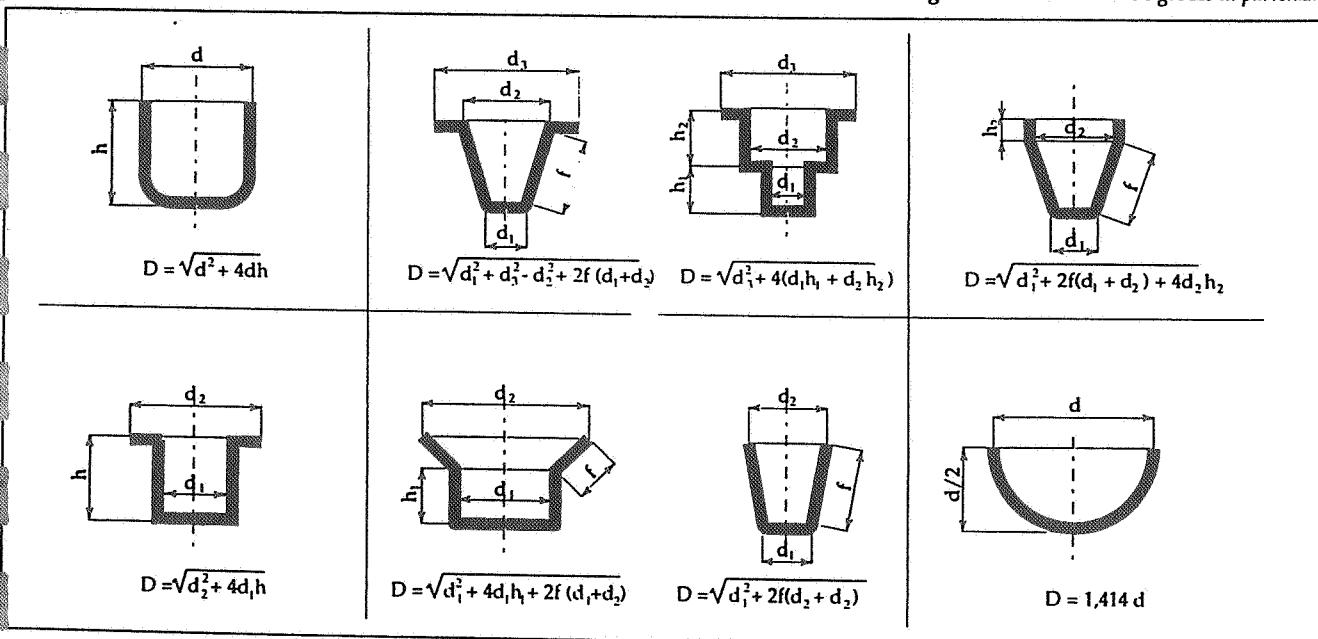
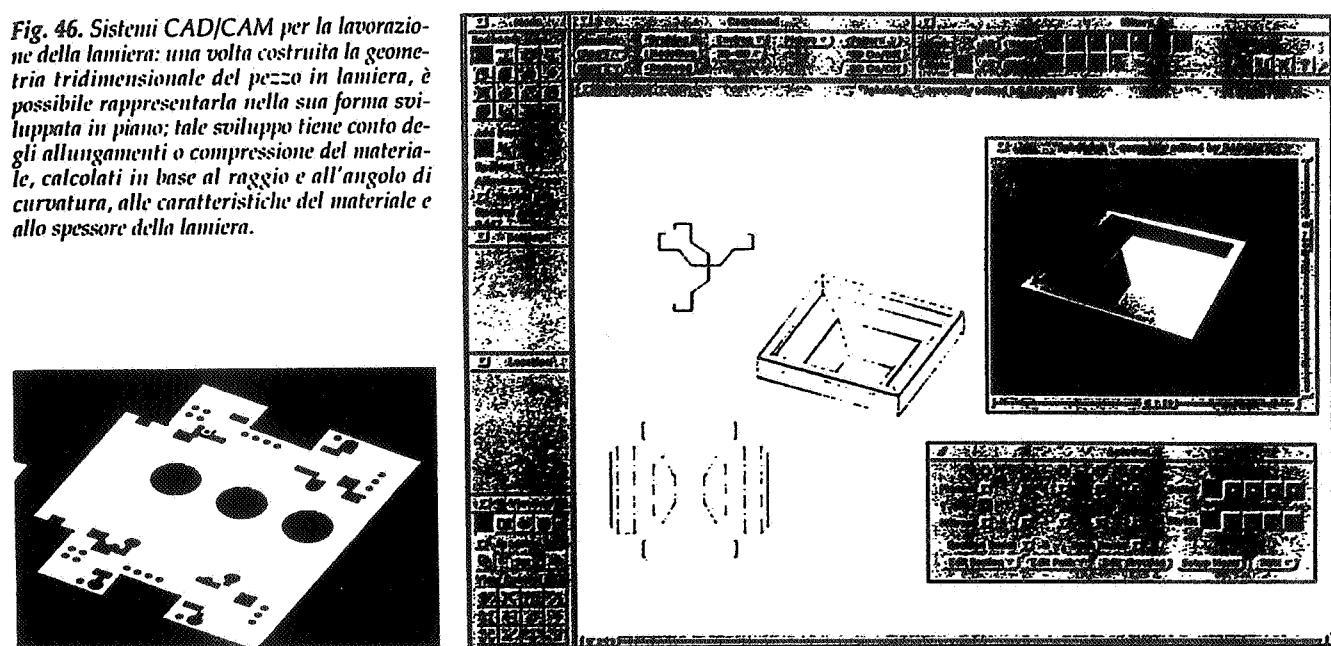
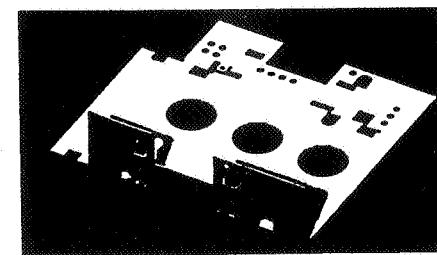
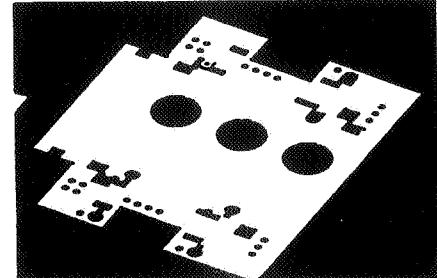


Fig. 45. Relazione tra il diametro D di partenza del disco di lamiera e la forma da ottenere.

Fig. 46. Sistemi CAD/CAM per la lavorazione della lamiera: una volta costruita la geometria tridimensionale del pezzo in lamiera, è possibile rappresentarla nella sua forma sviluppata in piano; tale sviluppo tiene conto degli allungamenti o compressioni del materiale, calcolati in base al raggio e all'angolo di curvatura, alle caratteristiche del materiale e allo spessore della lamiera.



5

LE LAVORAZIONI AD ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO

Consentono di ottenere un prodotto finito a partire da un grezzo, di forma definita, asportando il materiale eccedente (denominato *sovrametallo*) sotto forma di minutissime scaglie o lamine di metallo, chiamate *truciolo* ed utilizzando strumenti di lavoro opportunamente sagomati, denominati *utensili*. La figura 47 mostra la classificazione dei procedimenti di asportazione; la forma che si ottiene dipende anche dal moto relativo dell'utensile rispetto al pezzo, cioè dal movimento di taglio, detto anche moto di lavoro, e dal movimento di alimentazione, che permette il passaggio dell'utensile su tutta la superficie da lavorare.

Il ciclo ad asportazione di truciolo

Per ciclo di lavorazione si intende una successione logica di tutte le operazioni

necessarie per trasformare un pezzo grezzo o un semilavorato in un prodotto finito. Definire un ciclo di lavorazione significa stabilire:

- quali operazioni eseguire
- in quale successione compierle
- con quali macchine
- con quali utensili
- con quali attrezzature
- con quali parametri di taglio.

Per operazioni si possono intendere non solo le lavorazioni ad asportazione di truciolo ma anche tutti quegli interventi necessari per passare dal pezzo di partenza al prodotto finito, come, i trattamenti termici, le operazioni di trasporto e quelle di collaudo.

Il ciclo di lavorazione deve essere non solo corretto dal punto di vista tecnologico, ma anche dal punto di vista economico, nel senso che bisogna scegliere la sequenza delle operazioni, le macchine gli utensili e le attrezzature che comportino il minor costo di produzione. Infatti l'obiettivo di una azienda è il conseguimento del massi-

mo utile complessivo per unità di capitale investito: poiché le lavorazioni ad asportazione di truciolo sono caratterizzate da un alto costo per unità di impiego della macchina utensile, è essenziale il controllo delle varie fasi della lavorazione, in modo da eliminare i costi non necessari, riducendo i tempi passivi, minimizzando gli interventi manuali e i trasporti da una macchina all'altra, in modo da avere il più basso costo di fabbricazione (fig. 48).

La figura 49 mostra la sequenza delle operazioni che bisogna seguire su macchine ad asportazione di truciolo per andare dal pezzo grezzo al prodotto finito.

Il pezzo grezzo si deve prima lavorare con un certo sovrametallo (*sgrossatura*), per poi procedere alla lavorazione di *finitura*; se necessario, questa operazione è seguita da un trattamento termico (*bonifica, tempa e rinvenimento*) nonché da una lavorazione di precisione (*rettificatura*).

La figura 50 mostra gli schemi cinematici delle principali lavorazione ad asportazione di truciolo, con le specifiche dei movimenti di taglio e di alimentazione.

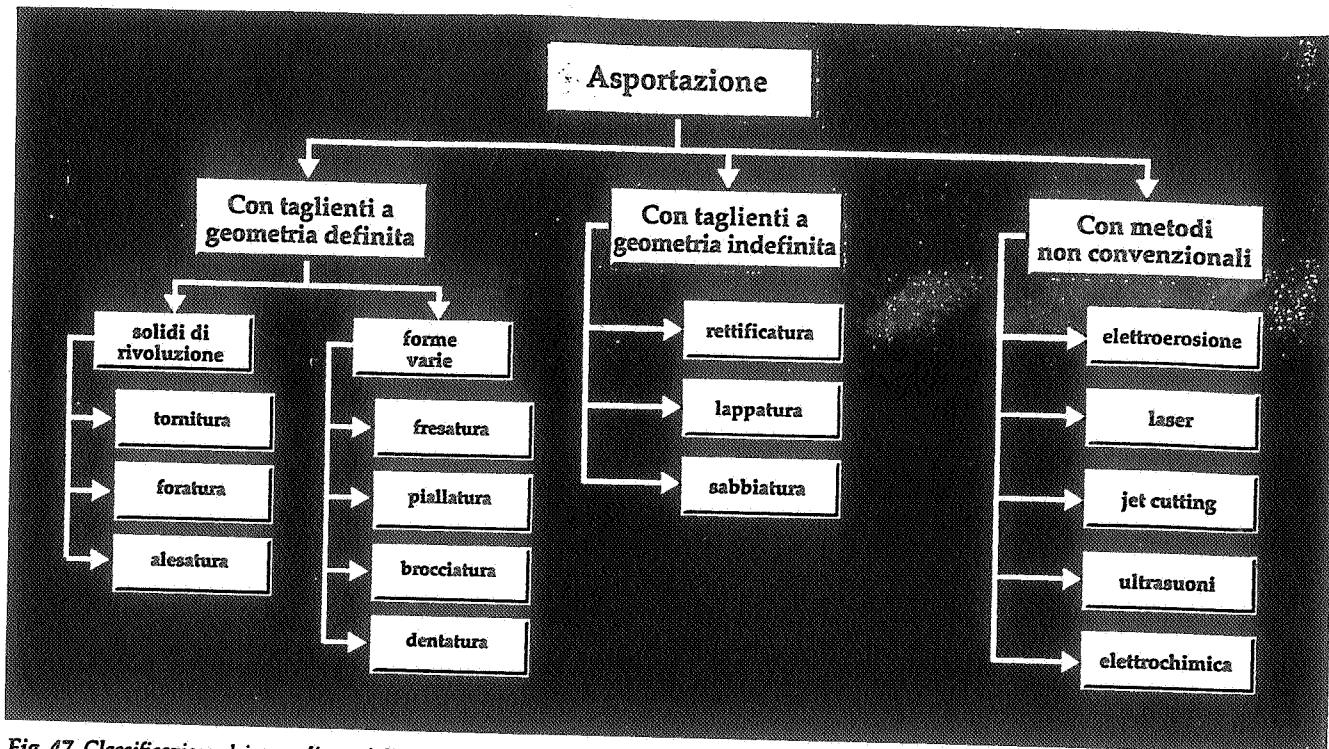


Fig. 47. Classificazione dei procedimenti di asportazione.

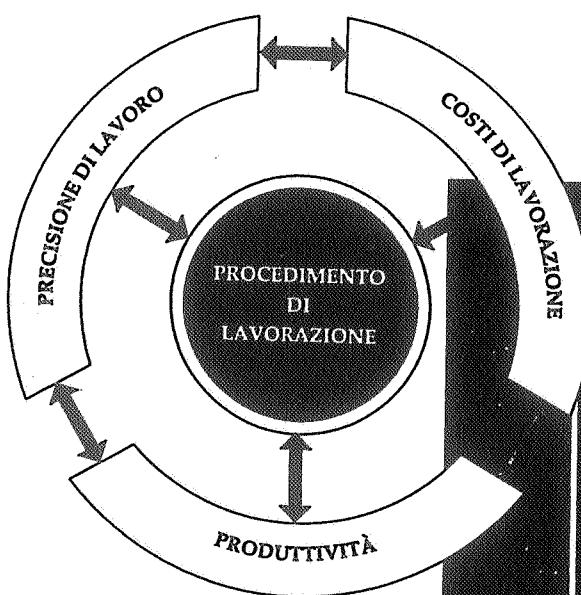


Fig. 48. Criteri tecnologici da tener presente nella stesura del ciclo di lavorazione.

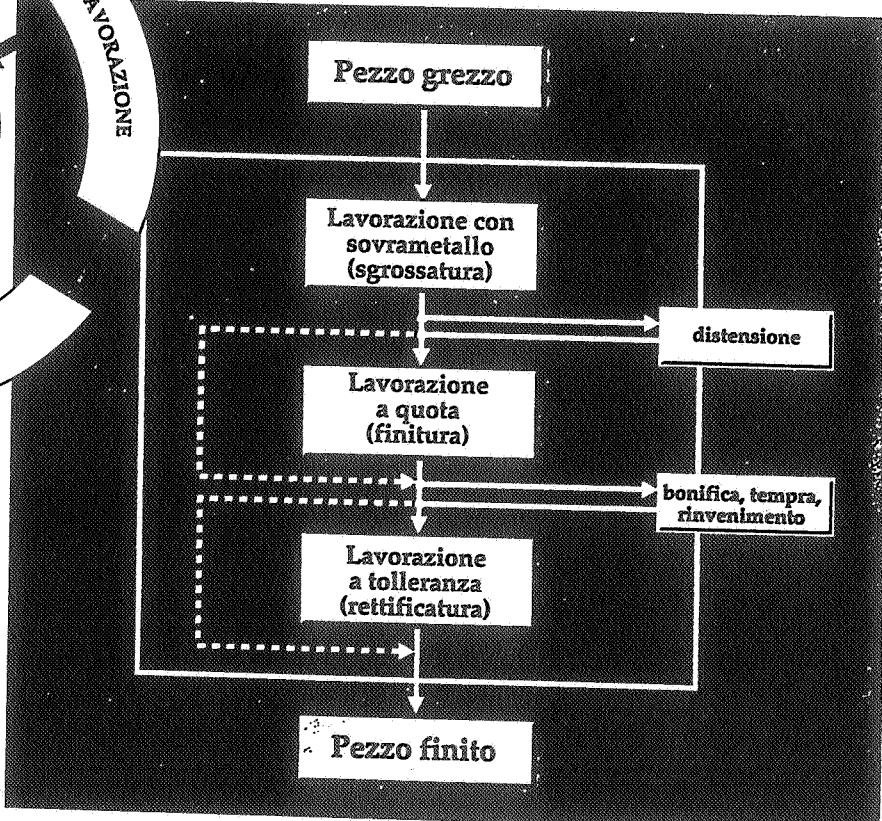


Fig. 49. Il ciclo ad asportazione di truciolo.

Schema	Macchina	Operazione	Moto di taglio		Moto di alimentazione	
			natura	origine	natura	origine
	TORNIO	Tornitura	circolare	pezzo	rettilineo	utensile
	FRESATRICE	Fresatura	circolare	utensile	rettilineo	pezzo
	TRAPANO ALESATRICE FRESATRICE TORNIO	Foratura Alesatura	circolare	utensile	rettilineo	utensile o pezzo
	PIALLATRICE	Piallatura	rettilineo	pezzo	rettilineo	utensile
	STOZZATRICE BROCCIATRICE	Stozzatura Brocciatura	rettilineo	utensile	rettilineo	pezzo o utensile
	RETTIFICATRICE LAPPATRICE	Rettifica	circolare	utensile	rettilineo e circolare	pezzo o utensile
	DENTATRICE	Dentatura	rettilineo	utensile	circolare continuo	pezzo o utensile

Fig. 50. Schemi cinematici di lavoro delle principali macchine utensili.

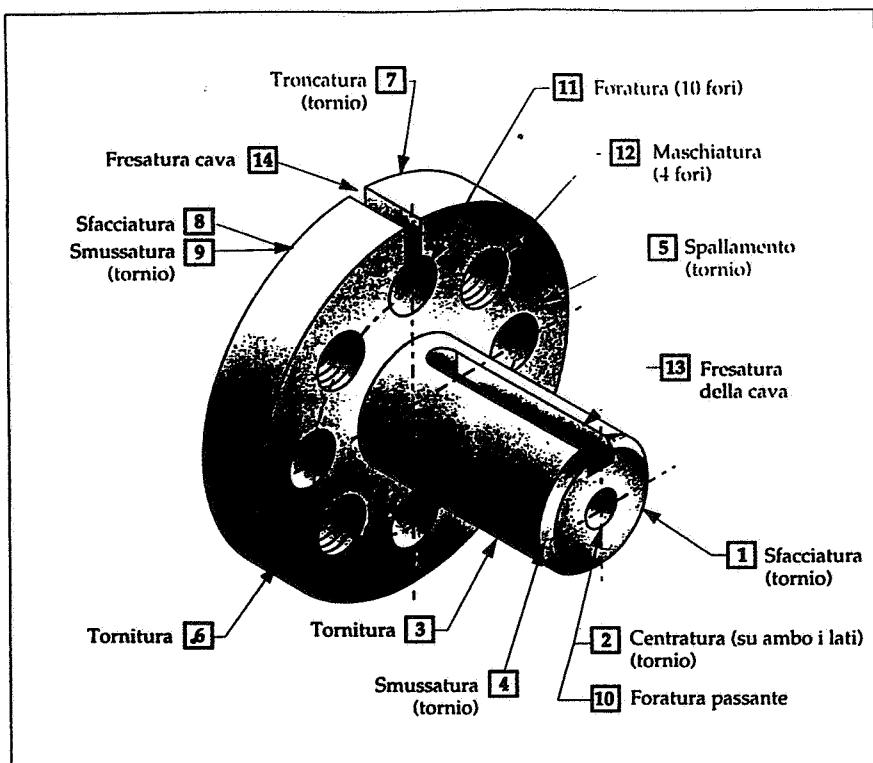


Fig. 51. Il ciclo di lavoro ad asportazione di truciolo; i numeri a fianco del pezzo indicano un possibile ordine nella sequenza di operazioni ad asportazione di truciolo, partendo da una barra.

6

LE MACCHINE UTENSILI

Come si è visto, l'asportazione del truciolo avviene sfruttando una serie di moti combinati posseduti dal pezzo, dall'utensile o da entrambi, su macchine fornite di appositi azionamenti, dette *macchine utensili*.

La macchina utensile tradizionale è composta da una incastellatura, che sostiene o racchiude tutti gli organi della macchina, da una testa motrice, per la trasmissione dei movimenti di lavoro ad un albero, detto *mandrino*, e da una serie di meccanismi per i movimenti di alimentazione; il controllo della macchina è affidato ad un operatore che, sulla base del disegno e del ciclo di lavorazione, impone i dati di taglio e di avanzamento in modo da produrre le forme richieste.

E stato già messo in evidenza precedentemente come l'evoluzione rapida delle nuove tecnologie e la crescente competizione internazionale abbiano cambiato profondamente in questi ultimi 30 anni i sistemi di produzione: in passato l'*automazione*, legata alle lavorazioni di grande serie, aveva come

obiettivo la riduzione dei costi di produzione, con programmazione a lungo termine; man mano gli obiettivi strategici dell'impresa si sono orientati verso una maggiore *flessibilità* produttiva, cioè la capacità di adattare la macchina ed il sistema produttivo nel suo complesso alle rapide variazioni del prodotto, per soddisfare un mercato sempre più mutevole ed eterogeneo. Queste nuove strategie dell'attività produttiva, insieme agli enormi progressi raggiunti nel campo dei materiali per utensili e delle tecnologie elettroniche ed informatiche, hanno notevolmente trasformato la concezione e la progettazione della macchina utensile. In particolare l'adozione del *controllo numerico* (NC, Numerical Control) ha permesso di controllare automaticamente, con elevata precisione e ripetibilità i movimenti di lavoro, sulla base di un programma scritto in un opportuno linguaggio.

I vantaggi che si sono conseguiti derivano dal miglioramento della qualità del prodotto, dall'aumento di produzione e di flessibilità e dalla possibilità di utilizzare una singola macchina *multiscopo* in sostituzione di più macchine utensili tradizionali.

Dall'inizio degli anni sessanta in cui apparvero in Europa le prime macchi-

ne a controllo numerico, si sono alternati varie generazioni di controlli, caratterizzati da due stadi principali di sviluppo: nel primo periodo tutte le funzioni del controllo quali l'interpolazione o l'asservimento di posizione, sono state sviluppate circuitalmente (*via hardware*).

Nel secondo stadio l'introduzione del controllo numerico computerizzato (CNC, Computer Numerical Control) ha fatto aumentare enormemente le possibilità di impiego delle macchine, con grandi vantaggi in termini di flessibilità e di tasso di utilizzazione: questo vuol dire che molte funzioni sono state costruite *via software*, cioè con l'uso di opportuni programmi di gestione. Il controllo numerico con calcolatore è quindi costituito da un calcolatore con programma interno modificabile o un microprocessore che fa parte integrante del sistema di controllo (fig. 53).

Il controllo numerico diretto (DNC, Direct Numerical Control) ha consentito di porre sotto un unico elaboratore tutte le macchine a controllo numerico, con una centralizzazione dell'archivio programmi; in questo modo è possibile trasmettere dati ed istruzioni alle macchine a controllo numerico collegate e nello stesso tempo ricevere ed elaborare informazioni da stazioni grafiche o da altre apparecchiature, col minimo intervento umano e quindi senza possibilità di errori (fig. 54). A seconda del numero di assi controllati simultaneamente, le macchine a controllo numerico possono essere così suddivise:

– 2 assi (torni, elettroerosione a filo); in questo caso, la combinazione dei due movimenti nel piano X-Y permette di approssimare traiettorie anche complesse;

– 2,5 assi (fresatrici, foratrici); è possibile combinare i movimenti in due dei piani coordinati X-Y, X-Z e Y-Z, mentre del terzo asse è possibile controllare solo la posizione finale e la velocità;

– 3 assi (fresatrici); il controllo a tre assi permette la lavorazione nello spazio col controllo simultaneo dei tre assi coordinati;

– 5 assi (fresatrici, robots); utilizzato nel caso di lavorazioni di superfici complesse; il controllo a 5 assi dispone di tre assi lineari (x, y e z) e due assi di rotazione (generalmente intorno ad x e y).

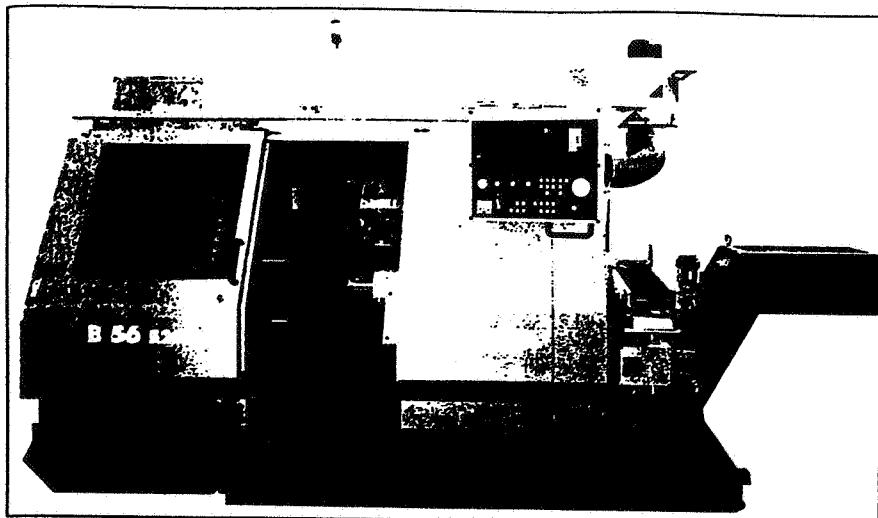


Fig. 53. Controllo numerico con calcolatore, CNC. Abbinando il computer alla macchina utensile si può quindi disporre di un gran numero di funzioni che non sarebbe economico gestire con un controllo numerico tradizionale, come ad esempio la possibilità di passare rapidamente da una lavorazione all'altra con la semplice sostituzione di un programma nella memoria dell'elaboratore o la visualizzazione sullo schermo del profilo finale del pezzo, per testare la correttezza del programma.

Fig. 52. Una macchina utensile tradizionale, in un disegno dell'800 (R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri, Torino).

L'evoluzione della macchina a controllo numerico, ha percorso le seguenti tappe: *macchine individuali* (o monoscopio); *centri di lavoro*; *celle flessibili di lavorazione* (fig. 55).

La macchina a controllo numerico individuale (tornio, fresatrice, alesatrice, ecc.) presenta qualche piccola modifica strutturale e componentistica rispetto alla macchina utensile tradizionale; l'aggiunta del controllo numerico permette infatti il controllo automatico del percorso utensile e l'impostazione automatica dei parametri tecnologici (velocità di avanzamento e di rotazione, erogazione o meno del fluido da taglio ecc.).

Il suo uso risulta conveniente quando il ciclo di lavoro richiede l'uso di pochi utensili e ciascun utensile ha un tempo di contatto con il pezzo notevolmente lungo in quanto è richiesto la costante presenza dell'operatore per effettuare il cambio utensile e il caricascarico dei pezzi.

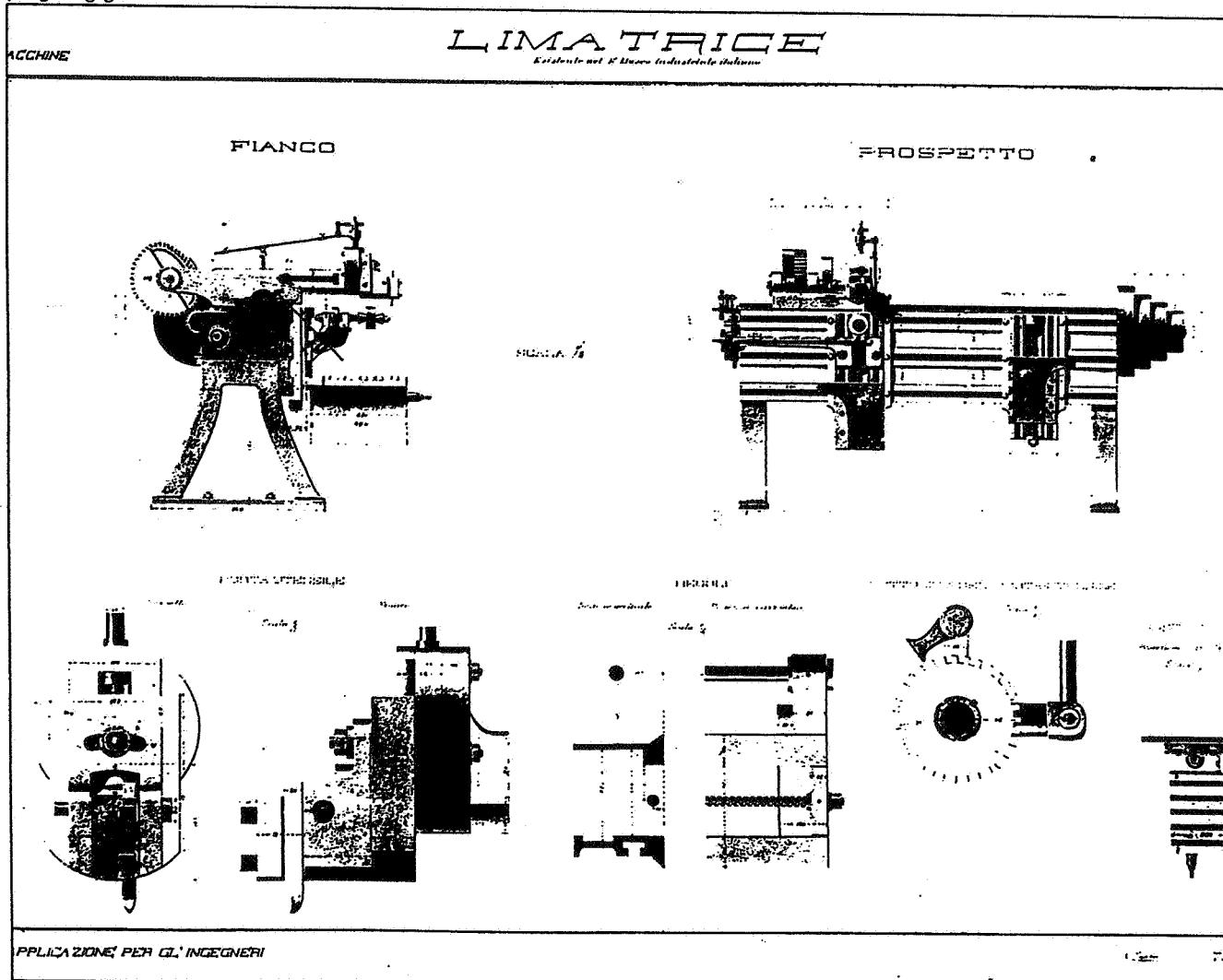


Fig. 54. Controllo numerico diretto, DNC.

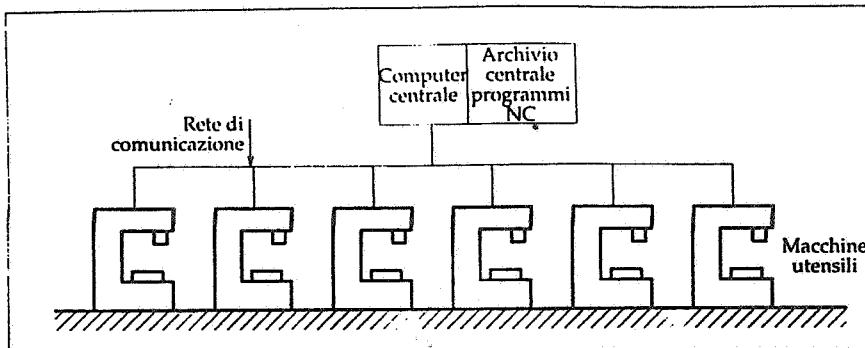
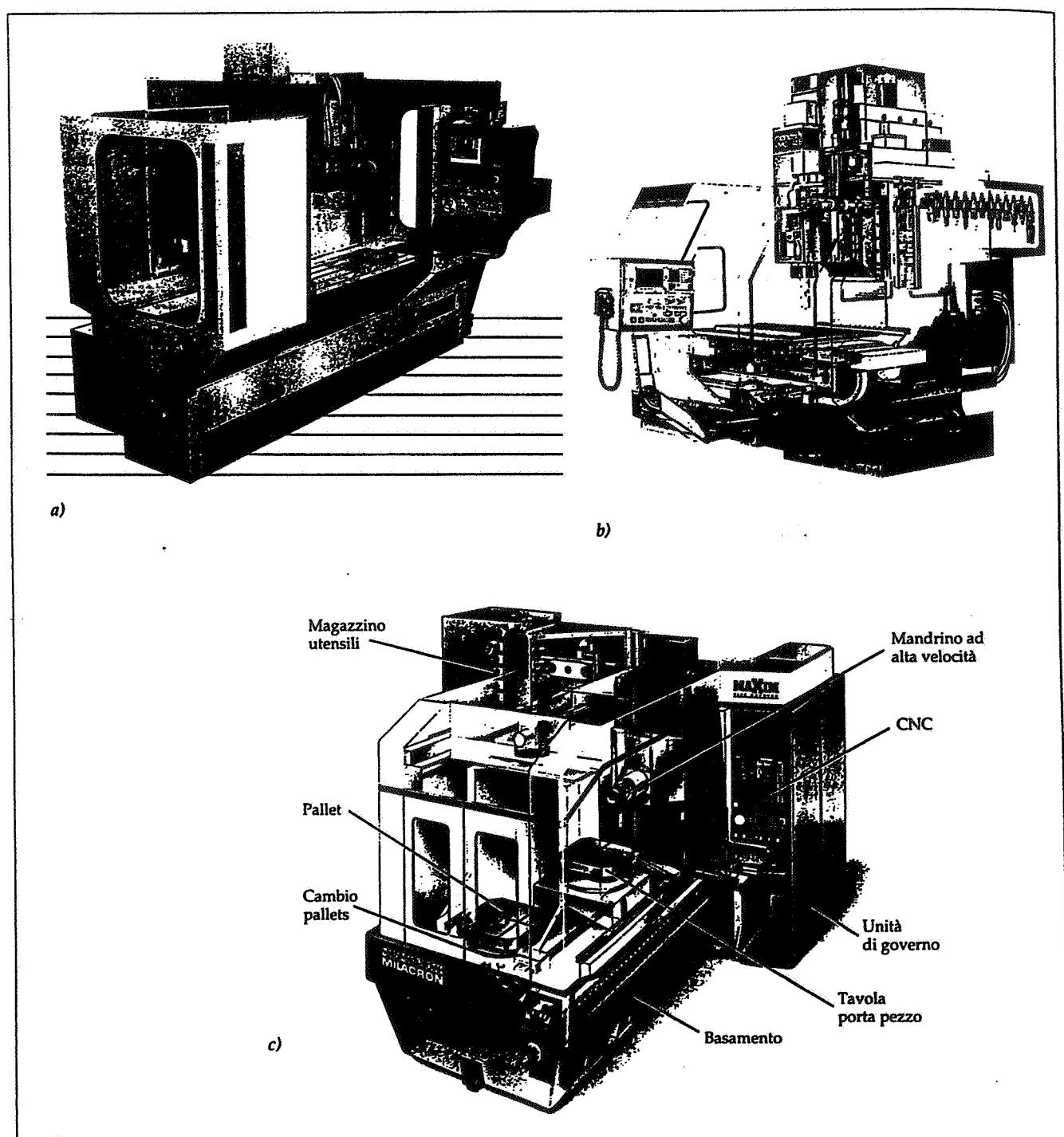


Fig. 55. L'evoluzione della macchina a controllo numerico: a) macchina individuale, b) centro di lavorazione col magazzino utensili, c) cella flessibile.



Il centro di lavoro (*machining center*) differisce dalla macchina utensile tradizionale per la presenza di un *magazzino utensili* che permette di effettuare sul pezzo una molteplicità di lavorazioni quali fresatura, foratura, maschiatura, alesatura e contornitura. Le molte lavorazioni effettuabili su questo tipo di macchina e la conseguente necessità di cambio automatico dell'utensile, richiedono una interfaccia standardizzata tra utensile e mandrino. È possibile così ottenere l'identificazione automatica dell'utensile nel magazzino usando una speciale codifica posta sul portautensile; il controllo della macchina deve inoltre tener conto della diversa lunghezza dei vari utensili per il posizionamento della tavola portapezzo, oppure, in

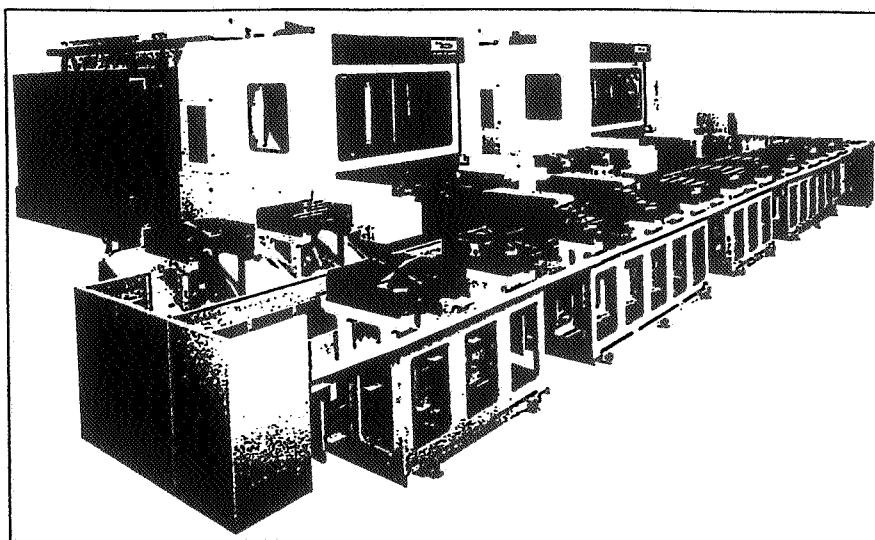


Fig. 56. Sistema di carico e scarico automatico dei pezzi mediante pallets.

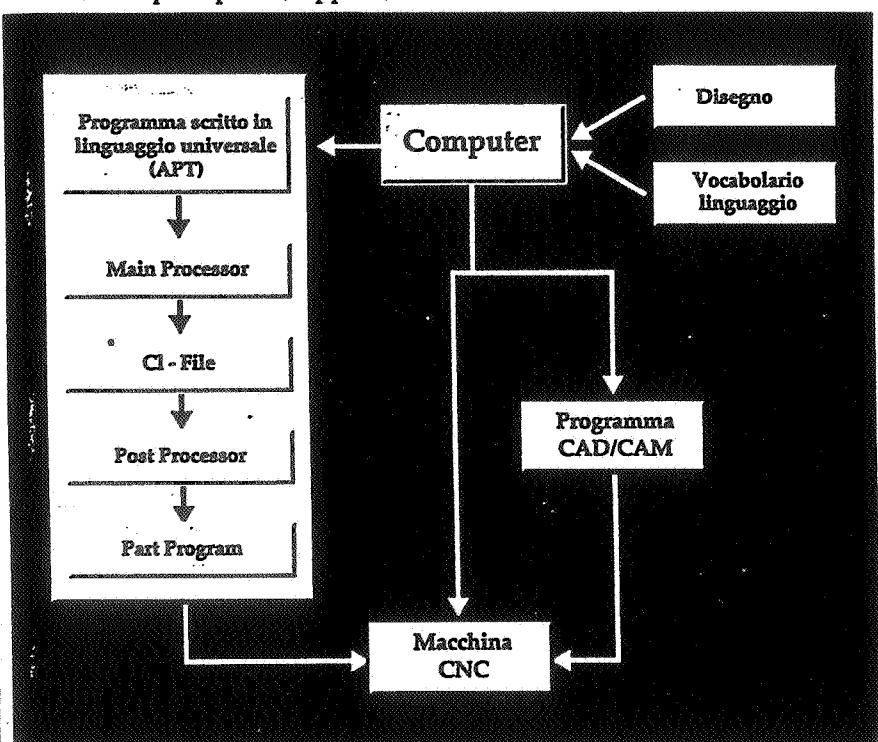


Fig. 57. La programmazione delle macchine CN.

fresatura, per poter programmare direttamente la geometria del profilo desiderato indipendentemente dal diametro della fresa usata; quest'operazione viene chiamata «*presetting*» ed è resa possibile o con la lettura diretta di un chip magnetico fissato sul portautensile, o mediante trasmissione delle informazioni all'unità di governo della macchina da un computer centrale (nei sistemi DNC).

Oppunti dispositivi assicurano il riconoscimento automatico dell'utensile nel magazzino, il cambio utensile automatico ed il bloccaggio e lo sbloccaggio rapido dell'utensile.

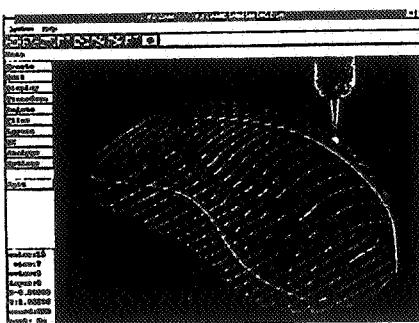
Particolarmente interessanti sono i centri di lavoro di tornitura, muniti non solo di magazzino utensili per effettuare automaticamente le lavorazioni tradizionali, ma anche di utensili rotanti (fresate e punte elicoidali) per svolgere lavorazioni ausiliarie.

L'ultima e più completa evoluzione del controllo numerico è rappresentata dalla *cella flessibile*, che è composta da uno o più centri di lavoro, a cui viene abbinato un sistema per il carico e lo scarico automatico del pezzo: infatti le attrezzature portapezzo vengono predisposte su tavole di lavoro standardizzate denominate *pallets* e tra-

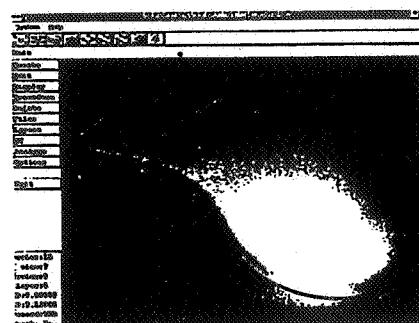
sportate verso le macchine per le lavorazioni da appositi sistemi automatici di movimentazione, quali ad esempio i nastri trasportatori. La macchina è dotata di una tavola girevole che prevede mezzi di posizionamento preciso per il bloccaggio dei pallets e di dispositivi di scambio pallets (denominate *shuttles*) che sostituiscono automaticamente sulla tavola girevole il pezzo già lavorato (fig. 56). Il pallet può anche essere codificato, per cui in base alle informazioni acquisite da appositi lettori di codici a barre si può ottenere l'identificazione del pallet in arrivo alla macchina utensile e la richiesta al controllo dell'apposito programma di lavoro. In questo modo la macchina utensile può lavorare senza soluzioni di continuità pezzi diversi, a patto di disporre nel magazzino tutti gli utensili necessari: a tal fine, la cella può essere dotata di dispositivi ausiliari per il cambio utensile nel magazzino in quanto esiste la possibilità di interscambio di utensili tra il magazzino della macchina ed un magazzino utensili centralizzato. La funzione dell'uomo viene ancora più ridotta in quanto si limita a dei generici compiti di supervisione.

Mentre nelle macchine utensili tradizionali è l'operatore stesso che manovra la macchina, impostando i parametri di taglio e imponendo dei movimenti al pezzo o all'utensile, nel caso delle macchine a controllo numerico è possibile eseguire la lavorazione in modo automatico sulla base di istruzioni che vengono programmate

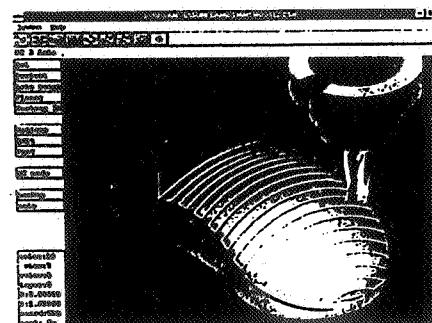
dall'utente e quindi trasferite all'unità di governo della macchina (fig. 57). Mentre nel passato la programmazione della macchina era di tipo manuale, l'evoluzione delle capacità elaborate dei calcolatori ha condotto



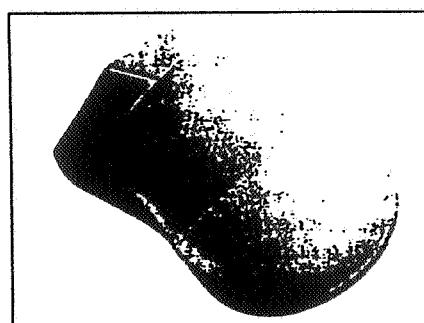
a) Digitalizzazione delle forme.



b) Modellazione con sistemi CAD.



c) Simulazione percorso utensile.



d) Modello finale.

Fig. 58. Costruzione del modello di un mouse con una macchina a controllo numerico utilizzando un programma CAD/CAM.

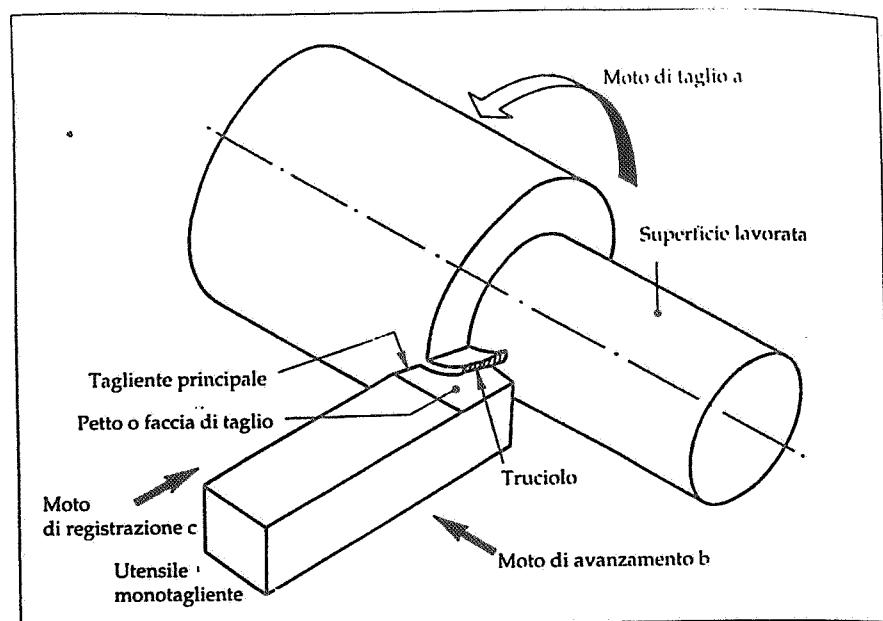
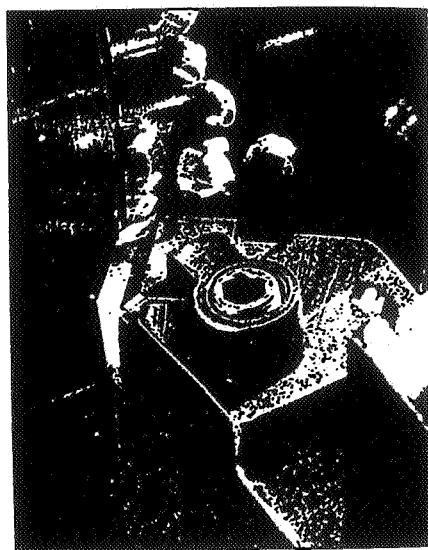


Fig. 59. Schema elementare di una lavorazione di tornitura.

all'adozione della *programmazione automatica*, con l'uso di linguaggi simbolici tra i quali il più importante è l'*APT* (*Automatically Programmed Tools*). Con tali istruzioni simboliche vengono esplicitate tutte le informazioni geometriche e tecnologiche della lavorazione sotto forma di un programma che viene elaborato dal computer per la generazione di un file standard chiamato *Ci-file (Cutter location)* con formato standard per essere interpretato dal particolare controllo della macchina usata mediante un altro programma denominato *post-processor*. I più moderni programmi di progettazione e di disegno assistito consentono di generare automaticamente, senza alcuna necessità di programmare e a partire dalla geometria del pezzo da lavorare, le istruzioni per il controllo adottato. La macchina utensile del futuro sarà sempre più dotata di sensori per sorvegliare le condizioni di funzionamento, per preavvisare del verificarsi di condizioni anomale e per la localizzazione delle dimensioni e condizioni del pezzo da lavorare; particolarmente interessante è lo sviluppo nei sistemi di visione artificiale con telecamere allo stato solido *CCD (Charge Coupled Devices)* per l'ispezione e il controllo dell'usura utensile online; possono inoltre essere applicati al mandrino e in qualche caso sugli assi lineari dei sensori di sforzo, coppia e potenza, con funzioni di verifica della rottura dell'utensile o per il controllo adattativo dei parametri di taglio.



7

LA TORNITURA

Il tornio parallelo è una delle macchine utensili più diffuse, soprattutto per la grandissima varietà di operazioni che è in grado di eseguire; il movimento di lavoro, rotatorio, è posseduto dal pezzo, fissato ad un organo di presa che solitamente è una *piattaforma autocentrante* (fig. 59); il movimento di alimentazione è posseduto dall'utensile, ancorato ad una serie di slitte che gli permettono lo spostamento longitudinale, trasversale e la rotazione intorno ad un asse verticale.

La figura 61 mette in evidenza le parti essenziali di un tornio parallelo. Gli utensili adoperati per l'asportazione di

a,
b,
c)
d,
e)
f
g,
h,
i),
l)

F
u

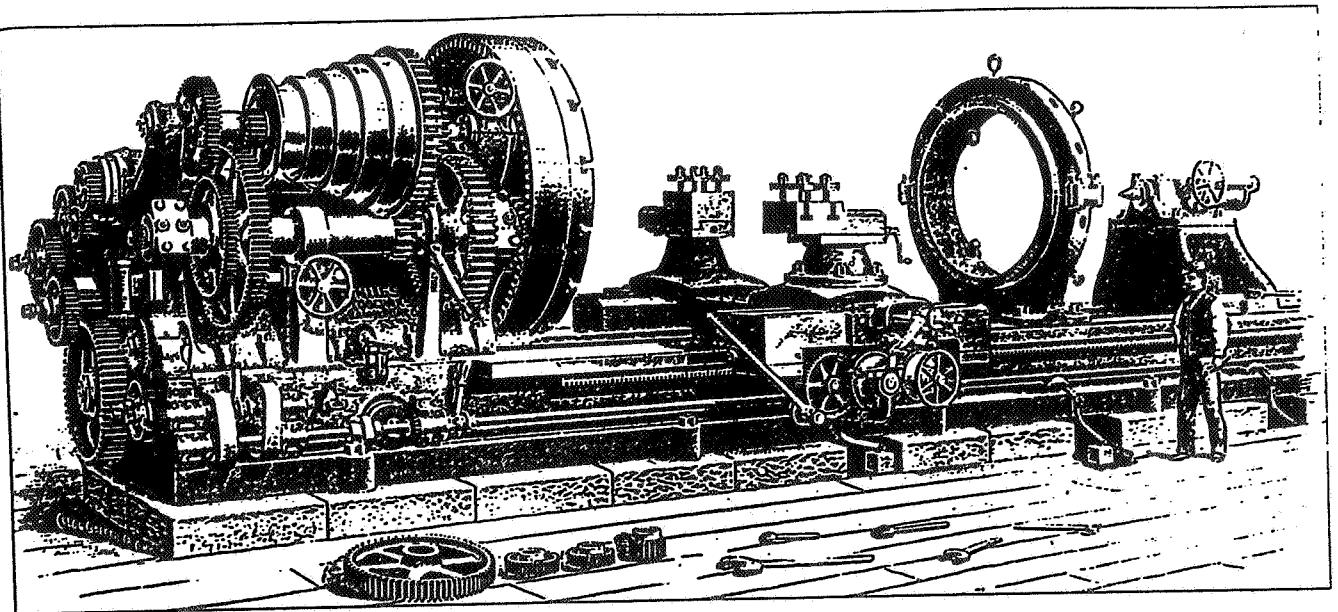
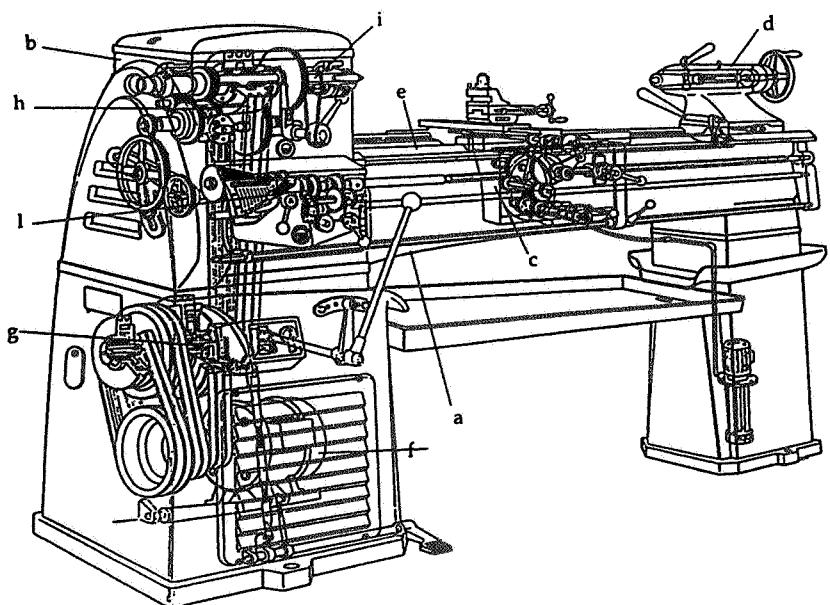


Fig. 60. Un gigantesco tornio, agli inizi dell'era industriale.



- a) bancale;
- b) testa motrice;
- c) carro;
- d) controtesta;
- e) guide;
- f) motore elettrico;
- g) innesto;
- h) cambio velocità;
- i) mandrino;
- l) cambio velocità avanzamento.

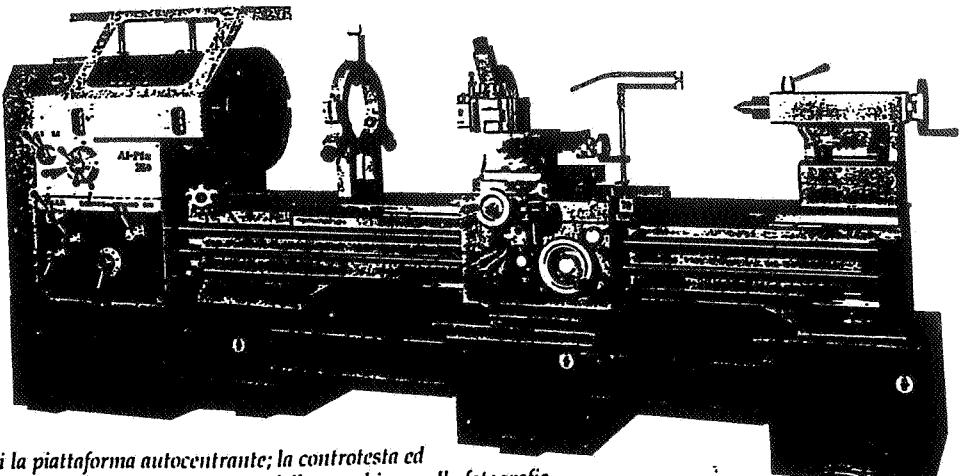


Fig. 61. Il tornio parallelo: sono visibili la piattaforma autocentrante; la controtesta ed una lunetta d'appoggio intermedia nel disegno sono indicate le parti della macchina, nella fotografia.

truciolo in tornitura sono detti *monotaglianti* o a tagliente singolo, e presentano angoli di taglio caratteristici i cui valori influenzano la formazione del truciolo, il grado di finitura delle superfici e la produzione. I materiali più utilizzati sono gli acciai rapidi e i carburi sinterizzati (fig. 62). Gli utensili per tornitura sono oggi sempre più del tipo ad inserti col fissaggio meccanico allo stelo; infatti, la possibilità di una rapida sostituzione, l'eliminazione dell'affilatura, la pronta disponibilità e il basso costo sono i fattori che hanno determinato la diffusione di questi inserti, soprattutto per la produzione

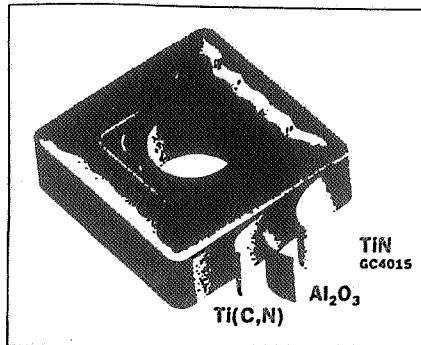
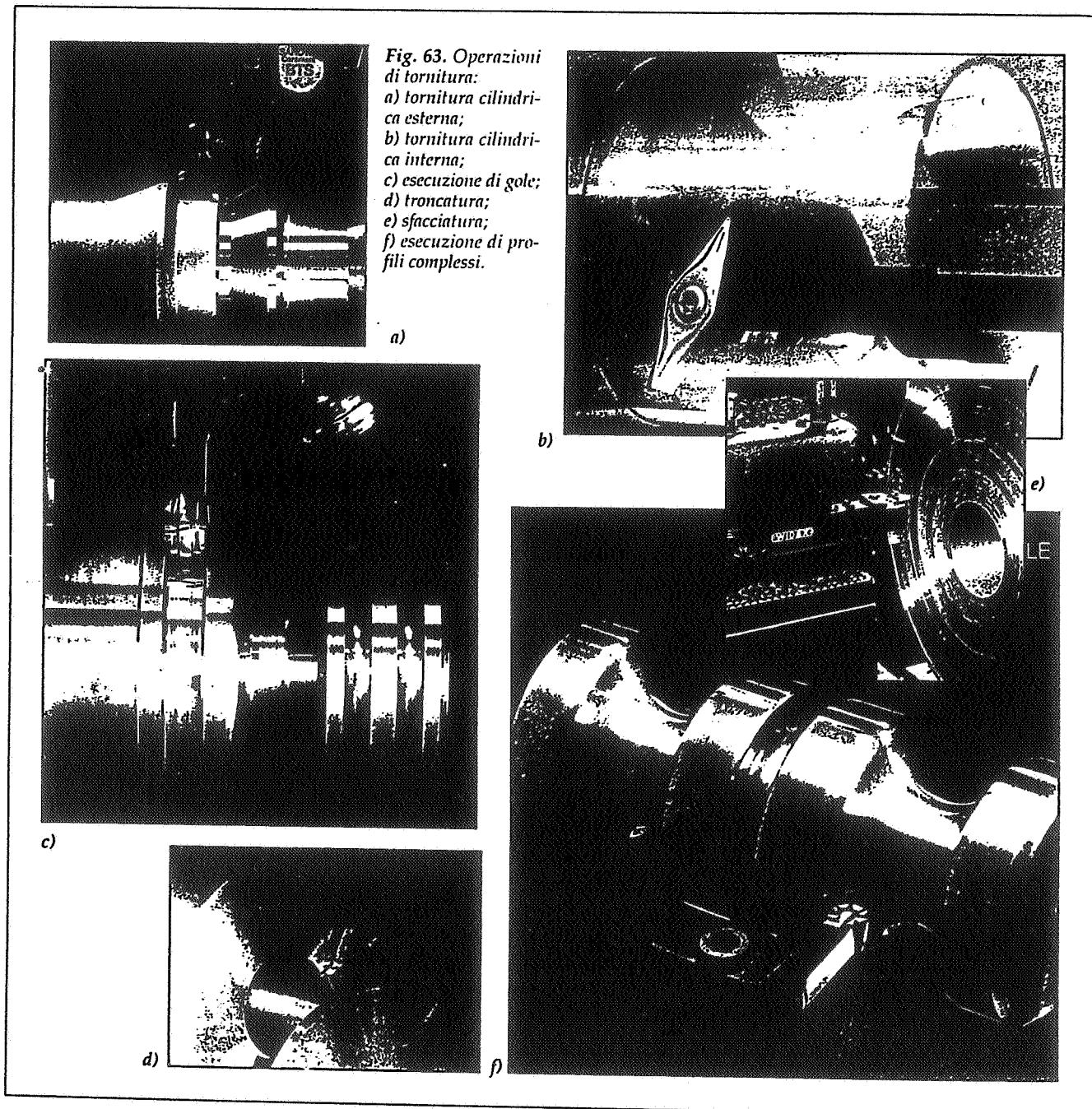


Fig. 62. Inserto in carburo sinterizzato con rivestimenti multistrati (ossido di alluminio, nitruro di titanio, ecc.).

in grande serie. La figura 63 mostra dei tipici utensili per lavorazioni di esterni e d'interni con le corrispondenti singolarità geometriche che possono essere lavorate; il controllo numerico permette di combinare opportunamente i due movimenti dell'utensile ed è possibile ottenere delle superfici a forma complessa.

I fori da centro

Molte volte per poter eseguire correttamente la lavorazione, è necessario montare i pezzi tra punta e contro-punta, e quindi sul pezzo è opportu-



no e
con
te d
UN
mei
ve d
sent
sem
un'
me
mor
La r
le p
ta e
dei
pres
a) q
ster
lava
tazi
65a,
dim
b) se
funz
esse
c) se
sul
mot
da u
l'inc
gna;

Tab.
centi

Fig.
ro co

no eseguire dei fori, detti *fori da centro*, con conicità eguale a quella della punta della macchina utensile; la norma UNI 3220-74 stabilisce le forme e le dimensioni dei fori da centro, e le relative designazioni (tab. IV); da tener presente che il foro da centro viene quasi sempre eseguito sul tornio prima di un'operazione di foratura assiale, come foro di guida della *punta elicoidale*, montata sulla *contropunta* (fig. 64).

La norma UNI 8189 stabilisce le regole per la rappresentazione semplificata e la designazione nei disegni tecnici dei fori da centro; infatti si possono presentare i tre casi seguenti:

- quando il foro da centro deve esistere sul pezzo finito, per esigenze di lavorazioni periodiche, la rappresentazione deve essere quella di figura 65a, cioè con l'indicazione di forma e dimensioni;
- se il foro da centro non ha requisiti funzionali, la rappresentazione può essere omessa nel disegno (fig. 65b);
- se il foro da centro è stato eseguito sul pezzo, ma deve essere rimosso per motivi funzionali, il simbolo grafico da usare è quello di figura 65c, con l'indicazione facoltativa della designazione.

TIPO A
(senza smusso di protezione)

TIPO B
(con smusso di protezione)
per $d > 1$ mm

TIPO R
(a profilo curvilineo)
per $d > 1$ mm

d	D		l min.		r
	Tipo A e R	Tipo B	Tipo A e R	Tipo B	
0,5	1,06	—	1,10	—	—
0,63	1,32	—	1,40	—	—
0,8	1,70	—	1,70	—	—
1	2,12	3,15	2,10	2,40	3,15
1,25	2,65	4	2,60	3,0	4,0
1,6	3,35	5	3,20	3,70	5,0
2	4,26	6,3	4,10	4,70	6,3
2,5	5,30	8	5,10	5,90	8,0
3,15	6,70	10	6,50	7,50	10,0
4	8,50	12,5	8,20	9,40	12,5
5	10,60	16	10,10	11,70	16,0
6,3	13,20	18	12,60	14,0	20,0
8	17,00	22,4	16,30	17,90	25,0
10	21,20	28	20,20	22,20	31,0

Tab. IV. Tipi, forme e dimensioni dei fori da centro secondo la UNI 3220-74.

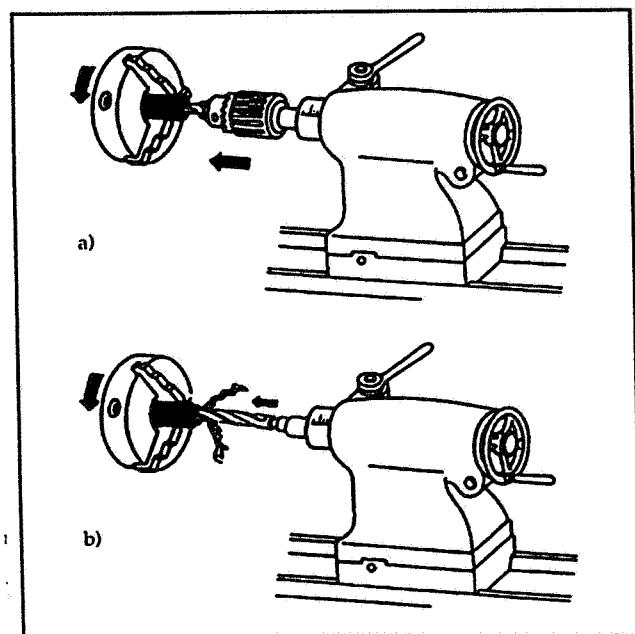


Fig. 64. Operazione di foratura al tornio, b) con preparazione del foro con la punta da centri a).

Rappresentazione	Designazione
	B 2,5 UNI 3220 a
	B 2,5 UNI 3220 b
	B 2,5 UNI 3220 c

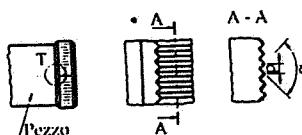
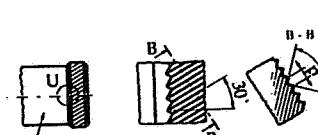
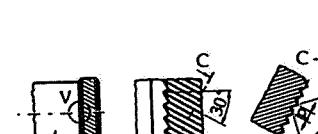
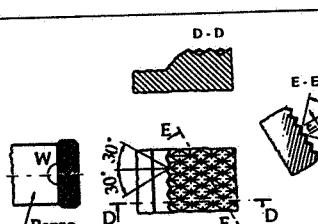
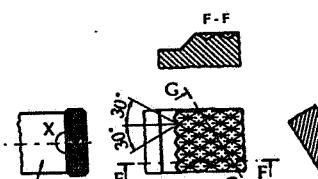
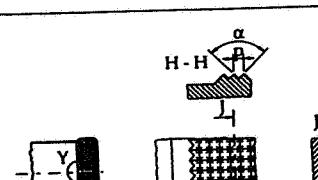
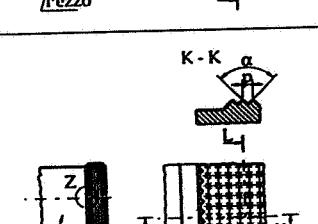
Fig. 65. Rappresentazione semplificata dei fori da centro secondo la UNI 8189. In tutti i casi, se il tipo di foro da centro può essere lasciato all'iniziativa del costruttore, non occorre la designazione sulla rappresentazione.

La zigrinatura o godronatura

Questa lavorazione, a differenza delle altre, avviene senza asportare il truciolo, ma semplicemente deformando plasticamente la superficie esterna del pezzo, mediante un utensile sagomato detto godrone (fig. 66); questo tipo di impronta superficiale può avere molteplici scopi, tra i quali quello di consentire e facilitare la presa ed i movimenti del pezzo.

Le forme, le dimensioni e le modalità di rappresentazione semplificata delle zigrinature sono espresse nella norma UNI 149 (tab. V); la designazione delle zigrinature è composta nell'ordine:

- dalla denominazione zigrinatura;
- dal riferimento alla norma UNI 149;
- dal simbolo identificativo della forma;
- dal valore del passo in mm;
- dal valore dell'angolo α , se diverso da 90° .

Denominazione	Rappresentazione
A ZIGRINATURA PARALLELA	
B ZIGRINATURA SINISTRA	
C ZIGRINATURA DESTRA	
D ZIGRINATURA SPINATA IN RILIEVO	
E ZIGRINATURA SPINATA INCAVA	
G ZIGRINATURA INCROCIATA IN RILIEVO	
H ZIGRINATURA INCROCIATA INCAVATA	

Tab. V. Forme, dimensioni e rappresentazione delle zigrinature secondo la norma UNI 149.

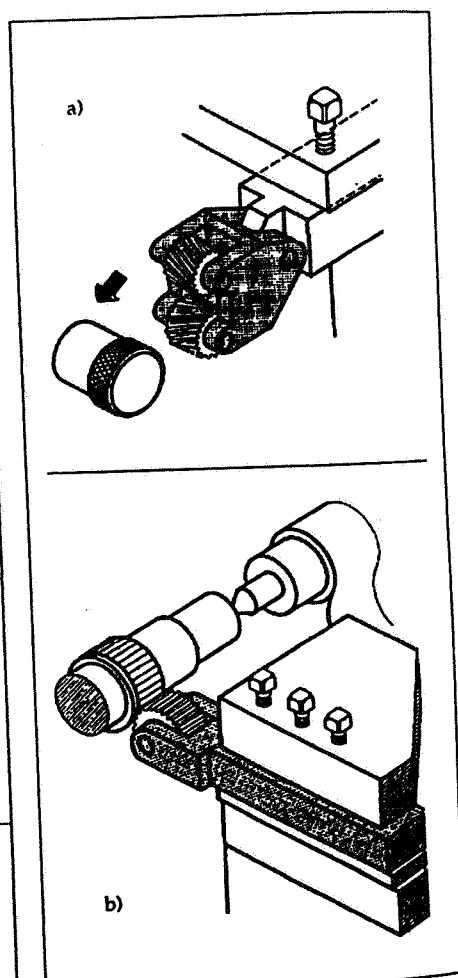


Fig. 66. L'operazione di godronatura o zigrinatura al tornio:
a) zigrinatura spinata;
b) zigrinatura parallela.

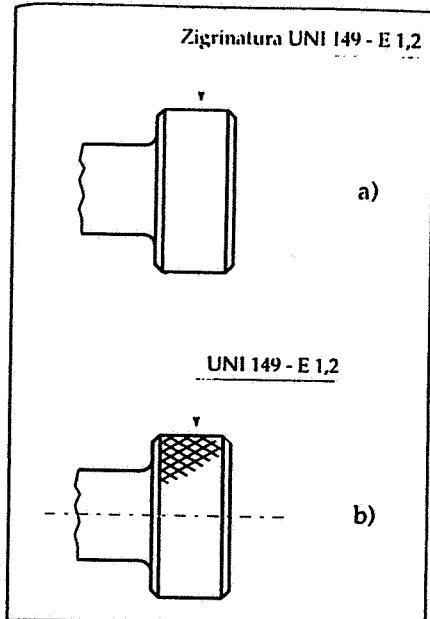


Fig. 67. Rappresentazione semplificata di zigrinature senza tratteggio (a) e con l'indicazione parziale del tratteggio (b).

Una zigrinatura spinata incavata (forma E), avente passo 1,2 mm ed angolo $\alpha = 105^\circ$, viene designata con l'indicazione:

Zigrinatura UNI 149-E 1,2x105

La figura 67a riporta la rappresentazione convenzionale semplificata di una zigrinatura su una superficie di un pezzo; in alternativa è possibile indicare con linee continue fini B il tipo di zigrinatura, secondo le indicazioni della tabella VI, come si vede dalla figura 67b; in questo caso si omette l'indicazione zigrinatura nella designazione. Si noti che non essendovi asportazione, ma spostamento di materiale, il diametro del pezzo dopo zigrinatura è leggermente superiore a quello iniziale.

Forma della zigrinatura		Rappresentazione
Simbolo	Denominazione	
A	Zigrinatura parallela	
B	Zigrinatura sinistra	
C	Zigrinatura destra	
D	Zigrinatura spinata in rilievo	
E	Zigrinatura spinata incavata	
G	Zigrinatura incrociata in rilievo	
H	Zigrinatura incrociata incavata	

Tab. VI. Tipi di tratteggio da usare nel caso della rappresentazione di figura 67b.

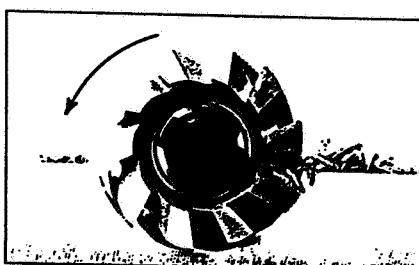


Fig. 68. Modalità di lavoro nell'operazione di fresatura periferica.

domina il taglio continuo, la fresatura avviene con taglio intermittente e quindi ogni tagliente, durante il suo giro, viene sottoposto a forti variazioni di temperatura, cioè ad una temperatura elevata durante l'asportazione di truciolo, e ad un raffreddamento quando il tagliente non si trova in contatto col pezzo.

A seconda del fatto che l'asse di rotazione della fresa sia parallelo o perpendicolare alla superficie da lavorare, si ha la fresatura periferica o frontale.

Il rendimento di un sistema di fresatura frontale è in genere superiore a quello della fresatura periferica, sia

come qualità della superficie lavorata, sia come volume di truciolo asportato nel tempo.

Come si vede dalla figura 69, è possibile utilizzare in fresatura una vasta gamma di utensili per operare su superfici piane, o sagomate, come ad esempio il taglio delle ruote dentate con frese di forma (fig. 70).

I materiali più usati per le frese sono i carburi sinterizzati e gli acciai super-rapid, questi ultimi utilizzati soprattutto per utensili massicci, dove consentono di realizzare passi dei denti molto stretti e grandi angoli di spoglia frontale.

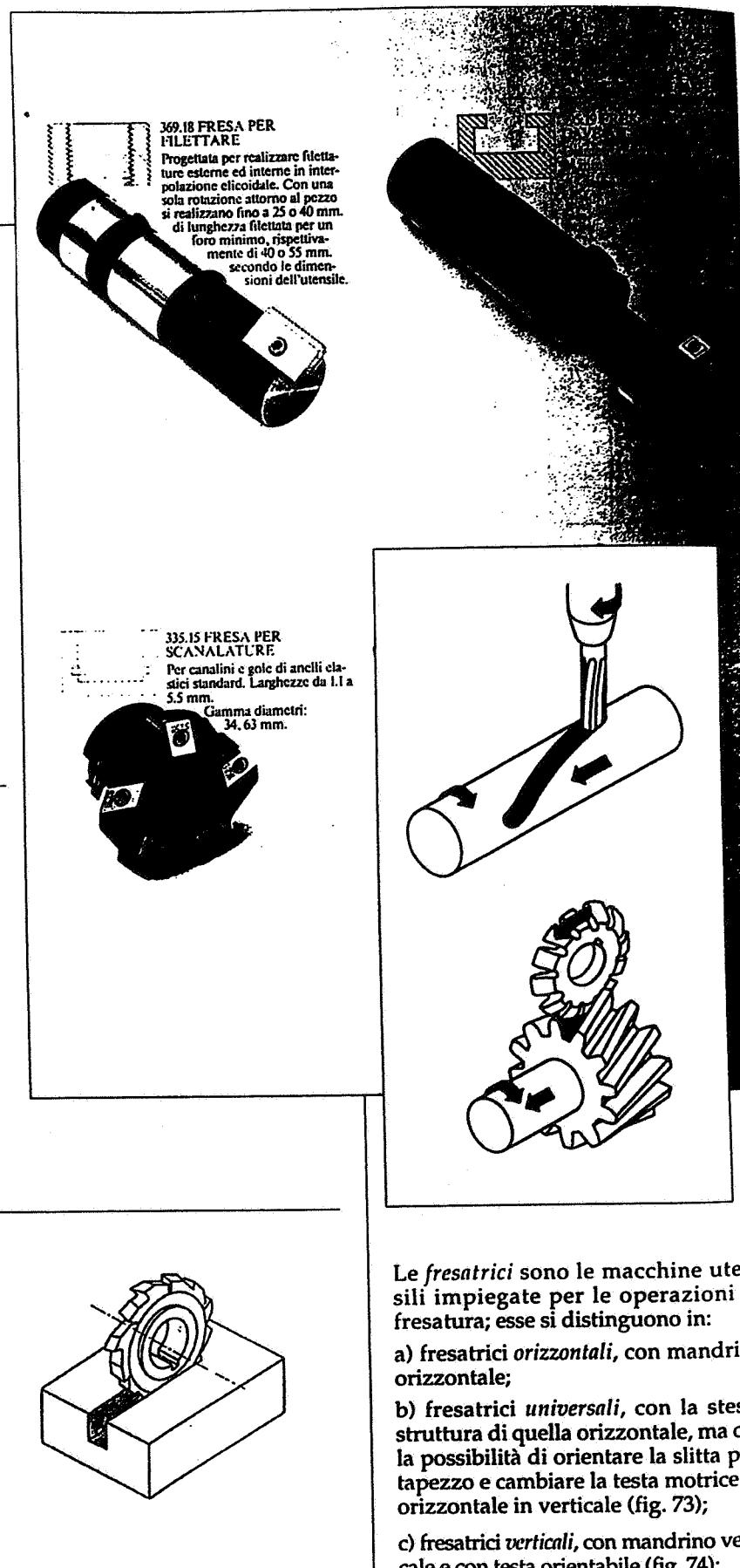
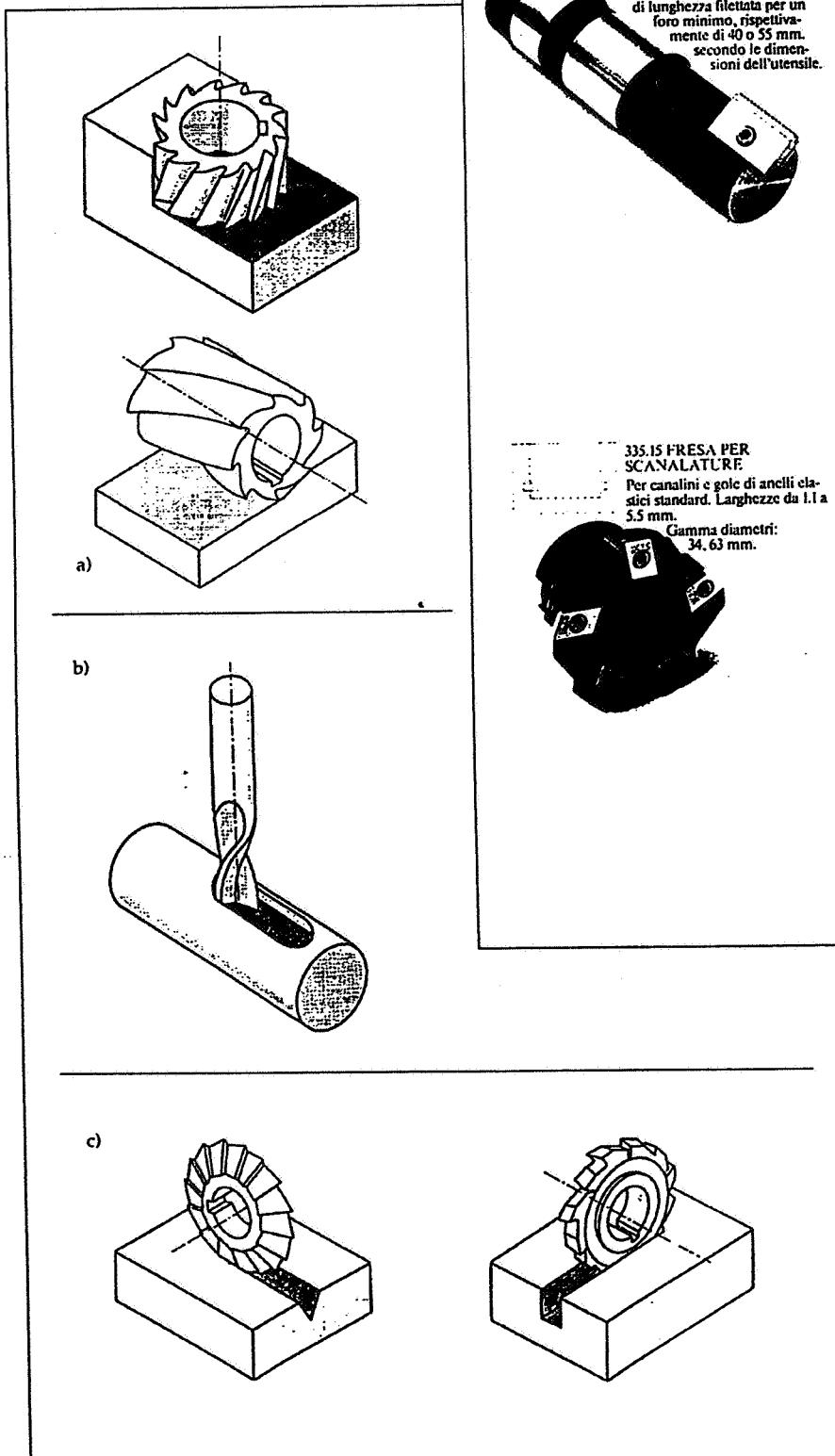
I carburi si usano sotto forma di inserti che vengono saldati o fissati meccanicamente allo stelo mediante viti o tasselli e spine coniche (fig. 71); anche in questo caso, quanto un tagliente è usurato, è sufficiente ruotare l'inserto anziché riaffilare.

Le frese con placchette di carburo sono oggi sempre più utilizzate perché consentono l'uso di alte velocità di taglio, riduzione dei tempi di messa a punto e cambio utensile, forti volumi di asportazione e un'ottima finitura superficiale.

LA FRESATURA

A differenza della tornitura, nella fresatura l'utensile possiede il movimento rotatorio di taglio, mentre il movimento di avanzamento viene conferito al pezzo; un'altra differenza con la tornitura consiste nel fatto che la sezione del truciolo staccato dall'utensile in lavoro non è costante, ma varia su tutta la lunghezza (fig. 68); inoltre, mentre in tornitura pre-

Fig. 69. Operazioni di fresatura: a) spianatura con fresa cilindrica ad azione periferica in basso e fresa cilindrico-frontale in alto; b) taglio di scanalature con fresa cilindrico-frontale a due o più taglienti con codolo; c) taglio di cave con fresa a disco o sagomate.



Le **fresatrici** sono le macchine utensili impiegate per le operazioni di fresatura; esse si distinguono in:

- a) **fresatrici orizzontali**, con mandrino orizzontale;
- b) **fresatrici universali**, con la stessa struttura di quella orizzontale, ma con la possibilità di orientare la slitta portapezzo e cambiare la testa motrice da orizzontale in verticale (fig. 73);
- c) **fresatrici verticali**, con mandrino verticale e con testa orientabile (fig. 74);

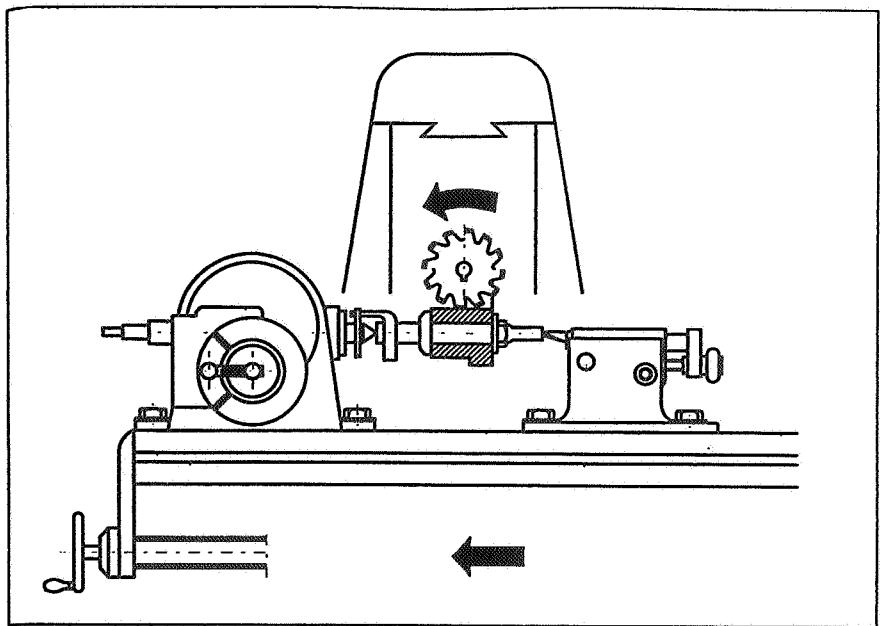


Fig. 70. Taglio di ruote dentate realizzato mediante fresatura.

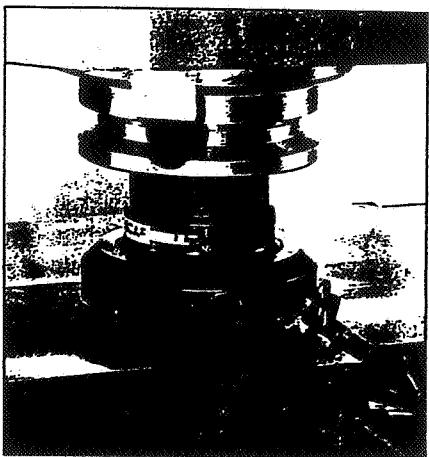


Fig. 71. Fresa ad inserti, per spianare, ad azione frontale.

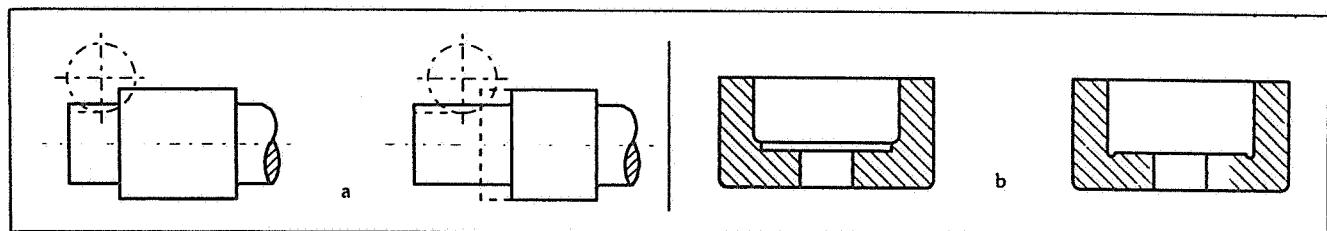


Fig. 72. Nel caso del disegno di pezzi fresati, è opportuno che il progettista preveda gli opportuni scarichi dell'utensile e quindi ad esempio maggiori la lunghezza dell'albero per la lavorazione della cava di figura 72a, oppure inserisca una cavità di scarico come in figura 72b.

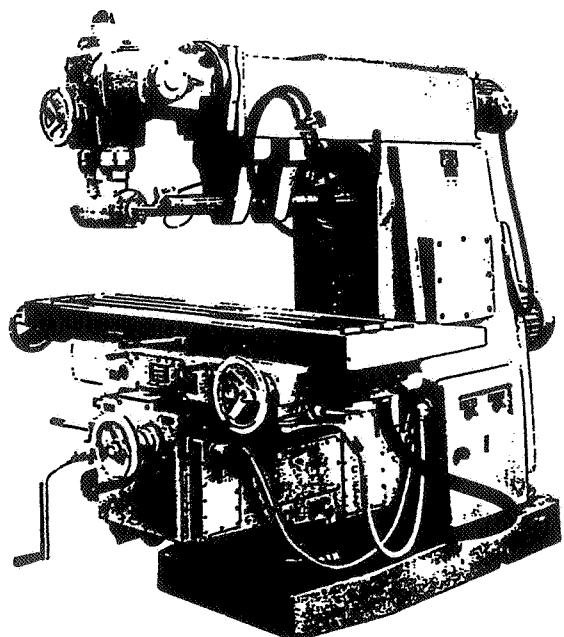


Fig. 73. Fresatrice universale: oltre all'orientamento della tavola portapezzo, è possibile montare un albero portamandrino orizzontale o verticale.

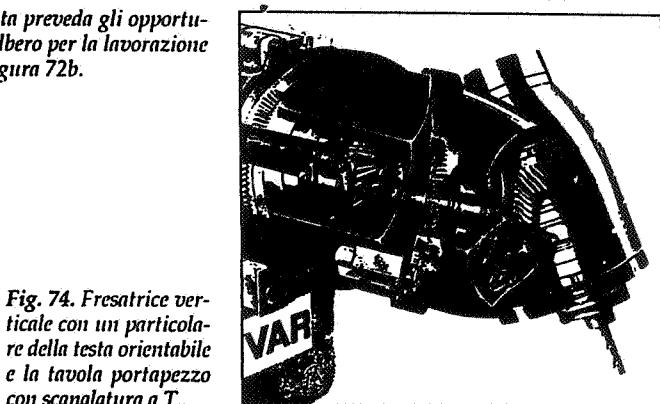
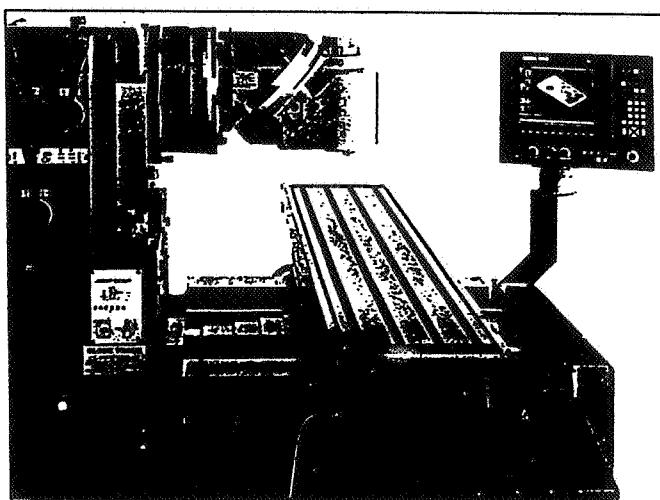


Fig. 74. Fresatrice verticale con un particolare della testa orientabile e la tavola portapezzo con scanalatura a T.



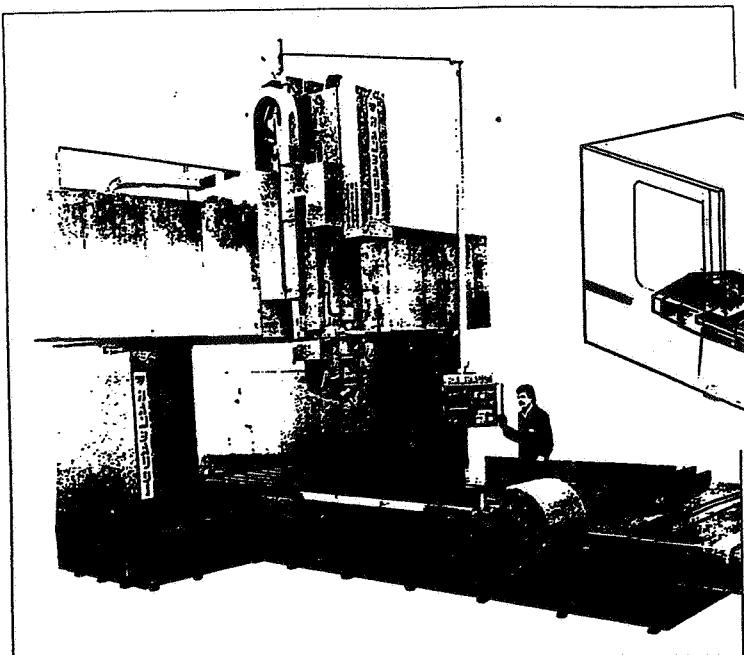


Fig. 75. Fresatrice a portale, a cinque assi controllata.

d) fresatrici *speciali*, come quella per attrezzi, o a più teste portamandri-
no (fig. 75).

Come si è visto nei precedenti para-
grafi, le fresatrici moderne sono dota-
te di controllo CNC su più assi con-
temporaneamente, permettendo di
svolgere lavorazioni speciali, con
grande flessibilità, come la fresatura
di stampi (fig. 76).

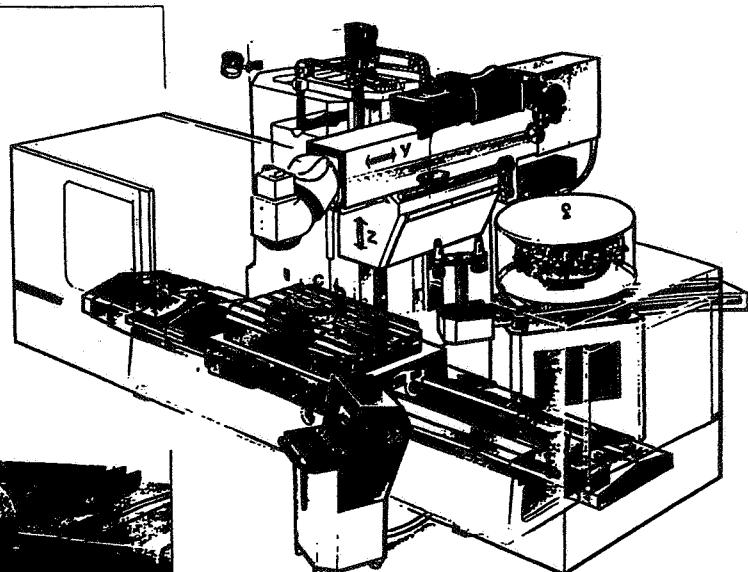


Fig. 76. Una moderna fresatrice universale a CNC con mandrino verticale.

LE OPERAZIONI DI FORATURA E DI ALESATURA

La *foratura* è una lavorazione ad aspor-
tazione di truciolo con la quale si prati-
cano dei fori nel materiale (oppure si
può modificare la forma e le dimensio-
ni dei fori stessi) mediante un utensile
dotato di moto di taglio rotatorio e che
comple l'avanzamento in direzione

dell'asse del moto di taglio. Con *alesa-
tura* si indica la finitura di un foro ese-
guito con una precedente operazione
di foratura.

I procedimenti di foratura possono es-
sere classificati in (fig. 77):

- a) *centratura*;
- b) *foratura circolare del pieno*;
- c) *allargatura*, usata per ingrandire o profilare un foro già esistente;
- d) *alesatura cilindrica e conica*, che permette di rifinire una superficie in-
terna cilindrica o conica, asportando un leggero sovrametallo, in modo da ottenere elevata precisione dimensio-
nale, geometrica e buona finitura su-
perficiale;
- e) *lamatura* che permette di effettuare la spianatura di superfici ortogonali all'asse di rotazione del movimento di taglio;
- f) *svasatura*, che impiega un utensile profilato per produrre superfici di ri-
voluzione interne, definite dal profilo dei taglienti;
- g) *maschiatura*.

Le *punte elicoidali* o *punte ad elica* sono gli utensili a forare più usati (fig. 79a); vengono costruite in acciaio speciale, e sono formate da un corpo cilindrico nel quale sono ricavate due scanalatu-
re elicoidali inclinate simmetricamen-
te rispetto all'asse e con una troncatu-
ra all'estremità con angolo al vertice che è solitamente di 118°. La funzione della scanalatura è quella di evadere i trucioli prodotti e di convogliare nel-
la zona di lavoro i liquidi lubrorefri-

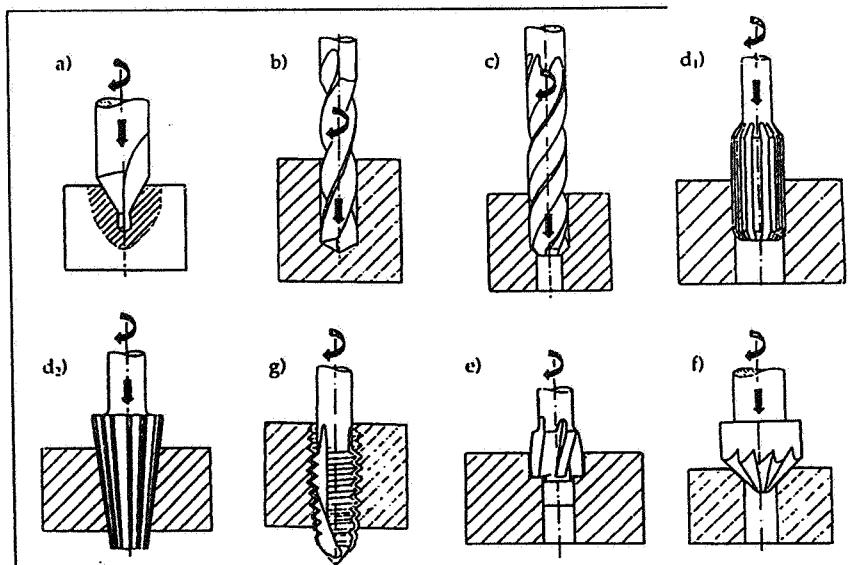


Fig. 77. I principali procedimenti per la lavorazione dei fori.

TRAPANO

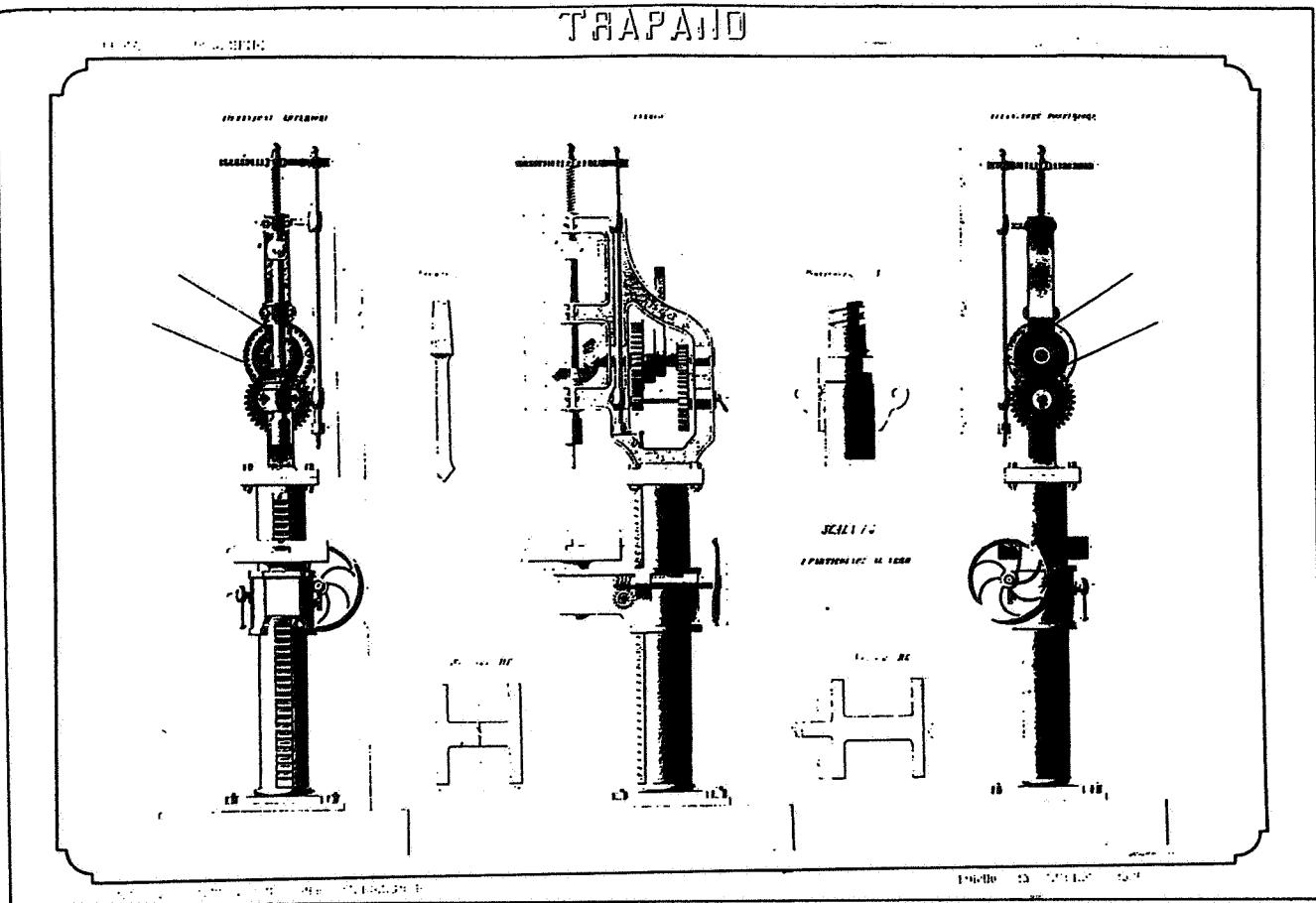


Fig. 78. Un ottocentesco trapano a colonna (si noti la punta a lancia, non essendovi ancora le punte elicoidali).

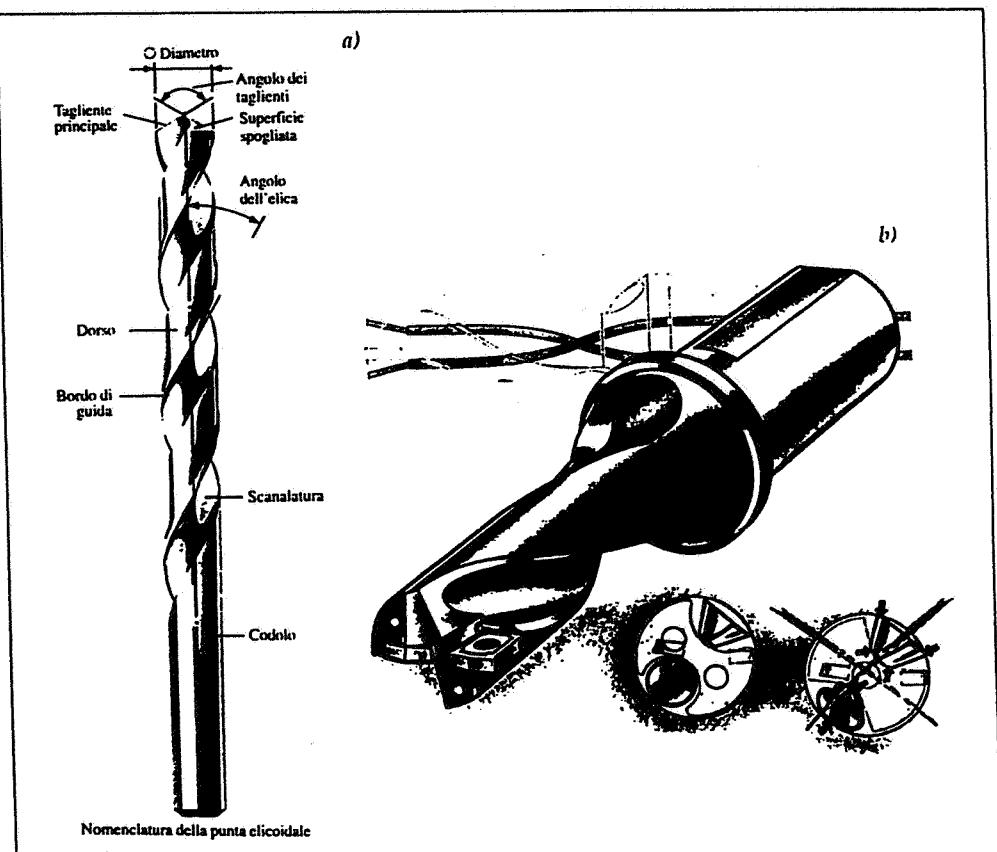


Fig. 79. La punta elicoidale (a) con taglienti riportati e fori di lubrificazione e raffreddamento (b).

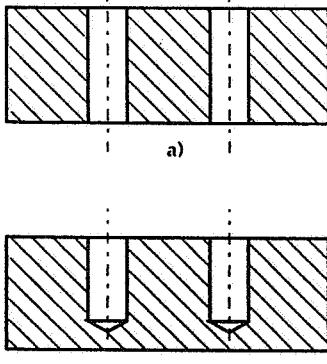


Fig. 80. Fori passanti (a) e ciechi (b).

geranti. Per il fissaggio della punta elicoidale al mandrino della macchina, la punta è dotata di un corpo cilindrico o conico, chiamato *codolo*.

La lavorazione con punte elicoidali determina sempre una finitura mediocre delle superfici, con l'impossibilità di realizzare tolleranze ristrette; inoltre si produce solitamente un foro maggiore del diametro nominale della punta, con una variazione che mediamente è attorno all'1%; per questi motivi dopo la foratura si richiede quasi sempre l'impiego degli alesatori.

L'uso delle punte ad *inserto* e con canali interni (fig. 79b) ha permesso di aumentare notevolmente la velocità di taglio nelle operazioni di foratura; queste punte, lavorando ad alta velocità asportano grandi quantità di trucioli nell'unità di tempo, per cui diventa d'estrema importanza l'evacuazione dei trucioli; per questo scopo sono dotati di due condotti interni al corpo per portare il liquido refrigerante ai taglienti oltre alle scanalature esterne lungo le quali vengono allontanati i trucioli.

Per quanto riguarda il disegno di organi meccanici che prevedono operazioni di foratura, è da precisare che esistono due tipi di fori, i fori *passanti* che attraversano con tutto il loro trattato cilindrico lo spessore del pezzo (fig. 80a) ed i fori *ciechi*, che terminano dentro la massa del pezzo (fig. 80b); da tener presente che, nel caso dei fori ciechi, la punta elicoidale lascia l'impronta relativa al cono terminale, stabilita convenzionalmente circa 120°, e quindi bisogna evitare la rappresentazione errata come quella di figura 81a.

È necessario inoltre che la superficie del pezzo da forare risulti perpendi-

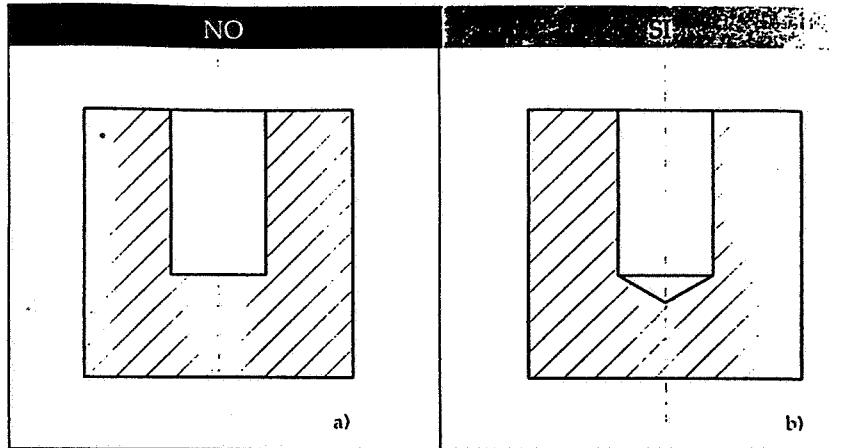


Fig. 81. Nel disegno dei fori ciechi bisogna ricordare l'uso della punta elicoidale con cono terminale di 118°; questo valore nel disegno viene arrotondato a 120°.

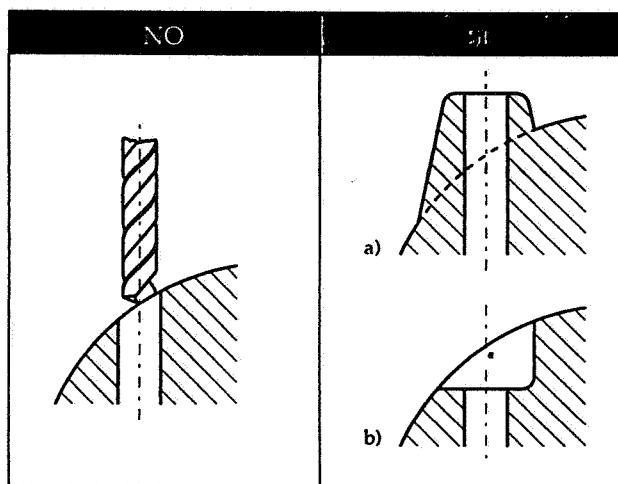


Fig. 82. I fori devono risultare sempre perpendicolari alla superficie del pezzo; in caso contrario, prevedere ringrossi o incassature.

colare all'asse dell'utensile per evitare deviazioni; per questo motivo, nei pezzi ricavati per fusione, nella zona del foro viene ricavato un ringrosso, detto in gergo *borchia* o *formaggella*, che permette di realizzare le condizioni richieste sia per i fori che per l'appoggio delle teste o dei dadi di fissaggio delle viti (fig. 82a); un altro metodo è quello di prevedere opportune incassature (fig. 82b).

Altra raccomandazione consiste nel-

l'evitare per quanto possibile i fori ciechi, poiché il foro passante richiede meno tempo per controlli e consente un più agevole scarico dei trucioli (fig. 83).

La macchina utensile destinata alla lavorazione di fori viene chiamata *trapano* o *trapanatrice*, con moto rotatorio trasmesso all'utensile mediante un motore elettrico ed un cambio di velocità, ed un moto di avanzamento, pos- seduto dall'utensile, che può essere

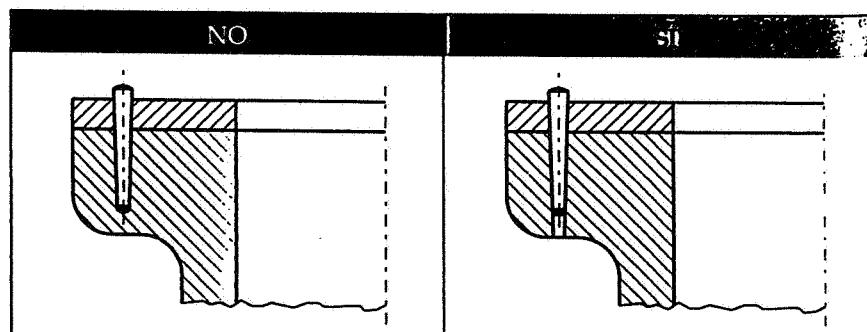


Fig. 83. L'utilizzo di fori passanti nel collegamento con spine coniche o cilindriche permette un più agevole scarico dei trucioli sia durante la foratura che nella successiva alesatura.

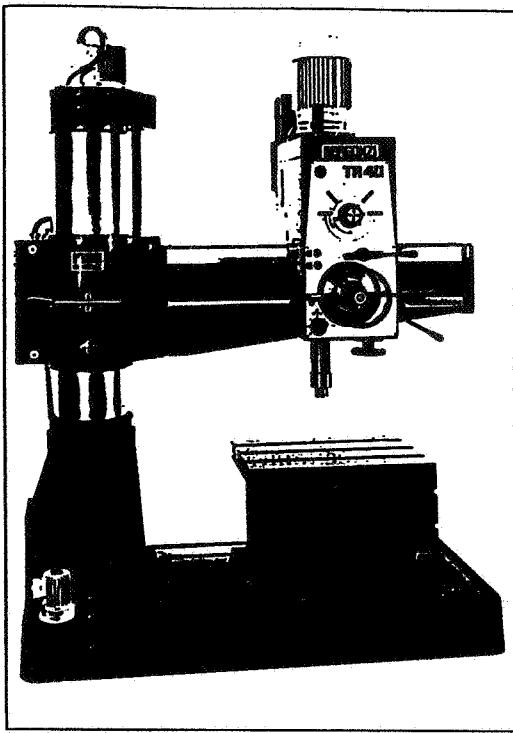


Fig. 84. Il trapano radiale.

manuale o automatico. Il *trapano a montante*, viene utilizzato per la foratura con punte anche di grande diametro, mentre il trapano radiale o a bandiera (fig. 84) viene impiegato invece su pezzi particolarmente ingombranti, data la possibilità di posizionare l'asse del mandrino in una vasta zona di lavoro.

Le *alesatrici* invece sono macchine di grande precisione e flessibilità operativa, sulle quali si possono eseguire altre operazioni oltre a quelle di alesatura (fig. 85).

Fig. 85. L'alesatrice orizzontale.
Grazie alla loro versatilità, il loro impiego risulta economico quando, su un pezzo di notevole dimensione, è necessario eseguire molte operazioni (foratura, fresatura, filettatura, ecc.).

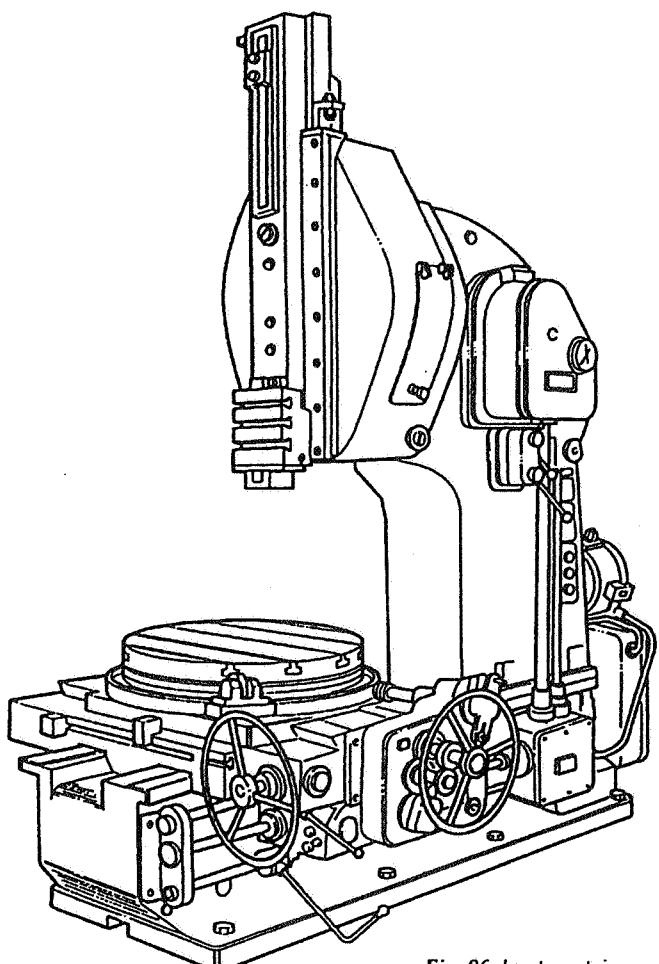
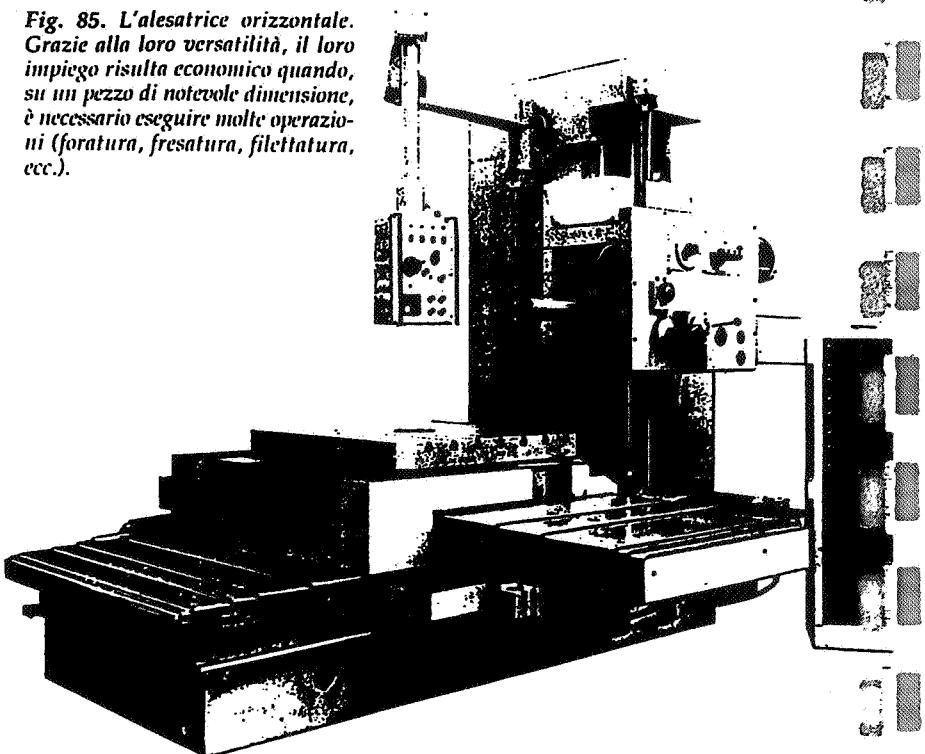


Fig. 86. La stozzatrice o mortasatrice.

LA STOZZATURA E LA BROCCIATURA

La stozzatura è una lavorazione che permette di ottenere scanalature verticali diritte e sagomate, col moto di taglio rettilineo-alternativo assunto dall'utensile e moto di avanzamento posseduto dal pezzo; la macchina utensile usata viene chiamata *stozzatrice* o *mortasatrice* (fig. 86). La tavola portapezzo è di solito circolare, con la possibilità di un movimento a croce e di rotazione intorno ad un asse verticale; la figura 87 mette in evidenza le modalità di lavoro di questa macchina nel caso di una lavorazione di cave

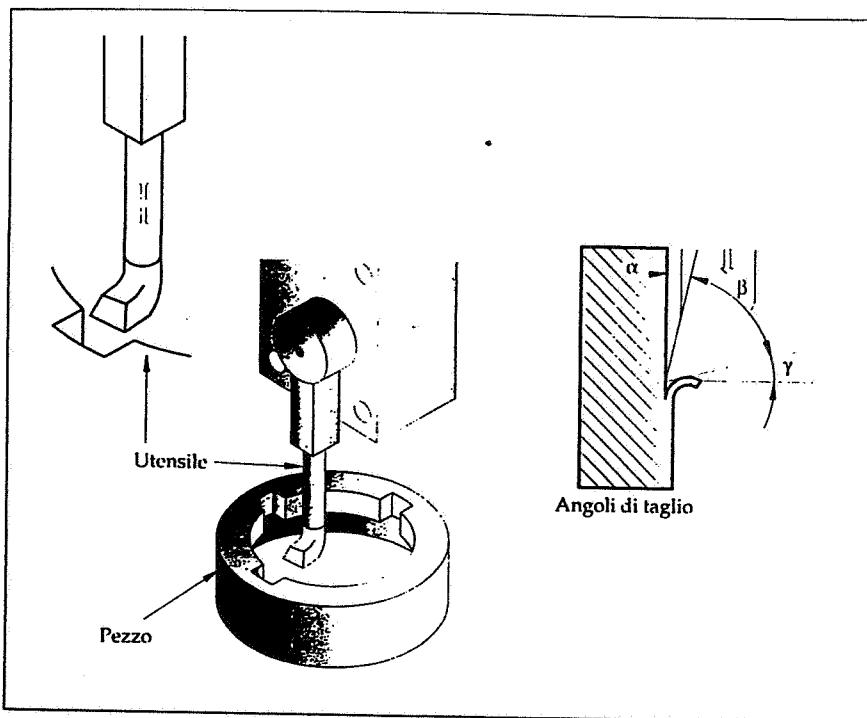


Fig. 87. Modalità di lavoro su una stozzatrice.

multiple: la rotazione, a intervalli prefissati, della tavola permette la lavorazione delle cave successive.

Particolare attenzione bisogna porre nel disegno dei pezzi prodotti per stozzatura, in quanto la cava viene ottenuta in più passate in modo da raggiungere la profondità voluta; per questo motivo, è opportuno prevedere opportuni scarichi dell'utensile (fig. 88).

La brocciatura consiste nell'asportazione progressiva di truciolo mediante un unico passaggio di un utensile, chiamato broccia, (in genere molto costoso) che possiede sul suo corpo una successione ordinata di taglienti. I tipi di profilo e le modalità di lavoro di questo procedimento sono indicate in figura 89.

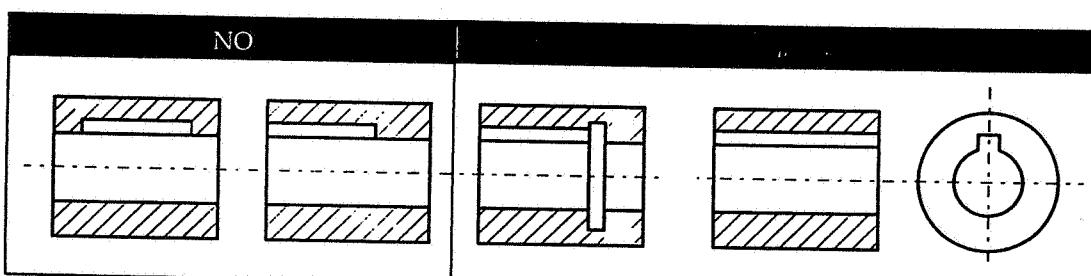
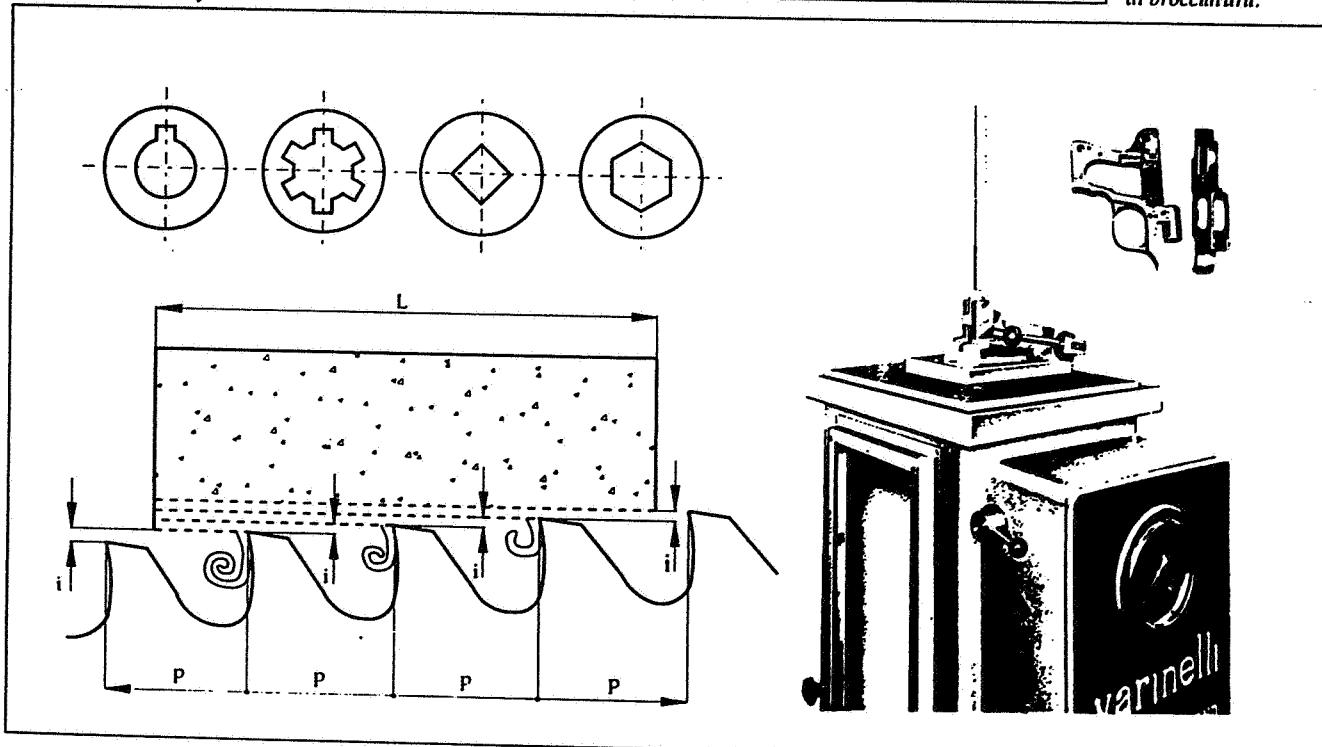


Fig. 88. Accorgimenti da prevedere nel disegno di pezzi ottenuti per stozzatura (la soluzione migliore è l'ultima a destra).

Fig. 89. L'operazione di brocciatura.



LA RETTIFICA

La *rettifica* (denominata anche *rettificatura*) è una lavorazione ad asportazione di truciolo eseguita con un utensile con taglienti a geometria indefinita chiamato *mola*, costituita da un gran numero di *grani abrasivi* tenuti insieme da un agglomerante (fig. 90).

Il truciolo prodotto si presenta sotto forma di minutissime particelle metalliche che, per le alte temperature che si sviluppano nella zona di taglio conseguenti all'elevata velocità di taglio della mola, diventano incandescenti. Quest'operazione viene impiegata quando è richiesta una buona finitura superficiale e una elevata precisione dimensionale, su pezzi in genere già lavorati precedentemente per asportazione di truciolo e successivamente sottoposti ad un trattamento termico di bonifica. Infatti per l'elevata durezza

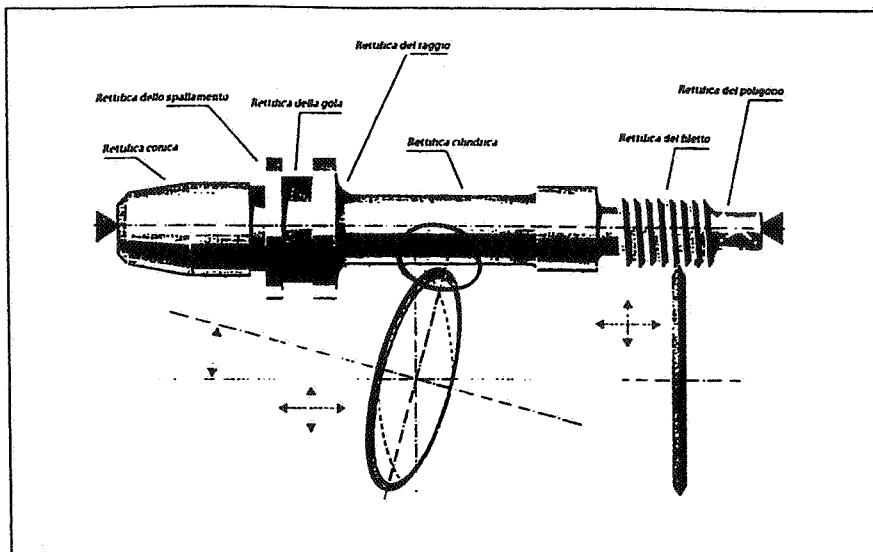


Fig. 92. Alcune lavorazioni nella rettifica in tondo per esterni.

acquisita col trattamento termico, tali pezzi non potrebbero essere facilmente lavorati su altre macchine utensili. Con i progressi tecnici degli ultimi anni vi è stato un progressivo ampliamento del campo di impiego della rettifica. Infatti, mentre questa lavorazione in tempi passati era intesa come un'operazione di completamento di precedenti fasi di sgrossatura e finitura con asportazione di truciolo, oggi si rettificano pezzi senza alcuna lavorazione preliminare, ottenendo una buona finitura superficiale e tolleranze dimensionali nei limiti prescritti.

Le diverse operazioni di rettifica vengono classificate, oltre che secondo lo scopo della lavorazione e la forma delle superfici da ottenere, anche per il modo in cui sono impartiti i moti di taglio, di alimentazione e di appostamento dell'utensile.

un'operazione più delicata e costosa rispetto a quella esterna, poiché la mola è solitamente di piccolo diametro e quindi ruota ad un elevato numero di giri. L'estesa area di contatto pezzo-utensile determina una pressione unitaria ridotta: per questo motivo si richiede una scelta accurata delle caratteristiche della mola e dei parametri di rettifica. Inoltre, l'utensile viene montato a sbalto e quindi il mandrino deve essere dotato di elevata rigidezza al fine di impedire inflessioni che possono essere causa di contatto intermittente tra mola e superficie del pezzo.



Fig. 90. Tipi di mole abrasive.

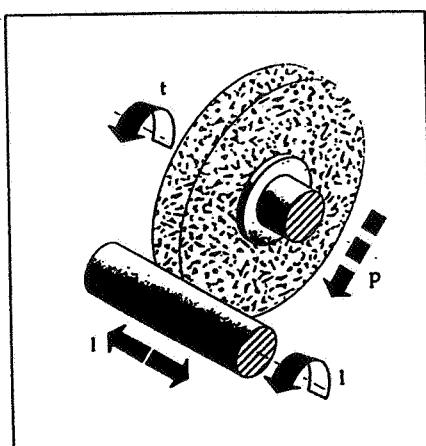


Fig. 91. I moti di taglio (t), di alimentazione (l) e appostamento (p) della rettifica in tondo per esterni.

Rettifica in tondo

Mediante questo tipo di operazione, si possono rettificare superfici cilindriche o coniche (sia esterne che interne). Nella rettifica in tondo per esterni il moto di taglio è posseduto dalla mola, che ruota attorno al proprio asse (fig. 91).

Il moto di alimentazione è composto dal moto rotatorio del pezzo (nello stesso senso di quello della mola) e da un moto rettilineo alternativo.

Il movimento di registrazione determina la profondità di passata ed ha direzione radiale con spostamento rettilineo ed intermittente, cioè avviene nell'istante dell'inversione del movimento longitudinale del pezzo. La rettifica in tondo per interni (fig. 93) è

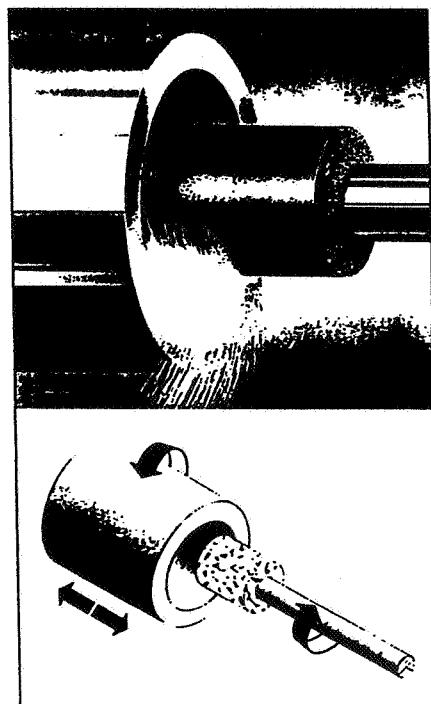


Fig. 93. La rettifica in tondo per interni.

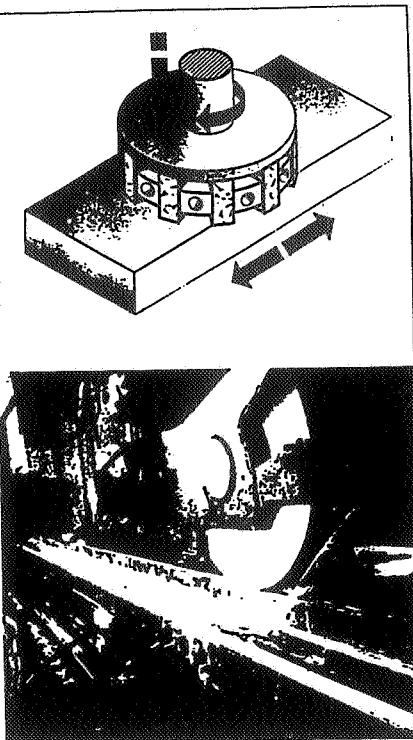


Fig. 94. Rettifica piana frontale con mola a settori abrasivi a) e rettifica tangenziale b).

zo da rettificare. Nella rettifica di superfici cilindriche con lunghezza assiale minore di quella della mola, oppure nel caso di lavorazioni di spallamenti o gole, si ricorre alla rettifica a tuffo. In questo caso manca il moto di avanzamento longitudinale, e la mola, oltre al moto di taglio, possiede un moto di alimentazione radiale continuo.

Rettifica piana

Si distinguono due procedimenti, la rettifica *tangenziale* e quella *frontale*. Nella rettifica tangenziale l'asse della mola è parallelo alla superficie di lavoro e il moto di taglio è posseduto dalla mola (fig. 94b); il moto di alimentazione è composto da un movimento di traslazione longitudinale alternativo posseduto dal pezzo e da un movimento trasversale intermittente, posseduto dal pezzo o dalla mola. Quest'ultimo è realizzato automaticamente ad ogni inversione del moto della tavola portapezzo ed è di entità minore della larghezza della mola. Ad ogni spostamento trasversale, corrisponde un abbassamento automatico della testa portamola che determina la profondità di passata. Nel caso della rettifica *frontale*, l'asse della mola è perpendicolare alla superficie di lavoro: il pezzo possiede solo il moto di

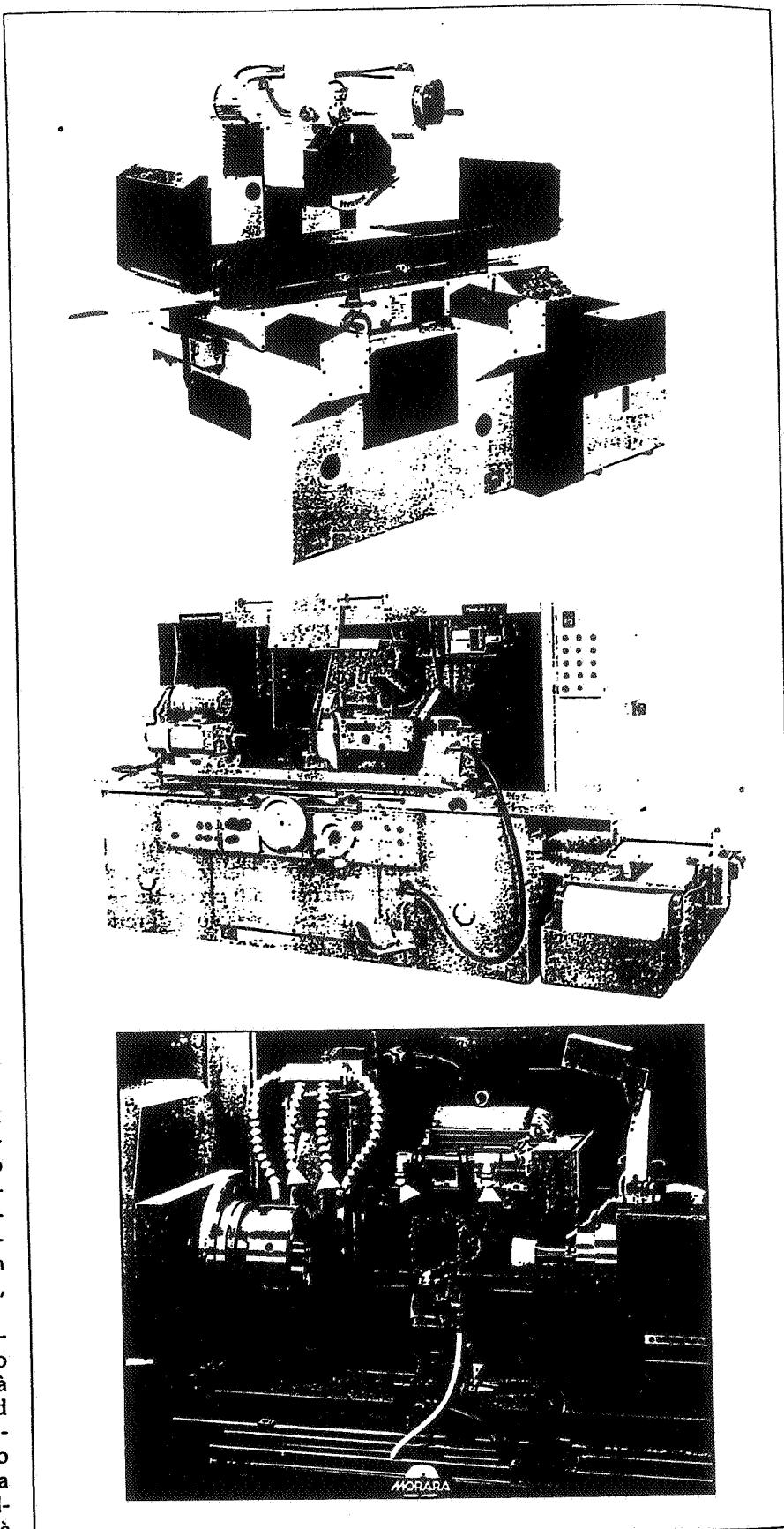


Fig. 95. Tipi di rettificatrici: (a) rettificatrice universale, (b) rettificatrice per piani tangenziale e (c) la zona del lavoro di una rettificatrice universale.

alimentazione rettilineo alternativo I in quanto le dimensioni della mola sono sempre maggiori di quelle del pezzo da lavorare. La rettifica tangenziale produce una migliore finitura superficiale, in quanto il materiale viene asportato dalla mola per azione periferica, con un contatto pezzo-utensile che avviene solo per un brevissimo arco ad ogni giro e con un truciolo prodotto corto e facilmente evacuabile. Al contrario, nella rettifica frontale, la mola resta sempre in contatto col pezzo durante la lavorazione, con la produzione di trucioli lunghi e difficilmente evacuabili, con un riscaldamento localizzato del pezzo e con una finitura superficiale più grossolana. A causa degli inconvenienti suddetti, nella rettifica frontale si preferisce l'impiego di mole a settori abrasivi in luogo di quelle di tipo integrale, in modo da diminuire la superficie di contatto utensile-pezzo, ed aumentare di conseguenza l'efficienza della lavorazione (fig. 94a).

La maggior parte delle macchine rettificate presenti sul mercato sono classificabili in base alla forma della superficie generata sul pezzo (rettificate in tondo, rettificate piane e rettificate speciali), al tipo di avanzamento (rettificate longitudinali e a tuffo), alla posizione del mandrino portamola (rettificate verticali e rettificate orizzontali), al sistema di bloccaggio del pezzo (rettificate senza centri), alla precisione di lavorazione e al volume massimo di asportazione ottenibile nell'unità di tempo.

La rettificatrice *universale* (fig. 95a) ha caratteristiche simili a quelle della rettificatrice per esterni, ma dispone della possibilità di orientamento della testa portamola principale ed è equipaggiata con una testa portamola supplementare adibita alla lavorazione per interni.

La tavola portapezzo ha un movimento di avanzamento assiale alternativo, ottenuto mediante un comando oleodinamico che assicura la dovuta precisione e l'assenza di vibrazioni. La testa portamola girevole comprende il mandrino, il relativo azionamento e lo schermo di protezione della mola.

La macchina è corredata inoltre di altri accessori complementari, quali dispositivi per la ravvivatura automatica della mola, dispositivi di misura e controllo e sensori per l'equilibratura dinamica della mola.

Le rettificate per *piani* si presentano in due versioni costruttive, con mandrino ad asse orizzontale o ad asse verticale.

Il tipo orizzontale di solito presenta due slitte sovrapposte per il movimento del pezzo in direzione sia longitudinale che trasversale. La tavola portapezzo in alcuni casi può essere circolare e rotante intorno ad un asse verticale.

Nella versione con mandrino ad asse verticale (fig. 95b) la testa portamola ha un moto intermittente di avanzamento e registrazione verticale per la profondità di passata, sincronizzato col moto longitudinale della tavola portapezzo.

L'operazione di rettifica è molto costosa, quindi conviene per quanto possibile limitare l'ampiezza della superficie da lavorare. È buona norma nel disegno separare nettamente due superfici da ottenere con diverse qualità (fig. 96).

Nella rettifica in tondo è opportuno predisporre opportune gole di scarico in prossimità degli spallamenti (fig. 97) per evitare che la mola lavori due superfici contemporaneamente.

La norma UNI 4386 stabilisce forme, designazione e rappresentazioni delle gole di scarico per rettifica; sono unificate attualmente due forme caratteristiche, cioè la forma E, nel caso di una sola superficie da rettificare e la forma F, utilizzata ad esempio quando bisogna rettificare sia un albero che il relativo spallamento.

La tabella VII indica le dimensioni e le direttive di applicazione delle gole, con le dimensioni dello smusso da prevedere sui pezzi da accoppiare.

La designazione di una gola per una sola superficie da rettificare, con raggio di raccordo $r = 0,6$ e profondità $t = 0,3$ mm è la seguente:

Gola E $0,6 \times 0,3$ UNI 4386

Nei disegni si può far uso di una rappresentazione completa, con ingrandimento del particolare della gola, come si vede dalla figura 98a, oppure si può ricorrere alla rappresentazione semplificata di figura 98b, cioè indicando la gola semplicemente con una linea fine continua B e la relativa designazione unificata.

Fig. 96. Occorre sottoporre a rettifica solo le superfici interessate a tale tipo di lavorazione, e quindi sull'albero della figura le due superfici cilindriche, pur avendo lo stesso diametro, sono state separate da una riduzione del diametro stesso (scarico).

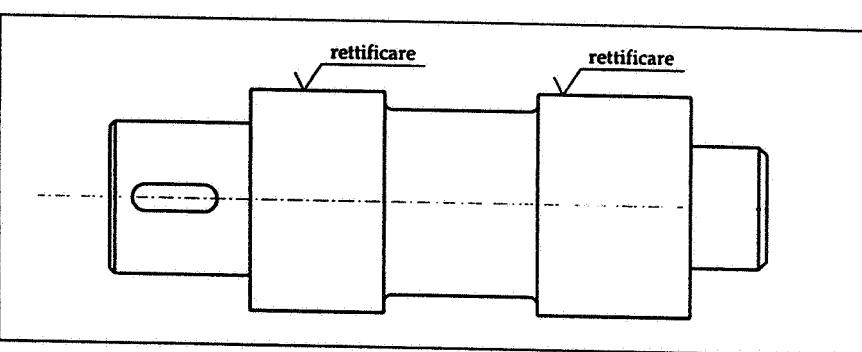
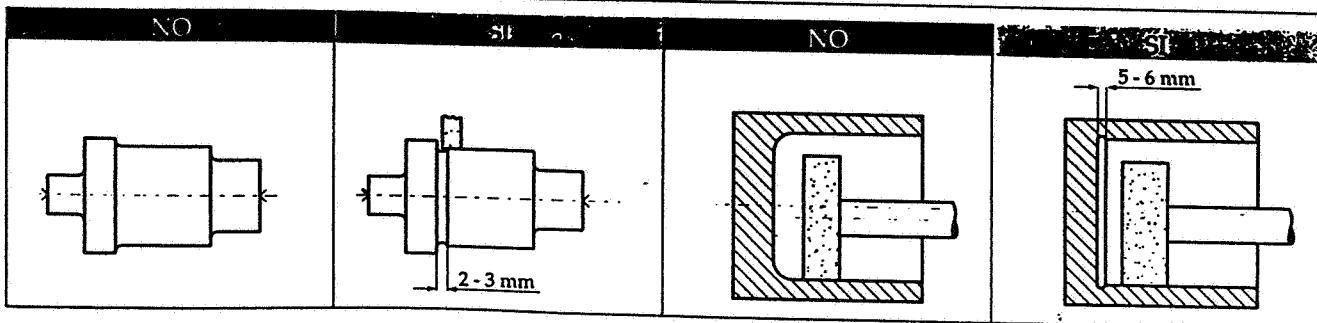
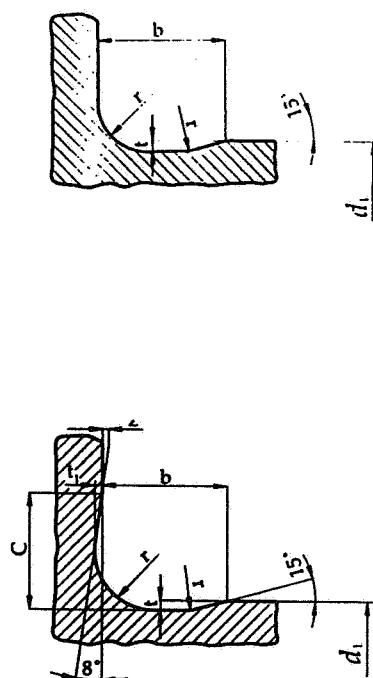


Fig. 97. Gole di scarico nell'operazione di rettifica in tondo per esterni e per interni



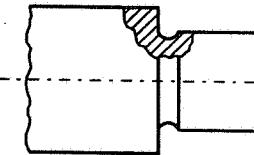


Forma	r	$t + 0,1$	b	$c =$	$t_1 + 0,05$	Gola	Diametro
E	0,1	0,1	0,5	-	-	E 0,1 x 0,1	fino a 1,6
E	0,2	0,1	1	-	-	E 0,2 x 0,1	oltre 1,6 fino a 3
E	0,4	0,2	2	-	-	E 0,4 x 0,2	oltre 3 fino a 10
E	0,6	0,2	2	-	-	E 0,6 x 0,2	oltre 10 fino a 18
E	0,6	0,3	2,5	-	-	E 0,6 x 0,3	oltre 18 fino a 80
E	1	0,4	4	-	-	E 1 x 0,4	oltre 80
E	1	0,2	2,5	-	-	E 1 x 0,2	oltre 18 fino a 50
E	1,6	0,3	4	-	-	E 1,6 x 0,3	oltre 50 fino a 80
E	2,5	0,4	5	-	-	E 2,5 x 0,4	oltre 80 fino a 125
E	4	0,5	7	-	-	E 4 x 0,5	oltre 125
F	0,1	0,1	0,5	0,8	0,1	F 0,1 x 0,1	fino a 1,6
F	0,2	0,1	1	0,9	0,1	F 0,2 x 0,1	oltre 1,6 fino a 3
F	0,4	0,2	2	1,1	0,1	F 0,4 x 0,2	oltre 3 fino a 10
F	0,6	0,2	2	1,4	0,1	F 0,6 x 0,2	oltre 10 fino a 18
F	0,6	0,3	2,5	2,1	0,2	F 0,6 x 0,3	oltre 18 fino a 80
F	1	0,4	4	3,2	0,3	F 1 x 0,4	oltre 80
F	1	0,2	2,5	1,8	0,1	F 1 x 0,2	oltre 18 fino a 50
F	1,6	0,3	4	3,1	0,2	F 1,6 x 0,3	oltre 50 fino a 80
F	2,5	0,4	5	4,8	0,3	F 2,5 x 0,4	oltre 80 fino a 125
F	4	0,5	7	6,4	0,3	F 4 x 0,5	oltre 125

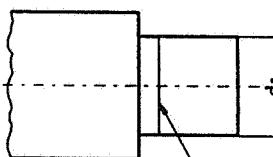
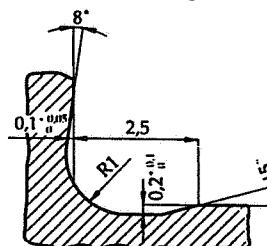
Tab. VII. Forme, designazioni e direttive per la scelta delle gole di scarico di rettifica in tondo. Il riferimento è alle dimensioni indicate in figura 98.

Gola F 1 x 0,2 UNI 4386-75

Particolare gola



a)

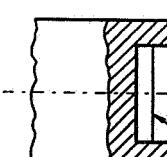
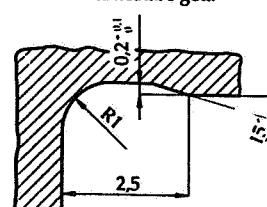
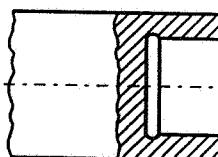


b)

Gola F 1 x 0,2 UNI 4386 - 75

Gola E 1 x 0,2 UNI 4386-75 rugosità R_a di 1,6m

Particolare gola



Gola E 1 x 0,2 UNI 4386-75 R_a 1,6

Fig. 98. Rappresentazione completa (a) e semplificata (b) delle gole di scarico di rettifica.

LE LAVORAZIONI NON CONVENZIONALI

Sono metodi di lavorazioni che utilizzano tecnologie non convenzionali per l'asportazione del materiale; alcune di queste lavorazioni meritano una menzione poiché sono oramai entrate nella pratica produttiva della maggior parte delle aziende.

Lavorazione per elettroerosione

Il principio di funzionamento di questo procedimento denominato anche *electrical-discharge machining (EDM)* è basato sull'effetto erosivo prodotto dall'azione di scariche elettriche ottenute applicando tra due elettrodi (utensile e pezzo) immersi in un fluido dielettrico (a bassa condutività); in conseguenza dell'elevata temperatura locale dovuta a questa scariche (oltre i 4000°C), si ottengono delle microfusione localizzate, realizzando sul pezzo la forma in negativo dell'elettrodo (fig. 99).

Questo procedimento, denominato anche *elettroerosione a tuffo*, trova largo impiego nella costruzione di stampi e cavità di forma complicata e con tolleranze ristrette, oppure per fori di piccolissimo diametro su materiali speciali; esiste anche un altro metodo, chiamato *elettroerosione a filo* nel quale un filo di rame o tungsteno viene guidato da un dispositivo a controllo numerico lungo una traiettoria programmata (fig. 100).

Lavorazioni elettrochimiche

Questa tecnologia può essere considerata come il processo opposto della ricopertura galvanica, nella quale si sfrutta il processo elettrolitico per ricoprire un materiale.

La lavorazione si basa su un utensile che riproduce in negativo la forma da ottenere e che costituisce il catodo negativo. Il pezzo (anodo), è immerso in una soluzione salina (generalmente cloruro di sodio) pompata ad alta velocità attraverso l'utensile per rimuovere i prodotti secondari delle reazioni chimiche; applicando una differenza di po-

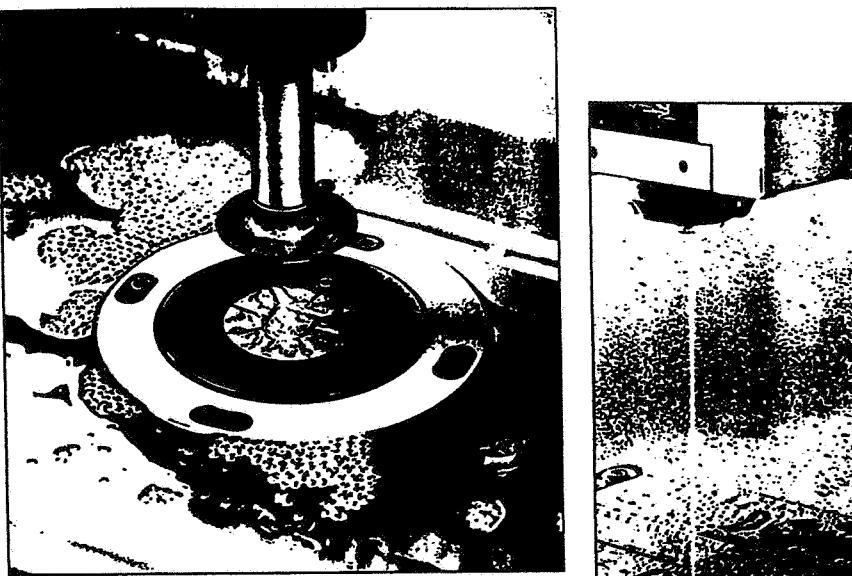


Fig. 99. L'elettroerosione a tuffo.

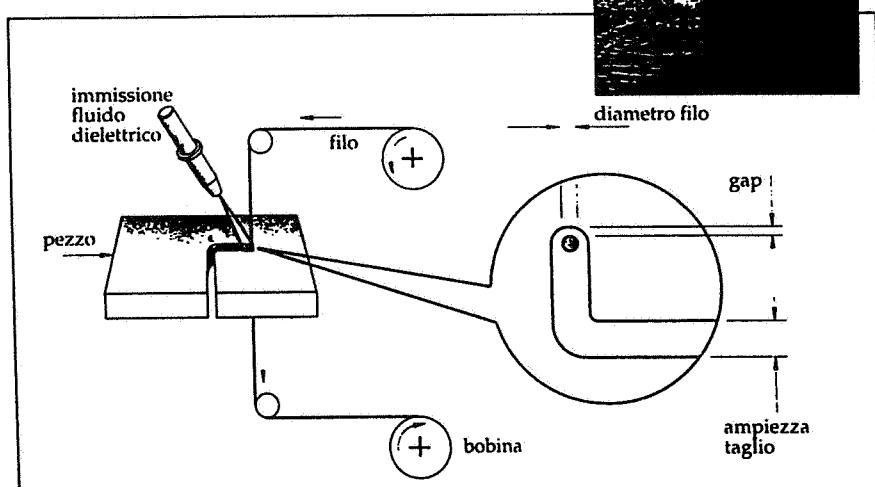
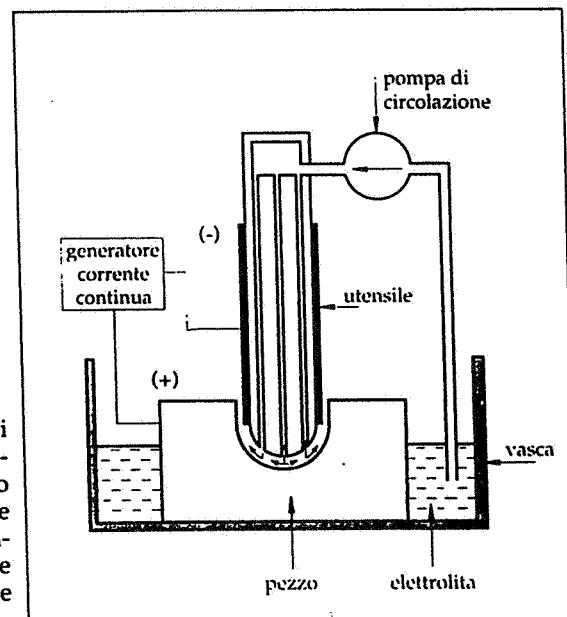


Fig. 100. Lavorazione EDM a filo.

Fig. 101. Schema della lavorazione elettrochimica.



tenziale tra i 5 e i 25 volt si otterrà quindi l'asportazione del materiale dal pezzo (fig. 101). È possibile anche in questo caso lavorare materiali molto duri o eseguire forme complesse con buone finiture superficiali.

Lavorazioni con il laser

Il laser (abbreviazione per *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) è un raggio di luce costituito da un sottile fascio di fotoni in modo da concentrare su una superficie ridotta una grande quantità di energia; le applicazioni in campo industriale sono molteplici, fra le quali il taglio, la foratura e la saldatura di lamiere.

Le tecniche di lavorazione per unione di materiale

Sono procedimenti che consentono di unire permanentemente due componenti meccanici, come nel caso della saldatura e degli incollaggi (di cui ci si occuperà in seguito) oppure la lavorazione per apposizione progressiva di materiale per strati, come nel caso della stereolitografia, la prima di queste tecniche, brevettata nel 1985 dalla 3D System Co. Queste tecnologie, dette di *rapid-prototyping*, sono in grado di generare oggetti reali utilizzando direttamente i dati provenienti da un comune programma CAD di tipo tridimensionale e senza l'uso di macchine utensili. Si tratta quindi di una modellazione so-

lida reale (a differenza di quella virtuale di cui ci si occuperà nel cap. XVIII) per questo è opportuno un cenno più esteso.

13

LE TECNICHE DI PROTOTIPAZIONE RAPIDA

Il termine di *rapid-prototyping* deriva dalla possibilità di allestire in tempi brevi il prototipo del pezzo progettato per poter effettuare i test funzionali ed estetici, prima della sua più costosa produzione su larga scala. Oggi sono disponibili sul mercato diversi sistemi di costruzione rapida dei prototipi, quasi tutte basate sulla tecnica della stratificazione, cioè al deposito di sezioni orizzontali di materiale strato per strato, a partire dal modello 3D del componente; queste tecniche permettono di ricavare forme complesse (con cavità, sottosquadri, profili complessi difficilmente ottenibili con tecniche di asportazione) a partire da liquidi, polveri o solidi.

In base alla tecnologia possiamo classificare queste tecniche in due grandi categorie, cioè tecniche definite 3D dirette e tecniche per strati 2D (fig. 102):

Le tecniche definite 3D dirette, di fatto quasi per nulla utilizzate, prevedono la formazione diretta del solido 3D mediante sistemi diversi per indurre la solidificazione del materiale nello spazio (es. proiezione di una immagine olografica in un bagno di resina fotopolimerizzabile che induce la polimerizzazione di un oggetto di forma analoga all'immagine proiettata).

Le tecniche definite per strati 2D, le più diffuse attualmente, utilizzano tutte metodi di produzione per strati successivi, e si differenziano l'una dall'altra sostanzialmente per i tipi di materiali impiegati e per il principio fisico sfruttato (fig. 103).

Per ciascun materiale sono inoltre possibili tecnologie differenti per la realizzazione e l'unione delle sezioni. Talune utilizzano materiali già in strati (es. rulli di carta), che vengono tagliati e sovrapposti strato per strato, altre filamenti di materiali termoplastici che solidificano una volta depositati, altre ancora un processo di polimerizzazione puntiforme.

Fig. 1

Deserto, ti
quel-
le. 3
La S
thog
mo s
nibil
ed è
mon
fasci
dian
che,
conta
liqui
lung
strut
inter
scans
per e
st'ult
Il mo
di la
dell'
Ques
abb:
quid
costr
con l
succ
alla s
Il pro
realiz
viene
tame
ment.

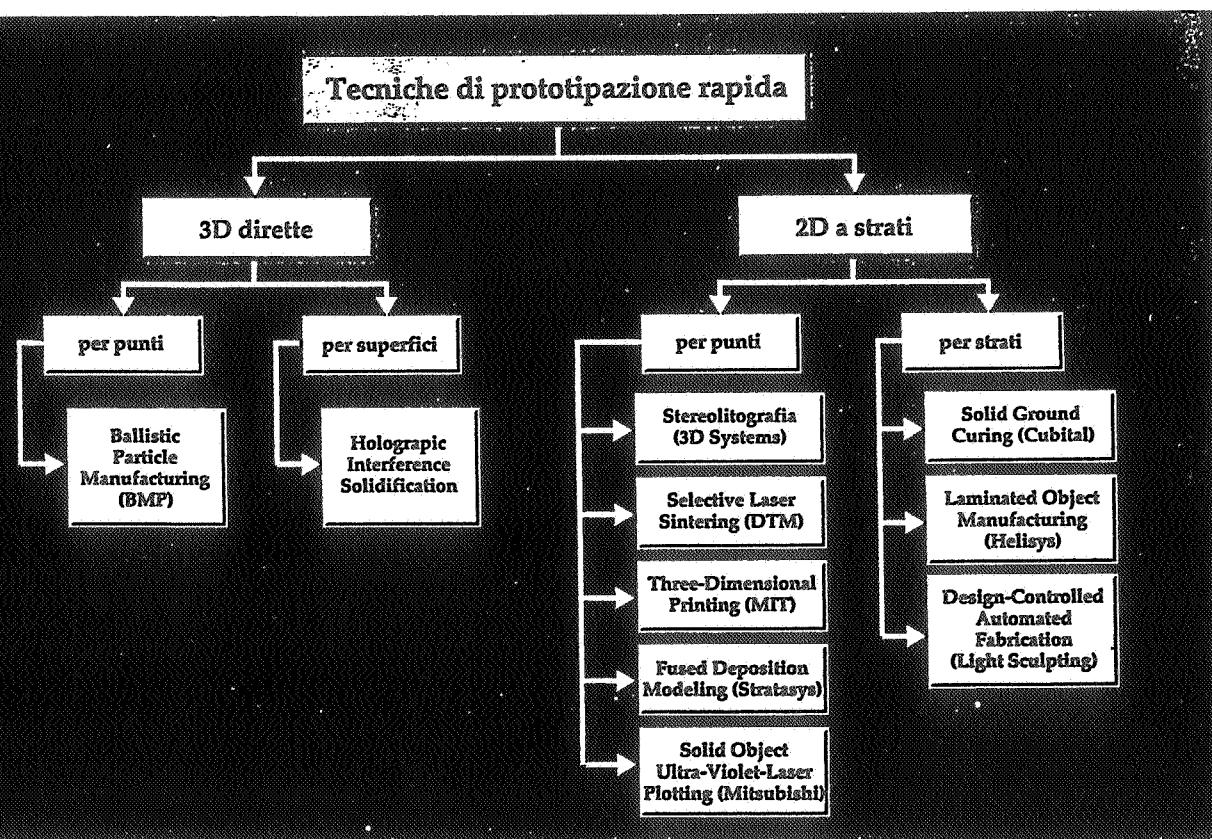
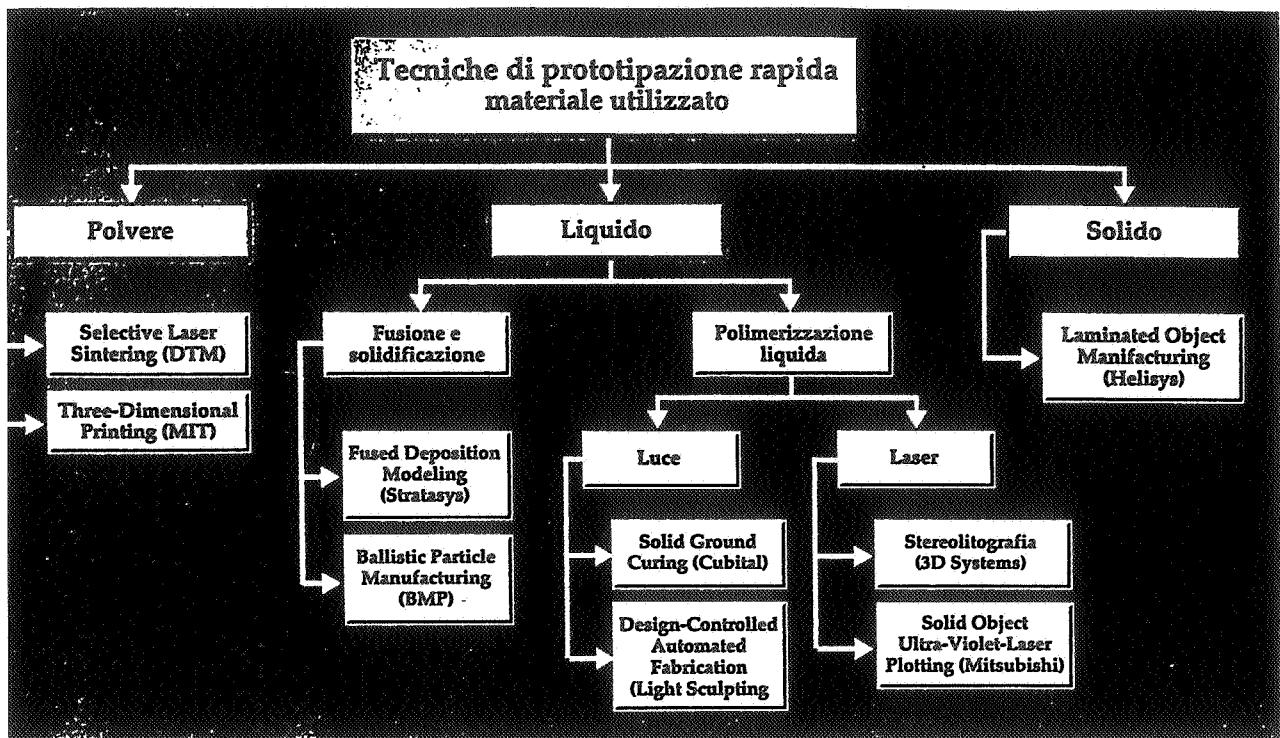


Fig. 102. Rapid prototyping: classificazione dei processi in base alla tecnologia utilizzata.



103. Classificazione dei processi di prototipazione rapida in base al materiale utilizzato.

scriviamo sinteticamente di seguire i moltissimi sistemi proposti, illi più diffusi in campo industriale. Il sistema commercialmente disponibile sul mercato, (3D System, 1987) è attualmente il più diffuso nel mondo; il processo è basato su di un fascio laser che viene focalizzato, mentre un opportuno sistema di ottica, sulla superficie di una vasca contenente un fotopolimero allo stato liquido. Il fascio laser, che si sposta lungo la superficie disegnando le sezioni della sezione da costruire, reagisce con il fotopolimero innescando una reazione chimica che ha l'effetto la solidificazione di quest'ultimo.

Il movimento del laser consente quindi la realizzazione della prima sezione dell'oggetto (fig. 104).

Questa è sostenuta da una base che, passandosi, permette a un film di liquido di ricoprire la sezione appena costruita e al processo di riprendere la solidificazione di uno strato successivo che aderisce chimicamente alla sezione sottostante.

Il processo continua fino alla completa realizzazione del prototipo. Il modello così ottenuto è solitamente post-trattato in forno e ultravioletti per aumentare le caratteristiche meccaniche.

La precisione ottenibile dipende dalle contrazioni da polimerizzazione, proprie della resina impiegata, ed al massimo può essere di $\pm 0,25$ mm, mentre la rugosità superficiale dipende dallo spessore scelto per la realizzazione della sezione.

La macchina più grande commercializzata ha una capacità di lavoro di $500 \times 500 \times 600$ mm. I problemi tipici che si manifestano nella stereolitografia sono le deformazioni geometriche dovute alla solidificazione della resina e la instabilità dimensionale del manufatto nel tempo.

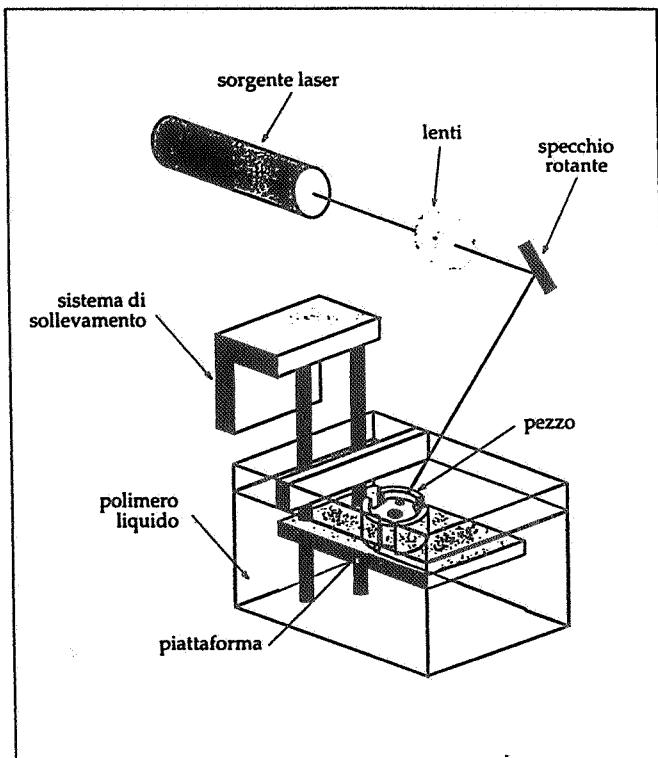


Fig. 104. L'apparato stereolitografico della 3D Systems.

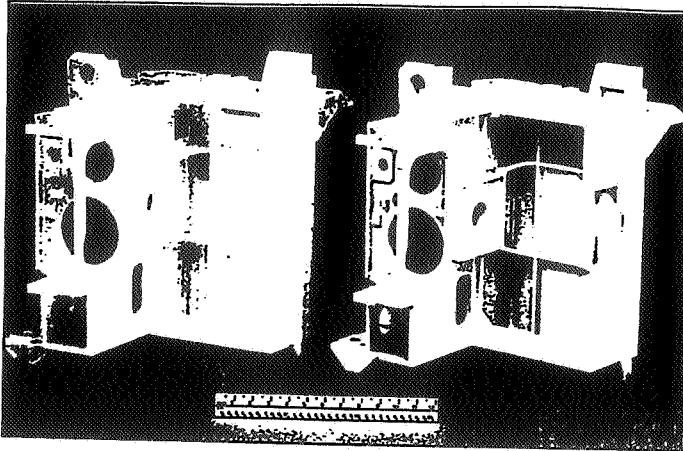


Fig. 105. Prototipo di un componente meccanico costruito col 3D system.

Utilizzo dei modelli in produzione

Nei primi anni di utilizzo della prototipazione rapida i modelli venivano usati per la visualizzazione e per le verifiche concettuali del prodotto di fab-

bricazione, con dei risparmi in termini di tempi e costi nella progettazione concettuale.

Il prototipo in resina può aiutare a visualizzare e verificare l'idea del progettista, a convalidare forme, dimensioni, montaggi e funzionalità.

Con il miglioramento della precisione ottenuto negli ultimi anni l'uso di queste tecniche si è esteso ad esempio nell'area della fonderia, per la costruzione di modelli per la microfusione al posto della cera; come modelli per le conchiglie in sabbia e per la realizzazione degli stampi in silicone. L'impiego di stampi in resina, invece che in sabbia o in metallo, anche se limitato alla produzione di un numero di pezzi molto ridotto, è reso possibile da un successivo rivestimento con un sottile strato metallico, per incrementare la resistenza all'usura.

Particolarmente interessanti sono gli impieghi della stereolitografia in campo medico per la costruzione di repliche anatomiche direttamente scanseioni TC (Tomografia Computerizzata) o RM (Risonanza Magnetica) e utilizzabili per la visualizzazione, pianificazione delle operazioni chirurgiche o costruzioni di protesi in materiale biocompatibile (fig. 107).

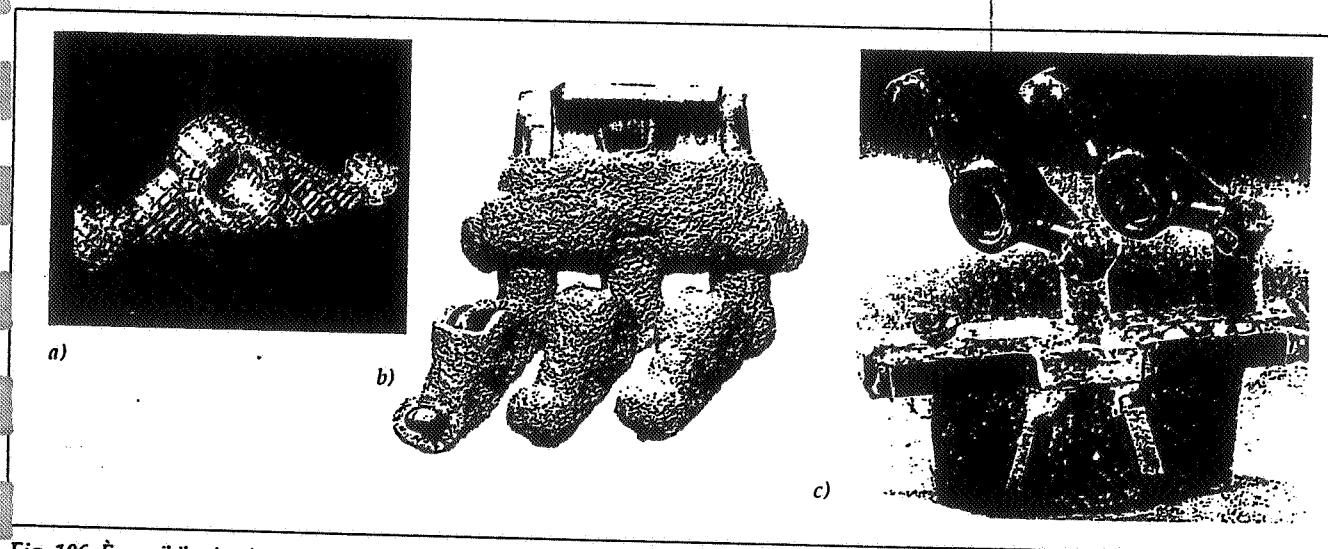


Fig. 106. È possibile rimpiazzare i modelli di cera tipici della microfusione con modelli in resina ottenuti con la stereolitografia; l'elevata precisione del pezzo in resina (a) permette di ottenere getti metallici di elevata qualità con costi e tempi nettamente minori rispetto a quelli necessari con i modelli in cera. Dal modello in resina si ottiene il guscio vetrificato (b) che può essere utilizzato per produrre il getto (c).

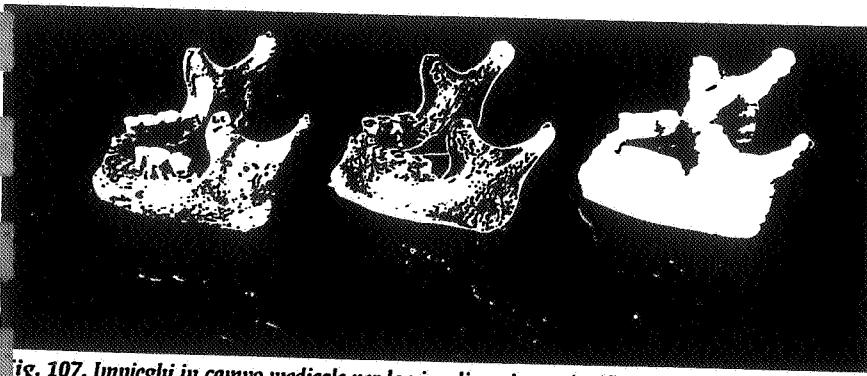


Fig. 107. Impieghi in campo medico per la visualizzazione, pianificazione delle operazioni chirurgiche, o costruzioni di protesi in materiale bio-compatibile.

UNI ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE	
UNI 149	Zigrinature, Forme, dimensioni e rappresentazione.
UNI 3811	Placchette di carburi metallici sinterizzati per utensili a punta singola.
UNI 4386	Gole di scarico per parti da rettificare.
UNI 4598	Macchine utensili - Segni grafici.
UNI 8189	Rappresentazione semplificata dei fori da centro.
UNI 8475	Terminologia e caratteristica degli utensili da taglio.
ISO 10135	Simplified representation of moulded, cast and forged parts.

il disegno nella pratica industriale

1

TIPI E MODALITÀ DI DISEGNO

Categorie di disegni

Già si è detto come al termine *disegno tecnico* si possano associare diverse definizioni: anche la norma UNI 9121, nata con l'obiettivo di chiarire termini e significati, non si sottrae ad una certa indeterminatezza. In tale norma infatti il *disegno* è definito come *rappresentazione grafica comunque eseguita su di un supporto qualsiasi* e si precisa che *disegno tecnico* è il disegno eseguito con finalità tecniche, per cui si ricade nell'ambiguità, come si è visto nel capitolo I.

Rimanendo comunque in un campo generale di definizioni, applicabili a qualunque tipo di disegno, si definirà **abbozzo** o **bozza** o **disegno preliminare**, la rappresentazione grafica in una fase iniziale, alla quale potranno essere apportate variazioni anche sostanziali: in genere si tratta di uno schizzo, eseguito a mano libera.

Proprio la modalità ed i mezzi di esecuzione possono distinguere il **disegno manuale** (che può anche essere eseguito con l'aiuto di attrezzi) o a mano libera (senza uso di attrezzi) dal **disegno automatico**, in cui la tracciatura è effettuata da un dispositivo guidato automaticamente; il disegno a matita si distingue da quello ad **inchiostro**, mentre le **copie** o riproduzioni saranno ottenute duplicando, con diversi procedimenti, un disegno originale, in genere in esemplare unico da conservare con cura.

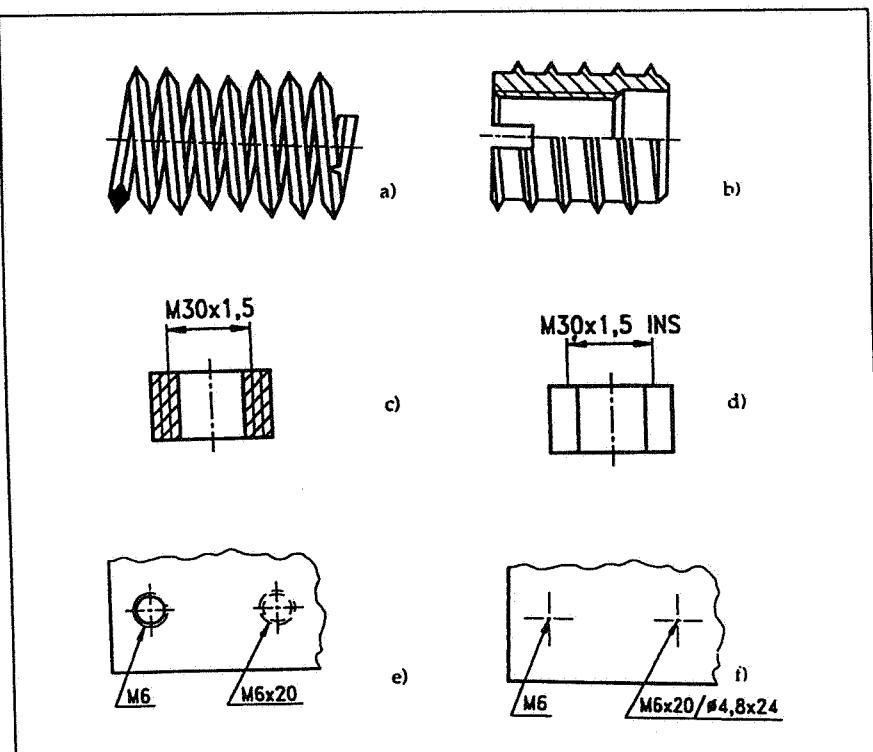


Fig. 1. Diverse rappresentazioni di inserti filettati: in a) la rappresentazione è realistica (dettagliata, secondo le definizioni UNI), mentre in b) la rappresentazione è per metà realistica e per metà convenzionale (ma definita dettagliata). In c) la rappresentazione è definita convenzionale ed in d) semplificata. Si vede quindi come in realtà si tratti sempre di rappresentazioni convenzionali, con diverso grado di semplificazione. In f) la semplificazione della rappresentazione di e) porta ad una indicazione quasi schematica.

Disegno pittografico è la rappresentazione dell'oggetto che ne evidenzia la tridimensionalità (vista in assonometria o prospettiva) e di conseguenza illustra un oggetto in modo che praticamente chiunque sia in grado di comprenderne forma e funzioni. All'opposto il **disegno schematico** è una rappresentazione in cui le forme reali degli oggetti in genere non compaiono ma ne vengono evidenziate le

funzioni, mentre nel **disegno semplificato** gli oggetti sono rappresentati omettendo le caratteristiche non rilevanti per le funzioni per essi previste. In molti casi, e nelle stesse tabelle UNI, viene usato il termine **rappresentazione convenzionale**, con significato analogo al termine **semplificato** e trascurando il fatto che praticamente tutto il *disegno tecnico* è rappresentazione convenzionale (fig. 1).

pimento e che riportano in modo completo tutte le prescrizioni funzionali, quali quote, tolleranze e rugosità;

3) disegni di fabbricazione, riportanti tutte le indicazioni necessarie alla fabbricazione ed al controllo di ciascun pezzo nonché al montaggio delle varie parti in gruppi e sottogruppi;

4) disegno come costruito, rappresenta il documento finale destinato all'archiviazione per futuro utilizzo e riporta esattamente complessivi e componenti nella loro configurazione realmente eseguita.

I disegni di concepimento e quelli di definizione vengono realizzati dal servizio progettazione dell'azienda, e non possono essere direttamente utilizzati nei reparti di lavorazione, in quanto non vengono stabiliti i procedimenti di fabbricazione; i disegni di fabbricazione sono invece elaborati dal servizio industrializzazione; in questa fase si parte dai disegni di definizione, si scelgono i procedimenti di lavorazione più idonei e conseguentemente si tra-

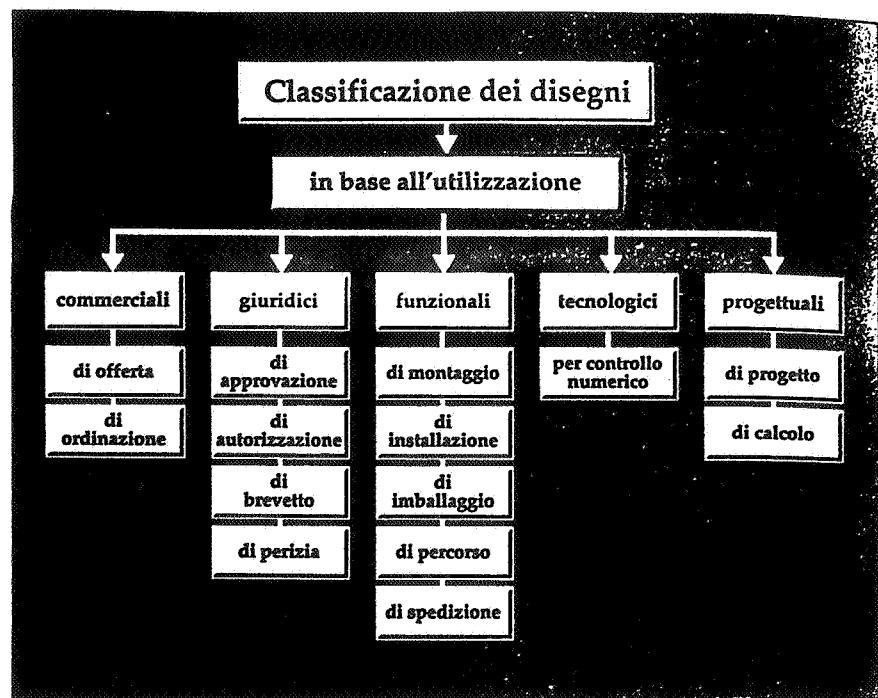


Fig. 10. Alcuni tipi di disegno previsti dalla UNI 9121 raggruppati per obiettivi.

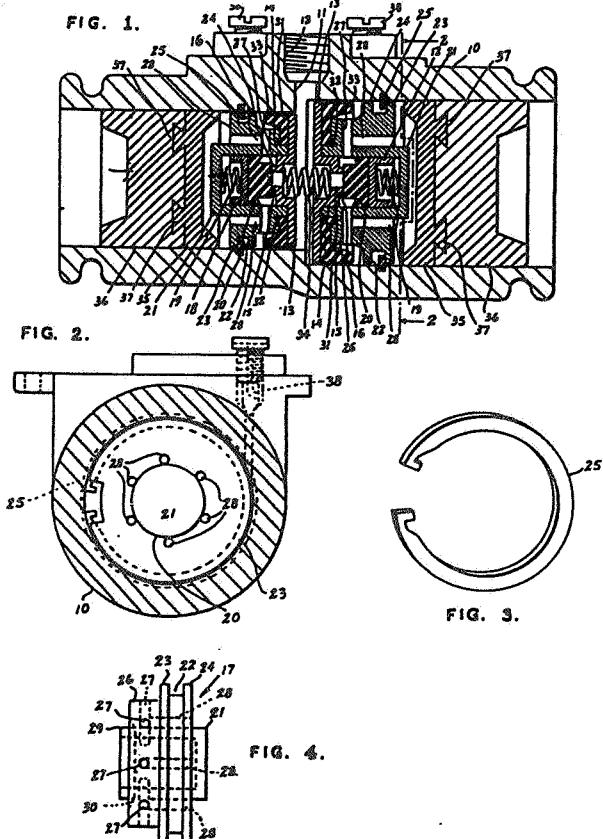


Fig. 11. Un disegno per un brevetto.

sforma la *quotatura funzionale* in una *quotatura tecnologica*, inserendo nello stesso tempo tutte le indicazioni necessarie a facilitare la stesura del ciclo di lavorazione e le operazioni di collaudo. I disegni di fabbricazione sono di solito disegni di particolari, con tutte le indicazioni per essi previste. Le definizioni ora viste non coincidono esattamente con quelle della norma UNI 9121, che classifica i disegni anche secondo l'utilizzazione (fig. 10): i termini relativi sono abbastanza chiari, in quanto le diverse rappresentazioni così definite si distingueranno per il tipo di informazione da trasmettere, finalizzata all'uso previsto. Così i disegni per scopi legali o commerciali saranno in pratica illustrazioni di accompagnamento a relazioni (fig. 11), mentre quelli definiti *funzionali* porteranno le dimensioni necessarie ad esempio alla posa in opera (fig. 12) od al trasporto (imballaggio o spedizione). C'è da precisare che la classificazione effettuata si riferisce principalmente al Disegno di Macchine come prima definito (fig. 13); in campo industriale esistono anche i disegni d'impianti, destinati al progetto e alla costruzione degli impianti (ad es. impianti termici, o elettrici); tali disegni generalmente sono costituiti da schemi contenenti rappresentazioni simboliche dei vari componenti (fig. 14). Sono spesso usati anche *disegni di strutture*, vicini come concezione ai disegni per l'edilizia (fig. 15).

Fig.
utile

Fig.
me
dal

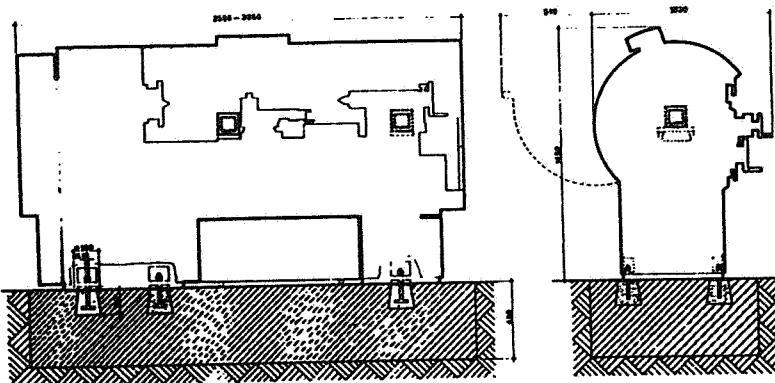


Fig. 12. Un disegno per installazione di una macchina utensile.

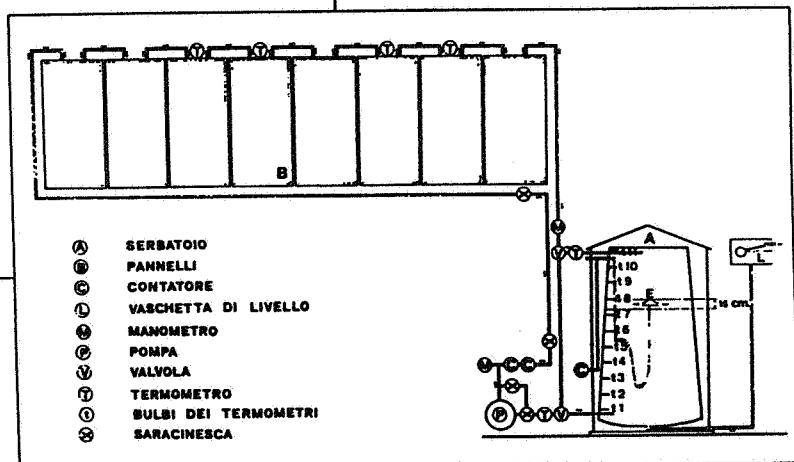
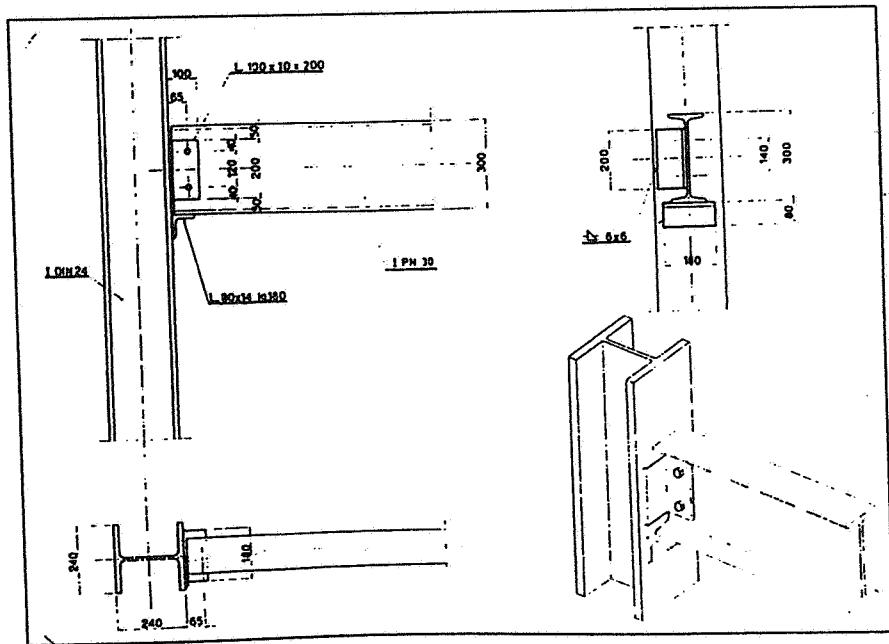


Fig. 14. Disegno tecnico di un impianto idraulico sperimentale per la produzione e l'accumulo di acqua riscaldata ad energia solare.



Se comunque si limita il concetto di disegno tecnico industriale a quello che spesso viene chiamato *Disegno di Macchine*, cioè alla rappresentazione dell'oggetto per meglio studiarlo e soprattutto per poterlo costruire con una certa forma e dimensioni, mediante opportuni attrezzi e macchine, rimane ancora la possibilità di ulteriori definizioni. Il prodotto da fabbricare è in genere costituito da un insieme di pezzi non ulteriormente scomponibili (*i particolari*); si definiscono *elementi* di un pezzo (in inglese *features*) le sue singolarità geometriche caratteristiche (ad esempio una superficie cilindrica, una scanalatura, un foro, ecc.). Raggruppando i particolari per formare un insieme avente un proprio funzionamento autonomo, si ottiene un *gruppo*; il quale a sua volta può essere scomposto in un insieme di parti in modo da costituire *sottogruppi*, che possono anche non avere un funzionamento proprio; ad esempio nel caso di un prodotto finito costituito da un tornio, la controtesta può costituire un gruppo con un funzionamento proprio autonomo, l'insieme volantino-manopola può essere definito un sottogruppo e la contropunta un particolare. Si possono allora classificare i disegni in base a questa *gerarchia di aggregazione*, cioè in (fig. 2):

- 1) **disegni di complessivo**, rappresentanti l'insieme dei gruppi uniti tra loro da un montaggio fino a definire una macchina completa, in modo da specificarne l'ingombro e la funzione (fig. 3);
- 2) **disegni di gruppo**, che rappresentano parti di un insieme, in modo da fornire maggiori informazioni (fig. 4);



Fig. 2. Una classificazione dei disegni tecnici industriali, per aggregazione.

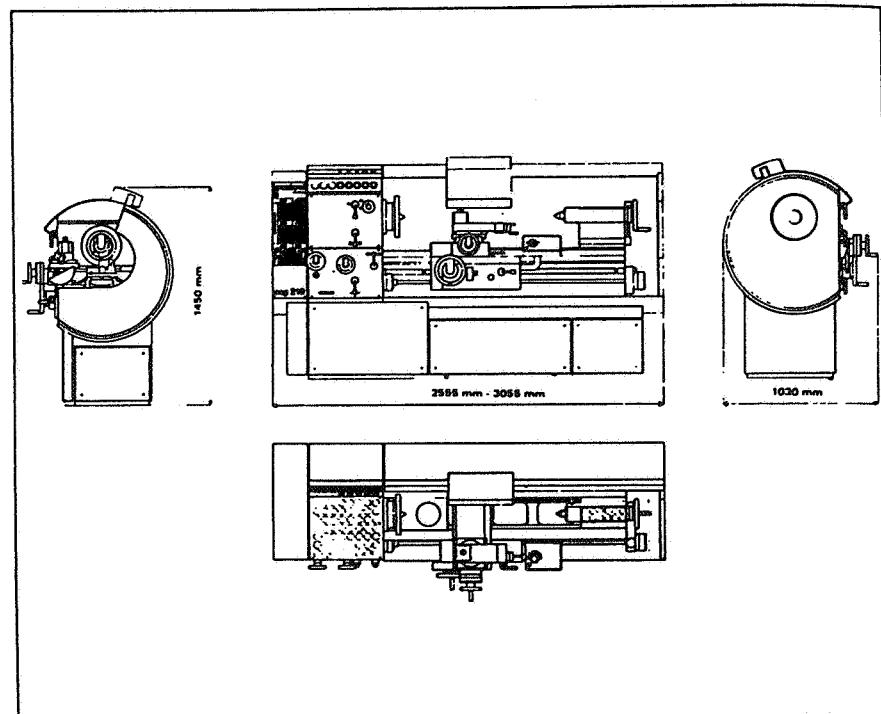


Fig. 3. Disegno d'insieme di un tornio parallelo.

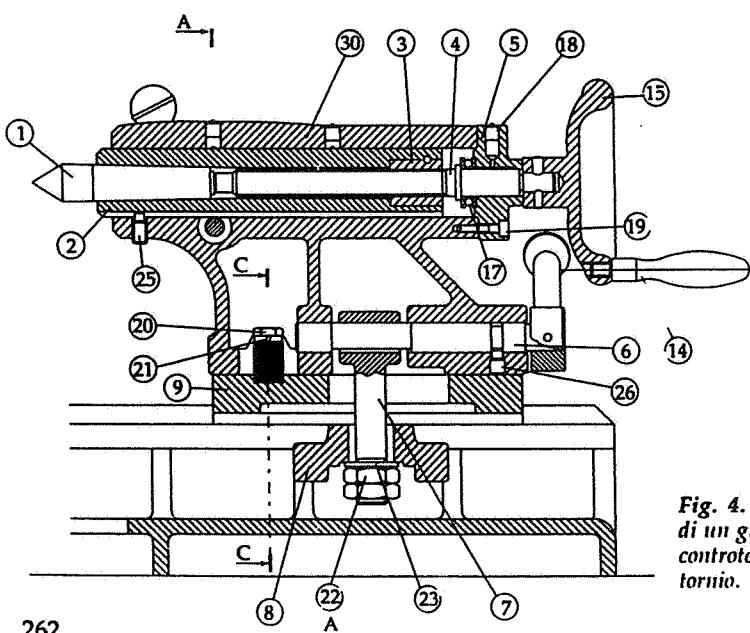


Fig. 4. Disegno di un gruppo: la controtesta di un tornio.

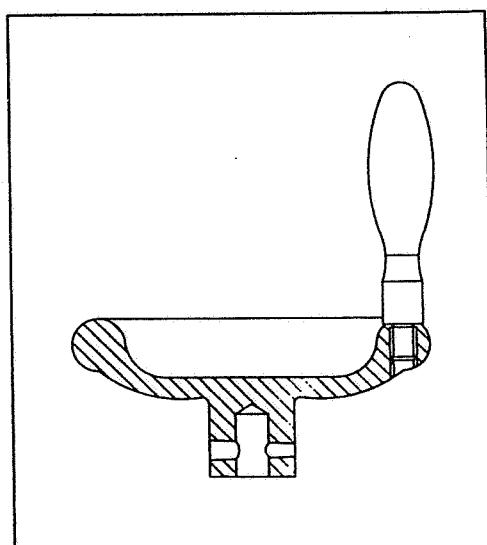


Fig. 5. Un sottogruppo: volantino e manopola.

- 3) disegni di sottogruppo; rispetto al disegno di gruppo, la funzione di un disegno di sottogruppo è quella di fornire gli elementi che permettano di definire le condizioni di accoppiamento di due o più pezzi e quindi il disegno deve essere corredata delle viste e sezioni necessarie alla chiara comprensione della forma e della posizione reciproca dei vari componenti (fig. 5);
 4) disegni di componenti o particolari, che rappresentano un pezzo singolo ed isolato (fig. 6).

I disegni d'insieme, di gruppo e di sottogruppo hanno lo scopo di mettere in evidenza le modalità di montaggio ed i principi di funzionamento, e quindi di solito non vengono quotati se non per mettere in evidenza alcune quote d'ingombro o funzionali; nella pratica sono tutti sinteticamente definiti *complessivi*.

I disegni dei particolari sono generalmente destinati alla produzione del pezzo rappresentato e quindi in essi si trovano, come in figura 7:

- a) tutte le viste, sezioni e quote necessarie per individuare le forme e le dimensioni;
- b) tutte le informazioni riguardanti la precisione, come le tolleranze e la rugosità;

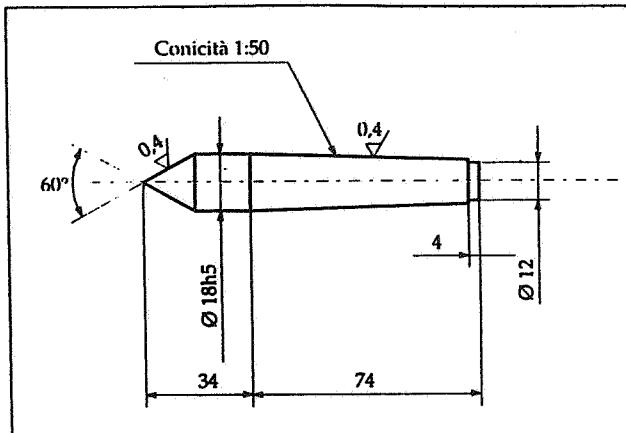


Fig. 6. Disegno di particolare: contropunta.

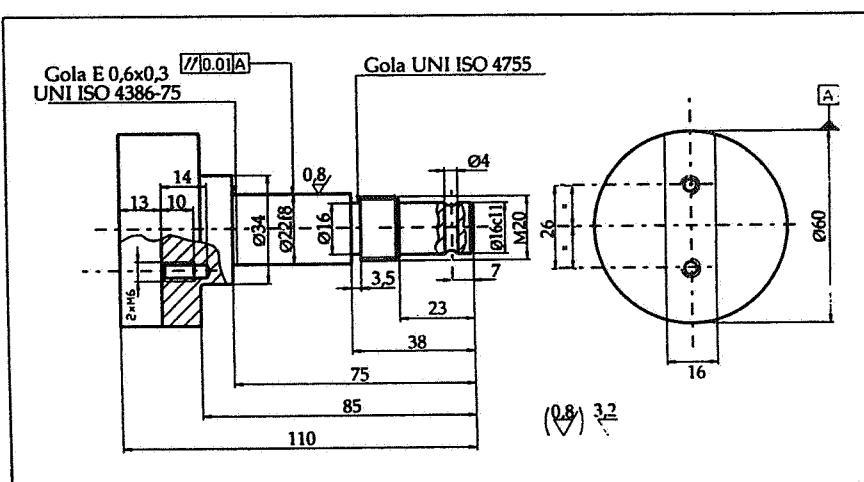


Fig. 7. Un disegno completo di un particolare: vengono indicate forme, dimensioni, errori di lavorazione, qualità delle superfici, procedimenti di produzione e di controllo.



- c) ogni altra informazione necessaria alla costruzione.

Ogni particolare viene lavorato indipendentemente dagli altri pezzi, e quindi dovrebbe sempre essere disegnato su un solo foglio, di formato minimo A4.

Già nel capitolo II si è osservato che in un ciclo di fabbricazione si passa sempre da una fase definita di *concezione del prodotto*, dalla quale si ottiene un progetto preliminare, ad una fase di *progettazione costruttiva*, nella quale viene definito completamente il prodotto dopo averne studiato e simulato i com-

portamenti e quindi ottimizzate le forme. Da queste considerazioni è possibile ottenere una ulteriore classificazione dei disegni in base alla collocazione nel ciclo di fabbricazione, cioè (fig. 8):

- 1) disegni di concepimento, o di avanprogetto, che si articolano in schizzi o disegni più o meno completi sia del complessivo che dei gruppi, sottogruppi e particolari (fig. 9);
- 2) disegni costruttivi o di definizione, che discendono dai disegni di conce-

Fig. 8. Una classificazione dei disegni secondo il ciclo di lavorazione.

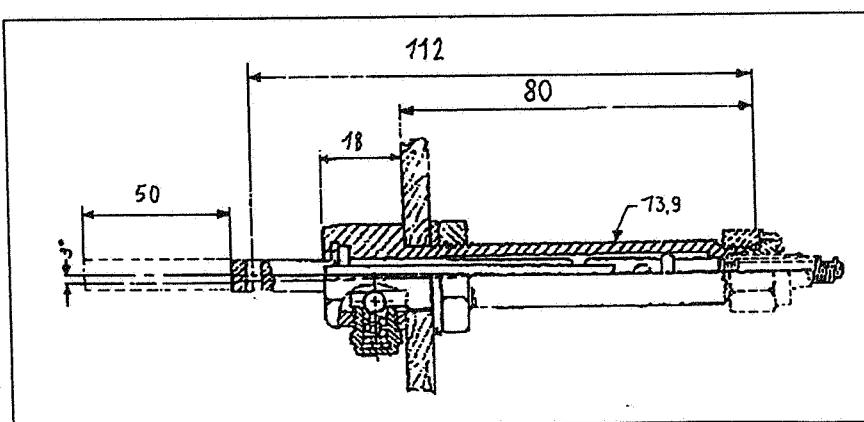


Fig. 9. Un disegno di avanprogetto.

Il colore nel disegno tecnico

Non vi è dubbio che il colore in un disegno ne accresca le possibilità di trasmettere informazioni: è un ulteriore codice che può fornire dati che altrimenti richiederebbero didascalie od aggiunte di segni.

Naturalmente sussiste anche il rischio che si generi confusione invece di precisione per le troppe informazioni codificate, come talvolta accade per la stessa normativa, resa di difficile comprensione per eccesso di simbologia. A parte questa considerazione (ed altre ancora più ovvie, sulla incapacità fisiologica di distinguere i colori e sulla possibile alterazione o addirittura invisibilità di alcuni colori in particolari situazioni di illuminazione), i problemi connessi al colore nel disegno tecnico sono essenzialmente di due tipi.

Il primo consiste nella correlazione colore-immagine, nella differenza di "resa" delle linee e/o superficie colorate in diverse condizioni; il secondo nell'applicabilità dell'informazione "colore" alla trasmissione di caratteristiche specifiche dell'oggetto rappresentato, di cui in figura 19 si indicano alcune possibilità.

La scelta dei colori da impiegare in un disegno tecnico è indubbiamente legata a quel che si vuole rappresentare con il colore, tenendo conto che non è possibile certamente utilizzare un'ampia gamma di tinte, per motivi fisiologici (capacità media di distinguere diverse sfumature e criteri soggettivi di valutazione) e pratici (possibilità di riproduzione).

Quest'ultima è stata la causa principale per cui i disegni tecnici, in origine colorati, si sono ridotti all'uso del semplice contrasto fra due colori (o talora a due intensità dello stesso colore) dal nero su bianco della carta attraverso il bianco su blu, del trattamento al bichromato di potassio, al blu, nero o bruno su bianco dei processi diazotipici.

Oggi l'uso di schermi a colori ha nuovamente reso familiare la presenza del colore anche in disegni rigorosamente tecnici ed anche la riproduzione associata al disegno tecnico fa ormai riferimento a plotter a penna, per disegni significativi come dimensioni ed importanza.

Stampanti, anche a colori, e fotoriproduttori hanno anch'essi un discreto utilizzo, ma costituiscono un percorso collaterale, riservato per lo più a schizzi ed illustrazioni.

L'uso del plotter ha il vantaggio di prevedere penne non solo di diver-

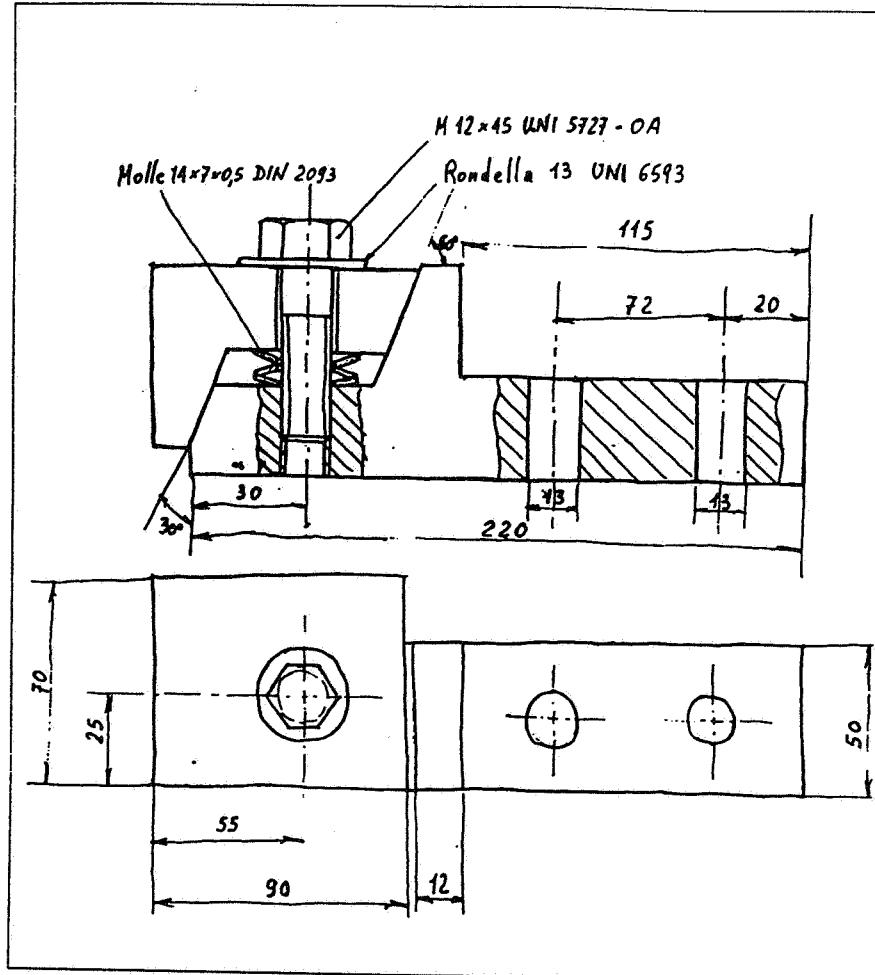


Fig. 16. Uno schizzo d'officina.

Lo schizzo può essere assonometrico (talora prospettico) o in proiezione ortogonale: spesso le varie rappresentazioni si accompagnano con ingrandimento di dettagli ed indicazioni accessorie.

In genere, per motivi di chiarezza, sono rispettate le norme e le convenzioni del disegno tecnico (ovviamente in modo approssimato per quanto riguarda linee, scritte, scale, ecc. e con maggiore attenzione a quotature e rappresentazioni semplificate).

Gli schizzi, nonostante l'apparenza, sono un elemento di importanza fondamentale nel disegno tecnico, sia perché la loro esecuzione non necessita di strumenti ed attrezzi, tranne carta e matita (a parte la possibilità di esecuzione anche al computer!), sia soprattutto per il loro significato di studio e comprensione rapida di particolarità progettuali e costruttive.

Da quest'ultimo punto di vista sono essenziali anche nell'apprendimento del disegno, facilitando la compren-

sione della visione spaziale partendo dalla rappresentazione bidimensionale, e viceversa: lo schizzo di rilievo dal vero è un esercizio fondamentale a questo proposito (fig. 17).

Nella rappresentazione dell'oggetto anche a livello di schizzo è opportuno seguire un certo ordine, sia che si tratti di rappresentazioni assonometriche che ortografiche (fig. 18):

- 1) individuare viste necessarie, dimensioni di ingombro, assi di simmetria;
- 2) nello schema tracciato in conseguenza indicare le forme semplici circoscritte agli elementi principali;
- 3) definire i particolari;
- 4) indicare quote ed altre prescrizioni, se necessario.

Pur operando essenzialmente a mano libera, può essere utile tracciare le linee essenziali conseguenti al punto 1 con qualche attrezzo semplice, magari di fortuna (righelli, cartoncini, ecc.); anche l'uso di linee di diverso colore o intensità può facilitare la comprensione dello schizzo.

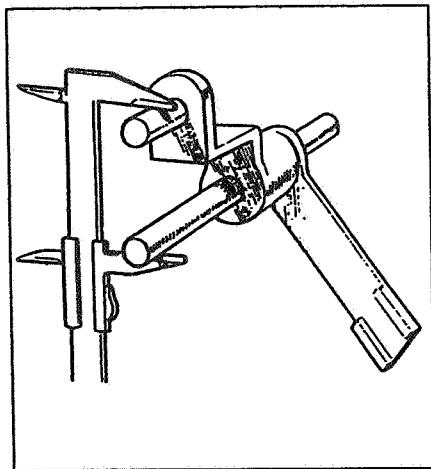


Fig. 17. Rilievo di dimensioni dal vero.

so colore, ma di diverso spessore di tratto, per cui l'associazione di queste a linee che appaiono colorate in fase di visualizzazione su monitor, consente, soprattutto in questa fase di transizione, un semplificazione di eventuali prescrizioni normative. Si è infatti proposta una corrispondenza fra le linee di diverso spessore e continuità previste dalla attuale UNI 3968 ed i colori con cui eventualmente rappresentare lo stesso tipo di entità sullo schermo (fig. 20).

Tuttavia l'associare linee in colore alle diverse linee della UNI 3968 (o della ISO 128) è certamente una scelta opportuna e valida, ma riduttiva.

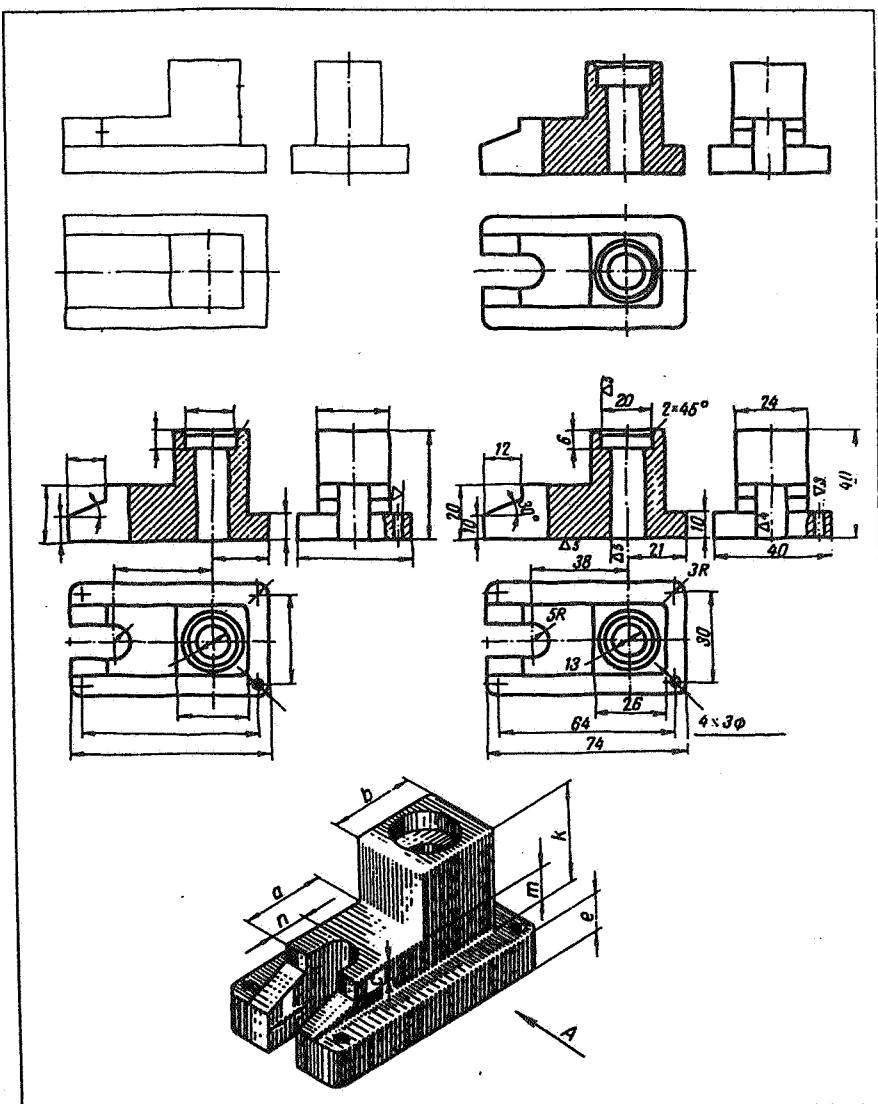


Fig. 18. Fasi di esecuzione di uno schizzo.

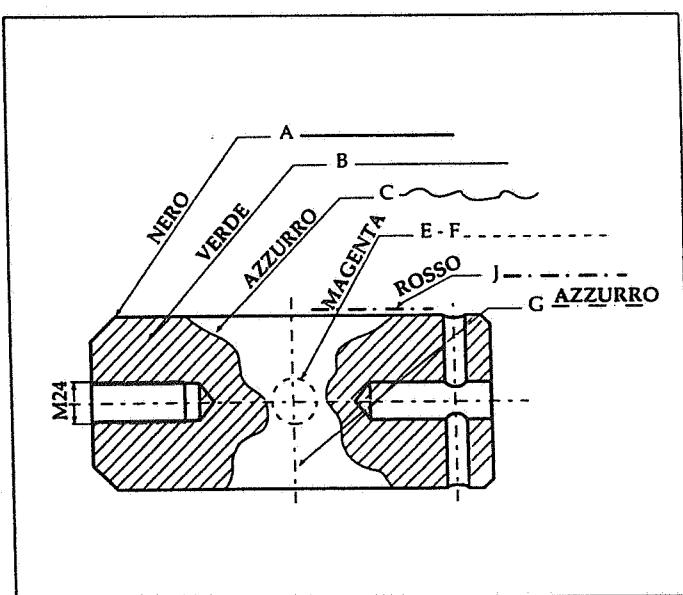
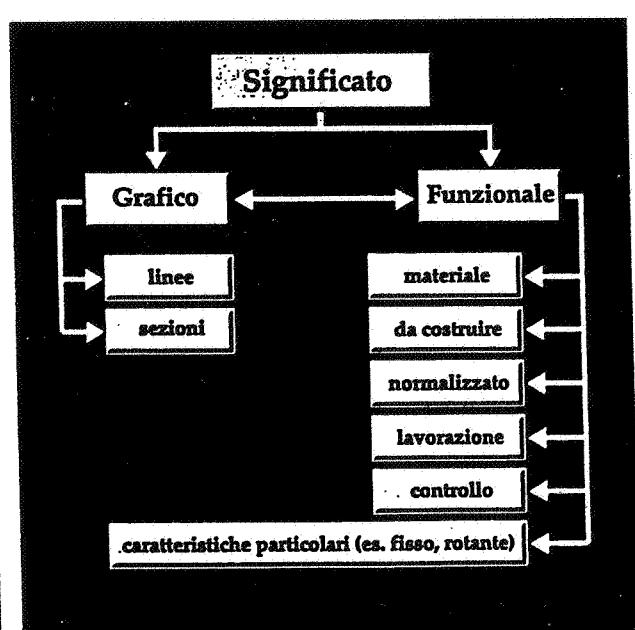


Fig. 20. Possibili corrispondenze tra colore e tipo di linea.

Si utilizza infatti il colore come risposta alla difficoltà di visualizzazione su schermo di linee di diverso spessore, ma si mette in tal modo in ombra la possibilità di usare il colore come informazione aggiuntiva e non sostitutiva.

Va precisato che non è possibile dare delle indicazioni di utilizzo di colori che valgano uniformemente per tutti i tipi di disegno; tanto per fare un esempio, quanto si legge in un disegno di particolare è diverso da quel che si cerca in un complessivo, un disegno di progetto ha esigenze diverse da un disegno di fabbricazione, un disegno per un brevetto non ricalca un disegno di montaggio.

Si potrebbe poi anche considerare il colore come elemento da utilizzare per la gestione del documento disegno.

Dimensioni preferenziali e numeri normali

Si è già osservato precedentemente che l'unificazione porta a ridurre ad una limitata serie i valori delle dimensioni degli elementi normalizzati, anziché disporre di tutti gli infiniti valori possibili.

Si pensi alla gamma di utensili che bisognerebbe altrimenti avere in officina per ottenere tutte le misure possibili di fori o raccordi, oppure alla necessità di disporre di un ampio magazzino di prodotti semilavorati (barre, tondi, profilati) di tutte le dimensioni.

Una serie di valori abbastanza logica, dato il sistema decimale in uso, sarebbe quella che prevede una sequenza in base dieci, ad esempio 10, 20, 30 ... 70, 80, 90.

Tale sequenza costituisce una *progressione aritmetica* che nella sua apparente semplicità presenta il difetto di mantenere costante la differenza fra due valori consecutivi al crescere dei valori stessi: ciò significa che, man mano che le dimensioni crescono, il rapporto fra due dimensioni consecutive diventa più piccolo e si ha perciò un infittirsi di elementi dimensionalmente vicini.

Quando si usano tali serie dimensionali si tenta allora di ridurre l'inconveniente raggruppando gli elementi in gruppi dimensionali con differente incremento, ad esempio 5 per valori fra 0 e 20, 10 fra 20 e 70, 20 fra 70 e 150, e così via.

Per disporre di una serie di numeri in successione tale che l'intervallo tra

Tab. I. Serie di numeri normali per applicazioni meccaniche.

Serie Ra5	Serie Ra10	Serie Ra20	Valori fondamentali		Valori fondamentali			Valori complementari (prossimi a serie R40)
			Valori complementari (prossimi a serie R40)	Serie Ra5	Serie Ra10	Serie Ra20	Valori complementari (prossimi a serie R40)	
0,1	0,1	0,1		10	10	10		
		0,11			12	12	13	
	0,12	0,12	0,13			14	15	
		0,14	0,15	16	16	16	17	
	0,16	0,16	0,17		20	20	21	
		0,18	0,19		25	25	24	
0,25	0,25	0,25	0,24			28	26	
		0,28	0,26		32	32	30	
	0,3	0,3	0,32			36	34	
		0,35	0,38	40	40	40	38	
	0,4	0,4	0,42			45	42	
		0,45	0,48		50	50	48	
0,6	0,6	0,6	0,55			56	52	
		0,7	0,58	63	63	63	60	
	0,8	0,8	0,75		80	80	75	
		0,9	0,85			90	85	
	1	1	0,95	100	100	100	95	
		1,1			110	110	105	
1,6	1,2	1,2	1,3		125	125	120	
		1,4	1,5			140	130	
	1,6	1,6	1,7	160	160	160	150	
		1,8	1,9			180	170	
	2	2	2,1		200	200	210	
		2,2	2,4			220	240	
2,5	2,5	2,5	2,6	250	250	250	260	
		2,8				280	300	
	3	3	3,2		315	315	340	
		3,5	3,8	400	400	400	380	
	4	4	4,2			450	420	
		4,5	4,8		500	500	480	
6	5	5	5,2			560	530	
		5,5	5,8	630	630	630	600	
	6	6	6,5			710	670	
		7	7,5		800	800	750	
	8	8	8,5			900	850	
		9	9,5	1000	1000	1000	950	

due termini successivi, risulti piccolo per le dimensioni minori ed ampio per le dimensioni maggiori, occorre una *progressione geometrica*, nella quale ogni numero viene ottenuto dal precedente moltiplicandolo per una quantità costante, detta *ragione* della progressione.

Tra le possibili successioni di numeri in progressione geometrica, molti Enti di normazione hanno preferito adottare le serie di numeri di ragione:

$$\sqrt[5]{10}, \sqrt[10]{10}, \sqrt[20]{10}, \sqrt[40]{10}$$

chiamate *serie di Renard*, dal nome del militare francese che le introdusse nel 1880. I numeri di queste serie sono

chiamati *numeri normali*, e le serie vengono indicate come R5, R10, R20, R40, (con ragione quindi rispettivamente 1,6 - 1,25 - 1,12 - 1,06) secondo la norma UNI 2016.

Poiché questi numeri sono irrazionali, l'unificazione prevede un arrotondamento dei valori, definendo nello stesso tempo i valori preferenziali da adottarsi.

Per le *applicazioni meccaniche* alcuni valori vengono ulteriormente arrotondati (ad es. il valore calcolato 22,387, già arrotondato a 22,4, diviene 22, l'arrotondamento a 3,55 di 3,548 diviene 3,5) e le serie così modificate, indicate nella norma UNI 2017, vengono designate con Ra5, Ra10, Ra20 (tab. I). Ad esempio nella scelta delle sezioni

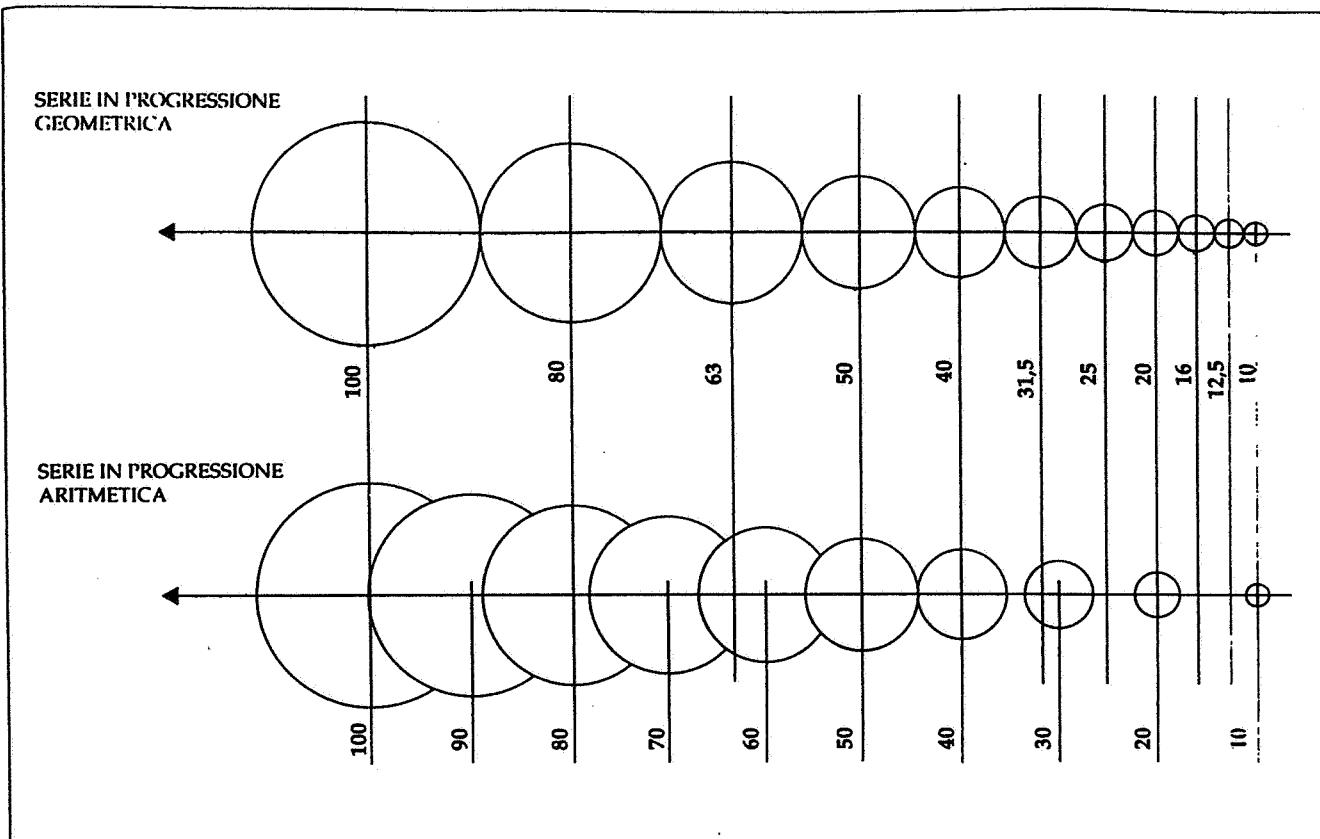


Fig. 21. Una successione di dimensioni in una serie in progressione geometrica risulta più regolare rispetto a quella in progressione aritmetica.

degli steli per utensili (UNI 4245) viene utilizzata per i diametri la serie Ra10, con valori: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 ...

Queste serie dimensionali sono alla base di gran parte delle sequenze di dimensioni degli elementi unificati delle macchine, comprese alcune particolarità, come ad esempio i raggi dei raccordi per applicazioni meccaniche previste dalla norma UNI 4429 (v. capitolo 10).

Va rilevato che quest'ultima tabella definisce i raccordi come *arrotondamenti*, mentre la norma UNI 4729, con il termine *arrotondamento*, si riferisce più correttamente all'approssimazione dei valori numerici.

È interessante ancora osservare che nelle serie si trovano il numero 2 (e perciò il doppio e la metà di ogni numero, considerando che prodotti o quozienti fra numeri normali sono numeri normali anch'essi, così come le potenze) ed il numero 3,15, prossimo a π .

2

ELEMENTI PER LA GESTIONE DEI DISEGNI IN AZIENDA

Il riquadro delle iscrizioni

Nel capitolo 3 si è detto che nei disegni tecnici è previsto un riquadro delle iscrizioni, in genere da collocare in basso a destra sul foglio.

Non si tratta di una prescrizione solo formale: il riquadro delle iscrizioni (chiamato anche cartiglio) è essenziale per quella che possiamo definire la *gestione del documento disegno*. Esso è graficamente strutturato e predisposto per contenere le informazioni relative alla *identificazione, interpretazione e gestione* del disegno stesso.

La norma UNI 8187 stabilisce alcune direttive di base tendenti ad uniformare la configurazione ed il contenuto del riquadro delle iscrizioni, che si presenta sotto forma di tabella rettangolare, posizionata nell'angolo inferiore destro dei fogli da disegno (nel

formato A4 in tutta la parte inferiore). La larghezza della tabella è di 190 mm, per fogli con margine sinistro non maggiorato, e di 175 mm per fogli con margine sinistro largo 25 mm (secondo la norma UNI 936); le linee che delimitano in basso e a destra la tabella devono coincidere con le linee di squadratura. La posizione e le dimensioni così indicate determinano di conseguenza che i fogli piegati in conformità alla UNI 938 presentino il riquadro sempre sul fronte.

Il cartiglio deve essere elaborato in funzione del tipo di progetto e del tipo di commessa e deve essere adatto a contenere tutte le informazioni necessarie, la traccia dell'intervento dei diversi Enti che sul disegno hanno operato, con le firme e le informazioni relative, le modifiche apportate, e così via. Si vede quindi come esso possa assumere differenti forme e dimensioni, spesso rilevanti. La norma non stabilisce in modo vincolante l'ampiezza e la posizione delle singole caselle della tabella in quanto queste vengono determinate in funzione dell'importanza delle informazioni in esse trascritte.

Il riquadro delle iscrizioni viene divi-

so in una zona principale, posta nella parte inferiore, obbligatoria in quanto destinata alle informazioni necessarie per la gestione del disegno all'interno ed all'esterno dell'azienda quali ad esempio (fig. 22):

- 1) *numero o codice* che designa in modo univoco il disegno, con eventuale riferimento a gruppi e sottogruppi di ordine superiore;
 - 2) *titolo* o denominazione del disegno, che descrive brevemente ciò che rappresenta dal punto di vista funzionale ed in relazione ad altre parti o gruppi;
 - 3) *ragione sociale*, composta di scritte e simboli grafici essenziali per il riconoscimento della proprietà del disegno o dell'ente esecutore;
 - 4) *simbolo* del metodo di proiezione adottato, in conformità alla UNI 3970;
 - 5) *scala* del disegno, secondo la UNI 3967; eventuali scale diverse di particolari devono essere indicate tra parentesi;
 - 6) *quote senza indicazioni di tolleranza*; come si vedrà in seguito, si raccomanda il rinvio alla norma UNI ISO 2768 per le quote prive di indicazione diretta di tolleranza;
 - 7) *responsabilità e controllo*, cioè i visti dei responsabili del disegno e delle sue revisioni, indicati con nome e firma con relative date.

Al di sopra della zona principale, esiste una *zona aggiuntiva*, che contiene informazioni che possono essere facoltative, come quelle concernenti le modifiche e sostituzioni (fig. 23), o il materiale costituente il pezzo.

Gli esempi proposti dalla norma sopra citata (fig. 24) non sembrano del tutto idonei alle esigenze, anche se mantengono una validità per alcune indicazioni di tipo generale (tipo di proiezione, scala, ecc.).

Come si vedrà in seguito, nella zona aggiunta, nel caso di disegni d'insieme, devono essere poste le informazioni inerenti i singoli componenti, come quantità, materiali, unificazione e denominazione, cioè la *distinta componenti*.

Numeri di posizione

Nel disegno di complessivo ogni singolo componente viene identificato da un numero, chiamato numero di posizione, secondo la norma UNI 8411, e che viene ripetuto nella distinta componenti che si può tro-

Zona aggiuntiva	Materiali e/o componenti Altre informazioni Modifiche e sostituzioni			
Zona principale	Responsabilità e controllo (date e firme)		Quote senza indicazione di tolleranze	Scala del disegno
Ragione Sociale	Titolo del disegno			Simbolo metodo di proiezione
				Numero del disegno o codice

Fig. 22. Le diverse zone del riquadro delle iscrizioni.

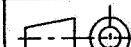
Pos. Rif.	Codice: Code:	Descrizione - Description			Q.tà Q.ty	Note		
Raccordi non quotate: Unspecified radii:	Rugosità (µm): Roughness (µm):			Trattamento termico: Thermal treatment:				
Smerci non quotate: Unspecified chamfers:	Quote senza indicazioni di tolleranza. Unspecified Tolerances,		Dimensioni: Dimensions:		Geometriche: Geometrical:			
Med. Rev.	Data Date	Firma Signature		Disegnato Draft	Controllato Controlled	Approvato Approved	Scala: Scale:	
			Data Date				Cod. Semilavorato: Cod. Semimachined:	
			Firma Signature					
<p>Descrizione: Description:</p>								
<p>Sostituisce il: Replaces the:</p>							<p>Codice: Code:</p>	
<p>Derivato da: Derived from:</p>								
		Prodotto: Product:						

Fig. 23. Un esempio di alcune informazioni aggiuntive di un riquadro delle iscrizioni.

vare sullo stesso disegno; i numeri devono essere assegnati in ordine sequenziale, ad ogni gruppo o sottogruppo costituente il complessivo, oppure ad ogni particolare rappresentato. È possibile usare un codice alfanumerico, come un numero seguito da una lettera, utile ad esempio ad individuare particolari normalizzati o l'appartenenza a determinati gruppi.

Il numero, di altezza almeno doppia rispetto a quella usata per le quote, è racchiuso preferibilmente in un cerchio (sempre disegnato con linea sottile) da cui parte una linea di richiamo di tipo B che termina sul particolare (fig. 25a). In alternativa, è possibile usare l'indicazione di figura 25b e c. Le linee di richiamo non devono intersecarsi, ed essere inclinate rispetto al

pezzo con lunghezza più breve possibile; inoltre i numeri di posizione vanno disposti secondo righe orizzontali e verticali per aumentare la leggibilità del disegno. Ogni pezzo, anche se ripetuto nel disegno, va indicato una sola volta.

la volta.
L'ordine per la numerazione (preferibilmente orario) può essere definito secondo l'importanza delle parti componenti, oppure rispettare l'ordine di montaggio (fig. 26).

Distinta componenti

La distinta componenti, come prevista dalla norma UNI ISO 7573, cioè l'elenco completo dei componenti costituenti un gruppo o sottogruppo rappresentati in un disegno tecnico, è

Fig. 24. Esempi di riquadri delle iscrizioni tratti dalla UNI 8187.

A lato tabella da compilare.

Sotto tabella parzialmente compilata.

5					Posiz. Materiale grezzo - Componenti Simussi non quotati		
4						Codice	
3						Rugosità R in µm	
2							
1					Trattamento termico e/o superficiale		
N°	Modifica - Descrizione			Data	Firma		
Sostitui- sce		Data	Sostitui- sce		Data	N° Attrezzo	N° Modello
		Firma			Firma		
	Disegnato	Controllato	Approvato	Verif. Norme	Quota senza indicazione di tolleranza	Scala	
Data							
Firma							
DITTA		Faccende parte della distinta n°					
						Foglio	

2	140 360 4412	16 Cr Ni 4 tondo 25	2	0,30	Laminato			
1	140 350 1012	Fe 37 piatto 40x12	1	0,20	Trafilato			
POSIZ.	CODICE	DESCRIZIONE	N' PEZZI	Kg MASSA TOTALE	STATO MATERIALE E NOTE			
	MATERIALE GREZZO - COMPONENTI							
SALVAGUARDIA		RELAZIONE	TRATTAMENTO TERMICO E DISPERZIONE		N° ATTREZZATI	N° SALVOGLIATI		
0,2 a 0,3x 45°		12,5 (0,8/ 3,2/ 0/)	Cementato Cm 3 UNI 5381		A.17450/130			
MODIFICA	MOD. N°	1245	1451			SOSTITU- SCHE	143.560.103.04	DATA PRO- GETTO FIRMA E DATA
	DATA	00-02-17	00-09-20			SOSTITUITO DA		
	FIRMA	R.Salv.	R.Salv.					
Disegnato		Controllato	Approvato	Verif.Norme	Quote senza indicazione di tolleranza	Scala		
Data	79-10-10	79-10-15	79-11-10	79-11-11	Grado di precisione medio UNI 5307	1:1		
Firma	4 Rusp	5 Corri	F. Paulo	r. Jea				
DITTA		TENDICATENA COMPOSTO GRUPPO CARRUCOLA						INDICE MODIFICA ① 6 ② 7 ③ 8 ④ 9 ⑤ 10
		143.560.103.10						

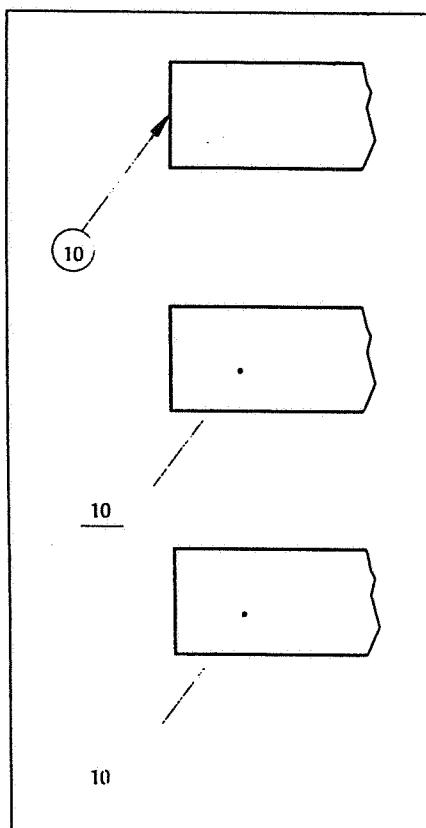
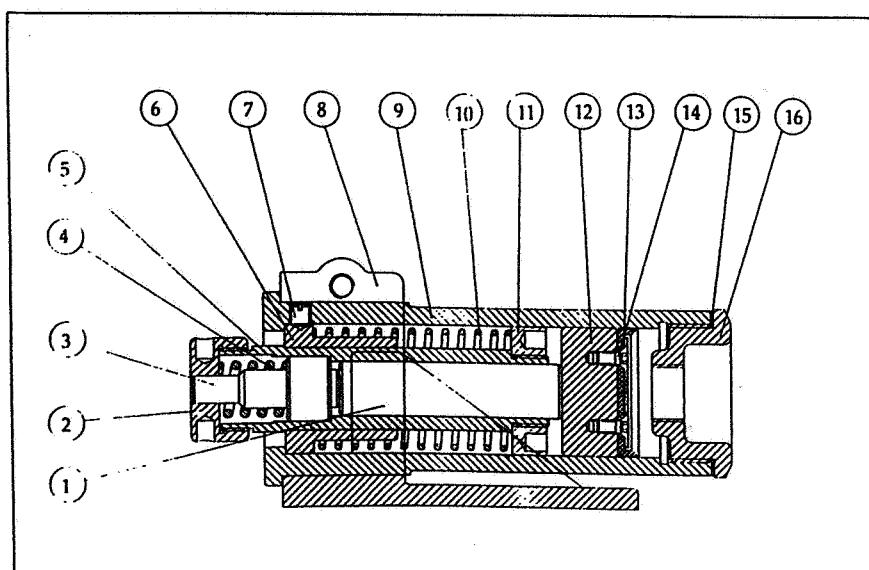


Fig. 25. I tre metodi di indicazione con i numeri di posizione.

Fig. 26. I numeri di posizione vanno disposti preferibilmente secondo righe orizzontali e verticali per aumentare la leggibilità del disegno.

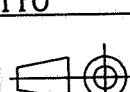
16	Testa del cilindro	1	
15	Guarnizione di testa	1	
14	Vite M8x20 UNI 5933	4	*
13	Guarnizione	1	
12	Stantuffo	1	
11	Chiera	1	
10	Molla UNI 8525-4,68,114	1	
9	Camicia esterna	1	
8	Base	1	
7	Grano UNI ISO 4766 - M12x14	1	
6	Collare di arresto	1	
5	Camicia interna	1	
4	Molla UNI 8525-5,28,38	1	
3	Albero porta punzoni	1	
2	Coperchio per punzoni	1	
1	Albero distanziale	1	
Pos.	Denominazione	Q	Materiale
			Note
Data	Modifica	Data	Modifica
N modello	Materiale	grezzo — Peso — finito	Dir.grezzo
Trott.	Prof.trott.	Dur.HRC	Dis. N
Denominazione <u>MARTINETTO</u> <u>IDRAULICO</u>			Codice
			O.tot. Scalo 1:2 Diseg. Data 13/06/96
			

Fig. 27. Un riquadro delle iscrizioni con la distinta componenti del complessivo di figura 26.

quindi in genere parte integrante del riquadro delle iscrizioni, ma può anche costituire un documento a parte. Come estensione del cartiglio viene generalmente posta al di sopra di questo con una disposizione tale da essere leggibile nel senso di lettura del disegno. Le informazioni contenute nelle distinta sono (fig. 27):

- a) *individuazione* del particolare, con corrispondenza ad un numero posto sul complessivo, chiamato *numero di posizione*;
 - b) *descrizione* o denominazione del particolare, con il riferimento alla norma nel caso di elementi standardizzati;
 - c) *quantità*, cioè numero totale di elementi identici al particolare presenti nell'insieme, corrispondenti ad un unico numero di posizione;
 - d) *materiale*, con cui deve essere costruito il particolare
 - e) *altre indicazioni* come note, riferimenti a fornitori, peso, stato di fornitura.

Se la distinta è riportata sullo stesso disegno, come estensione del cartiglio, la sequenza delle iscrizioni deve essere con numero di individuazione cre-

scente dal basso verso l'alto e con intestazione delle colonne alla base, in modo da poter effettuare eventuali aggiunte senza difficoltà; per le distinte su fogli separati, la sequenza deve essere dall'alto verso il basso, con le intestazioni delle colonne in alto.

LA GESTIONE DEL DOCUMENTO DISEGNO IN UN SISTEMA QUALITÀ

Uno dei temi ricorrenti nella moderna produzione industriale è quello della Qualità Totale, che significa in pratica una gestione e pianificazione della produzione in grado di razionalizzare e standardizzare le fasi di progetto e fabbricazione, portando ad un miglioramento della qualità con riduzione dei costi.

Verso questo obiettivo è pienamente orientato anche il disegno, come documento fondamentale di informazione finalizzata alla produzione, in grado di contenere tutte le informazioni da utiliz-

zare nel ciclo produttivo e di armonizzarsi con procedure in cui le fonti di informazione e controllo sulla fabbricazione possono assumere anche forme diverse dalla rappresentazione grafica tradizionale.

Infatti il disegno costituisce solo una parte della documentazione tecnica di supporto alla produzione. Distinte di componenti, tabelle, schede di controllo, e simili hanno sempre accompagnato in officina la rappresentazione grafica del componente in costruzione, ma in un Sistema Qualità, in cui acquista un peso rilevante l'integrazione fra le varie operazioni ed i diversi settori aziendali, il disegno è ancor più strettamente legato ad ogni altro documento e deve essere gestito con criteri analoghi.

All'interno dell'azienda il disegno può quindi essere visto secondo un duplice aspetto: come *documento di processo* e come *prodotto*. Secondo il primo punto di vista il documento disegno ha una sua collocazione ai fini dell'**Assicurazione Qualità** e della certificazione connessa; come prodotto deve essere sottoposto a verifiche e controlli che ne accertino la qualità durante l'elaborazione ed al suo termine.

Comunque si consideri il disegno, è necessario il riferimento ad opportune *procedure*, cioè a quelle forme di documentazione sistematica ed ordinata che costituiscono l'elemento portante della Gestione Qualità, stabilendo a priori come si deve sviluppare ogni attività.

Queste procedure sono sinteticamente illustrate in seguito insieme ad alcuni esempi di documenti inseriti nelle procedure stesse e che, con minime modifiche, trovano possibilità di utilizzo ovunque si operi per mezzo di disegni esecutivi.

a Le procedure relative ai disegni, come ogni altra procedura prevista per la gestione del Sistema Qualità, devono disciplinare ogni aspetto relativo alla compilazione ed utilizzazione dei disegni stessi.

Segni stessi.
Sarà necessaria una procedura generale, relativa a quella che si può definire la *generazione* del disegno, suddivisa in tre fasi, *redazione*, *verifica* ed *emissione*. Tutte e tre le fasi presuppongono l'impiego di operatori qualificati per le diverse funzioni, il riferimento ad una precisa normativa di esecuzione degli elaborati grafici, la suddivisione e classificazione dei disegni.

Procedure particolari vengono segui-

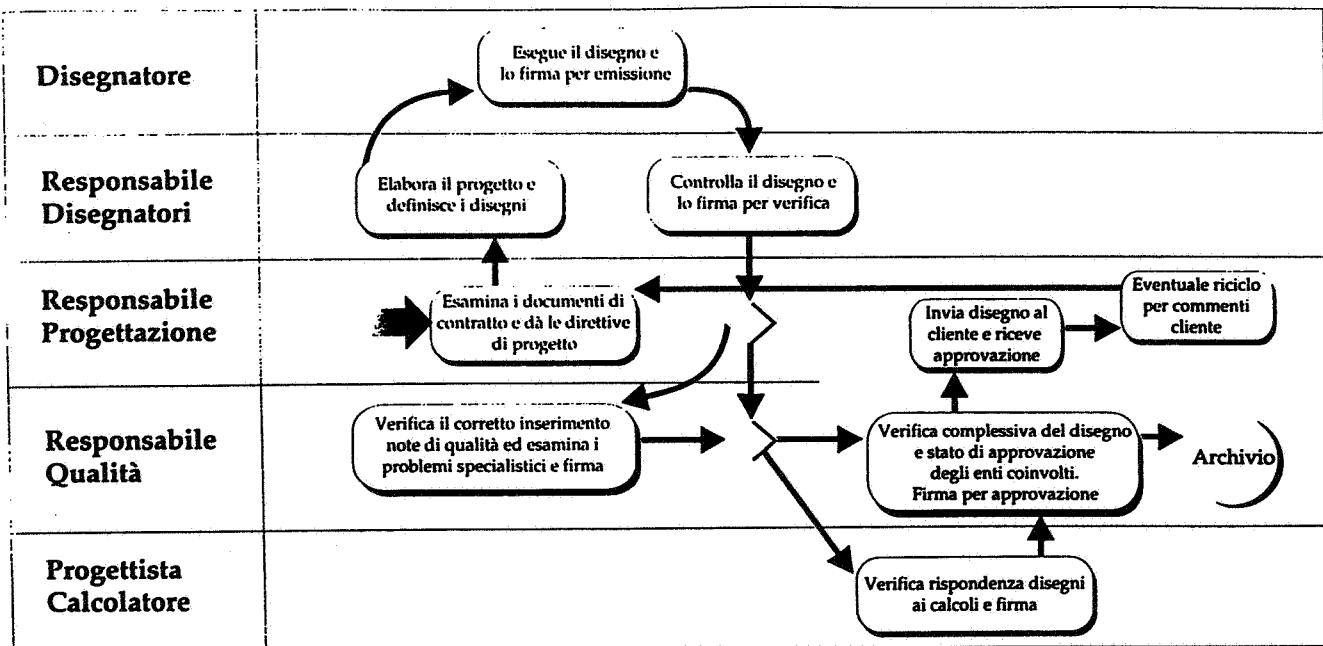


Fig. 28. Il flusso dei disegni.

te per altri aspetti, sussidiari nei confronti della precedente, ma non meno essenziali. Di seguito si accennera quindi ad una procedura per una revisione generale (una forma di *garanzia suppletiva*), per il controllo di un flusso regolare e corretto dei documenti, per una gestione delle variazioni che nel ciclo produttivo si rendessero necessarie.

Comune alle varie procedure è il riferimento ad Enti (che in certi casi potrebbero essere singole persone) cui sono demandate specifiche funzioni nell'ambito della gestione dell'intero processo produttivo, che spesso sono fra loro interfacciati, e che hanno l'intera responsabilità del loro settore di competenza.

Redazione, verifica ed emissione dei disegni

Ogni attività di progettazione e fabbricazione deve essere effettuata in base a precisi documenti scritti che riportano le corrette prescrizioni qualitative e quantitative.

Questa procedura serve a definire le responsabilità e le modalità secondo cui vengono redatti ed approvati i principali documenti di progetto e fabbricazione.

Pur limitando l'analisi ai disegni, è ovvio che alcune prescrizioni sono valide per ogni altro documento connesso alle attività suddette (tabelle, specifiche, calcoli, ecc.)

Per esempio dovranno in ogni caso essere rispettate le modalità di preparazione dei documenti e le diverse firme (ad emissione, verifica, approvazione) prescritte nella procedura.

I documenti od eventuali loro modifiche divengono validi per la costruzione (o l'approvigionamento) soltanto se è completato l'intero percorso di approvazione, attestato dalle firme. Disegni, od altri documenti, che non abbiano completato l'iter di approvazione possono tuttavia essere conservati in archivio; il percorso del documento e gli enti

interessati sono indicati in figura 28. Alla procedura sono allegate tabelle che indicano i responsabili della preparazione dei vari documenti e delle previste verifiche: ad ogni tabella corrisponde una *scheda di controllo* (check list) standard alla quale fare riferimento per la verifica od approvazione (fig. 29).

La firma del responsabile conferma l'operazione effettuata (emissione, verifica od approvazione): quando siano coinvolti nel documento diversi enti il responsabile dell'ultima fir-

1) VERIFICA E FIRMA PER CORRETTEZZA E COMPLETEZZA DI:
— Simbologia grafica utilizzata e rispetto normativa
— Funzionalità rispetto ai requisiti del progetto ed in relazione ad altri disegni
— Quote e tolleranze
— Note esplicative per corretta costruzione e collaudo del pezzo
— Eventuali riferimenti ad altri documenti
2) VERIFICA E FIRMA PER CORRETTEZZA E COMPLETEZZA DI:
— Note qualitative relative a materiali, processi e controlli
— Riferimenti identificazioni e marcature
— Requisiti qualitativi del contratto
3) VERIFICA E FIRMA PER CORRETTEZZA E COMPLETEZZA DI:
— Rispondenza del disegno ai risultati dei calcoli (scelte materiali e dimensionamenti)
4) VERIFICA E FIRMA PER CORRETTEZZA E COMPLETEZZA DI:
— Rispetto complessivo dell'elaborato ai requisiti di progetto
— Controllo delle principali quote d'ingombro e di interfaccia
— Scelte generali dei materiali, processi e controlli
— Iter completo delle verifiche.

Fig. 29. Check list per la preparazione ed emissione disegni.

ma è tenuto a controllare la presenza delle firme di tutti gli enti interessati. Quando sia necessaria una revisione, i disegni dovranno essere firmati dal disegnatore, dal responsabile disegnatori e dal responsabile della progettazione (cui spetta la decisione sull'eventuale intervento di altri enti, che a loro volta dovranno firmare per quanto di loro competenza). Le revisioni dovranno sempre essere indicate sul disegno, riportando in un apposito spazio (in genere nel riquadro delle iscrizioni), le parti grafiche od i dati tecnici oggetto di revisione.

Verifica e riesame dei disegni

La *verifica* del documento (disegno o rapporto di calcolo) è una attività di controllo documentata tendente ad accettare che il documento stesso sia conforme alle prescrizioni.

Il *riesame indipendente* è un'attività (che può essere richiesta a contratto) che viene eseguita su un disegno (od un calcolo), dopo la verifica, al fine di controllare la correttezza dei risultati.

Ai fini della verifica i disegni vengono fatti circolare e firmare: i verificatori compilano e firmano l'apposita scheda di verifica che viene conservata dal gestore di progetto; al termine della

VERIFICA DISEGNI DI INSIEME	
DOCUMENTO _____	Rev. _____ Commessa _____
Verificare per quanto applicabile	Barrare gli argomenti verificati
<input type="checkbox"/> Requisiti contrattuali e normativa	<input type="checkbox"/> Requisiti funzionali, montaggio, manutenzione, accessibilità e prove
<input type="checkbox"/> Condizioni di esercizio ed ambientali	<input type="checkbox"/> Rispondenza ai calcoli di predimensionamento
<input type="checkbox"/> Ingombri, interfacce e collegamenti	<input type="checkbox"/> Quote, requisiti di forma e stato superficiale
<input type="checkbox"/> Scelta materiali e metodi di giunzione	<input type="checkbox"/> Individuazione particolari e quantità
<input type="checkbox"/> Scelta attuatori e strumentazione	
Data _____ Ente Verificatore _____ Nome Verificatore _____ Firma _____	
Note e commenti:	

Fig. 30. Scheda verifica disegni di insieme.

verifica il disegno passa, per l'approvazione, al responsabile dell'Ente Progettazione (fig. 30). Un eventuale cartiglio predisposto del cliente accompagna il disegno durante la verifica e viene analogamente firmato.

Il riesame indipendente dei disegni d'insieme (se richiesto) deve essere eseguito da chi non sia stato coinvolto nella progettazione originaria, emissione o verifica del disegno.

Al termine della verifica il disegno d'insieme con la relativa scheda completa di tutte le firme dei verificatori viene trasmesso al riesaminatore indipendente.

Questi conduce il riesame sui disegni basandosi principalmente sulle schede di verifica per i disegni, compilate dagli enti specialistici di interfaccia.

In particolare vengono riesaminati i requisiti contrattuali, i riferimenti alla normativa, le caratteristiche dimensionali e le condizioni funzionali, la scelta di particolari e componenti (elettromecanici o fluidodinamici).

Al termine del riesame l'addetto documenta l'attività mediante il certificato di riesame indipendente: copia di questo viene trasmessa insieme al disegno al responsabile dell'ente progettazione mentre l'originale viene conservato dal riesaminatore (fig. 31).

Una qualsiasi modifica del disegno sottoposto già a riesame comporta una revisione anche sul certificato relativo.

Il riesame deve comunque concludersi positivamente: in caso contrario il riesaminatore contatta l'emittitore e il verificatore del disegno affinché provvedano alle necessarie modifiche.

CERTIFICATO DI RIESAME	
<input type="checkbox"/> RAPPORTO DI CALCOLO	Rev. _____
<input type="checkbox"/> DISEGNO DI ASSIEME	Rev. _____
Metodologia del riesame effettuato	
Descrizione del riesame	
Eventuali documenti di supporto al riesame:	
Note: eventuale riferimento a rapporto di riesame:	
Data _____	Rev. _____ Nome e Firma Riesaminatore _____
Data _____	Rev. _____ Nome e Firma Riesaminatore _____

Fig. 31. Certificato di riesame.

ntrollo lla documentazione

scopo di tale procedura è di tenere sotto controllo la distribuzione e l'uso dei documenti tecnici, presso gli enti lizzatori interni, nella versione sottosta all'ultima revisione.

procedura prevista per il disegno applica analogamente a rapporti di colo, specifiche di prova, specifiche di processo, specifiche di acquisti, ecc.

archivio riceve gli originali dei documenti, effettua le copie e conserva gli originali, informando gli enti destinatari della disponibilità delle copie di loro competenza.

disegni (come i cicli e i piani di salutatura) nell'ultima versione revisionata devono essere a disposizione degli operatori che effettuano il lavoro. I destinatari dei documenti sono responsabili del ritiro delle copie presso l'archivio, della sostituzione con le ultime revisioni dei documenti ricevuti e della distruzione delle copie superate.

a gestione dei disegni avviene mediante *Comunicazioni di Inoltro* (CI) e *listinte Base* (DB): ogni ente interessato emette ed invia disegni, CI e DB all'archivio centrale, che provvede alla riproduzione e distribuzione come già detto.

.e modifiche

Configurazione del sistema è il complesso di documenti, elencati in apposite distinte base, che definiscono modalità e standard per la costruzione del sistema stesso. Essa è definita *come da progetto* (as design), se "congela" i documenti al termine della fase di progettazione, o *come costruito* (as build) alla fine di ogni attività di fabbricazione (non è completa la corrispondenza con i termini *disegno di progetto* e *disegno come costruito* della UNI 9121).

Si intende per *modifica* ogni variazione effettiva e volontaria rispetto ad una condizione stabilita come definitiva, cioè non in fase di elaborazione. Ogni modifica deve essere richiesta esplicitamente dai vari enti aziendali interessati alla produzione, o dal cliente, e deve essere sottoposta per una prima valutazione all'ente Ufficio Tecnico.

La *richiesta di modifica* (RM) deve essere correttamente formulata: un modulo idoneo è riportato in figura 32.

Al richiedente viene chiesta una valuta-

	RICHIESTA DI MODIFICA N..... /					
Commessa	Cliente	Data	Emesso	Approvato	Applicabilità	
					<input type="checkbox"/> Ricerca/Speriment.	<input type="checkbox"/> Commessa
MACCH. MOD.	POSIZ.					GRUPPO
PARTICOLARI E COMPLESSIVI INTERESSATI						
Particolari	Rev.	Descrizione		Assieme successivo		
MOTIVO RICHIESTA						
<input type="checkbox"/> URGENTE						
RISPOSTA U.T.:						
Classe (tab.1)	Causale (tab. 2)	Esigenza emissione bollettino Tecnico		Richiesta valutazione gestionale		
		Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Distribuzione						
Data	Firma	Approvazione				
GESTIONE INTRODUZIONE MODIFICA						
- Si accetta la valutazione e la classificazione effettuata da U.T. <input type="checkbox"/>						
- In funzione della situaz. materiale, magazzini, stato avanzamento lavorazioni (interne/esterne), si propone la seguente valutazione:						
CHIUSURA U.T.:						
Distribuzione						
Data	Firma	Approv.		Comun. n.		

Fig. 32. Modulo richiesta di modifica.

tazione iniziale sull'applicabilità (ricerca/sperimentazione o commessa). Da parte dell'Ufficio Tecnico (Servizio Qualità) viene indicato il tipo di modifica, con riferimento alle tabelle IIa e IIb, che indicano *classe* e *causale* della modifica, nonché l'eventuale necessità di un *bollettino tecnico* (riportante, ad uso del cliente la descrizione delle modifiche e le conseguenze) e di una *valutazione gestionale*.

Le classi A, B, C richiedono l'intervento di altri enti (ad es. Produzione, Materiali, Qualità) che possono accettare il parere dell'UT o formulare proposte alternative. Le proposte di classe D od E vengono decise direttamente perché, coinvolgendo aspetti di sicurezza, richiedono immediata introduzione.

I disegni interessati alle modifiche ri-

chieste dovranno portare un timbro, che concentra le informazioni essenziali.

Quando la modifica venga effettuata, il disegno verrà modificato di conseguenza e di ciò verrà data cognizione sul cartiglio, che ovviamente porterà l'indicazione della modifica, con codice, data, descrizione.

I disegni modificati saranno accompagnati da una *Comunicazione Modifica Disegno* (CMD), che verrà inviata ai vari Enti (ad es. Produzione, per eventuali modifiche dei metodi di lavoro, Acquisti, per modifiche negli approvvigionamenti, ecc.)

In conseguenza delle CMD vengono immediatamente aggiornati i vari documenti (distinte base, documenti di controllo, configurazione commessa).

Al termine della commessa viene archiviata la documentazione relativa

(distinta base documenti, nella configurazione *as build*, registro controllo macchina, disegni) con garanzia di rintracciabilità.

Per quanto riguarda i disegni la tendenza è quella di eliminare i documenti cartacei, ricorrendo alla microfilmatura quando non sia disponibile il supporto magnetico (nastro o dischetto).

Evoluzione in corso

La moderna attività produttiva è fortemente influenzata dalla rapida evoluzione delle nuove tecnologie e dalla crescente competizione a livello internazionale. I cicli di vita dei prodotti si sono notevolmente ridotti a causa della richiesta di qualità sempre più elevata da parte di un mercato rivolto alla diversificazione e alla competizione. Le strategie a lungo termine, tipiche della produzione in serie sono state abbandonate, preferendo visuali a medio o breve termine con produzioni a lotti più limitati (*Batch Production*) e ampio catalogo. Il flusso produttivo è quindi costituito da piccole serie di articoli uguali che si alternano in rapida successione: i sistemi CAD devono essere altamente informatizzati, a causa delle frequenti revisioni. Il prodotto segue le richieste dei clienti e viene modificato di conseguenza.

Nel settore della progettazione e del disegno la *Group Technology* (GT) fornisce un aiuto insostituibile nella gestione dell'archivio pezzi: infatti, una popolazione di pezzi con i relativi disegni codificata in un sistema di GT è facilmente gestibile in maniera automatica.

Il progettista può effettuare la ricerca mediante attributi, selezionare uno o più pezzi aventi delle caratteristiche morfologiche volute e scegliere infine

Cod.	Classe modifica
A	Accettata per il caso specifico. Non modifica il disegno
B	Accettata. Possibile. Da introdurre a disegno appena possibile
C	Accettata. Necessaria. Da introdurre subito. Non riguarda aspetti di sicurezza
D	*Accettata. Obbligatoria. Da introdurre subito. Relativa ad aspetti di sicurezza
E	Accettata. Obbligatoria. Da introdurre subito. Deve essere comunicata al cliente
NT	Non accettata tecnicamente
NE	Non accettata economicamente

Tab. IIa. Classi della modifica.

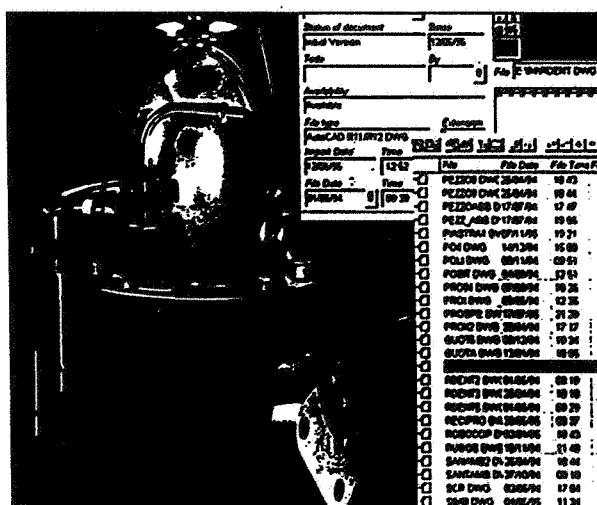
Categoria	Codice	Descrizione	Codice
Richiesta Cliente	11	Richiesta cliente-Tecnico commerciale	xxx11
	12	Anomalia d'esercizio-Assistenza	xxx12
Errore Progetto e Documentazione Tecnica	21	Disegno errato o incompleto (complessivo)	xxx21
	22	Disegno errato o incompleto (particolare)	xxx22
	23	Aggiornamento disegni	xxx23
	24	Normativa tecnica errata/incompleta	xxx24
	25	Errore U.T. esterno	xxx25
Evoluzione Ricerca Tecnologica	31	Evoluzione Tecnologica	xxx31
Ottimizzazione metodi di produzione e riduzione costi	41	Miglioria di lavorazione	xxx41
	42	Ergonomia	xxx42
	43	Riduzione Costi	xxx43
	44	Riduzione Tempi di montaggio	xxx44
Qualità e funzionalità	51	Miglioria funzionale	xxx51
	52	Miglioria Qualitativa	xxx52
Sicurezza	61	Parte strutturale/Ripari	xxx61
	62	Parte elettrica	xxx62
Approvvigionamento	71	Materiali non disponibili	xxx71
	72	Variante richiesta da acquisti o fornitore	xxx72

Tab. IIb. Causali delle modifiche.

quello, se esiste, più vicino alle sue esigenze, modificarlo opportunamente e ottenere non solo un disegno in tempi brevi, ma anche creare un pezzo che differisce da un altro esistente del minimo indispensabile per ottenere la diversa funzionalità. Creando un archivio di disegni e progetti si razionalizza

il processo di progettazione: conducendo analisi dettagliate sul tipo di pezzi prodotti o impiegati da una azienda, è facile trovare più versioni dello stesso pezzo in cui variano solo le tolleranze o i trattamenti termici. L'accesso alla documentazione viene realizzato dai differenti settori aziendali (progettazione, qualità, ufficio metodi e produzione) in tempo reale, poiché si fa riferimento alla stessa base dati; in questo caso si evitano i problemi di montaggio, gli errori di valutazione sulla effettiva capacità produttiva e nello stesso tempo si razionalizza e si armonizza la fase di progetto e di produzione.

I moderni sistemi CAD sono dotati di caratteristiche tali da consentire la gestione e l'integrazione delle informazioni provenienti da tutti i settori aziendali e soprattutto dai diversi progettisti che lavorano sullo stesso progetto. Infatti ciascun utente, una volta visualizzato sullo schermo il complesso o l'assemblato in tre dimensioni (fig. 33), è in grado di svolgere una



molteplicità di operazioni in tempo reale, quali ad esempio:

- a) identificare tutte le informazioni relative ai singoli componenti;
- b) esaminare le ultime modifiche e revisioni;
- c) accedere alla distinta dei materiali visualizzata attraverso un grafico ad albero;
- d) verificare le interferenze tra i vari organi
- e) collegarsi via rete con gli altri progettisti e i tecnici di processo per lo scambio di informazioni e la gestione delle variazioni che nel ciclo produttivo si rendessero necessarie.

I disegni in proiezioni ortogonali vengono ottenuti direttamente ed automaticamente dai modelli tridimensionali, col vantaggio che essi vengono automaticamente aggiornati dal sistema in caso di variazioni progettuali.

In questo modo il software si occupa di gestire le modalità e le responsabilità secondo cui vengono redatti i vari progetti fino all'approvazione definitiva, senza bisogno del flusso di informazione cartaceo che caratterizza il precedente metodo e quindi con tempi e costi minori.

IL DISEGNO, STRUMENTO PER IL COLLAUDO

Introduzione

Si è visto che nel disegnare un pezzo, magari da inserire in un progetto più complesso, si ricorre al rilievo dal vero, ricavando misure e forme da oggetti già esistenti. A pezzo finito o durante il ciclo di lavorazione devono essere sempre effettuati controlli e misure.

La *metrologia* si occupa della misura e del controllo delle dimensioni, della forma e della qualità delle superfici dei pezzi prodotti industrialmente, con lo scopo di scegliere in modo corretto ed adeguato metodi e strumenti di misura e di controllo. Per *misura* si intende il rapporto tra una grandezza ed un'altra, ad essa omogenea, presa come unitaria; ad esempio, se si effettua la misura della lunghezza del lato maggiore di un foglio da disegno di formato A4, si determina quante volte una grandezza unitaria (il mm) è contenuta nella grandezza da misurare (il lato del foglio, 297 mm).



Fig. 34. Il collaudo dimensionale è parte essenziale del processo produttivo.

Gli strumenti di misura hanno lo scopo di verificare le dimensioni, la forma ed il grado di precisione raggiunto nella lavorazione di un pezzo, in relazione ai valori prescritti nel disegno. Gli strumenti di misura possono essere classificati, secondo l'uso e la funzione, in:

- 1) strumenti misuratori, solitamente dotati di una graduazione mediante la quale è possibile leggere il valore della grandezza misurata;
- 2) strumenti di controllo fissi o *calibri fissi*, che effettuano la misura o la verifica per confronto, rispetto ad una posizione di riferimento, senza indicare valori;
- 3) strumenti comparatori, che effettuano la misura per confronto rispetto ad un campione, rilevando però il valore della differenza tra il campione e l'oggetto in esame.

Strumenti misuratori tipici di officina sono la *riga metrica*, il *calibro a corsoio*, il *micrometro* ed il *goniometro* (fig. 34). Caratteristiche di uno strumento misuratore sono:

- a) la **precisione**, o *grado di precisione* di uno strumento, massima differenza tra il valore della misura fornita dallo strumento ed il valore reale della

grandezza misurata; ad esempio se uno strumento per misure lineari ha un grado di precisione di 0,1 mm, vuol dire che il valore reale della grandezza misurata può essere maggiore o minore del valore fornito dallo strumento al massimo di 0,1 mm.

b) la **sensibilità**, rapporto tra la variazione dell'indice dello strumento sulla scala graduata e la corrispondente variazione della grandezza da misurare; ad esempio, in un comparatore centesimale lo spostamento del tastatore di 1 mm, corrisponde ad un giro completo dell'indice sulla scala suddivisa in 100 parti, cioè una sensibilità di 100 divisioni/mm: una piccola variazione della grandezza da misurare provoca un grande spostamento dell'indice sulla scala graduata.

c) la **portata**, valore massimo della grandezza che lo strumento può misurare.

d) il **campo di misura**, differenza tra la massima e la minima misura che lo strumento può rilevare; ad esempio un termometro clinico con estremi della scala di 35°C e 42°C, ha un campo di misura di 7°C.

e) l'**approssimazione**, la più piccola frazione di una grandezza che è possibile misurare con un dato strumento; ad esempio la riga con suddivisioni di 0,5 mm, ha una approssimazione di 0,5 mm.

Alcuni strumenti misuratori

Il calibro a corsoio

Fu costruito nel 1631 dal matematico francese Pierre Vernier ed è lo strumento misuratore di grandezze lineari più usato in officina; viene anche chiamato *calibro a nonio* dal nome del dispositivo che ne migliora la precisione di lettura (fig. 35). Consente mi-

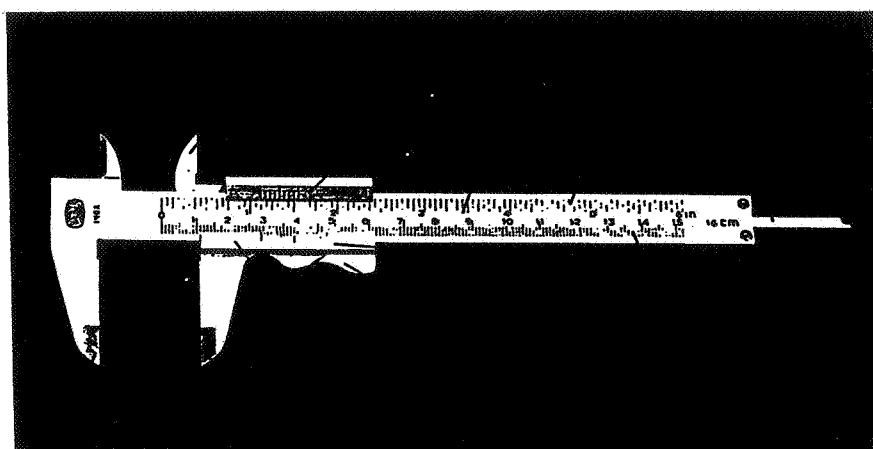


Fig. 35. Il calibro a corsoio.

sure esterne, interne e di profondità e fondamentalmente si compone di:
 a) un'asta fissa, che porta incisa generalmente una doppia scala in mm ed in pollici, e terminante con un becco;
 b) un corsoio mobile, scorrevole sull'asta, dotato anch'esso di un becco, e portante la graduazione del nonio ed un dispositivo di bloccaggio.

Il nonio è costituito da una scala graduata in modo che n sue divisioni corrispondono alla lunghezza di $n-1$ divisioni della scala fissa.

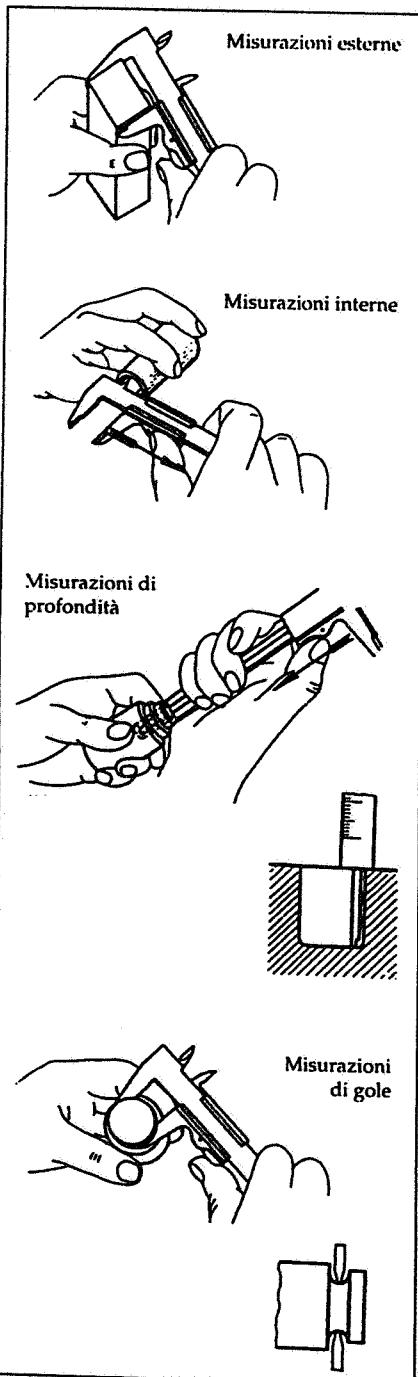


Fig. 37. Esempi di misure effettuate col calibro a corsoio.

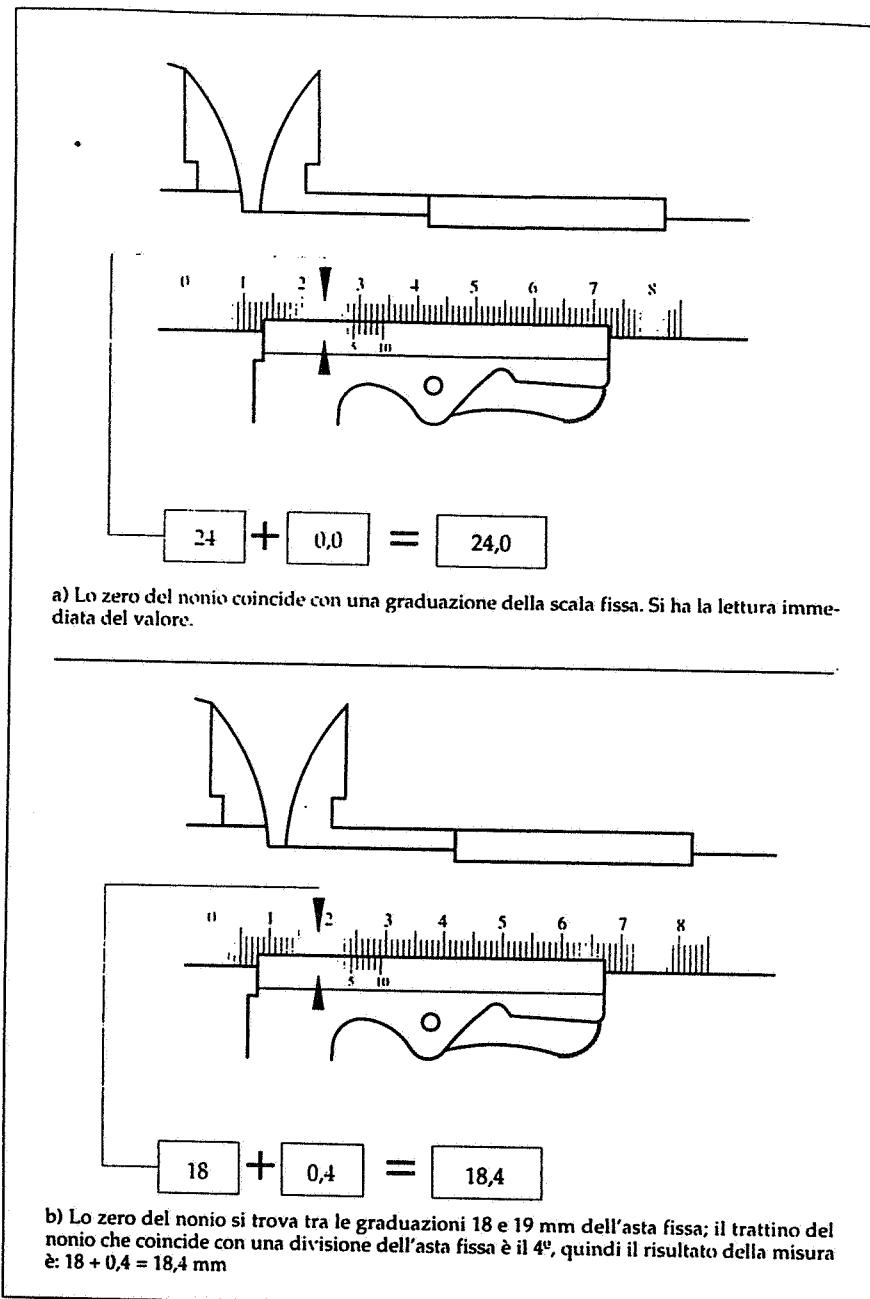


Fig. 36. Esempi di misure effettuate col calibro a corsoio.

In genere il nonio permette di realizzare l'approssimazione di $1/10$, $1/20$, $1/50$ di millimetro, donde il nome di calibro decimal, ventesimale e cinquantesimale. La figura 36 mostra le modalità di lettura di un misura effettuata col calibro decimale.

Per misurazioni rapide e precise oggi si vanno sempre più diffondendo i calibri digitali (fig. 38) che consentono una facile lettura grazie al visualizzatore numerico a cristalli liquidi; questi calibri consentono l'azzeramento in qualsiasi punto, essendo dotati di memoria per misure indirette e possono arrivare alla precisione del centesimo.

Micrometro

Anche chiamato *micrometro centesimale* o *Palmer*, dal nome di chi lo ideò nel 1848; può assumere forme diverse in relazione allo specifico campo d'impiego, e consente una precisione del centesimo di mm.

Il micrometro per esterni comprende essenzialmente due parti fondamentali (fig. 39):

- a) una parte fissa, a forma di arco (A), molto rigida, che porta alla sua estremità l'*incudine* (a), che costituisce la prima delle due superfici di misura e all'altra estremità una bussola graduata;

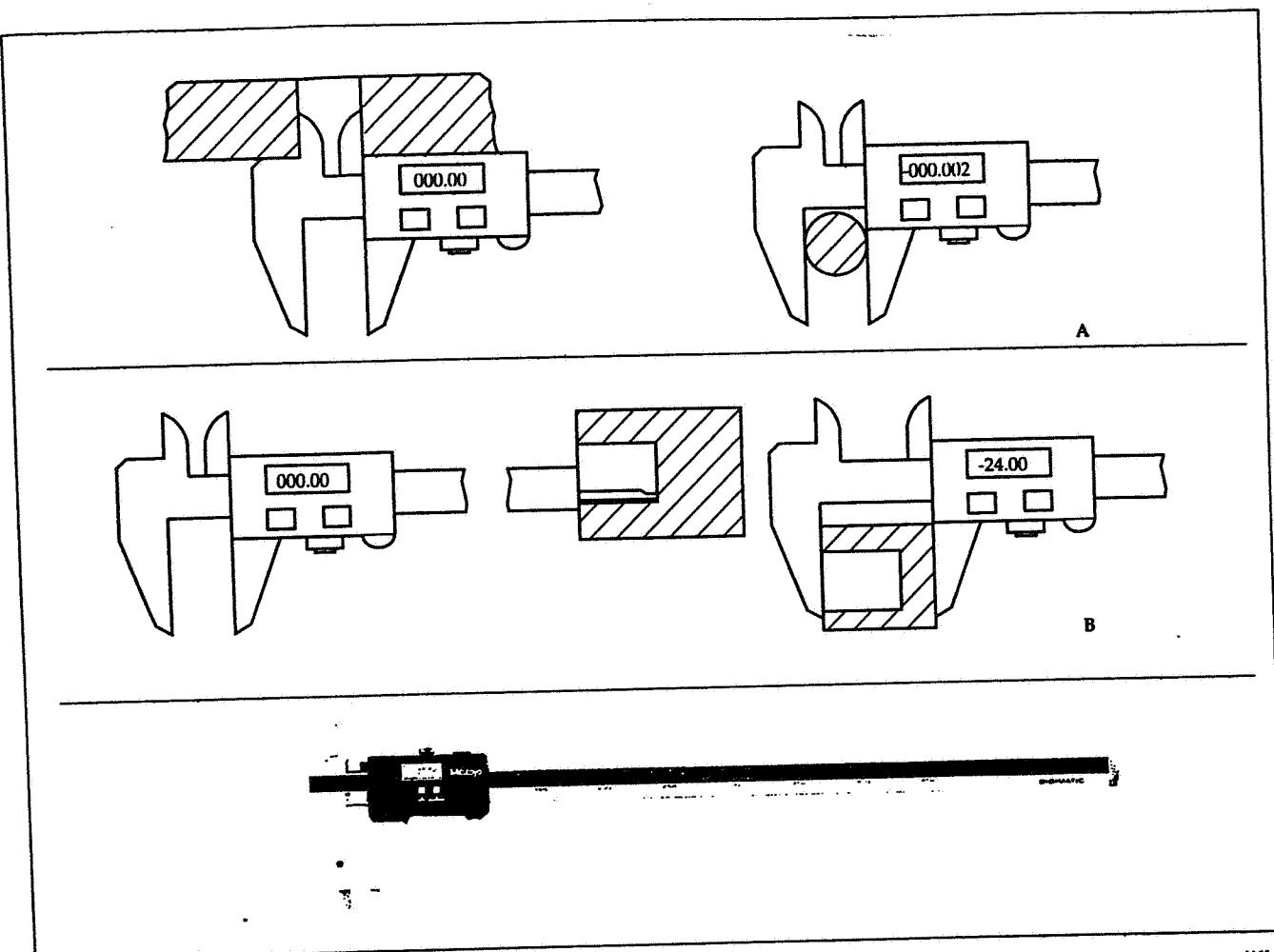


Fig. 38. Vantaggi del calibro a corsoio digitale: nel caso A il calibro viene azzerato sulla dimensione del foro: misurando l'albero, si nota una differenza di 0,002 mm; nel caso B, azzerando il calibro sulla misura di profondità del foro, si riesce ad ottenere una misura di spessore di profondità.

b) una parte mobile il cui elemento fondamentale è un'asta cilindrica (B) terminante con la seconda superficie di misura collegata (b) e sulla quale è ricavata una filettatura di passo 0,5 mm.

Completano lo strumento un tamburo graduato (T) ed un dispositivo di serraggio, costituito da una ghiera zigrinata che ha lo scopo di impedire che la pressione dell'asta mobile sul pezzo

superi un determinato valore, compromettendo la misura.

Il micrometro presenta varie versioni, come quella per misure di profondità o di interni (fig. 40); il funzionamento dello strumento con un esempio di lettura è spiegato in figura 41.

Goniometro universale

Viene impiegato per misure angolari con un'approssimazione inferiore al grado; è costituito da disco graduato, solidale ad una squadretta fissa (fig. 42), da un disco a graduazione a nonio, coassiale al disco fisso e da un'asta mobile con le due estremità inclinate rispettivamente di 60° e di 45°.

Gli strumenti di controllo fissi

Generalmente trovano esclusiva ed estesa applicazione nel campo delle lavorazioni meccaniche di serie; questi strumenti non forniscono il valore

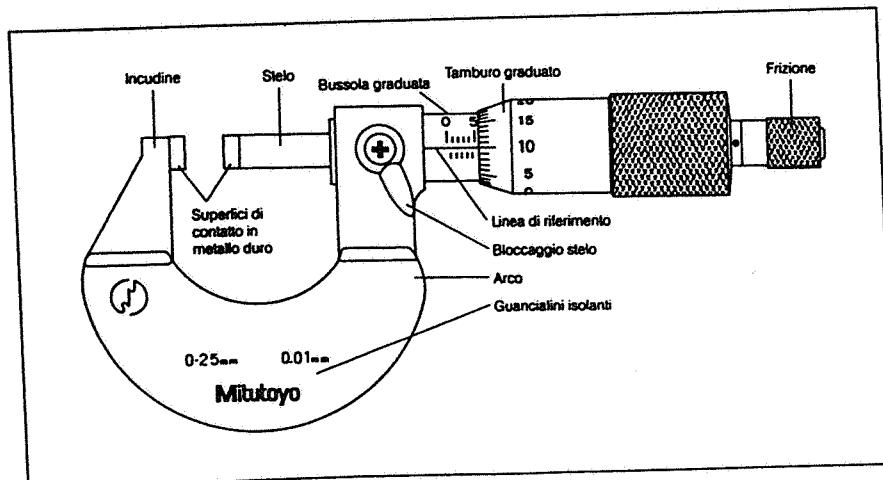


Fig. 39. Micrometro centesimale.

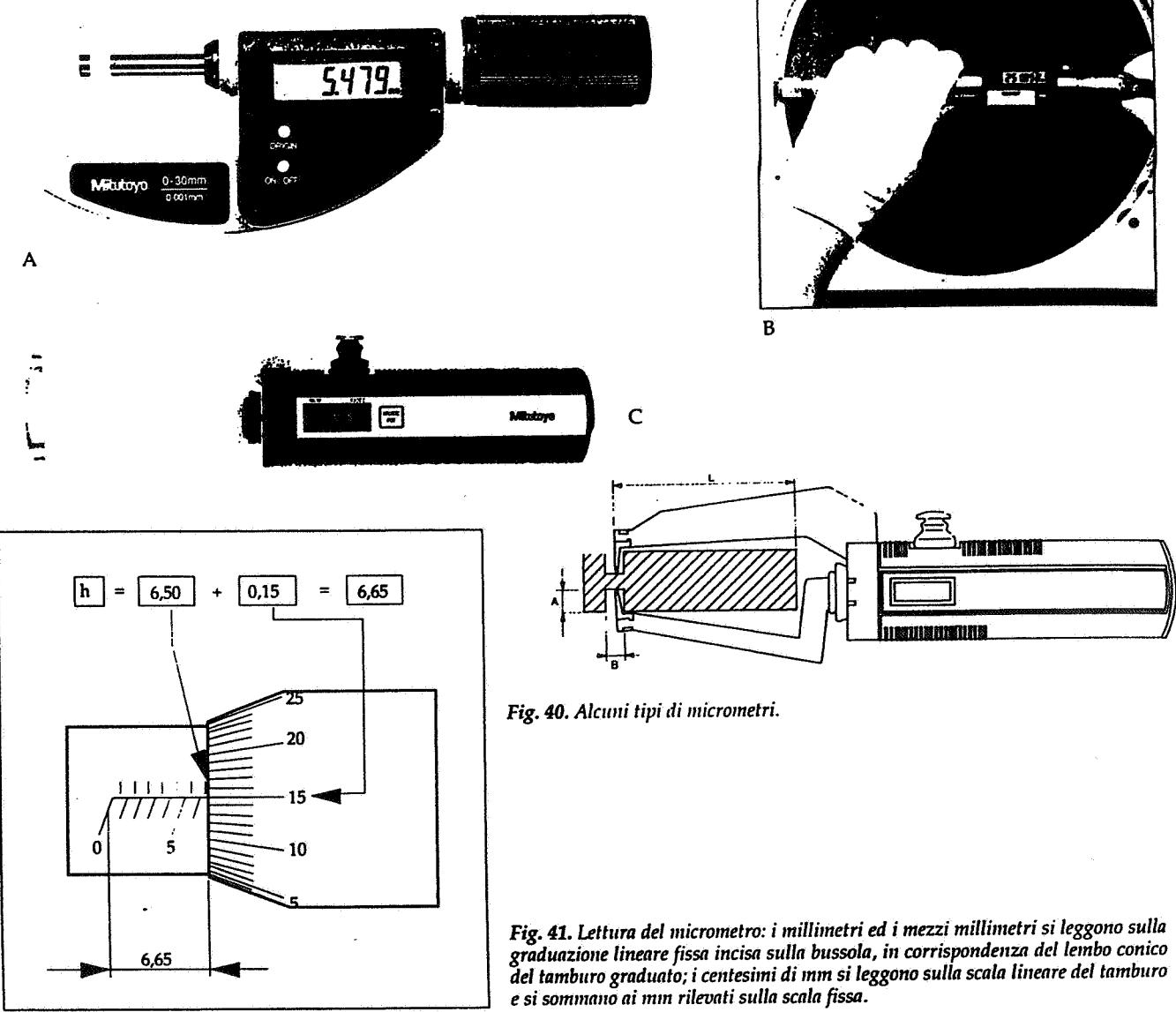


Fig. 40. Alcuni tipi di micrometri.

Fig. 41. Lettura del micrometro: i millimetri ed i mezzi millimetri si leggono sulla graduazione lineare fissa incisa sulla bussola, in corrispondenza del lembo conico del tamburo graduato; i centesimi di mm si leggono sulla scala lineare del tamburo e si sommano ai mm rilevati sulla scala fissa.

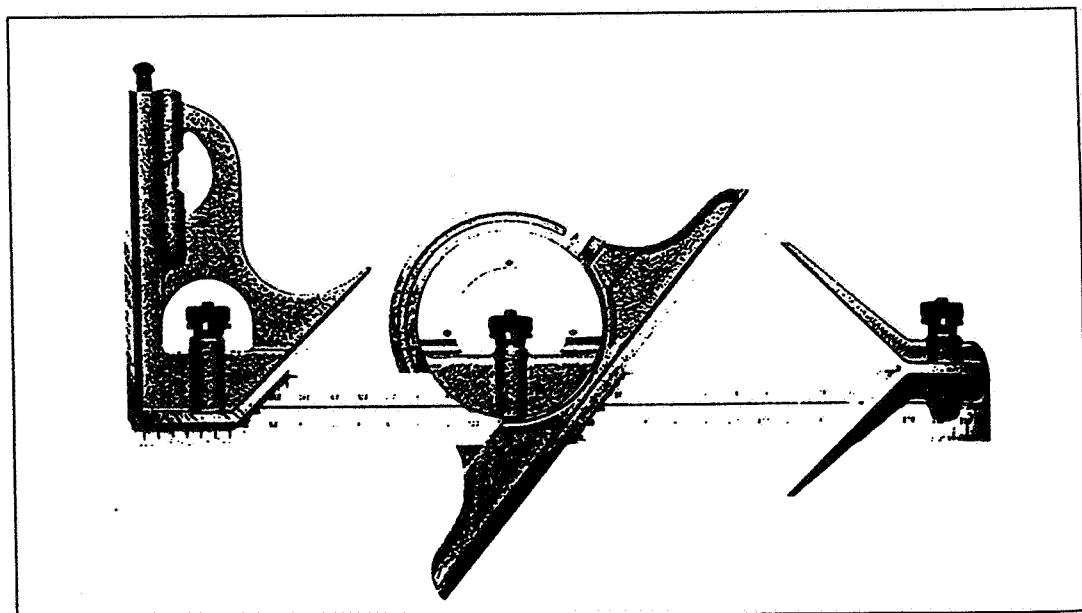


Fig. 42. Goniometro.

della misura, ma indicano solo se tale valore rimane compreso nel limite prestabilito di errore consentito; secondo il particolare campo di impiego, questi calibri, che saranno esaminati nel capitolo dedicato al controllo delle tolleranze di lavorazione, vengono classificati in calibri per il controllo degli *errori dimensionali* sia per elementi interni che esterni (detti anche *calibri differenziali*, fig. 43), ed in calibri per la verifica degli *errori geometrici*, meno diffusi e più complessi.

Appartengono alla famiglia degli strumenti fissi i *blocchetti piano-parallelî*, detti anche *blocchetti Johansson*, costruiti con altissima precisione, raccolti in scatole e con spessori crescenti da 1 mm fino a 100 mm; in questo modo ogni quota campione viene realizzata sovrapponendo vari blocchetti fino alla misura desiderata (fig. 44). Vengono

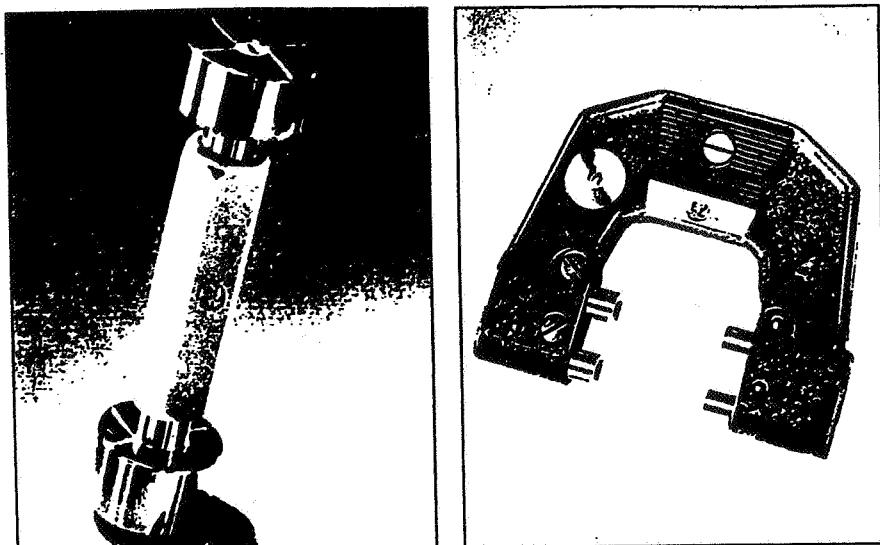


Fig. 43. Alcune forme di calibri fissi.

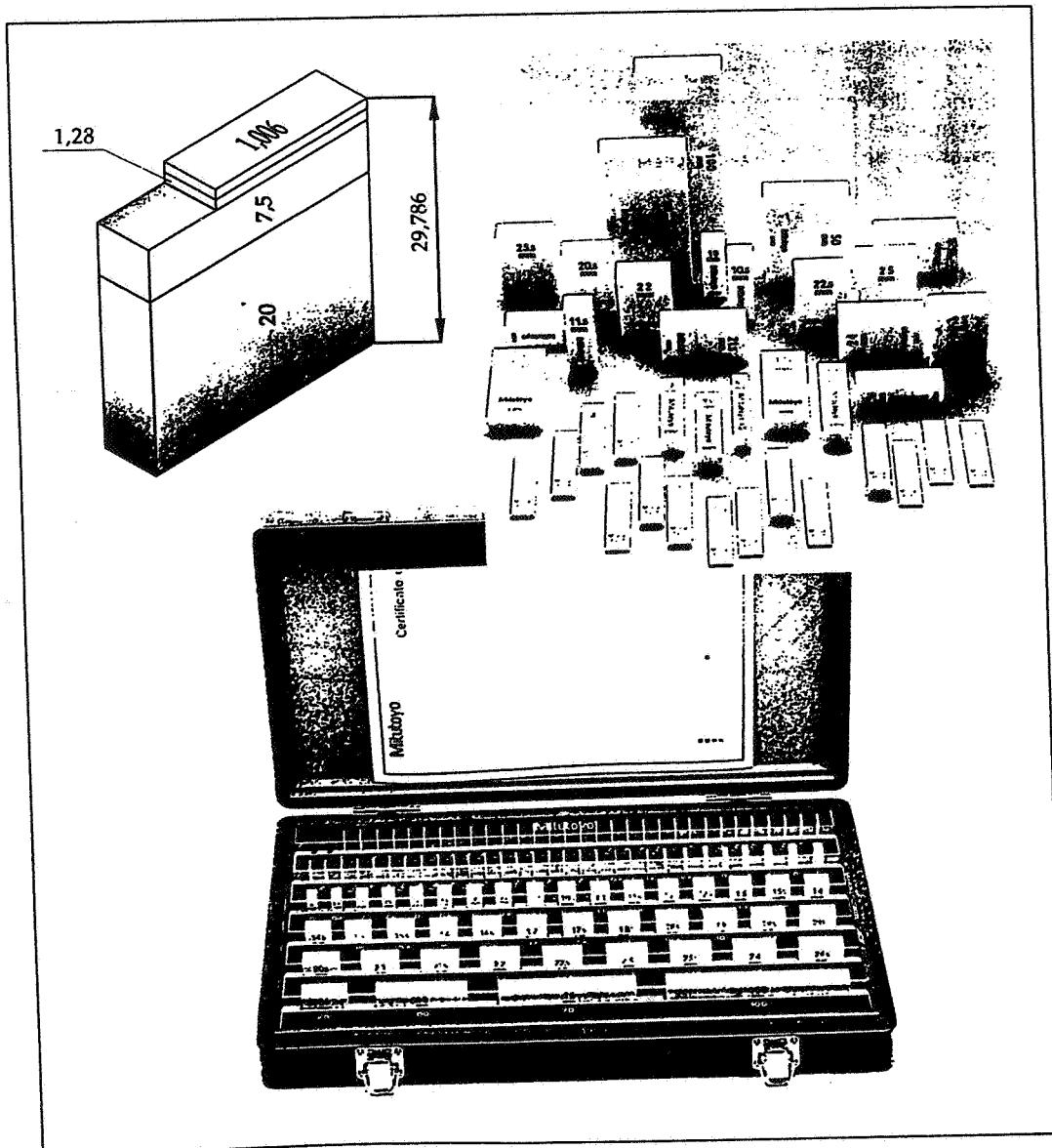


Fig. 44. Blocchetti di risconto con esempio di composizione di una quota con i blocchetti piano paralleli. $20 + 7,5 + 1,28 + 1,006 = 29,786$

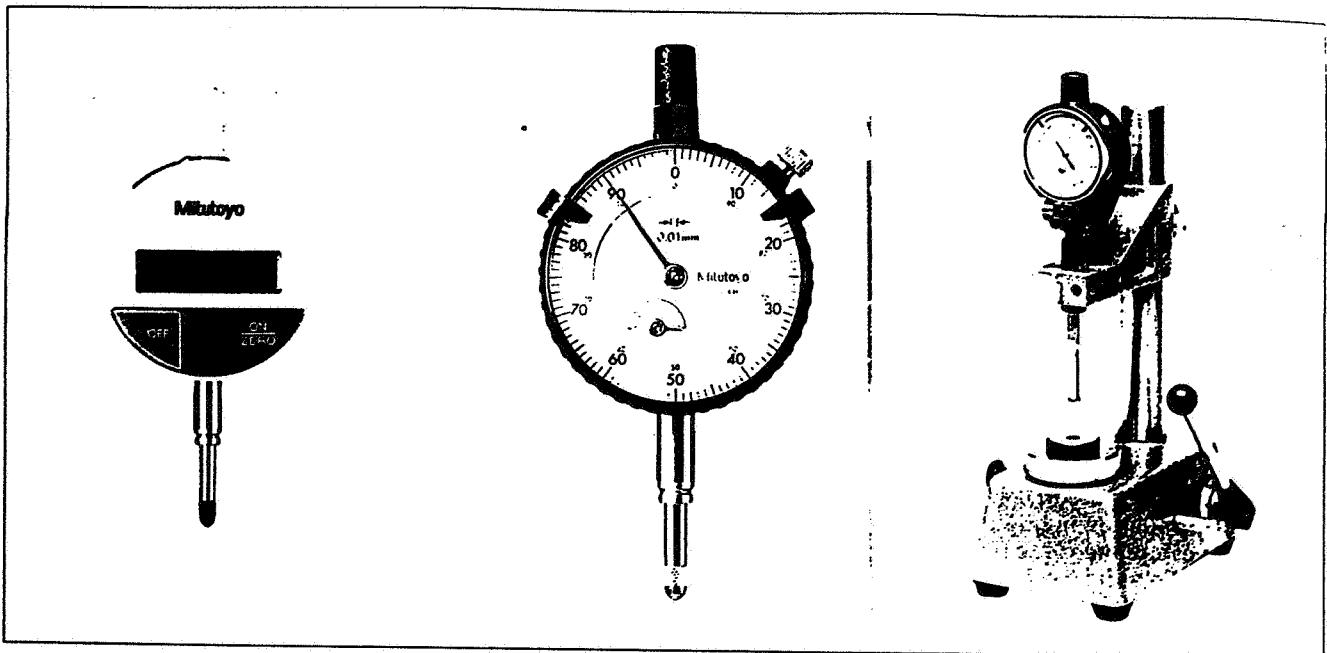


Fig. 45. Comparatori: il tipo meccanico è affiancato da un modello digitale (a sinistra).

utilizzati per la taratura ed il controllo degli strumenti di misura e per misure indirette con strumenti comparatori.

Gli strumenti comparatori

Questi strumenti sono utilizzati per il controllo degli errori dimensionali e di forma in modo indiretto, cioè indicano ad esempio la differenza tra la lunghezza del pezzo in esame e quella di un pezzo campione. Lo strumento tradizionale è il *comparatore a quadrante*, o *a orologio* (fig. 45), ad amplificazione meccanica, munito di un tastatore retrattile e di un quadrante con un indice che si sposta in modo proporzionale allo spostamento del tastatore. L'approssimazione è di 0,01 mm, cioè ogni spostamento di 1 mm del tastatore corrisponde ad una rotazione completa dell'indice sul quadrante diviso in 100 parti; per valutare gli spostamenti superiori al mm, i comparatori sono dotati di un quadrante più piccolo con una scala in grado di registrare gli spostamenti in mm. Per la verifica di una quota, ad esempio l'altezza di un blocco di metallo, (fig. 44) si pone sotto al comparatore, sostenuto dall'apposito supporto, una serie di blocchetti piano paralleli, impilati fino a formare una quota uguale a quella del pezzo da controllare. Dopo averlo azzerato sui blocchetti, il comparatore viene spostato sul pezzo da controllare, rilevando lo spostamento positivo o negativo della quota del pezzo rispetto a quella dei blocchetti. Un'altra applicazione del comparatore è quella del controllo degli errori

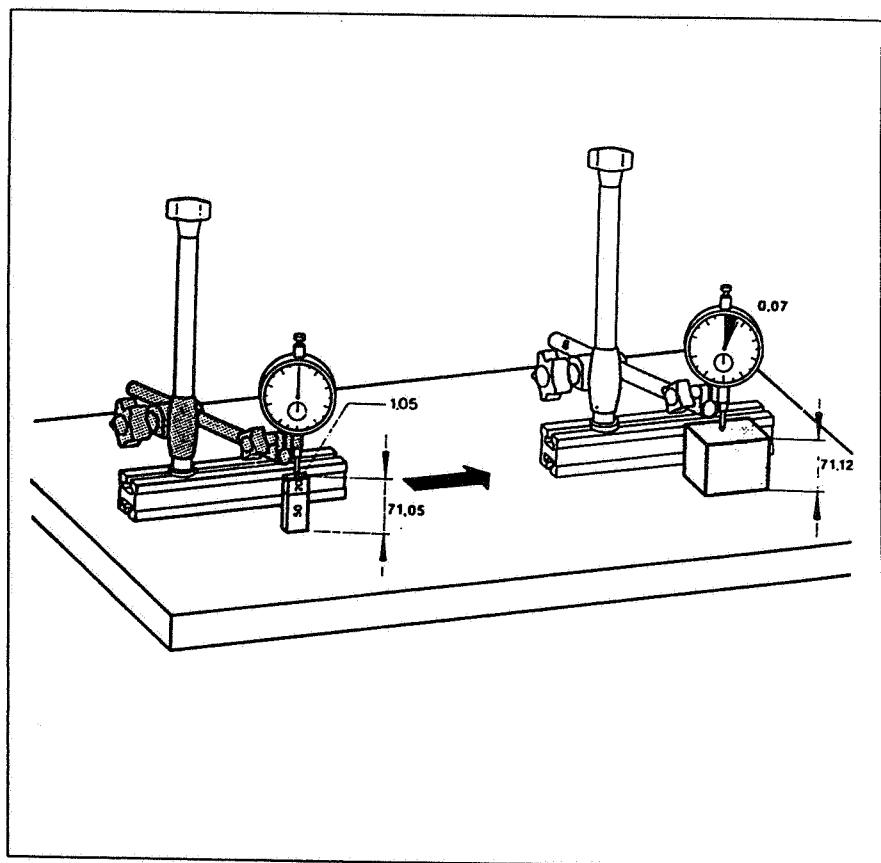


Fig. 46. Esempio di verifica di una quota col comparatore.

di forma, ad esempio il controllo della planarità come differenza tra il valore più alto e più basso.

Un altro strumento utile per il rilievo degli errori di forma e posizione è il *comparatore universale*, dotato di un ta-

statore orientabile rispetto all'asse dello strumento.

La figura 47 mostra la relazione tra il tipo di lavorazione ad asportazione di truciolo e le modalità di misura e controllo che vengono utilizzate.

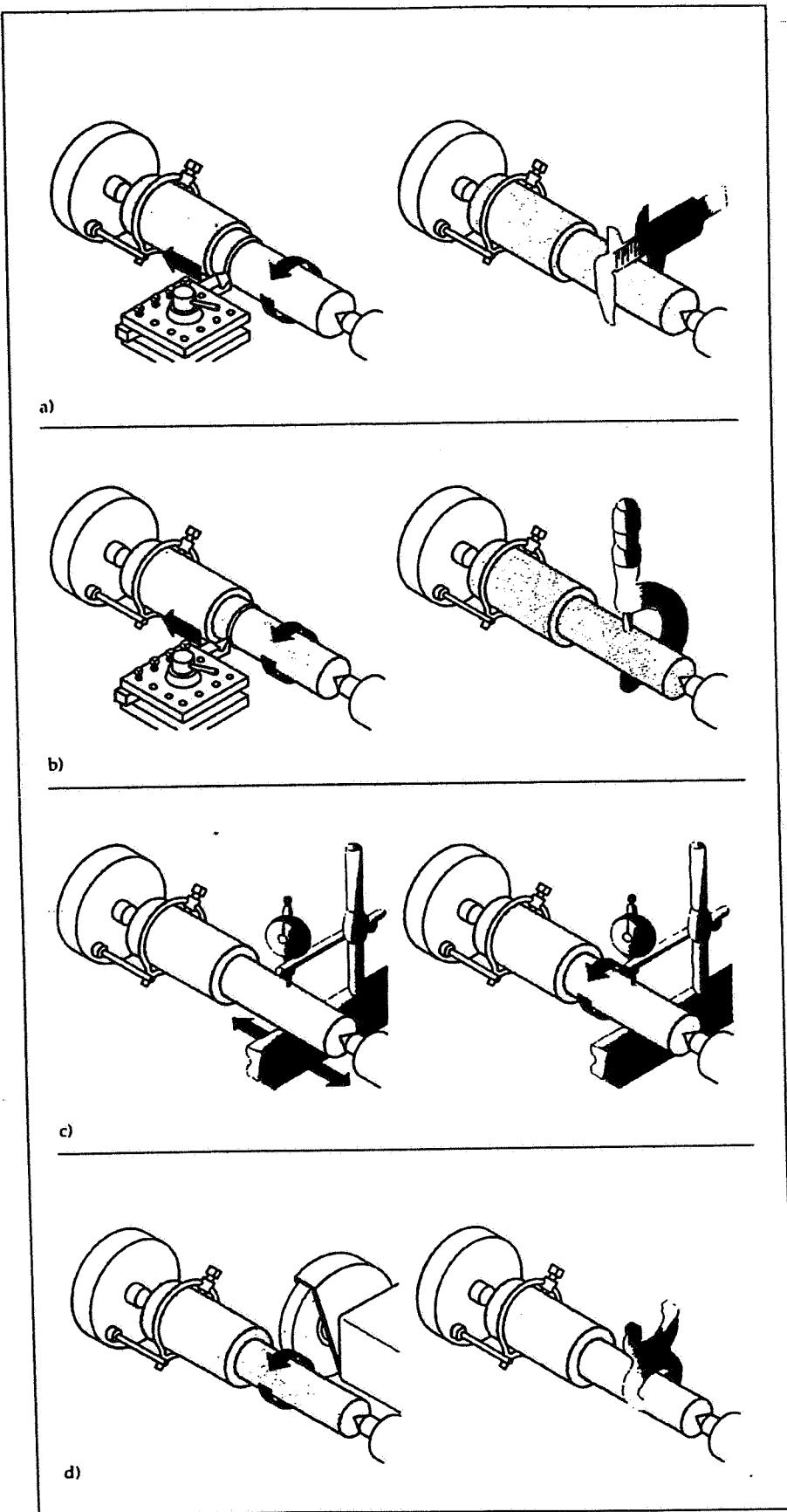


Fig. 47. Misure e controlli nelle lavorazioni meccaniche: a) sgrossatura (calibro); b) finitura (micrometro); c) controllo dell'errore di forma (comparatore); d) rettificatura (calibri fissi).

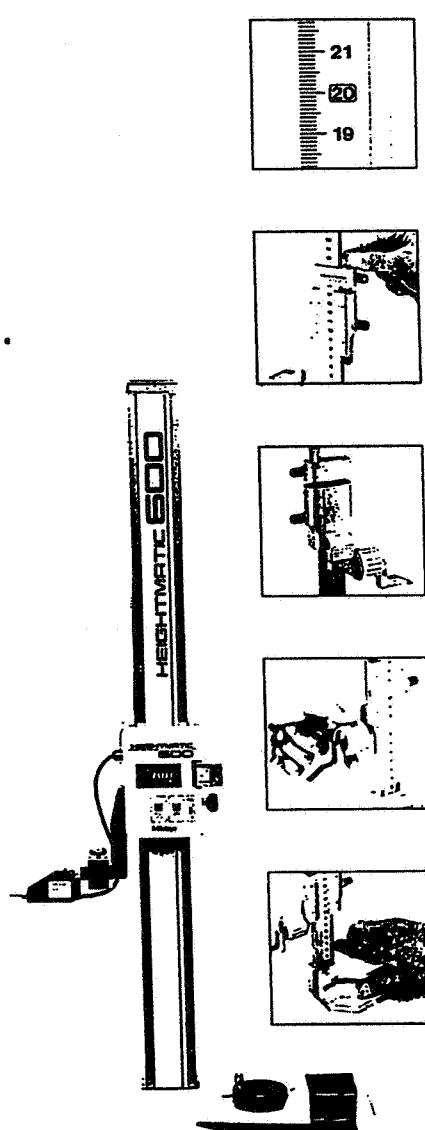
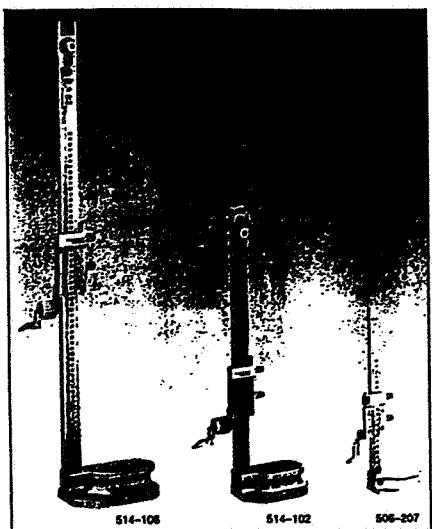
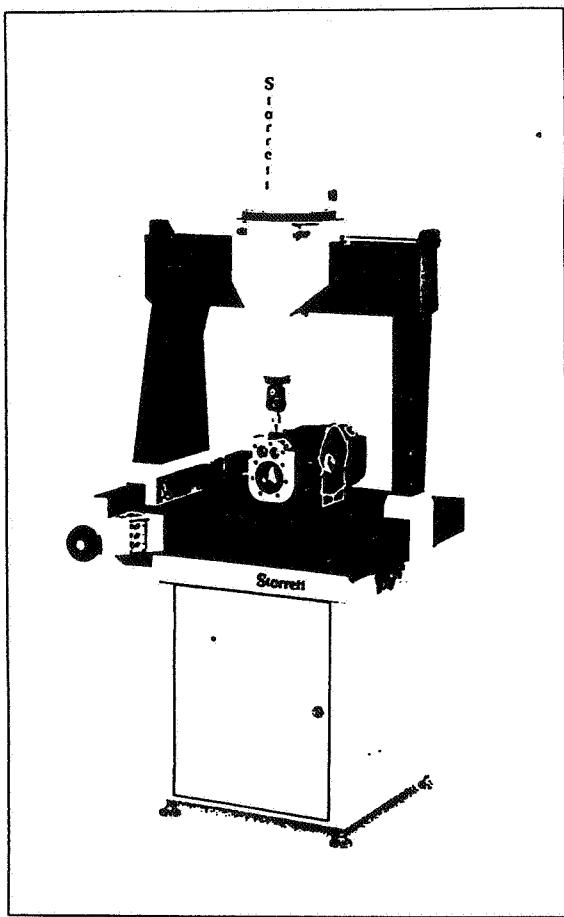


Fig. 48. Il truschino viene utilizzato per il controllo di altezze e per la tracciatura.

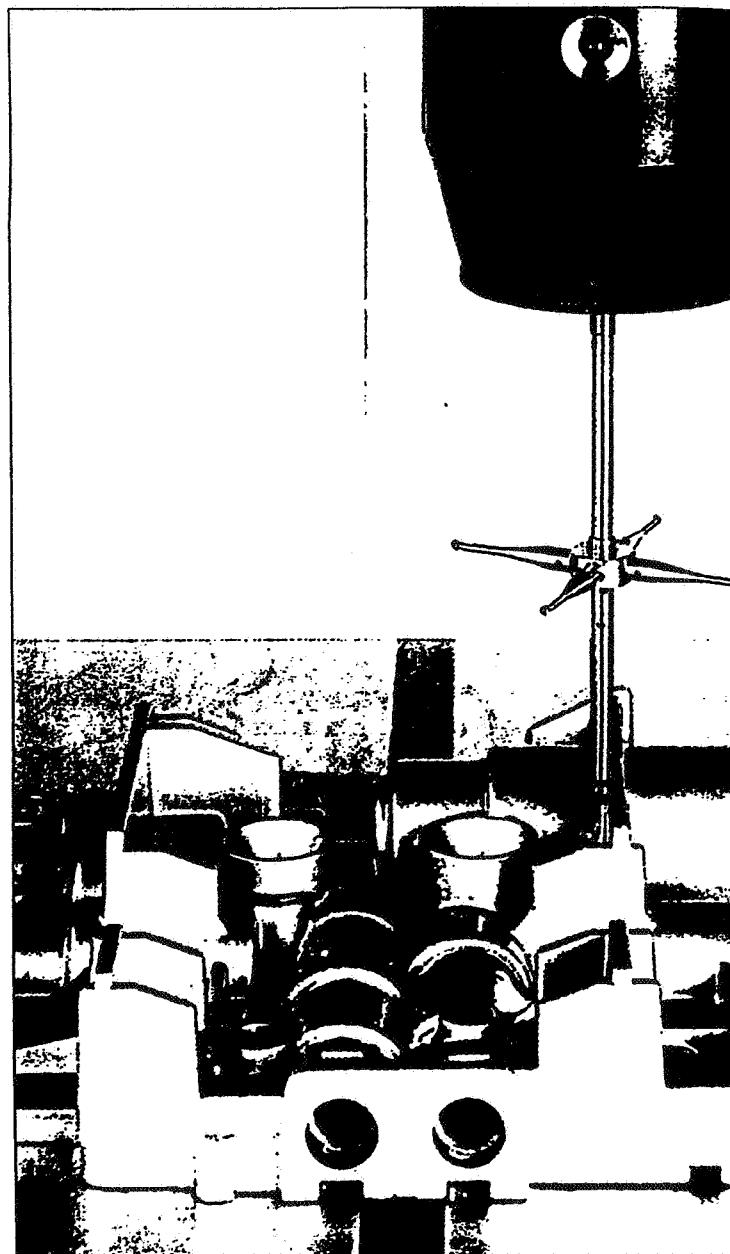


Il controllo con macchina di misura a coordinate

Rappresenta l'ultimo sviluppo nella tecnologia della misura; la macchina di misura a coordinate (*Coordinate Measuring Machine, CMM*) generalmente ha una struttura a portale con una tavola di granito per migliorare la ripetibilità e l'accuratezza delle misure e sulla quale viene montato il pezzo da misurare (fig. 49); la struttura della macchina, normalmente controllata su tre assi, deve essere molto rigida, montata su cuscinetti speciali con dispositivi anti-vibrazione e installata in ambienti a temperatura ed umidità rigorosamente controllati. Un tastatore, disponibile in diverse forme, registra le coordinate dei punti a contatto col pezzo e le trasferisce ad un calcolatore che le elabora, fornendo i valori delle misure.

Vantaggi delle macchine di misura a coordinate:

- flessibilità, adatta ad ogni tipo di misura;
- miglioramento dell'accuratezza della misura;
- riduzione dell'errore introdotto dall'operatore;



d) maggiore produttività nei cicli di misura per la possibilità di eseguirli in automatico;

La procedura normalmente utilizzata per eseguire una misura su un pezzo è la seguente:

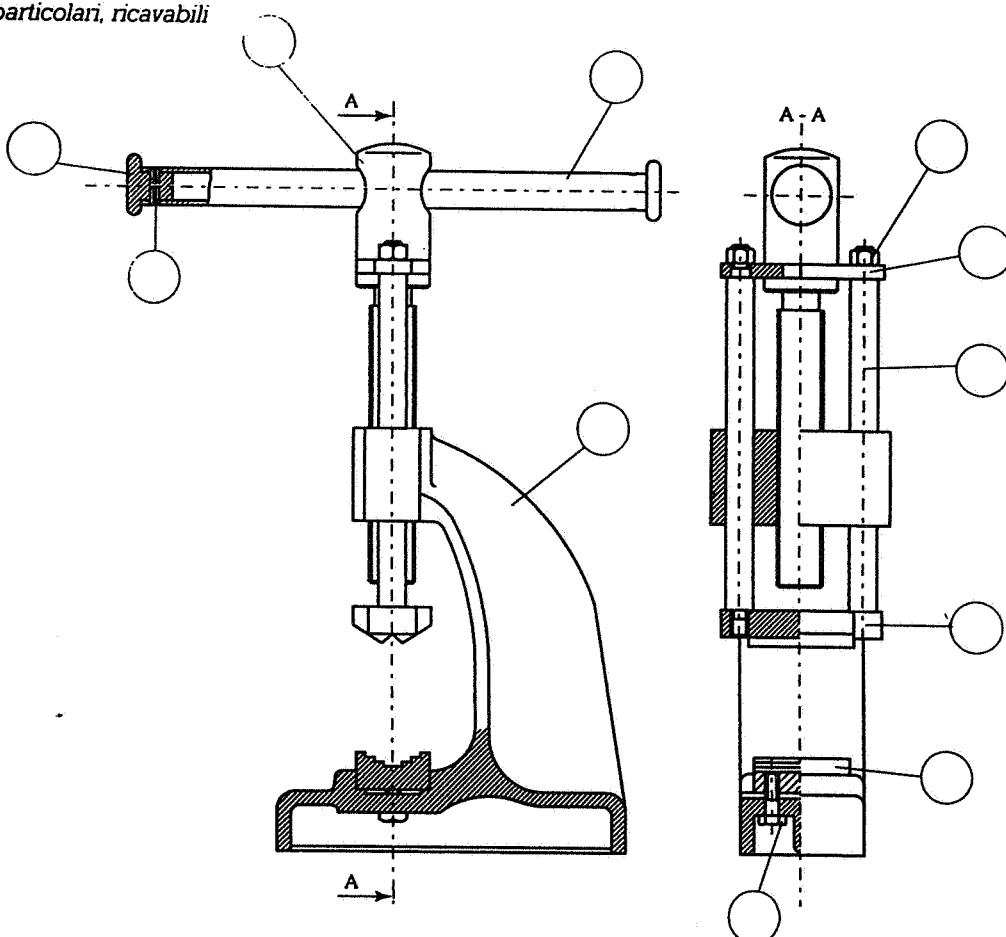
- calibrazione del tastatore;
- definizione del sistema di riferimento sul pezzo
- esecuzione misure; eventuale memorizzazione del ciclo di misura per eseguire in automatico tutte le misure successive;
- calcolo scostamenti confrontando i dati coi valori nominali;
- stampa dei risultati, anche sotto forma di istogrammi.

Fig. 49. Macchina di misura a coordinate con struttura a portale, a tre assi controllati CNC. Particolare del tastatore.

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE	
UNI 9121	DT. Terminologia. Tipi di disegni
UNI 2016	Numeri normali.
UNI 2017	Numeri normali per applicazioni meccaniche Riquadro delle iscrizioni.
UNI 8187	
UNI EN ISO 6433	Numeri di posizione.
UNI ISO 7573	Distinta componenti.

SERCIZI • SERCIZI • SERCIZI • SERCIZI

1. Si collocino nel disegno del complesso i numeri di posizione corrispondenti ai vari particolari, ricavabili dalla tabella.

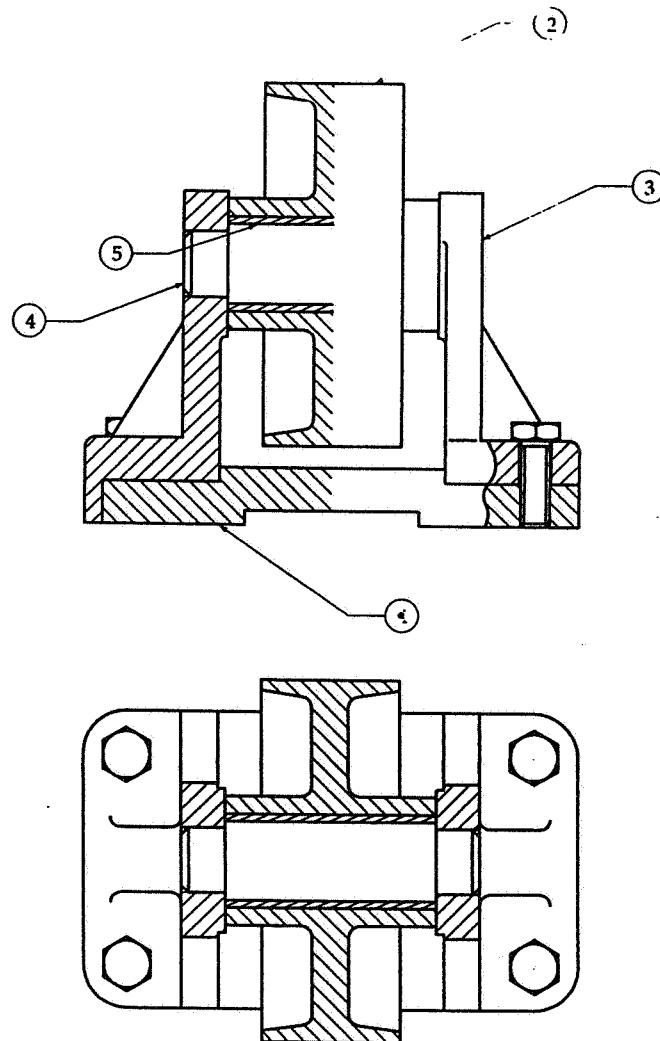


N.	NOMENCLATURA	MATERIALE	NOTE
11	VITI PER GANASCIA	2 ACCIAIO	M6 UNI 5737-65
10	GANASCIA FISSA	1 ACCIAIO	
9	GANASCIA MOBILE	1 ACCIAIO	
8	DADI PER MONTANTI	2 ACCIAIO	M8 UNI 6588-65
7	MONTANTI	2 ACCIAIO	
6	STAFFE DEI MONTANTI	2 ACCIAIO	
5	SPINE ELASTICHE	2 ACCIAIO	4 x 20 UNI 6873
4	FERMI DEL BRACCIO	2 ACCIAIO	
3	BRACCIO DELLA VITE	1 TUBO ACCIAIO	20 x 2 UNI 4991
2	VITE DI SERRAGGIO	1 ACCIAIO	
1	INCASSELLATURA	1 GHISA	
N.	NOMENCLATURA	MATERIALE	NOTE

Orta N. modello	Modific. Materiali	Date	Modifica grasso - tappo - lato	Dim grasso
Terr.	Prof tratt.	Dur-HRC	Un. H	
Denominazione MORSA SERRATUBI		Codice		
			0.10'	
			Scalo	1:2
			Drawg	
			Date	13/06/96

ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

2. Si scriva nella tabella la denominazione dei particolari corrispondenti ai numeri di posizione indicati sul disegno complessivo.



N.	DENOMINAZIONE	MAT.	NOTA	Q.TA'
6				4
5				1
4				1
3				2
2				1
1				1
Denominazione				
SUPPORTO CON PULEGGIA				
Gruppo _____				
Dis. N.				
Codice _____				
Q.tà 1				
Scala 1:2				
Disegn. _____				
Data 12/6/96				

la quotatura

1

PREMESSE

Il complesso delle informazioni in un disegno che precisano le dimensioni di un oggetto o di un componente meccanico, costituisce la quotatura. Come si è visto, dal *disegno d'insieme* di un meccanismo, è possibile ricavare i *disegni dei particolari*, anche denominati *disegni di prodotto finito*, che definiscono un prodotto nel suo stato di utilizzazione tecnica e specificano direttamente le condizioni richieste per la funzione del prodotto; nel disegno d'insieme, o complessivo, assume invece particolare importanza la funzione relativa dei vari pezzi ed il loro montaggio.

Accanto al disegno di prodotto finito, possono essere eseguiti i *disegni costruttivi*, di ausilio alla fabbricazione del componente rappresentato, ed i *disegni di collaudo*, che mettono in evidenza le dimensioni da controllare; in pratica questi disegni spesso coincidono.

Tutte le dimensioni o quote, così come qualsiasi altra informazione necessaria per definire completamente un pezzo allo stato finito ed assicurarne l'attitudine all'impiego devono essere poste nel disegno tenendo presente le esigenze di *montaggio* (quotatura funzionale), di *fabbricazione* (quotatura tecnologica) e di *verifica* (quotatura di collaudo).

Il progettista o il disegnatore nel riportare sul disegno le quote di un pezzo, deve infatti avere chiari questi tre aspetti (fig. 1):

a) un componente meccanico non deve mai essere considerato a sé stante,

ma facente parte di un meccanismo nel quale deve assolvere una determinata funzione, e quindi deve individuare con molta attenzione le *quote funzionali*, essenziali per il corretto funzionamento;

b) deve conoscere la sequenza di operazioni necessarie per ottenere le forme volute, partendo da un pezzo grezzo, in modo da definire le *quote tecnologiche*, che facilitano il lavoro di chi deve eseguire il pezzo, fornendogli le indicazioni che più gli servono per impostare la lavorazione;

c) deve individuare le *quote di collaudo*, di ausilio nelle operazioni che verificano la corrispondenza tra le misure reali e le dimensioni riportate nel disegno.

La quotatura deve quindi definire in modo corretto la forma geometrica del pezzo in tutti i suoi dettagli. Dal momento però che il disegno viene eseguito in scala, parrebbe logico rilevare direttamente le dimensioni dal disegno, anziché scrivere le quote, ma ciò non avviene, se non in casi particolari. La quotatura è obbligatoria e necessaria in

un disegno per le seguenti ragioni:

- 1) facilità di lettura delle quote scritte rispetto al rilievo diretto;
- 2) impossibilità di rilevare dal disegno dimensioni inferiori al millimetro o decimali;
- 3) distorsione delle forme nelle riproduzioni e copie, con conseguente alterazione delle dimensioni.

Le quote sono indispensabili all'esecutore che deve conoscere senza incertezze le lunghezze, le altezze, le profondità, la posizione relativa delle varie parti, la distanza degli assi ed i diametri dei fori, ed altri dati caratter-

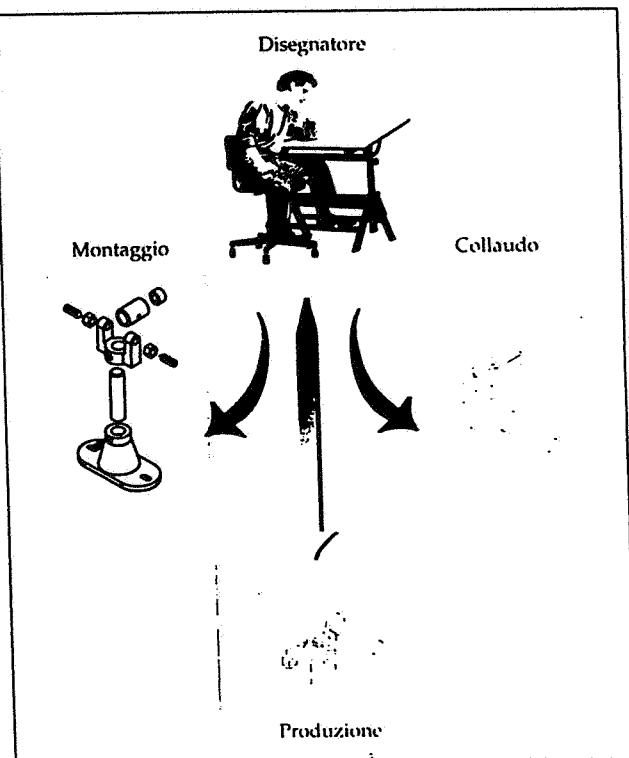


Fig. 1. Il progettista deve conoscere sia il ciclo di lavorazione, sia le operazioni di collaudo, sia la funzione del componente disegnato.

ristici dell'oggetto. Come si vedrà in seguito sarà inoltre importante conoscere l'entità degli errori che sono ammessi nell'esecuzione attraverso l'uso delle tolleranze, poiché è praticamente impossibile che le dimensioni realizzate siano esatte in senso assoluto.

CRITERI DI INDICAZIONE DELLE QUOTE

La quotatura è parte integrante del disegno e deve essere eseguita osservando le convenzioni e le norme della tabella UNI 3973.

La quotatura è ottenuta con i seguenti elementi (fig. 2):

- le linee di riferimento, che indicano gli elementi, punti, rette, piani, ecc. di

cui si vuole precisare la distanza o quota e vengono tracciate con linee continue fini, tipo B;

- la linea di misura, segmento rettilineo od arco di circonferenza che rappresenta la distanza o quota che si vuole precisare, tracciata anch'essa con linee continue fini, tipo B;

- le frecce che indicano gli estremi delle linee di misura;

- la parte numerica, o quota, che indica il valore della misura che si vuole precisare.

misurare; eccezionalmente, soltanto quando la chiarezza del disegno lo richieda, si ricorre a linee di riferimento oblique (fig. 4).

Assi di simmetria, tracce di piani e linee di contorno del pezzo, possono essere usate come linee di riferimento (fig. 5). Di norma non si fa riferimento a spigoli e parti nascoste del pezzo, disegnate cioè con linea E o F: si preferisce sezionare il pezzo in modo che tali parti risultino in vista nella sezione (fig. 6).

Linee di riferimento

Le linee di riferimento hanno origine dal punto o dalla linea a cui si riferisce la dimensione e vengono tracciate fino a sopravanzare un poco la linea di misura. Questa sporgenza conviene che sia uniforme, e non maggiore di 2 mm (fig. 3).

Le linee di riferimento hanno direzione perpendicolare alla dimensione da

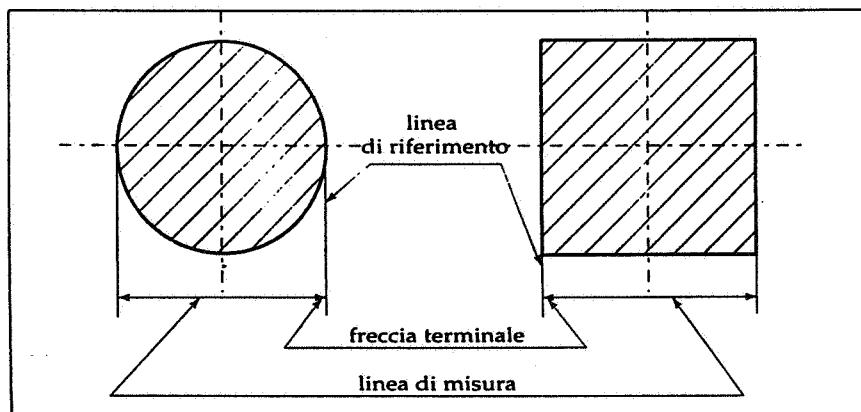


Fig. 2. Gli elementi della quotatura.

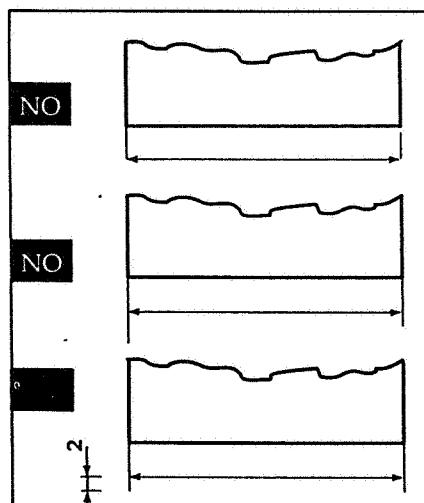


Fig. 3. Le linee di riferimento devono sporgere uniformemente di circa 2 mm.

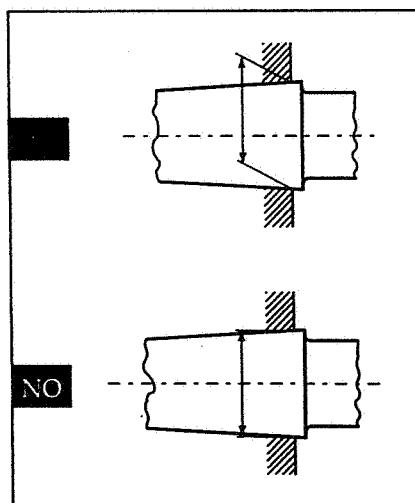


Fig. 4. Linee di riferimento parallele e inclinate da usare in casi particolari.

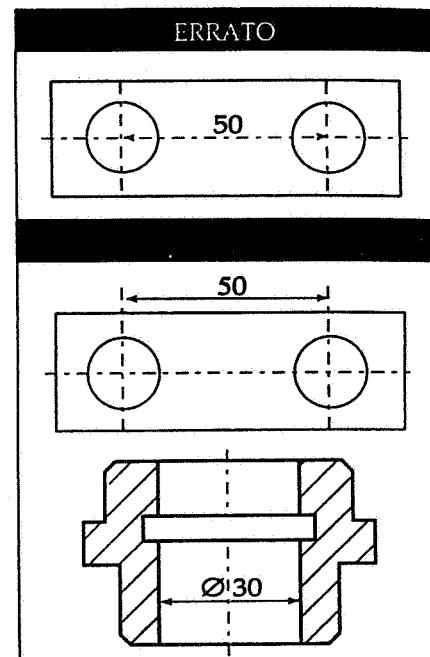


Fig. 5. È consentito l'uso di linee di contorno esterno e di assi di simmetria come linee di riferimento.

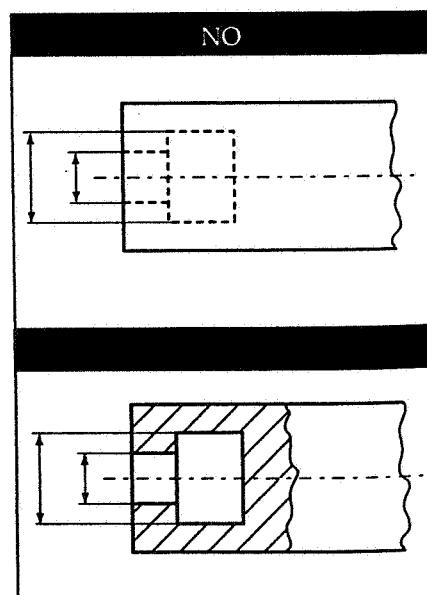


Fig. 6. Le quote non devono essere riferite ad elementi non in vista.

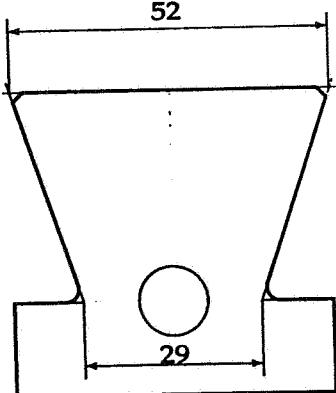


Fig. 7. Nel casi di smussi o raccordi, il riferimento si determina prolungando le linee di intorno.

e intersezioni fittizie dei pezzi racordati o smussati si possono mettere in evidenza, prolungando le due linee di contorno concorrenti, mediante linee continue fini che proseguono un poco oltre l'incrocio virtuale (fig. 7); oppure anche mettendo in evidenza l'intersezione con un punto. Infine, per quanto possibile, le linee di riferimento non devono attraversare le linee di contorno (fig. 8).

Linee di misura

Le linee di misura sono di norma parallele alla dimensione da quotare e perpendicolari alle linee di riferimento. Assi, tracce di piani o linee di contorno del pezzo non possono essere utilizzate come linee di misura (fig. 9). Le linee di misura di preferenza devono essere messe all'esterno delle viste

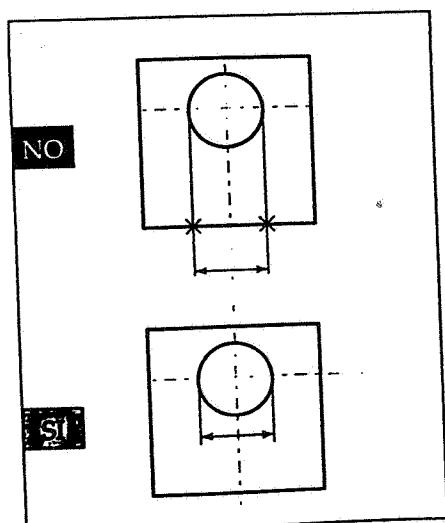


Fig. 8. Bisogna evitare per quanto possibile che le linee di riferimento attraversino delle linee del disegno.

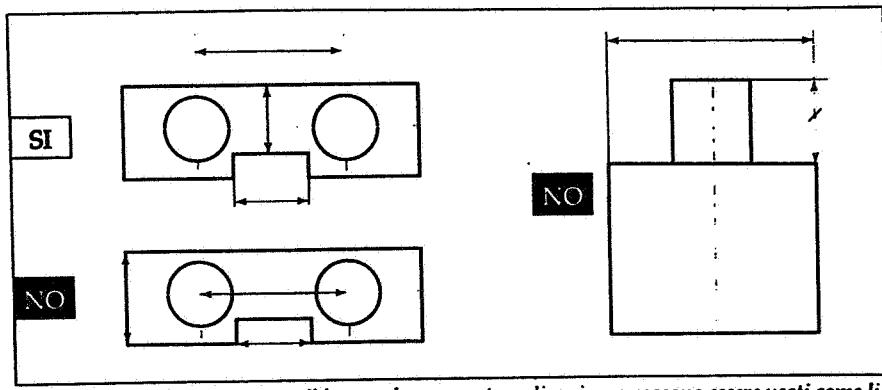


Fig. 9. Le linee di contorno con il loro prolungamento e gli assi non possono essere usati come linee di misura.

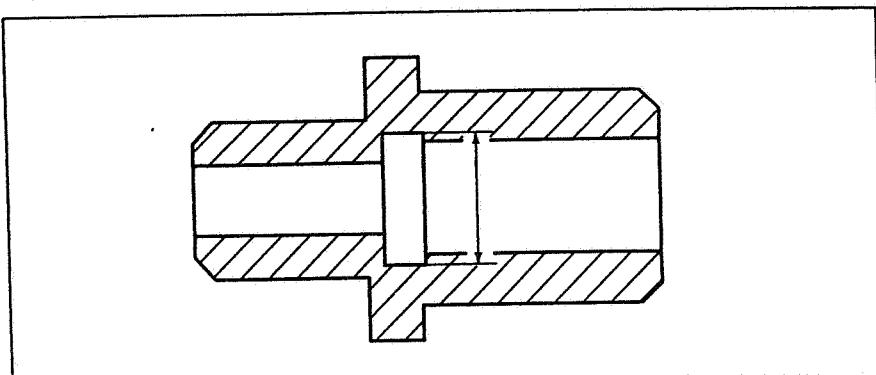


Fig. 10. Le linee di misura non devono attraversare le zone del disegno tratteggiate; quando non se ne può fare a meno, per ragioni di chiarezza è consigliabile cancellare parte delle linee nella sezione. Si noti che il prolungamento delle linee di misura per disporre la quota fuori dal pezzo (secondo le regole), provocherebbe confusione in quanto potrebbero esser scambiate con un'indicazione di filettatura.

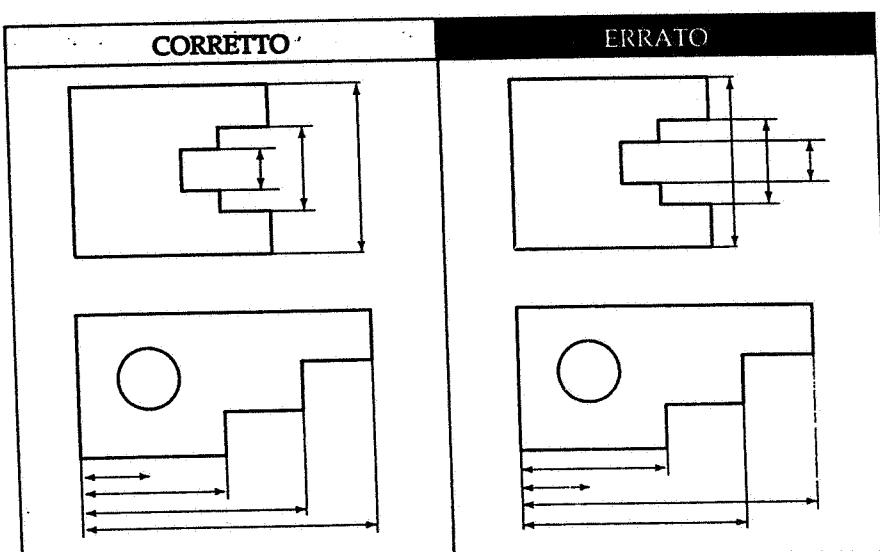


Fig. 11. Evitare le intersezioni delle linee di misura con le linee di riferimento.

e delle sezioni. Solo quando si vuole evitare che le linee di riferimento attraversino il disegno per lunghi tratti o taglino troppe altre linee, si può mettere le linee di misura all'interno del pezzo; in questo caso, per ragioni di chiarezza, è opportuno cancellare parte delle linee di sezione per rende-

re la quota più leggibile (fig. 10). Si deve evitare l'incrocio delle linee di misura tra loro e con le linee di riferimento: si dispongono perciò le linee di misura minori più vicine al contorno e quelle maggiori man mano più lontane (fig. 11).

Le linee devono essere sufficiente-

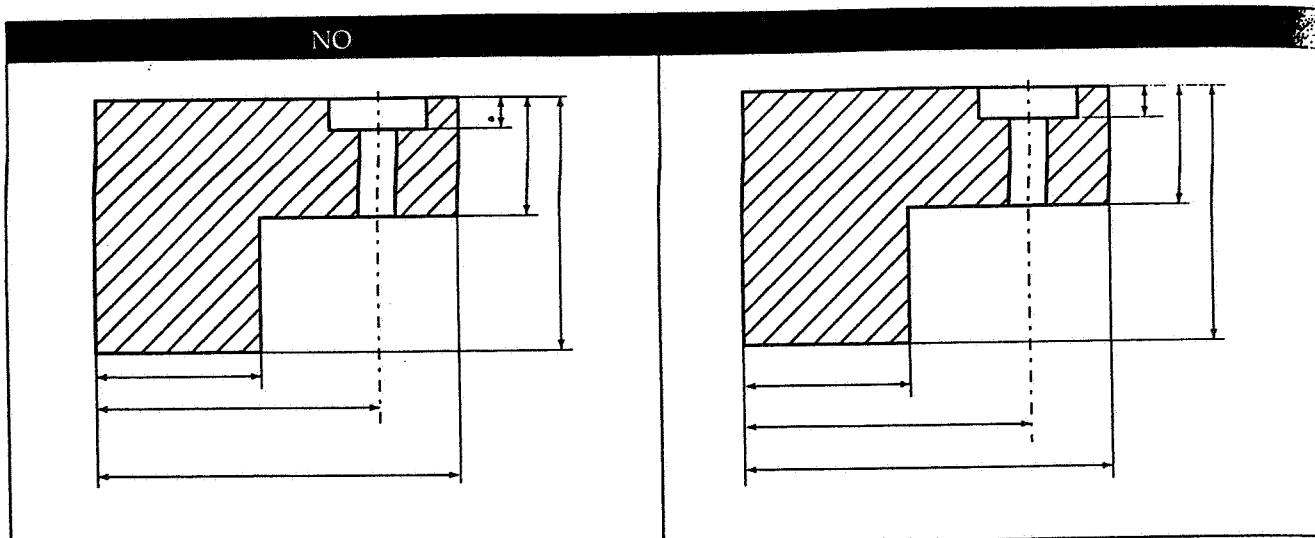


Fig. 12. Distanziare in modo uniforme le linee di misura dai contorni.

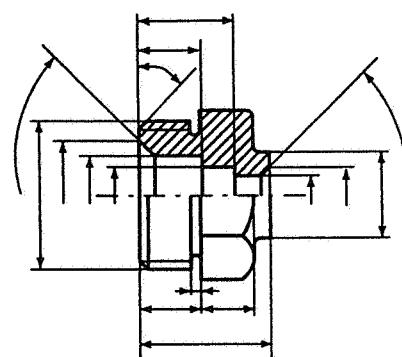


Fig. 13. Disposizione ordinata delle quote relative al profilo esterno e all'interno in un pezzo semisezionato.

mente distanti dal contorno in modo da lasciare in evidenza la rappresentazione del pezzo, e poi distanziate tra loro in modo uniforme, affinché la lettura delle quote sia facilitata (fig. 12). La disposizione ordinata delle linee di misura rende più chiara l'interpretazione; se il pezzo è semisezionato, ad esempio, si cerca di mettere da una parte le linee che si riferiscono alle dimensioni interne e dall'altra parte quelle relative alle dimensioni esterne (fig. 13).

Le linee di misura devono essere parallele alla dimensione alla quale si ri-

feriscono, in modo da risultare della stessa lunghezza. Non si mettono quindi linee di misura relative a parti del pezzo viste di scorciò cioè non parallele al piano del disegno: queste parti verranno quotate in un'altra vista o sezione, nella quale non risultino più di scorciò (fig. 14).

Quando si ha un pezzo simmetrico e rappresentato solo fino all'asse di simmetria, è ammesso tracciare purzialmente anche le linee di misura interrompendole poco oltre l'asse stesso (fig. 15). Anche nel caso di numerose linee di misura sullo stesso pezzo, es-

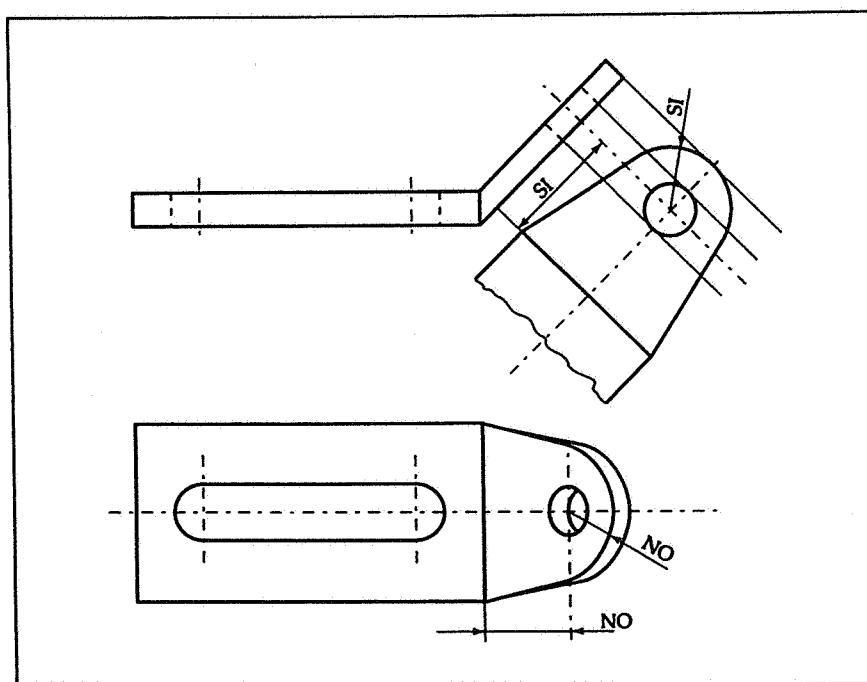


Fig. 14. Nei pezzi con superfici inclinate non bisogna mai quotare le viste in cui il pezzo appare di scorciò: ricorrere alla quotatura nelle viste ausiliarie.

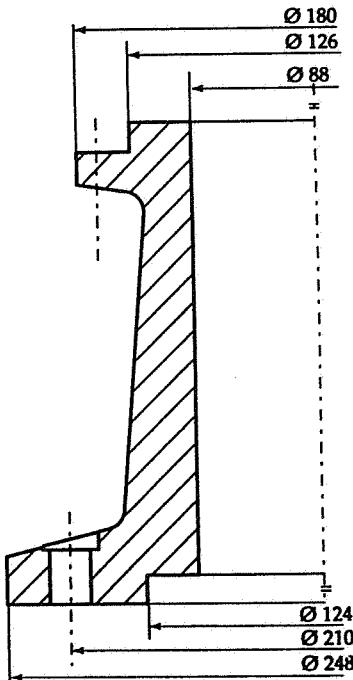


Fig. 15. Nei pezzi rappresentati parzialmente e simmetrici rispetto all'asse, le linee di misura si interrompono oltre l'asse di simmetria.

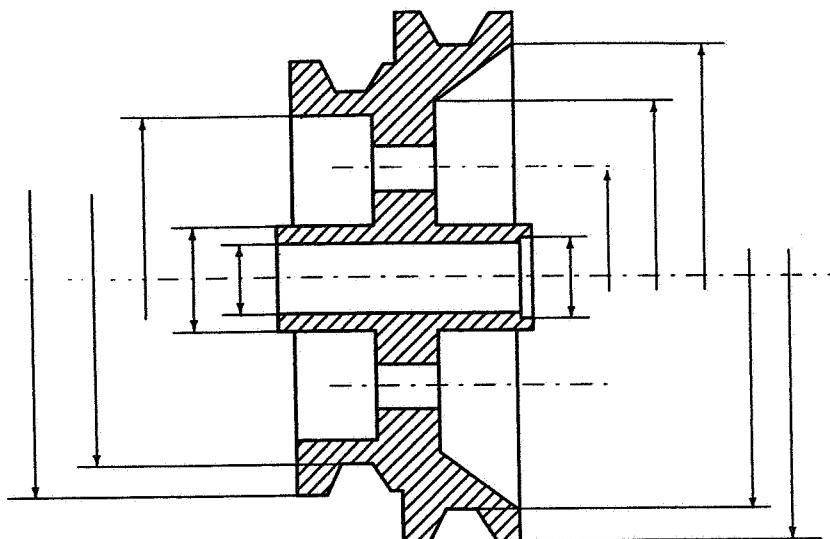


Fig. 16. Se le linee di misura sono numerose, possono essere incomplete e sfalsate.

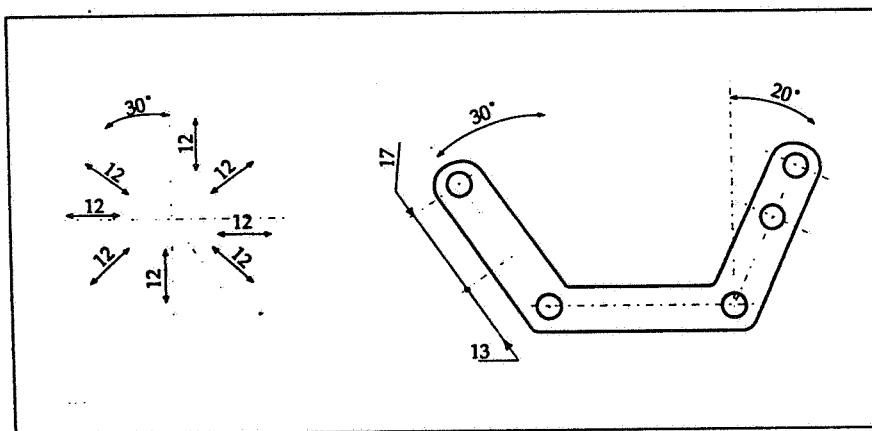


Fig. 17. Evitare di quotare nel campo di 30° indicato; quando non se ne può fare a meno, si può usare il metodo indicato nella figura di destra.

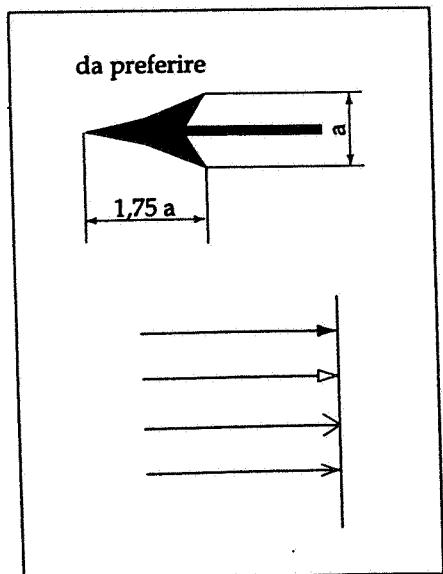


Fig. 18. Tipi di frecce da usare nei disegni; in uno stesso disegno devono comparire frecce disegnate nello stesso modo.

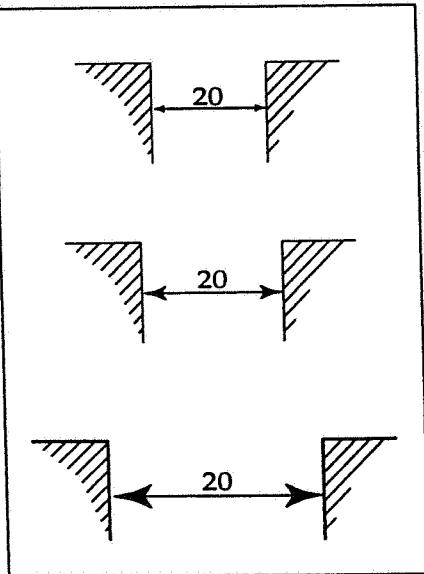


Fig. 19. Le frecce devono avere una grandezza proporzionale alla scala del disegno.

se possono essere interrotte alternativamente da una parte o dall'altra poco oltre l'asse di simmetria (fig. 16).

Per quanto possibile non si devono disporre linee di misura con direzione obliqua compresa nel campo di 30° tratteggiato in figura 17 perché ciò renderebbe scomoda la lettura delle quote.

Frecce

Le linee di misura terminano con le frecce che devono avere la forma indicata in figura 18, costituite da due tratti formanti tra di loro un angolo compreso tra 15° e 90° e dimensioni proporzionate alla grossezza delle linee e alle dimensioni del disegno (fig. 19). La freccia può essere aperta o chiusa: in quest'ultimo caso può essere annerrita o meno.

Le frecce terminali devono essere disposte internamente alle linee di riferimento, a meno che non vi sia spazio sufficiente per disegnarle. Se devono essere messe quote adiacenti e lo spazio è ristretto, queste possono essere sostituite con un trattino inclinato rispetto alla linea di misura. Sempre per ragioni di spazio e di maggiore chiarezza in alcuni casi le frecce vengono messe all'esterno della linea di misura (fig. 20).

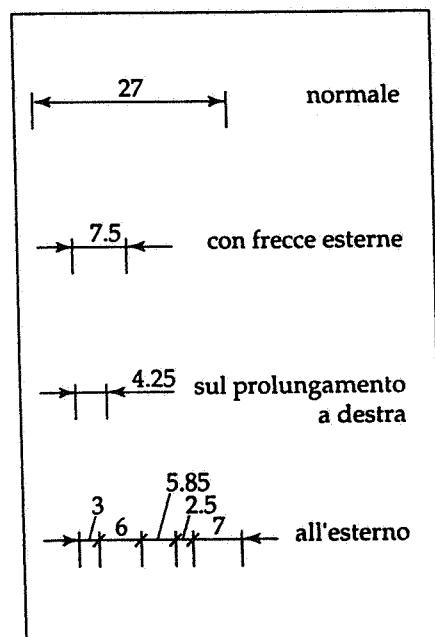


Fig. 20. Diversi modi di posizionare le frecce: modo normale, con frecce esterne e testo interno, frecce e testo esterni, frecce esterne e testo riportato al di sopra della linea di misura con un breve tratto di richiamo.

Quote

Per *quota* si intende il *valore numerico di una dimensione* espresso in una unità di misura prestabilita. Nei disegni meccanici le quote lineari devono essere espresse in millimetri e questa unità di misura, essendo sottintesa, non viene mai indicata. Le quote angolari vengono espresse in gradi sessagesimali.

Le quote sul disegno indicano le misure reali, indipendentemente dalla scala di rappresentazione.

Scrittura ISO 3098/1 (= UNI 7559)	Formato				
	A0	A1	A2	A3	A4
Altezza minima dei caratteri					
A ($h = 14 d^\circ$)	5	5	3,5	3,5	3,5
B ($h = 10 d^\circ$)	3,5	3,5	2,5	2,5	2,5

* h è l'altezza delle lettere maiuscole e delle cifre; d è la grossezza delle linee.

Tab. I. Altezze minime dei caratteri in funzione dei formati utilizzati.

Le quote devono essere scritte molto chiaramente, con dimensioni sufficienti per assicurare una buona leggibilità: si ricorda che per la riproduzione o la microfilmatura la distanza tra i caratteri e le linee di misura e di riferimento deve essere di almeno 2 mm (UNI ISO 6428). Inoltre, in funzione dei formati di disegno utilizzati, devono essere rispettate le altezze minime dei caratteri riportati in tabella I.

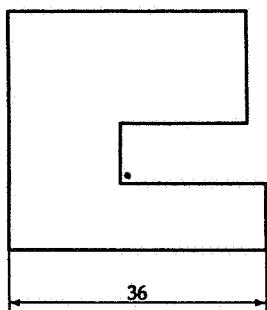
Nessuna linea deve coprire o attraversare il gruppo di cifre e/o lettere che costituiscono la quota. Se la linea di misura è attraversata da un asse questo deve essere interrotto e se questo non è possibile conviene scrivere la quota tutta a destra o a sinistra dell'asse stesso. In mancanza di spazio, la quota può essere posta esternamente alla linea di riferimento, possibilmente a destra (fig. 21). Se la quota si riferisce ad una dimensione *non in scala* (ad esempio nella rappresentazione

accorciata di un albero), essa va *sottolineata* (fig. 22).

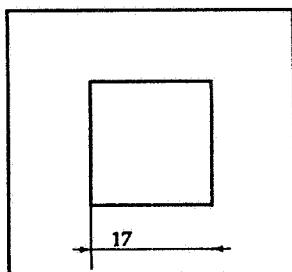
Quando le linee di misura sono incomplete e sfalsate, oppure quando vi sono molte linee di misura parallele, si usa scrivere le quote non al centro ma sfalsate (fig. 23).

Oltre alla dimensione fanno parte della quota anche eventuali simboli, che ad esempio precisino trattarsi di un diametro o di un raggio, e altre lettere e cifre che danno altre indicazioni, come ad esempio il tipo di filettatura o la tolleranza ammessa su quella dimensione.

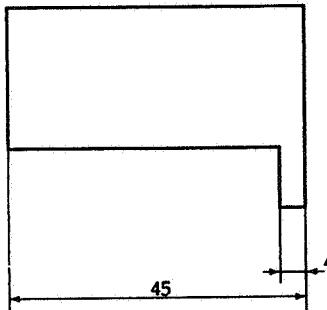
Si tenga presente fino d'ora che *non vi devono essere quote ripetute* e cioè che una data dimensione del pezzo deve essere quotata una sola volta nel disegno. Infatti, se si avessero quote duplicate ad esempio in viste diverse, nel caso di una variazione delle dimensioni del pezzo, sarebbe dispendiosa la ricerca e la correzione delle quote.



Quota sopra e leggermente staccata dalla linea di misura. La cifra è scritta nella mezzeria



Quota a sinistra (o a destra) della mezzeria per evitare che le cifre siano separate dall'asse



Quota esterna alle linee di riferimento per carenza di spazio. Il carattere delle due quote deve essere il medesimo

Fig. 21. Disposizione del testo della quota.

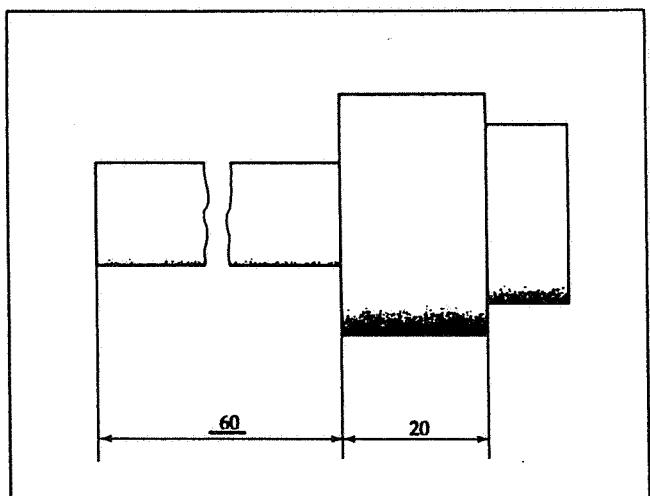


Fig. 22. Quota fuori scala.

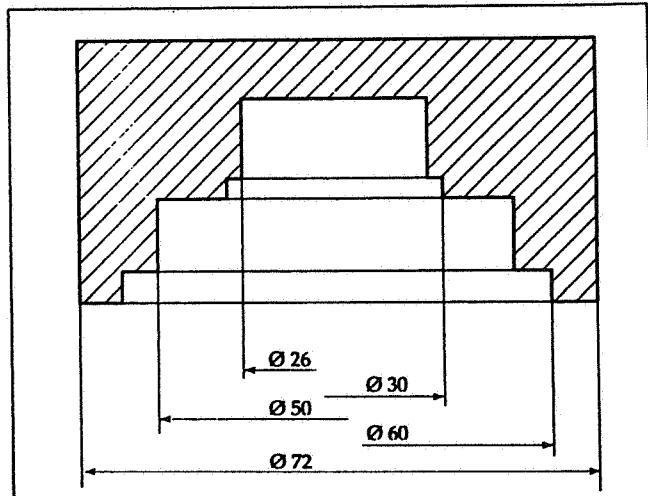


Fig. 23. Se le linee di misura sono numerose e sfalsate, si sfalsa anche il testo.

Disposizione delle quote

Le quote devono essere scritte secondo uno dei due criteri A o B riportati nella norma UNI 3973. In uno stesso disegno è preferibile usare un solo criterio.

Criterio A.

1) Le quote devono essere disposte in modo da risultare leggibili orientando il foglio da disegno sia in orizzontale che in verticale: secondo questo criterio per facilitare la lettura le quote devono essere scritte in modo che si leggano nel senso normale di lettura guardando il disegno dalla base o facendolo ruotare man mano fino a 90° in senso orario (fig. 24).

2) Le quote devono essere poste a metà della linea di misura e al di sopra, col testo leggermente staccato da questa (fig. 25).

3) I valori su misure oblique o angolari devono essere orientati come in figura 25 e 26.

Criterio B.

1) Le quote devono poter essere lette solo dalla base del disegno. In tal caso le linee di misura verticali ed oblique devono essere interrotte nella loro parte mediana per l'inserimento della quota (fig. 27).

2) I valori su misure angolari devono essere orientati come in figura.

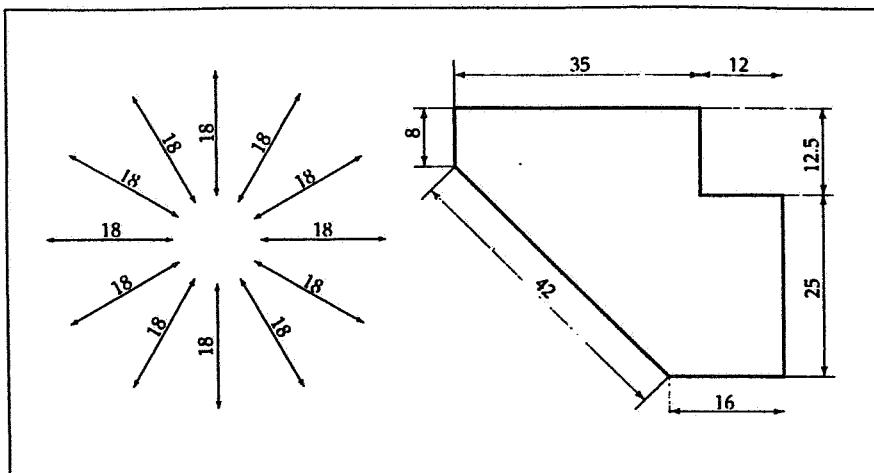


Fig. 25. Quote secondo il criterio A della norma UNI 3973.

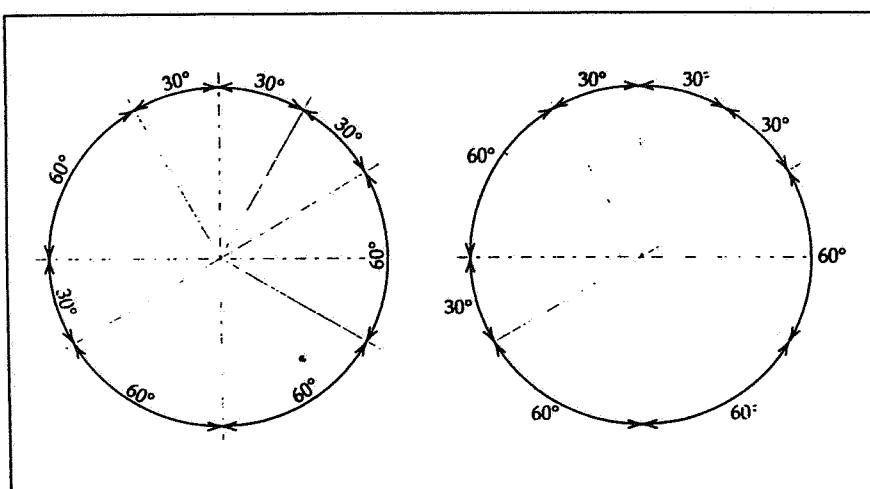


Fig. 26. Quote su misure angolari e oblique secondo il criterio A della norma UNI 3973.

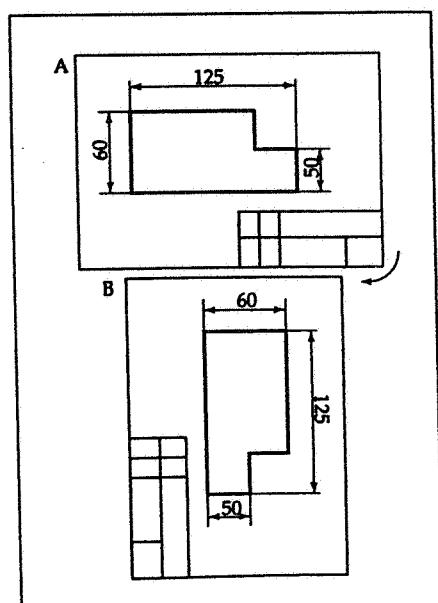


Fig. 24. Ruotando il foglio di 90° in senso orario, si devono poter leggere le quote sempre in orizzontale.

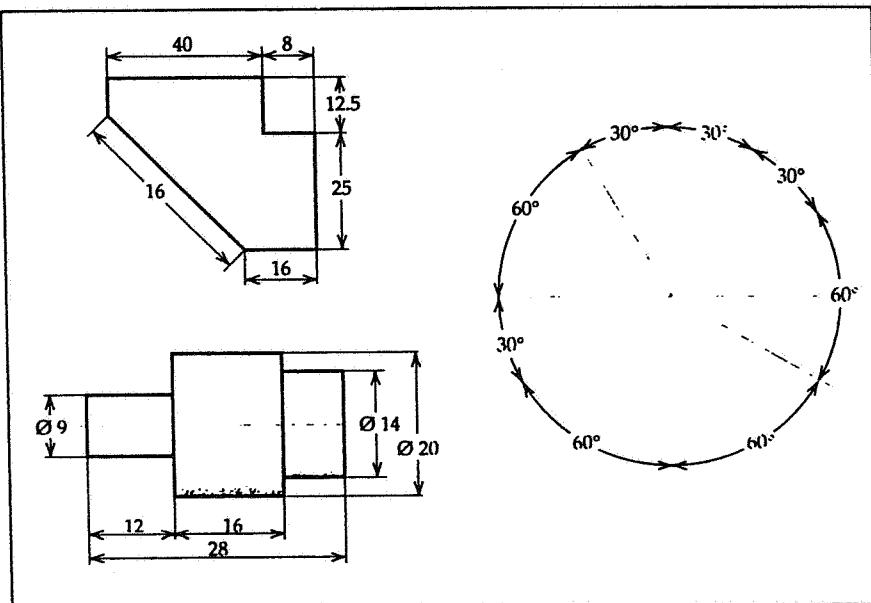


Fig. 27. Interruzione delle linee di misura verticali ed oblique nel criterio B. Questo metodo viene utilizzato nel caso del disegno assistito da calcolatore in cui la lettura delle quote dal terminale video avviene esclusivamente in orizzontale.

CONVENZIONI PARTICOLARI DI QUOTATURA

Quotatura di cerchi e cilindri

Nella quotatura di superfici cilindriche, rappresentate in pianta da cerchi, le linee di misura devono essere portate fuori del contorno del pezzo, parallelamente ad uno degli assi principali. Oppure possono passare per il centro, formando con gli assi di simmetria angoli preferibilmente di 30° e 45° : in questo caso però le linee di misura devono essere due al massimo e naturalmente passare per lo stesso centro (fig. 28).

Di un cerchio si quota *sempre il diametro e non il raggio*. La quota del diametro deve essere preceduta dal simbolo apposito \emptyset ogni volta che dal disegno non risulta evidente che si tratta di un diametro. Il simbolo \emptyset quindi dovrà essere messo ogni volta che si quota una superficie cilindrica rappresentata parallelamente all'asse (fig. 29) mentre *non dovrà essere messo* quando la rappresentazione è fatta perpendicolarmente all'asse cioè quando si quota un cerchio.

Quotatura di raggi

Nel caso di raggi si dà la quota del raggio preceduta dalla lettera maiuscola R. Si preferisce indicare il valore

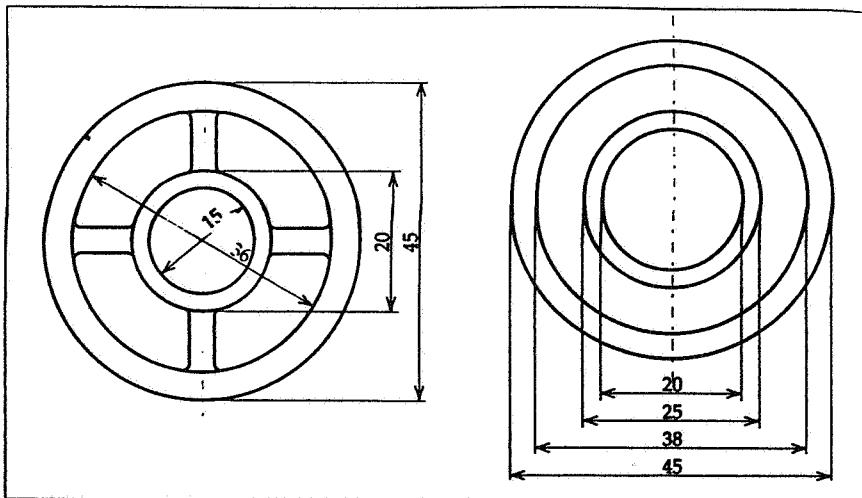


Fig. 28. Quotatura di parti circolari.

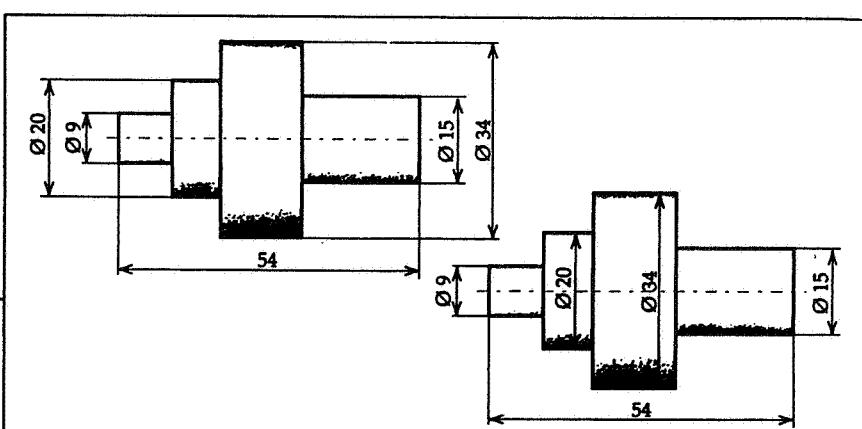


Fig. 29. Quotature di diametri su superfici cilindriche in rappresentazioni parallele all'asse; la quotatura, per ragioni di spazio, può anche essere eseguita internamente alla figura.

del diametro quando l'arco è *maggior* di una semicirconferenza o quando tecnologicamente è ottenuto con una fre-

sa o altro utensile di cui si vuole appunto mettere in evidenza il diametro (fig. 30).

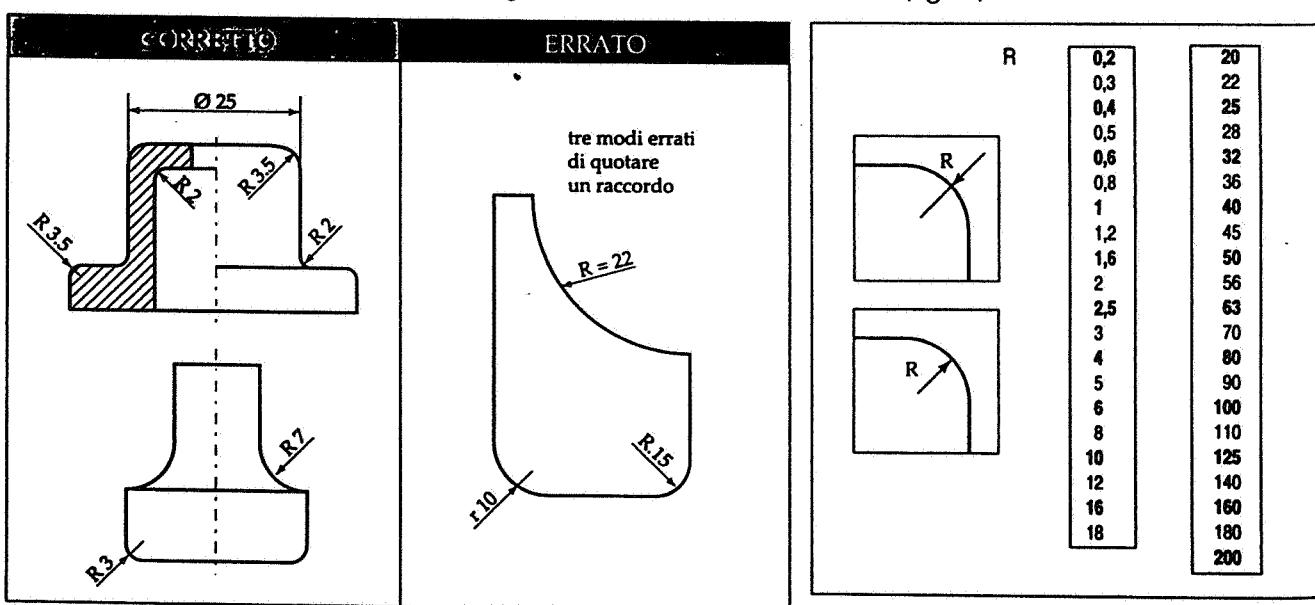


Fig. 30. Quotatura di raggi.

Tab. I. Raccordi tipici nelle applicazioni meccaniche. Sono da preferire i valori indicati in neretto.

In o
ragg
Qua
li, p
alla
spa
l'inc
R...
La l
dire
re pe
cent
spa
all'e
re la
(fig.
lont
sur
retta
è es
l'alt
La t
tonc
zior
UNI

In ogni caso, i raccordi si quotano come raggi e mai come diametri.

Quando vi sono molti raccordi uguali, può risultare conveniente scrivere alla base del disegno o in un apposito spazio del riquadro delle iscrizioni, l'indicazione: "Raccordi non quotati R...".

La linea di quota deve avere sempre direzione radiale, e la freccia deve essere posta all'interno, cioè dalla parte del centro di curvatura; in mancanza di spazio, è possibile disporre la freccia all'esterno, ma è opportuno prolungare la linea di misura oltre la freccia (fig. 31). Se il centro di curvatura è lontano, si può spezzare la linea di misura, che però deve essere sempre diretta verso il centro effettivo del quale è esatta una delle coordinate, mentre l'altra è fuori scala (fig. 32).

La tabella I indica i valori degli arrotondamenti da preferire nelle applicazioni meccaniche secondo la norma UNI 4429.

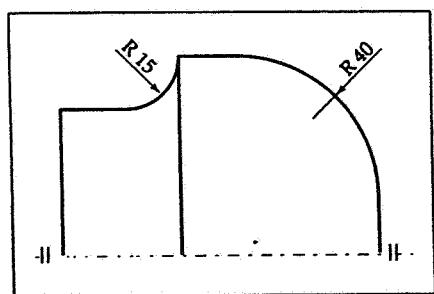


Fig. 31. Altri modi di quotare i raccordi.

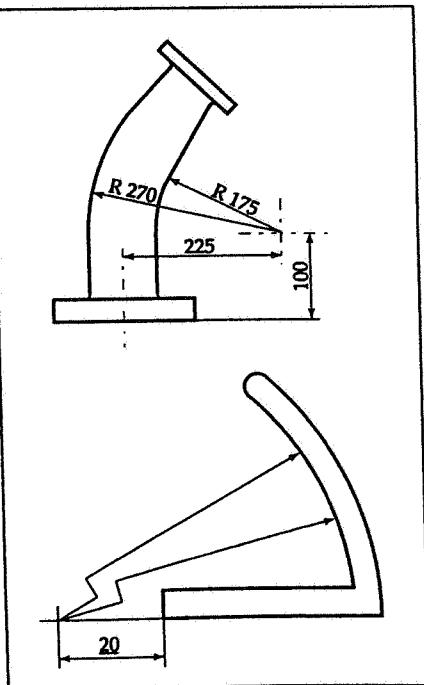


Fig. 32. Quotatura di raggi con quotatura del centro di curvatura.

Quotatura di sfere.

Se la superficie non è cilindrica ma sferica la quota del raggio o del diametro deve essere preceduta dalla lettera S e dalle indicazioni R o Ø (fig. 33).

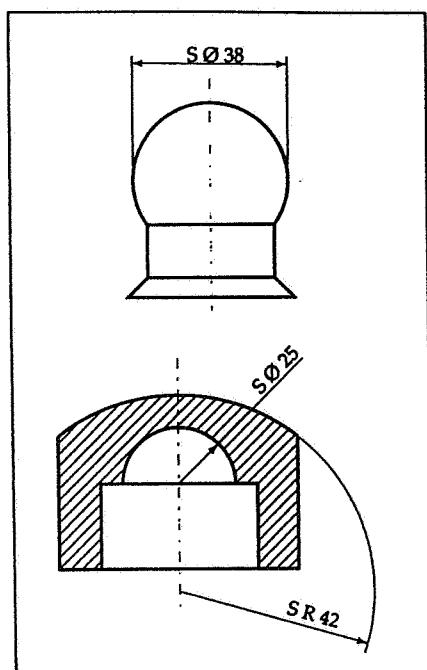


Fig. 33. Quotatura di pezzi sferici.

Quotatura di archi, corde, angoli.

Nel caso di un arco di cerchio la linea di misura è un arco avente lo stesso raggio di quello quotato e va evidenziato che la quota si riferisce all'arco (fig. 34).

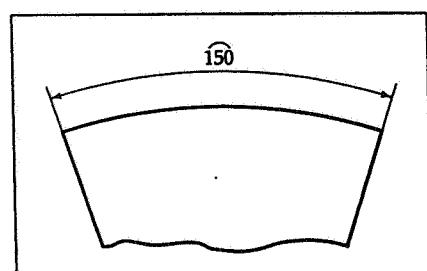


Fig. 34. Quotatura di archi.

Le corde sono quotate mediante linee di misura parallele alle corde stesse (fig. 35).

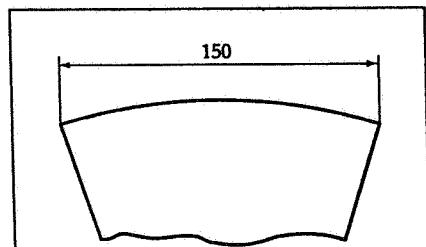


Fig. 35. Quotatura di corde.

Nel caso di angoli le linee di misura devono essere archi di cerchio con centro nel vertice dell'angolo (fig. 36).

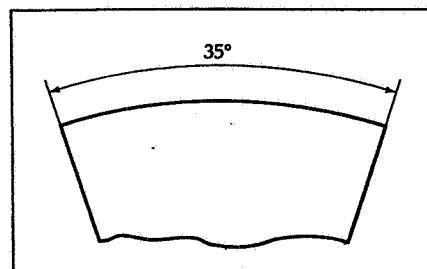


Fig. 36. Quotatura di angoli.

Quotatura di smussi.

Se si prevede che in fase di montaggio la superficie esterna cilindrica di un pezzo debba accoppiarsi con un foro di egual diametro, sul lato di imbocco viene ricavato un tratto conico di lunghezza limitata detto smusso, avente anche lo scopo di eliminare lo spigolo vivo d'estremità (fig. 37). Se l'angolo è di 45° la quotatura è semplificata con l'indicazione della quota, dal segno x e dal valore dell'angolo, come indicato in figura 38. Gli smussi sono definiti

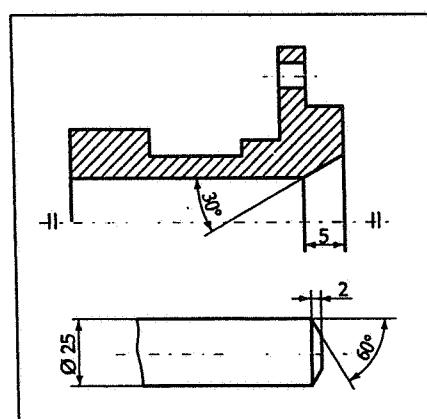


Fig. 37. Quotatura di smussi con angolo diverso da 45°.

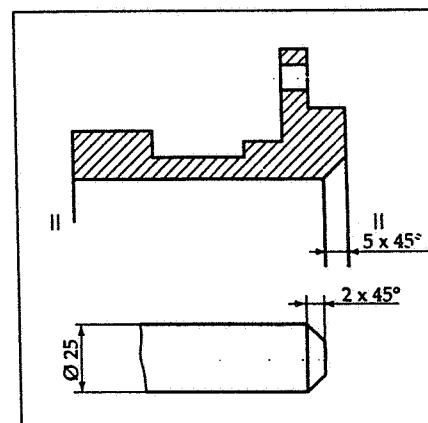


Fig. 38. Quotatura di smussi a 45°.

ti indicando l'angolo e la lunghezza in **direzione assiale**, poiché come si vede dalla figura 39 durante l'operazione di tornitura il movimento dell'utensile avviene in senso assiale.

In analogia alla quotatura dei raccordi, nel caso sullo stesso disegno vi siano numerosi smussi uguali, è possibile riportare a disegno l'indicazione scritta: "smussi non quotati...".

Gli smussi non si quotano mai in serie con altre quote (fig. 40) poiché essi vengono ottenuti indipendentemente,

mentre, alla fine della lavorazione. Gli smussi possono essere fatti anche per eliminare spigoli di elementi prismatici. Ciò sia per motivi di sicurezza (eliminazione di parti taglienti) sia per esigenze di montaggio (maggiore facilità d'imbocco) che funzionali (evitare rischi di interferenza e sforzi in parti che devono portarsi a contatto).

Quotatura di quadri.

Per quotare elementi a sezione qua-

drata si usa il simbolo posto prima della dimensione del lato (fig. 41).

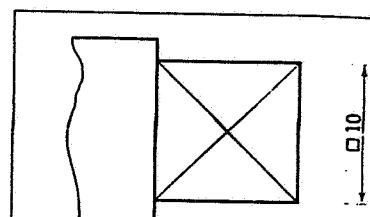


Fig. 41. Quotatura di un quadro.

Quando tali elementi sono posti perpendicolarmente all'asse longitudinale non si deve usare tale simbolo (fig. 42).

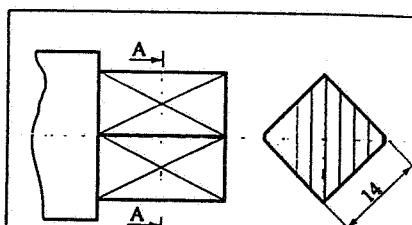


Fig. 42. Quotatura di quadri visti frontalmente.

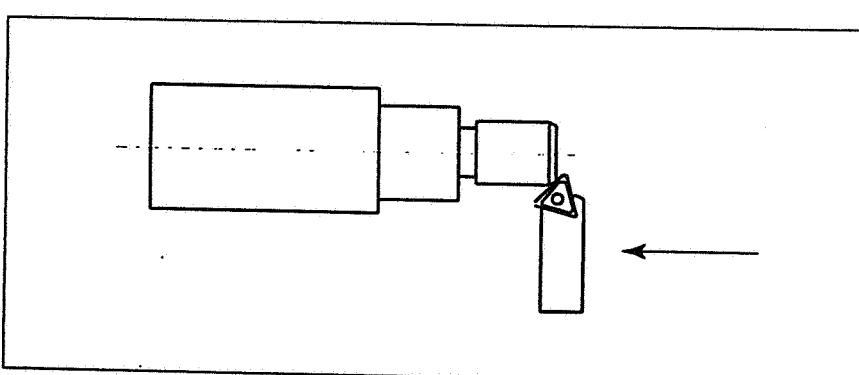


Fig. 39. Esecuzione di uno smusso in tornitura, con avanzamento assiale.

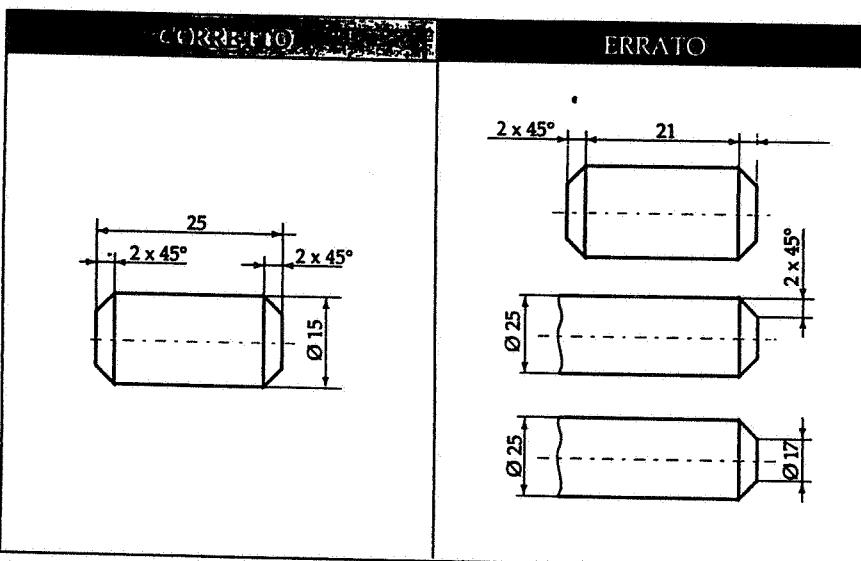


Fig. 40. Tipici errori di quotatura di smussi.

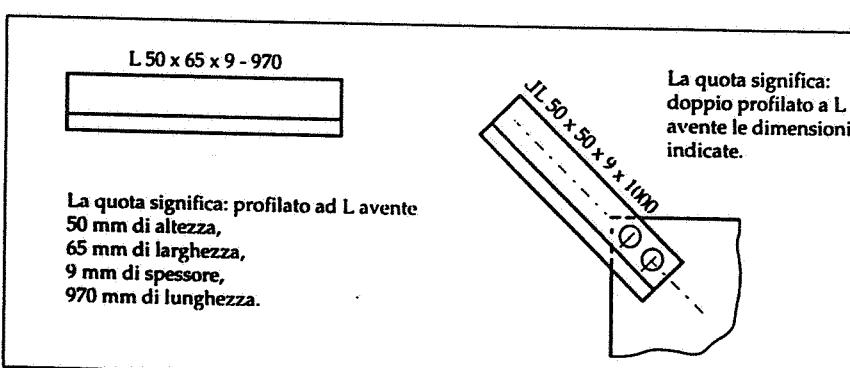
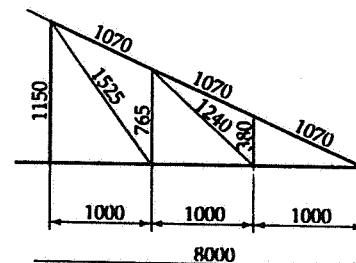


Fig. 43. Quotatura di profilati.



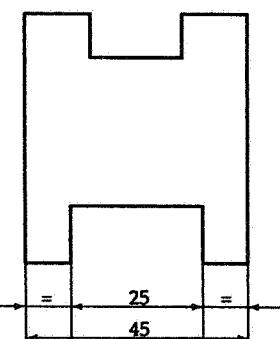


Fig. 44. Quotatura di elementi uguali.

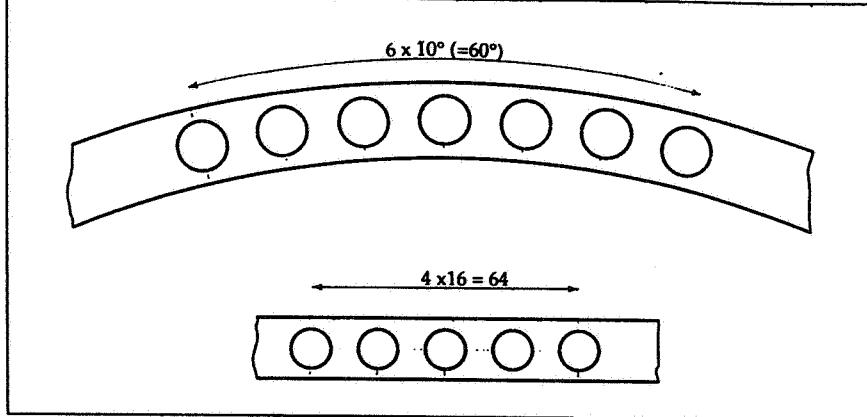


Fig. 45. Quotatura di elementi ripetuti ed equidistanti.

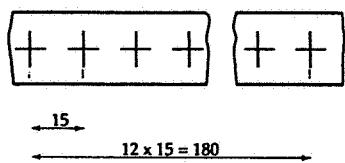


Fig. 46. Indicazione del passo.

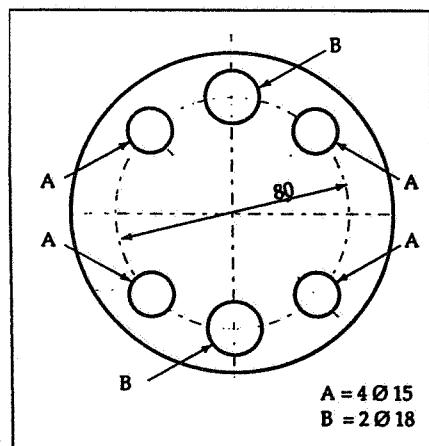


Fig. 47. Uso delle lettere di richiamo.

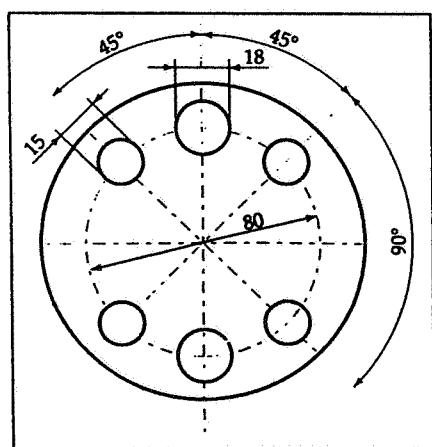


Fig. 48. Quotatura di fori con centri disposti su una circonferenza.

l'uguaglianza, con il segno = posto al di sopra della linea di misura (fig. 44). Vari elementi ripetuti ed equidistanti possono essere quotati indicando quante volte si ripete il passo, il valore del passo e la dimensione complessiva (fig. 45). Se il passo e il numero dei passi hanno valori simili e ciò può dare origine ad errori di interpretazione, si quota una volta il passo (fig. 46), ed in genere è preferibile quotare sempre in questo modo. Quando si hanno elementi regolarmente disposti e si vuole semplificare il disegno si può rappresentarne uno solo e indicarne il numero totale. Se si hanno elementi uguali che si ripetono sullo stesso disegno e non sarebbe sufficientemente chiaro quotarne uno solo per tipo, si possono mettere delle lettere di richiamo su ciascun elemento e specificare separatamente le quote per ciascuna lettera (fig. 47).

Se i fori sono disposti su una circonferenza a distanza angolare costante, si deve quotare (fig. 48):

- 1) il diametro dei fori
- 2) il passo angolare
- 3) il diametro della circonferenza dei centri dei fori

Nel caso di pezzi simili che differiscono tra loro solo per alcune quote si evita spesso di fare più disegni. Si esegue un solo disegno mettendo delle lettere al posto delle quote e riportando in una tabellina in calce al disegno le dimensioni corrispondenti a ciascun tipo (fig. 49).

In genere quando in un disegno vi sono diversi elementi che appaiono uguali e se ne quota uno solo, ciò conferma l'uguaglianza.

Conicità.

Si definisce conicità C il rapporto tra la differenza tra i diametri D e d di due sezioni di un cono e la distanza L fra queste due sezioni misurata in senso assiale; la conicità è quindi una grandezza adimensionata (fig. 50).

$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \tan \frac{\alpha}{2}$$

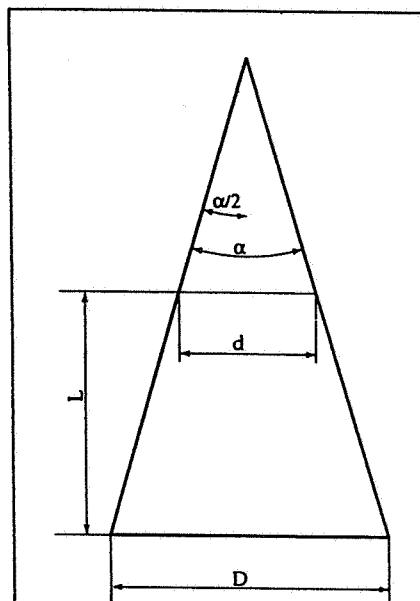


Fig. 50. Definizione di conicità.

pezzo n°	a	b	c
1	70	5	60
2	100	5	90
3	200	10	180

Fig. 49. Disegno unico per una serie di pezzi di forma uguale.

La conicità può essere espressa in vari modi:

a) rendendo uguale all'unità il numeratore:

$$C = \frac{D - d}{L} = \frac{1}{K}$$

In questo modo si esprime la conicità indicando per quale lunghezza K lungo l'asse del cono si ha una variazione di diametro uguale a 1 mm.

b) si può trasformare la frazione in modo che il denominatore sia uguale a 100:

$$C = \frac{D - d}{L} = \frac{p}{100} = p\%$$

dove:

$$p = \frac{1}{K} \cdot 100$$

In questo modo si esprime la conicità indicando la variazione p di diametro

subita dal cono su una lunghezza di 100 mm lungo l'asse. Riassumendo quindi:

$$\bullet \quad C = \frac{D - d}{L} = \frac{1}{K} = p\% = 2 \tan \frac{\alpha}{2}$$

L'indicazione della conicità sui disegni meccanici secondo la UNI ISO 3040 deve essere fatta utilizzando l'apposito simbolo indicato nelle sue dimensioni in figura 51 ed orientato nello stesso senso della conicità. Dopo questo simbolo si scrive il valore della conicità espresso in 1 : k, o se richiesto per ragioni particolari il valore espresso in p%.

L'indicazione della conicità può anche essere fatta quotando l'angolo α e/o dando i valori delle quote occorrenti D, d e L (fig. 52). La figura 53 mostra la quotatura di alcuni pezzi con superfici coniche.

È chiaro che fra i quattro elementi che definiscono la conicità uno deve essere omesso, perché deriva necessaria-

mente dagli altri: in genere nei perni si omette il diametro minore e nei fori quello maggiore, a causa dei procedimenti di lavorazione (si riduce il perno, si allarga il foro).

Rastremazione.

Si definisce *rastremazione* il rapporto tra la differenza delle dimensioni S e s di due sezioni di una piramide o tronco di piramide a base quadrata o poligonale e la distanza L fra queste due sezioni. Il suo significato e le sue espressioni sono del tutto analoghe a quanto visto per la conicità e anche qui si può scrivere (fig. 54):

$$\text{Rastremazione} = \frac{S - s}{L} = \frac{1}{K} = 2 \tan \frac{\alpha}{2}$$

Sul disegno l'indicazione può essere fatta con la scritta "rastremazione 1 : k", oppure indicando gli angoli oppure mettendo le quote delle dimensioni S, s e L.

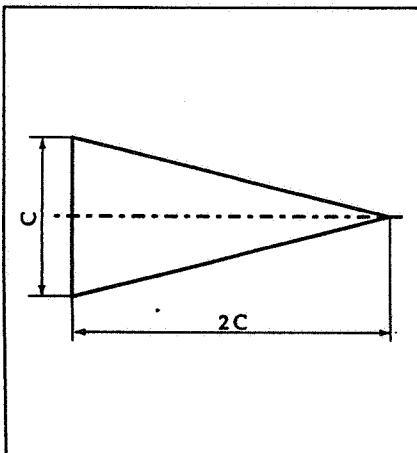


Fig. 51. Simbolo indicante la conicità.

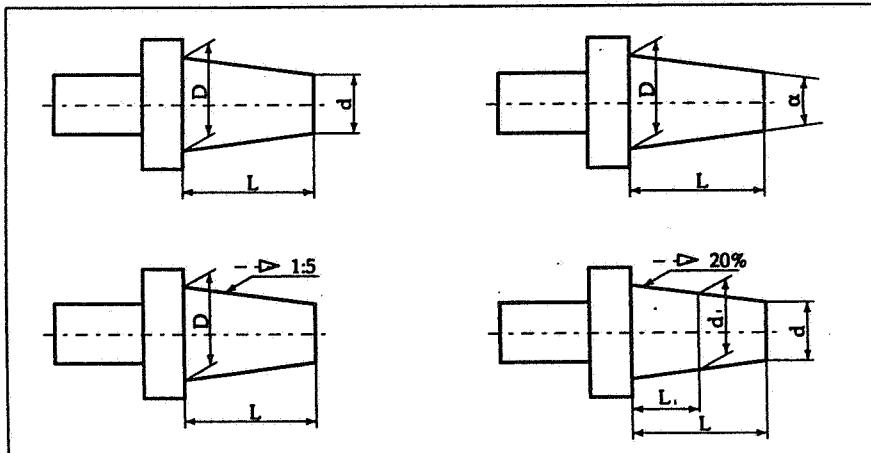


Fig. 52. Quattro diversi modi di indicare la conicità nei disegni.

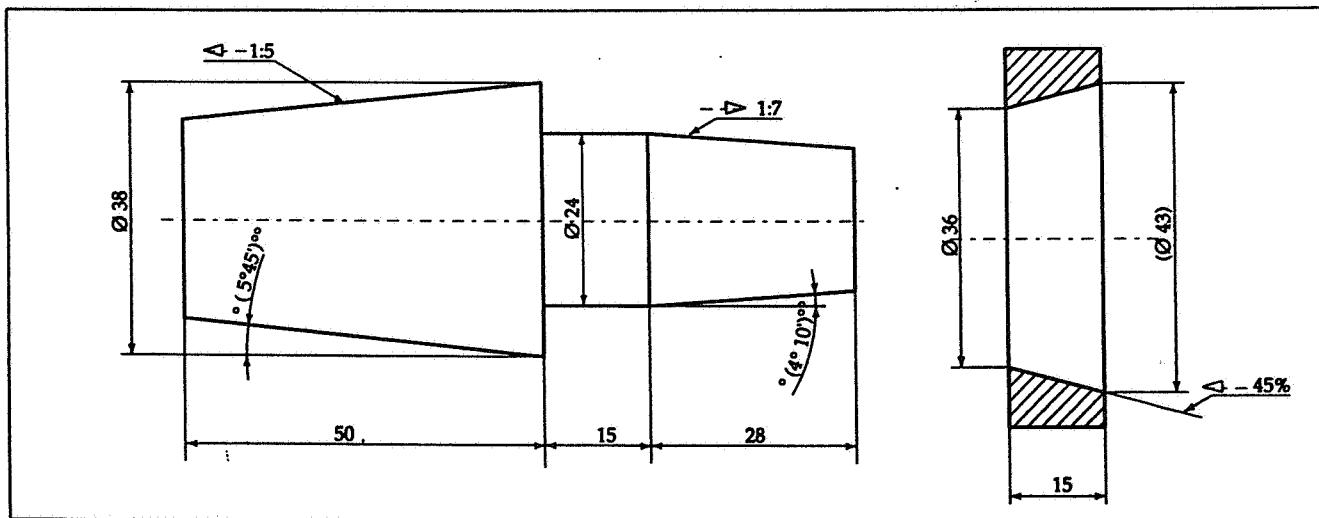


Fig. 53. Quotatura di pezzi conici.

Inclinazione.

Si definisce *inclinazione* il rapporto fra la differenza delle dimensioni H e h (misurate perpendicolarmente a una data direzione) in due punti di una superficie o di una linea, e la distanza L tra le posizioni in corrispondenza delle quali sono stati misurati i valori di H e h (fig. 55).

$$\text{Inclinazione} = \frac{H - h}{L} = \frac{1}{K} = \frac{p}{100} = \lg \beta$$

L'inclinazione dunque è definita tra una sola superficie (o linea) e un piano (o linea) preso come riferimento. Occorre fare attenzione a non confonderla con la rastremazione che è riferita a due superfici ambedue egualmente inclinate rispetto a un asse e quindi a non identificare le indicazioni generiche k e p nei due casi: la rastremazione di una piramide a base quadrata è espressa da un valore doppio di quello dell'inclinazione di ciascuna delle sue facce.

L'indicazione dell'inclinazione può essere fatta dando l'angolo β e/o mettendo le quote relative alle dimensioni H , h e L . Un secondo modo di quotare l'inclinazione di un pezzo è quello di utilizzare l'apposito simbolo di figura 56 orientato opportunamente per indicare il senso dell'inclinazione.

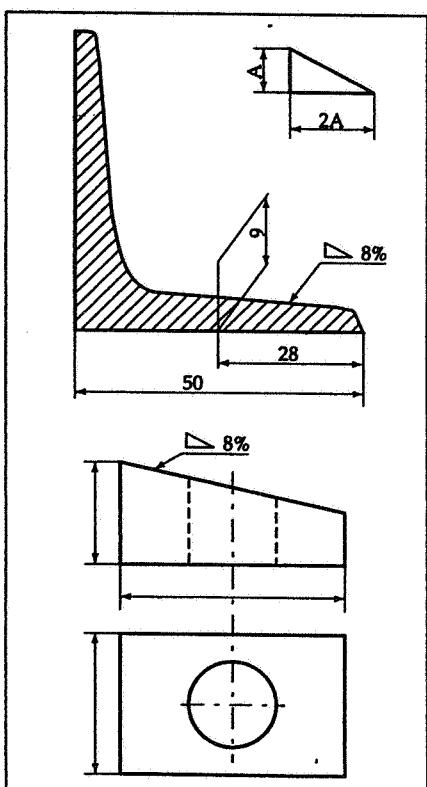


Fig. 56. Quotatura di pezzi inclinati.

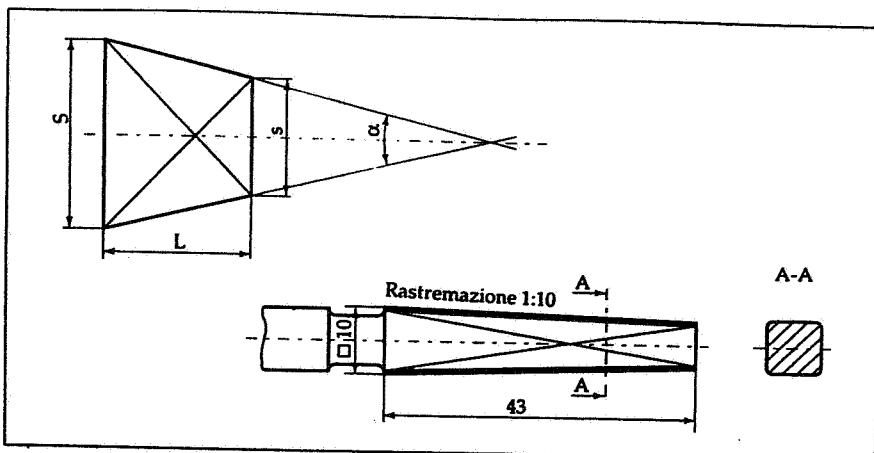


Fig. 54. Quotatura di pezzi rastremati.

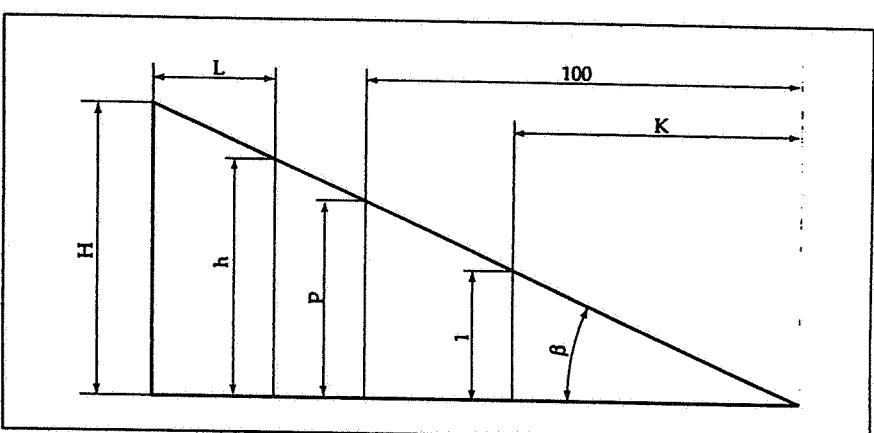


Fig. 55. Definizione di inclinazione.

utilizzo	$1/K$	α
svassature	-	120°
teste e sedi viti	-	90°
teste di chiodi	-	75°
coni ritengo molle valvole	1/3	-
coni di calettamento, innesti	1/5	-
rubinetteria	1/6	-
attacco morsetti batterie (rif. UNEL)	1/9	-
estremità d'albero	1/10	-
bussola di trazione, cuscinetti	1/12	-
coni metrici fissaggio utensili	1/20	-
coni metrici fissaggio utensili (1/30)	-	-
spine coniche	1/50	-

N.B. Per i coni d'attacco per utensili, esistono unificazioni specifiche (attacchi 7:24, Coni Morse, Coni Jacobs).

Tab. II. Valori di conicità di più comune impiego (rif. UNI 157).

impiego	$p\%$	$1/K$	β
smussi	-	-	30°, 45°
dentiere	-	-	20°
chiavette rotonde	10%, 5%	1/10, 1/20	-
biette	5%	1/20	-
chiavette tangenziali, profilati	2%	1/50	-
chiavette	1%	1/100	-
angoli di sformatura	-	-	5°+8°

Tab. III. Alcuni valori indicativi per l'inclinazione.

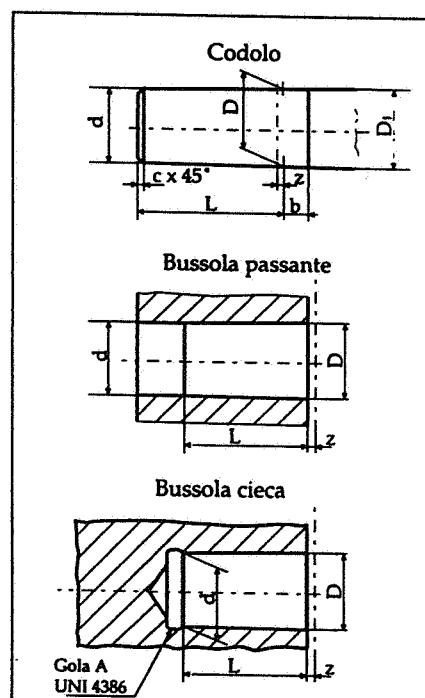


Fig. 57. Un esempio di elementi conici unificati, gli attacchi per utensili a cono Jacobs, in cui i valori della conicità variano da 1:20,288 a 1:12,262 (secondo la UNI 5885).

Al simbolo si fa seguire l'indicazione del valore espresso in $1 : k$ oppure $p\%$. Come si è visto nel capitolo 8, l'inclinazione dei fianchi di pezzi ottenuti per stampaggio è detta *spoglia* e viene di solito indicata mediante l'angolo. Così pure viene dato l'*angolo di sformatura* di pezzi ottenuti per fusione.

Quotatura di complessivi.

Nel caso di disegno di complessivi, come regola generale si indicano solo quote di ingombro o di posizione di alcune parti (fig. 58).

Quotatura di elementi con caratteristiche specifiche.

Parti o zone di un pezzo possono essere soggette a particolari trattamenti come verniciatura, cromatura, cementazione e tempra, ecc. e in tal caso l'indicazione viene fatta con linea mista grossa tipo J UNI 3968 tracciata parallelamente alla superficie interessata. Se necessario si danno le quote di queste zone sia come posizioni che come dimensioni (fig. 59).

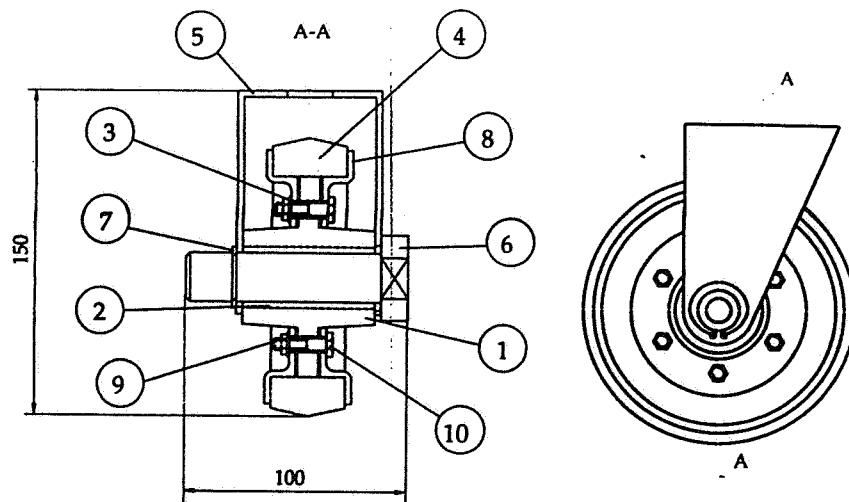


Fig. 58. Quota d'ingombro in un complessivo.

Nota bene.

Definizioni ed indicazioni esatte delle quote non possono trascurare i concetti di tolleranza geometrica e dimensionale (per cui si rimanda ai capp. 11 e 13).

Le indicazioni qui riportate vanno quindi considerate come approssimazioni, spesso derivanti dalla comune pratica d'officina.

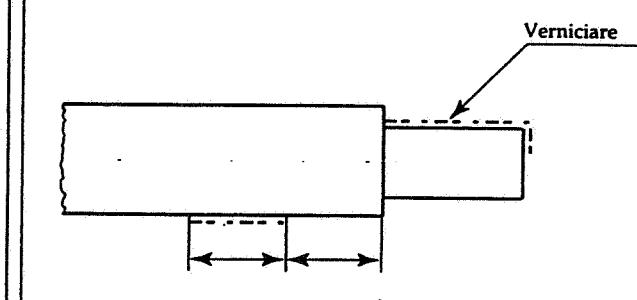


Fig. 59. Quotatura di elementi con caratteristiche specifiche.

4

CLASSIFICAZIONE DELLE QUOTE

Le quote possono essere classificate dal punto di vista geometrico in:

- quote di grandezza,
- quote di posizione,
- quote di accoppiamento.

Si può avere una classificazione secondo la disposizione, e si hanno i seguenti sistemi di quotatura:

- quotatura in serie,
- quotatura in parallelo,
- quotatura combinata,
- quotatura con quote sovrapposte,
- quotatura in coordinate.

Tenendo infine presente lo scopo del disegno (ad esempio mettere in evidenza la funzione del pezzo o le modalità di fabbricazione), si ha, come visto all'inizio del capitolo:

- quotatura funzionale,
- quotatura tecnologica,
- quotatura di collaudo.

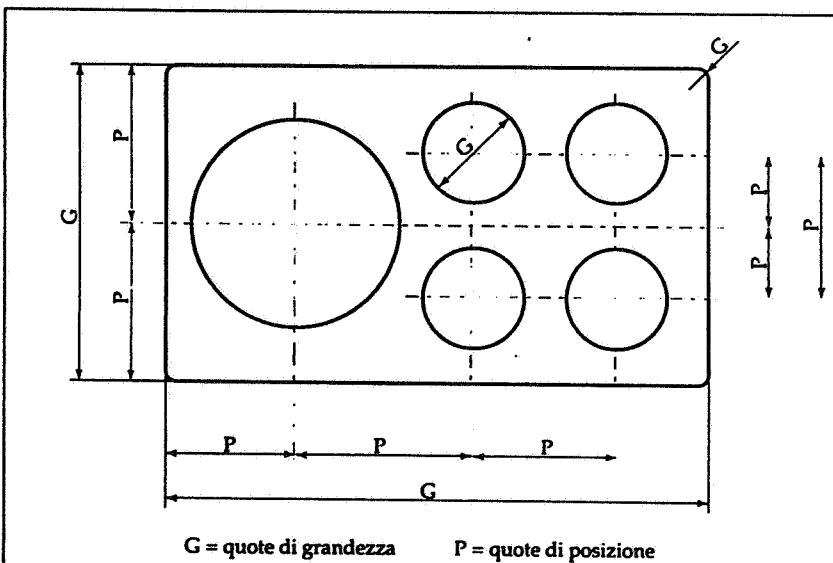


Fig. 60. Quote di grandezza e di posizione.

Quotatura geometrica

Quote di grandezza e posizione.

Le quote di grandezza sono quelle che si riferiscono alle dimensioni di ogni elemento dell'oggetto rappresentato; le quote di posizione o di localizzazio-

ne, individuano la posizione di ogni elemento in riferimento agli altri (fig. 60). I riferimenti usati per le quote di posizione possono essere gli assi, punti di intersezione di assi, superfici di appoggio e di estremità. I solidi prismatici sono posizionati ir-

riferimento alle loro facce, mentre i fori, gli elementi cilindrici o a simmetria circolare sono individuati dai loro assi (fig. 61).

Per i fori è possibile avere due casi:

a) *localizzazione di fori disposti lungo una circonferenza.*

In questo caso se i fori sono della stessa dimensione ed egualmente spaziati, basta indicare, come si è visto, il numero ed il diametro dei fori,

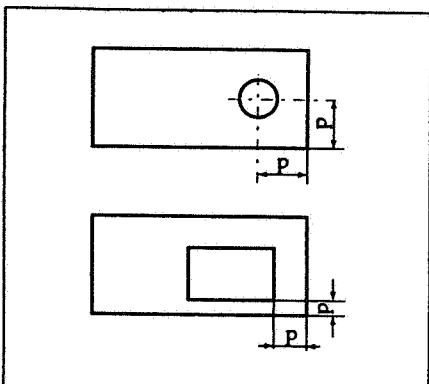


Fig. 61. *Quote di posizione: il foro è posizionato mediante il suo asse, mentre la scanalatura rettangolare mediante le sue facce.*

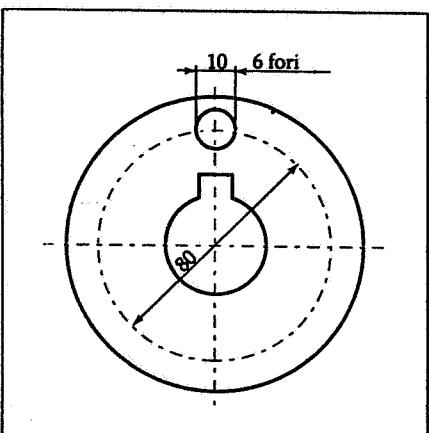


Fig. 62. *Fori uguali ed egualmente spaziati.*

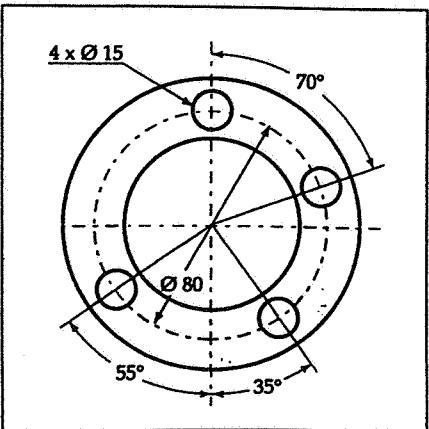


Fig. 63. *Fori posti ad angoli diversi.*

il diametro della circonferenza dei centri (fig. 62). Se i fori sono posti ad angoli diversi, bisogna dare di ognuno la posizione angolare con riferimento ad uno solo dei due assi perpendicolari (fig. 63). Nell'ipotesi di fori su archi di circonferenza, il raggio e la dimensione angolare sono dati rispetto ad una linea di riferimento (fig. 64).

b) *localizzazione di fori disposti linearmente.*

Se la distanza tra i fori è importante, questa va quotata definendo anche la distanza dal centro (con una quota o due tratti =, fig. 65).

Negli altri casi può essere preso come

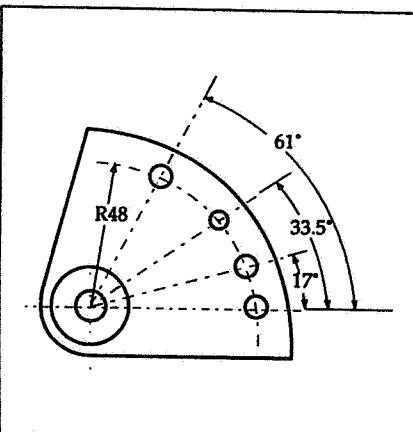


Fig. 64. *Fori lungo un arco.*

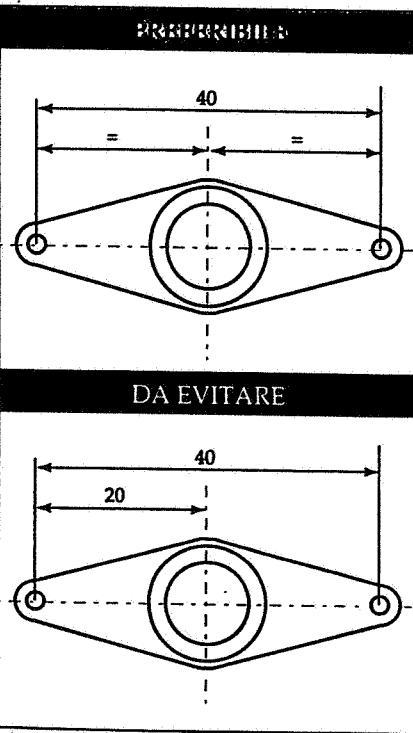


Fig. 65. *Localizzazione di fori disposti linearmente.*

riferimento il centro di un foro, o due superfici accessibili durante la lavorazione e che facilitino l'uso di utensili ed attrezzi (fig. 66).

Quote di accoppiamento.

Quando si quota il singolo particolare, si dovrà prevedere di tenere in forte considerazione le dimensioni delle superfici che devono essere accoppiate (fig. 67) e che possiamo definire *quote di accoppiamento*.

Queste dimensioni, come si vedrà, potranno essere anche diverse e andranno soggette a tolleranza, per ottenere la funzionalità voluta (ad esempio lo scorrimento di un albero entro un foro).

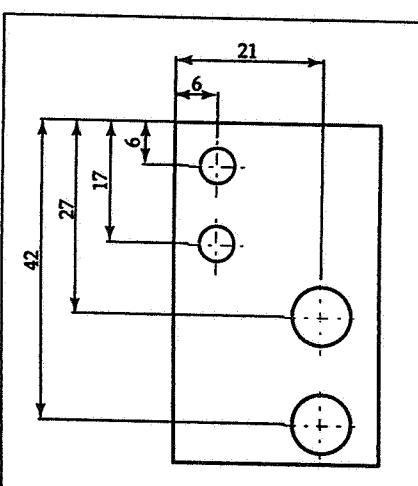


Fig. 66. *Localizzazione di fori rispetto ad una superficie.*

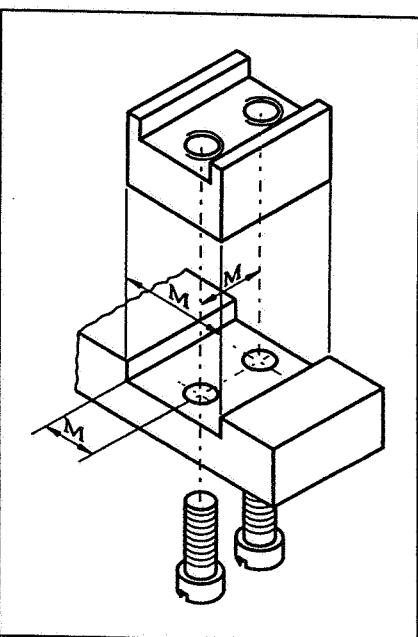


Fig. 67. *Le quote indicate con M sono le quote di accoppiamento.*

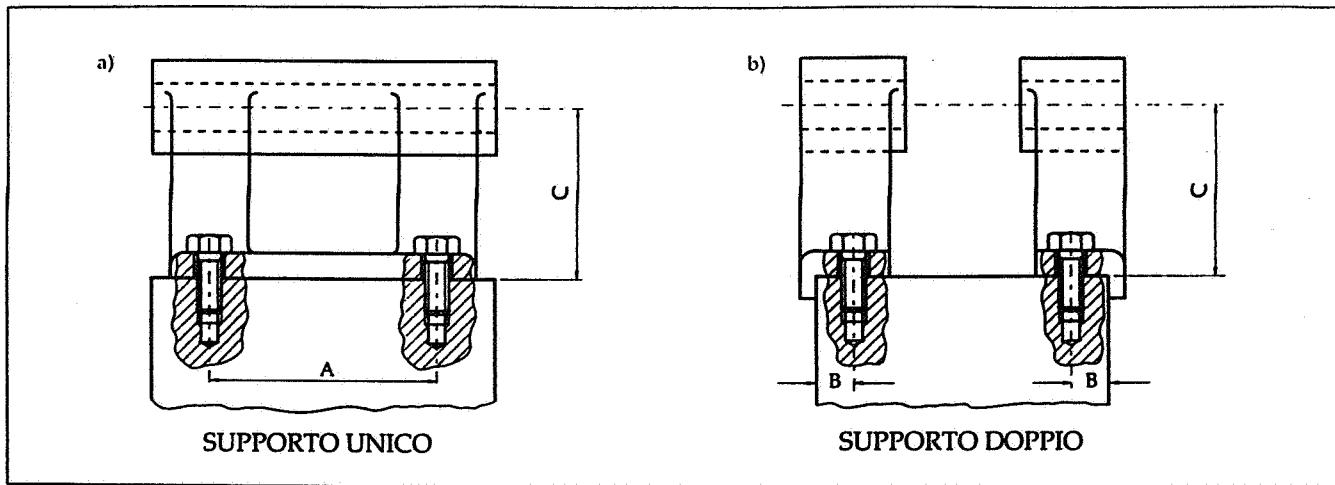


Fig. 68. Nel caso a) sarà importante definire la quota A sia per la base che per il supporto. Nel caso b) (supporto in due pezzi) la quota di accoppiamento sarà la B.

La figura 68 mostra l'esempio di un dispositivo in cui le posizioni dei fori filettati per le viti sono localizzate in due modi diversi a seconda del fatto che il supporto sia costruito in un corpo unico o in due pezzi.

Sistemi di quotatura

La norma UNI 3974 del 1989 indica i seguenti sistemi di quotatura:

- 1 - in serie
- 2 - in parallelo
- 3 - a quote sovrapposte
- 4 - combinata
- 5 - in coordinate

Quotatura in serie.

Ogni elemento del pezzo è quotato rispetto all'elemento vicino. Si forma così una serie, o catena, di quote parziali, messe in successione una dopo l'altra.

Il conseguente accumulo degli errori conduce ad un errore tra due elementi non contigui maggiore rispetto a quello sulla quota tra due elementi contigui.

Con questo metodo non è stabilito nessun elemento di riferimento o di partenza per la costruzione o il controllo del pezzo. In genere perciò si applica quando è fondamentale la lunghezza di ogni singolo elemento e quando l'accumularsi degli errori, che si fanno nel produrre il pezzo, non mette in pericolo la sua utilizzazione. Queste condizioni non sono frequenti e perciò la quotatura in serie è poco usata da sola.

Una volta quotato il pezzo con tutte le quote di una catena, la quota complessiva è automaticamente determinata e

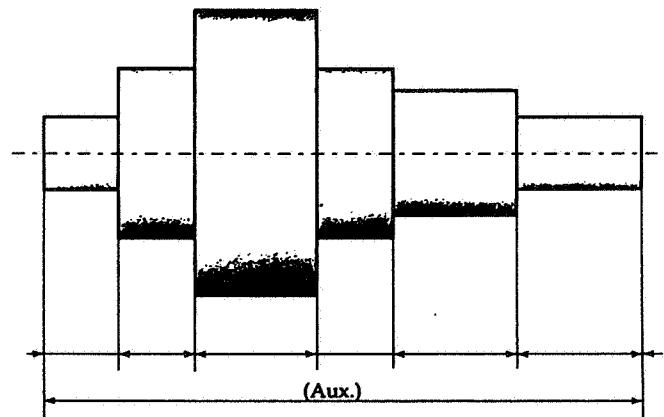


Fig. 69. Quotatura in serie.

quindi o va omessa o posta tra parentesi (fig. 69). È opportuno indicare la quota totale sia pure in funzione ausiliaria, perché fornisce immediatamente l'ingombro del pezzo.

Quotatura in parallelo.

Quando più quote aventi uguale direzione hanno un'unica origine di riferimento, si ha la quotatura in parallelo. L'origine può essere un punto, un asse, uno spigolo, un piano, ecc.

Questo sistema evita la possibilità di accumulo di errori costruttivi, permette di stabilire tolleranze indipendenti ed è particolarmente indicato come si vedrà nella quotatura tecnologica in cui la tracciatura, l'esecuzione e il controllo dei pezzi vengono eseguiti con macchine o strumenti a spostamento progressivo (fig. 70).

Quotatura a quote sovrapposte (od in sequenza).

È una variante grafica della quotatura in parallelo e si applica per risparmio

di spazio, purché non vi sia pericolo di confusione o di scarsa chiarezza. Se deve essere indicata un'origine, essa può essere rappresentata da un circonferenza avente diametro di circa 3 mm.

Con questo sistema si ha una unica linea di misura: l'elemento di origine c'è di riferimento viene individuato con la quota 0 e una freccia all'estremità opposta di ogni linea di misura, disposte nel senso di allontanamento dall'origine. Il valore numerico può essere scritto in prossimità della freccia (fig. 71):

- a) al di sopra della linea di misura e un po' staccata da essa;
- b) sul prolungamento della linea di riferimento, in verticale.

È possibile anche utilizzare la quotatura a quote sovrapposte in due direzioni (fig. 72).

Quotatura combinata.

Questo metodo risulta dalla applicazione simultanea della quotatura in serie e in parallelo: ad esso si ricorre

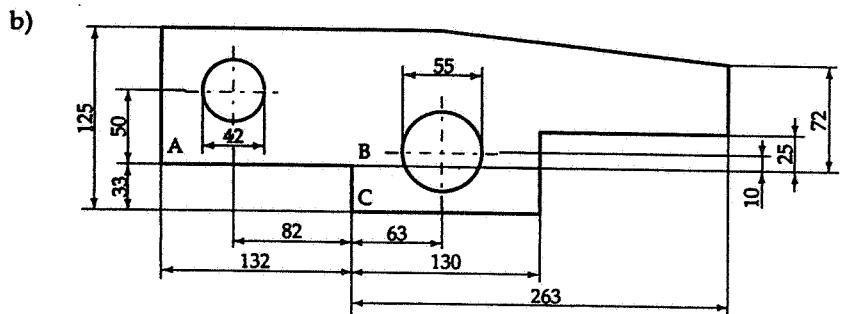
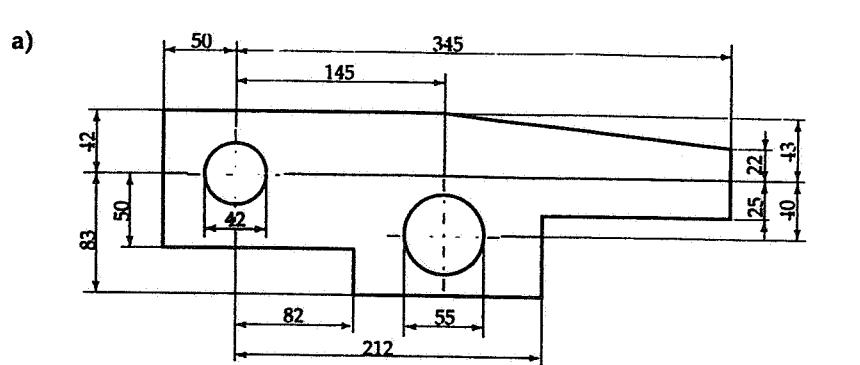


Fig. 70. Quotatura in parallelo con riferimento nei centri dei fori (a) o sulle superfici di traccia AB e BC (b).

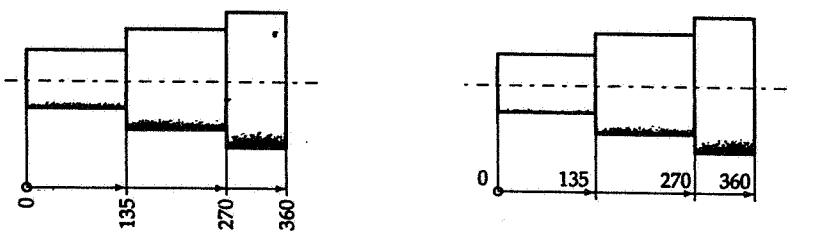


Fig. 71. Esempi di quotatura a quote sovrapposte.

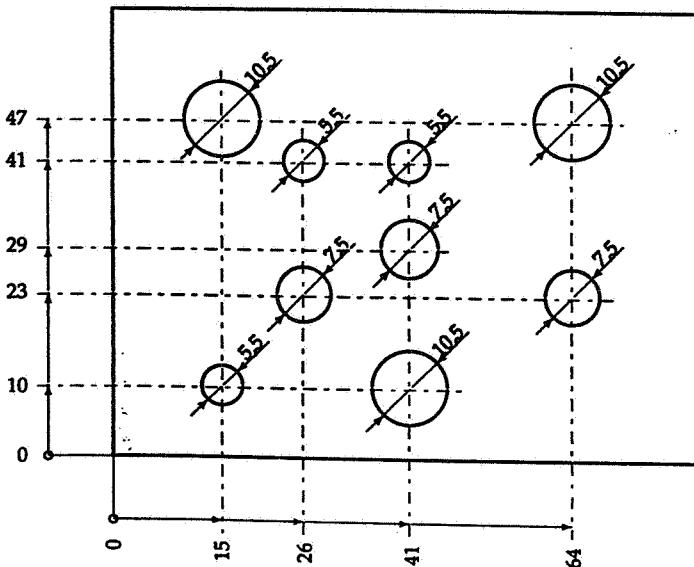


Fig. 72. Quotatura secondo due direzioni.

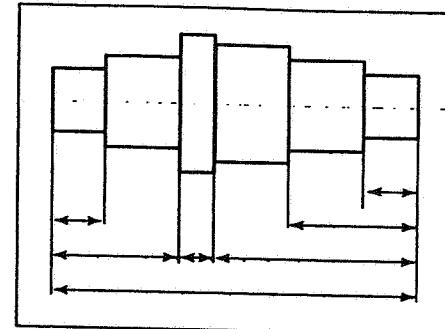
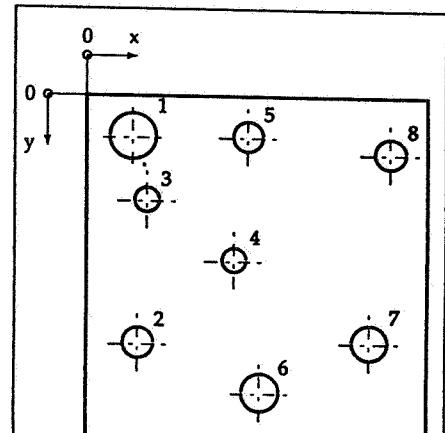


Fig. 73. Quotatura combinata.



	1	2	3	4	5	6	7	8
x	16	18	21	51	55	60	98	105
y	14	86	36	57	14	103	86	20
θ	16	10,5	8,4	8,4	10,5	13	12	10,5

Fig. 74. Quotatura in coordinate cartesiane.

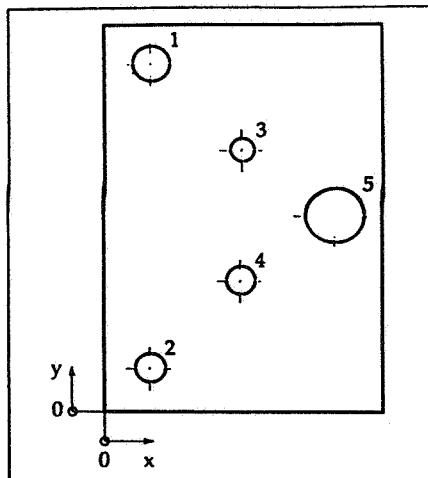
quando è necessario impiegare più elementi di riferimento. Si possono soddisfare in questo modo tutte le esigenze, sia funzionali che costruttive. È il sistema più frequentemente usato nei disegni (fig. 73).

Quotatura in coordinate.

In alcuni casi può essere conveniente fare riferimento ad un unico punto, preso come origine per la quotatura. Le quote vengono poi raggruppate in un'unica tabella. Le norme prevedono tre possibilità di quotatura di questo tipo:

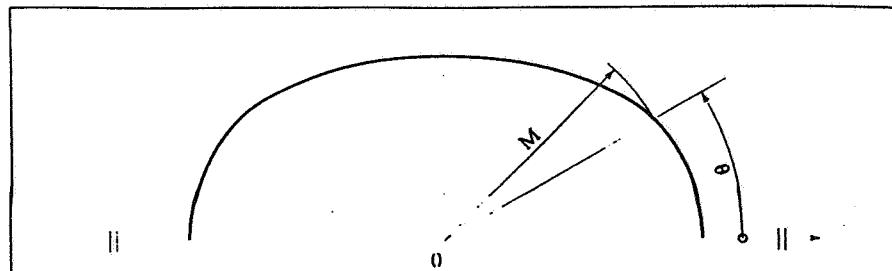
- in coordinate cartesiane, figura 74 ;
- in coordinate polari, figura 76 ;
- in coordinate polari con rullo di misura, figura 77.

La quotatura in coordinate è utile per la programmazione manuale e automatica delle macchine utensili a controllo numerico, e verrà trattata in modo più ampio nel paragrafo successivo.



	x	y	θ	z
1	20	160	15,5	10
2	20	20	13,5	35
3	60	120	11	10
4	60	60	13,5	10
5	100	90	26	5

Fig. 75. Quotatura in coordinate cartesiane. Nella tabella z indica la profondità del foro.



θ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
M	97,5	95,5	93	85	79,5	76	76	78,5	83	88,5	94	97	97,5

Fig. 76. Quotatura in coordinate polari, usata per profili complessi. L'angolo si considera positivo in senso antiorario.

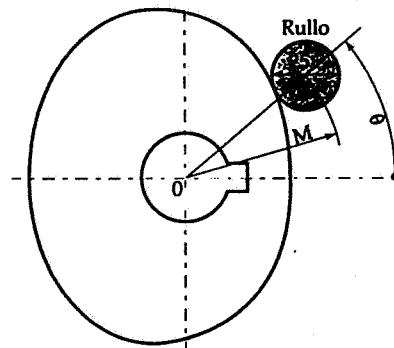


Fig. 77. Uso del rullo di misura, che ha lo scopo di semplificare il controllo del profilo.

θ	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120-210°	230°	260°	280°	300°	320°	340°
M	50	52,5	57	63,5	70	74,5	76	75	70	65	59,5	55	52

Quotatura secondo lo scopo del disegno

Quotatura funzionale.

La tabella UNI 4820 del febbraio 1989, che concorda con la raccomandazione ISO 129, classifica le quote in:

- funzionali, essenziali alla funzione del pezzo;
- non funzionali, cioè non incidenti sulla funzionalità ma necessarie per definire completamente il componente;
- ausiliarie, non indispensabili alla definizione del prodotto, ottenibili dalle altre quote.

Sono dette *quote funzionali* quelle essenziali per la funzione, lo scopo a cui il pezzo è destinato come, ad esempio, la conicità di una spina conica, o la distanza tra i fori del piede e della testa di una biella, il diametro di un perno o quello del foro del cuscinetto corrispondente. Le quote funzionali devono essere scelte nel modo più significativo per esprimere la funzione dell'oggetto.

Sono quote *non funzionali* quelle necessarie per definire completamente il pezzo in tutti i suoi elementi, ma che

si riferiscono a parti che non sono fondamentali per il suo impiego. Queste quote vanno scelte in relazione al loro scopo (ad esempio lavorazione o collaudo).

Vi sono infine le quote *ausiliarie* che talvolta vengono scritte a scopo informativo, per esempio per evitare calcoli a chi deve produrre il pezzo. Queste quote, che sono ottenibili dalle altre

quote e che quindi sono sovrabbondanti, devono essere scritte *tra parentesi* e non sono soggette a collaudo. Sul disegno di prodotto finito non si devono specificare i processi di fabbricazione ed i metodi di collaudo, a meno che non siano richiesti.

Un esempio di disegno di prodotto finito è rappresentato in figura 78, dove il pezzo con due fori filettati 1) deve

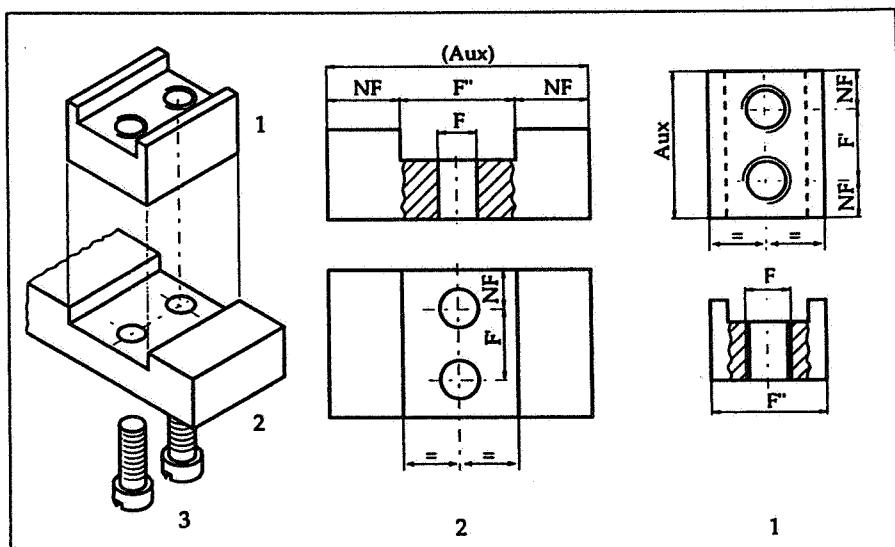


Fig. 78. Quote funzionali, non funzionali ed ausiliarie.

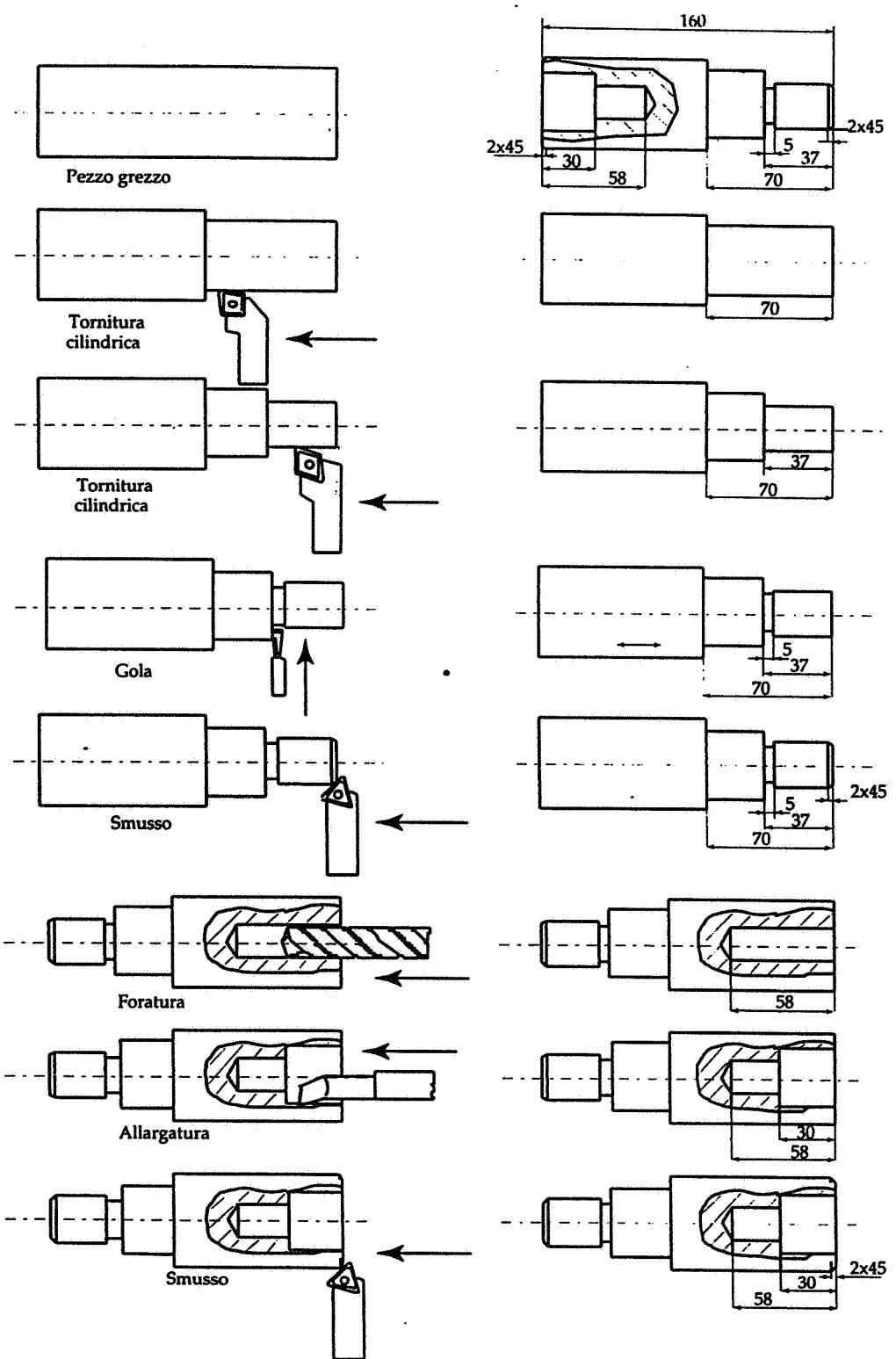


Fig. 79. Relazione tra lavorazione e quotatura in tornitura.

essere accoppiato con la base 2) tramite le due viti 3). Affinché il gruppo funzioni come richiesto, devono essere soddisfatte alcune condizioni:

- i fori, nel particolare 2) devono consentire un agevole passaggio delle viti, quindi la quota F è funzionale;
- l'interasse tra i suddetti fori passanti ed i corrispondenti fori filettati nel particolare 1) dovrà avere identico valore F' ;
- la larghezza F'' dovrà consentire l'inserramento del particolare 1) e di conseguenza sarà maggiore della corrispondente quota F' del particolare 1);
- le larghezze F'' devono essere divise in due parti uguali dall'asse di simmetria comune ai due fori.

Tutte le quote indicate con NF sono non funzionali, in quanto una loro variazione non influisce direttamente sulla funzionalità del gruppo; ad esempio la distanza NF di un foro dal bordo esterno non pregiudica l'accoppiamento; tuttavia tale quota potrebbe diventare di rilevante importanza ai fini della costruzione del pezzo (quotatura tecnologica, vedi paragrafo seguente).

Infine, la quota Aux del pezzo 2) può essere "comoda" per la definizione dell'ingombro del pezzo, ma non è indispensabile in quanto derivante dalla somma di quote già note. L'uso della parentesi prescritto per la sua indicazione assumerà significato con riferimento alle tolleranze (vedi capitolo successivo).

Le quote funzionali vanno quindi poste sulle superfici funzionali (che condizionano la posizione di elementi rispetto ad altri elementi ai quali vanno accoppiati) distinte dalle superfici indipendenti, che non dipendono dagli altri elementi e che possono anche variare in forma e dimensione. Non si deve ricavare una quota funzionale da altre quote.

Quotatura tecnologica e di collaudo

Il disegnatore quando quota un pezzo, deve sempre tenere presenti le modalità con le quali esso verrà realizzato e controllato. Il modo di quotare il pezzo deve quindi non solo dare tutte le indicazioni perché sia geometricamente definito (quotatura di grandezza e di posizione), e mettere inoltre ben in evidenza quali quote sono fondamentali perché il pezzo funzioni per lo scopo al quale è destinato (quotatura funzionale), ma deve anche facilitare il lavoro di chi deve eseguire il pezzo fornendogli le quote che più gli servono per impostare la lavorazione.

Al variare del processo produttivo adottato o anche solo del ciclo di lavorazione è evidente che può variare la quotatura tecnologica dello stesso pezzo.

Il disegno di fabbricazione deve indicare il procedimento di lavorazione scelto e tutte le informazioni necessarie alla produzione di un determinato componente. Una volta stabilita la quotatura funzionale, il disegno deve quindi contenere tutte le quote che facilitino le operazioni tecnologiche con la scelta degli elementi di riferimento che condiziona il procedimento adottato.

Esempi di quotatura di pezzi eseguiti mediante tornitura.

La quotatura di fabbricazione del pezzo indicato in figura 79 tiene conto della procedura di lavorazione che viene eseguita operando due ribalta-

menti del pezzo sulla macchina. Come si può notare, l'operatore prende come riferimento le due superfici d'estremità dell'albero, considerate già per semplicità sfacciate e quindi perpendicolari all'asse del pezzo. La quotatura derivante avrà quindi due riferimenti coincidenti con le sue estremità; le gole di scarico e gli smussi vengono quotati in parallelo, poiché vengono eseguiti dopo le torniture cilindriche.

Le figure 80, 81 e 82 illustrano altri esempi relativi a quotature su pezzi torniti, in cui per la rappresentazione è sufficiente l'impiego di una sola vista; nel primo esempio si noti la quotatura dei diametri effettuata internamente al pezzo e le due quotature in parallelo con riferimenti alle

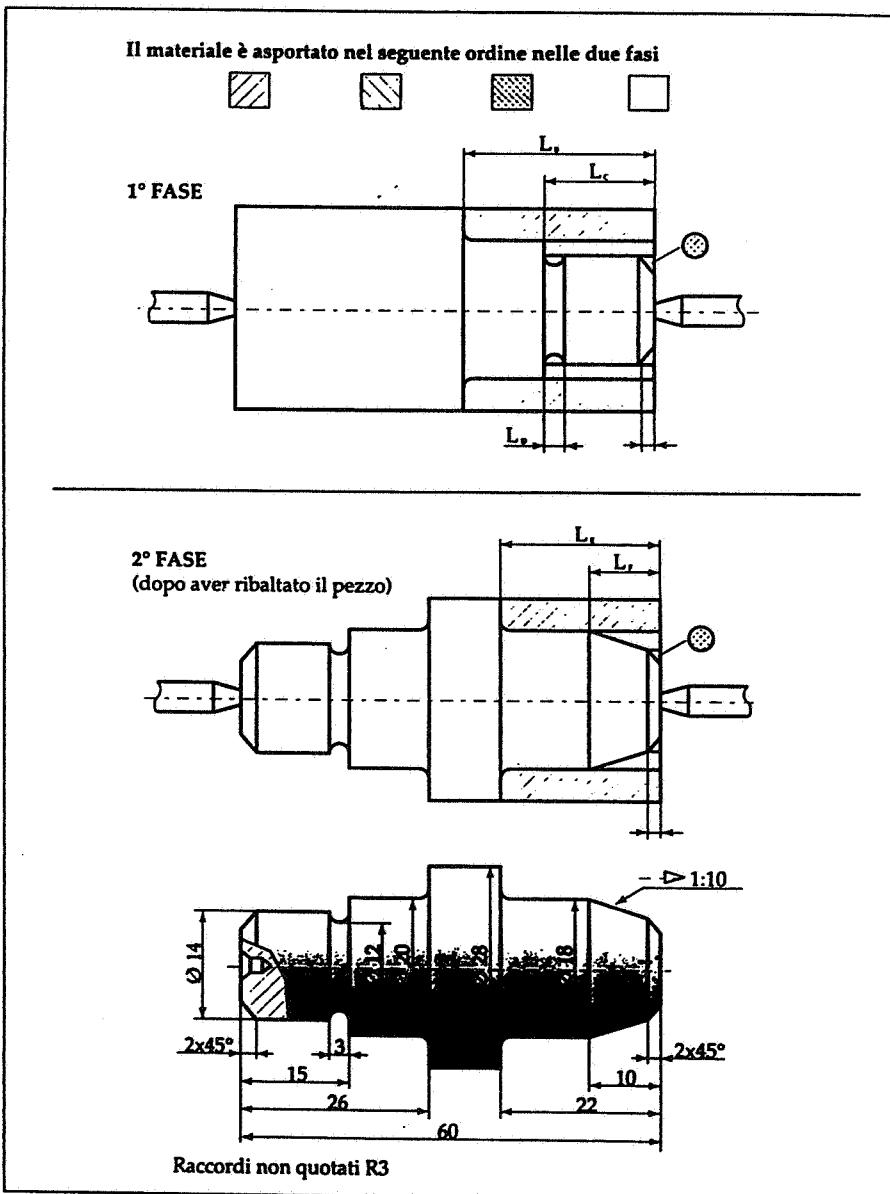


Fig. 80. Quotatura per la tornitura esterna. Si notino le quote di impostazione della lavorazione, come quelle della gola, in parallelo con le altre.

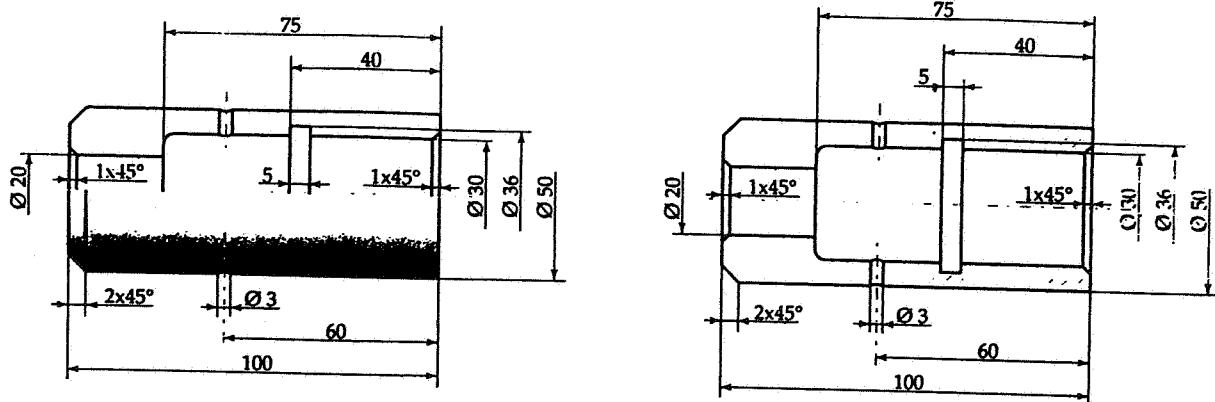


Fig. 81. Quotatura per la lavorazione d'interni.

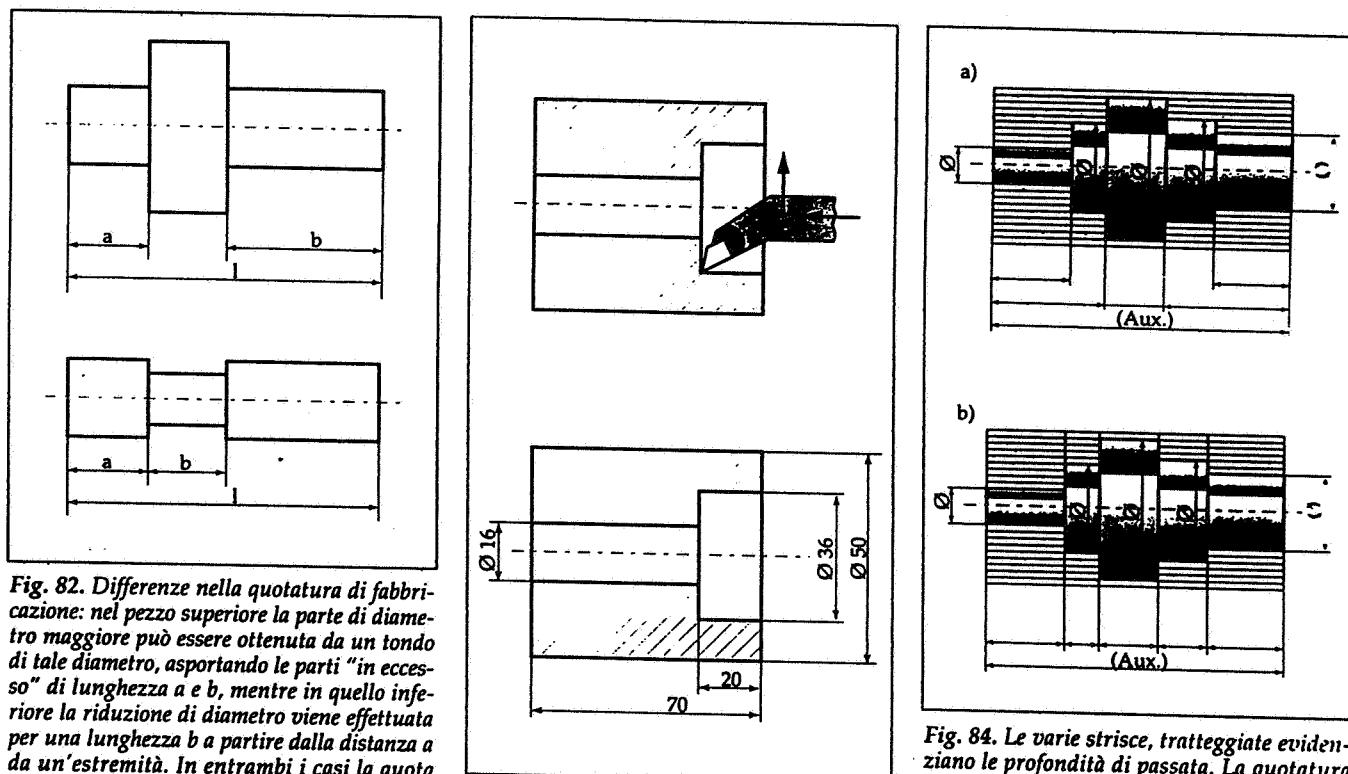


Fig. 82. Differenze nella quotatura di fabbricazione: nel pezzo superiore la parte di diametro maggiore può essere ottenuta da un tondo di tale diametro, asportando le parti "in eccesso" di lunghezza a e b , mentre in quello inferiore la riduzione di diametro viene effettuata per una lunghezza b a partire dalla distanza a da un'estremità. In entrambi i casi la quota non indicata deriva necessariamente dalla lavorazione sul pezzo di lunghezza l .

estremità. Nel caso dell'elemento tubolare, la quotatura dei diametri ha le linee di misura interrotte, alleggerendo l'aspetto del disegno; per il foro radiale bisogna fornire la distanza dell'asse da una delle estremità; in alternativa viene proposta anche la quotatura del pezzo in semisezione. L'allargamento del foro del pezzo rappresentato nella figura 83 viene eseguito con un utensile per interni, con un movimento assiale-radiale; in questo caso la quota di 50 mm è perfettamente inutile, in quanto all'operatore basta la quota assiale di 20 mm.

Quotatura di pezzi lavorati per fresatura. Le quote tecnologiche e di collaudo vengono riferite a superfici del pezzo ben definite, dette *superfici di riferimento*.

Fig. 84. Le varie strisce, tratteggiate evidenziano le profondità di passata. La quotatura indica anche il metodo di lavoro e quindi nel caso a) occorrono 14 interventi dell'operatore, nel caso b) 32 interventi.

Per la quotatura di una scanalatura sulla piastra indicata in figura 85, bisogna indicare nel disegno la quota a che definisce la larghezza della fresa impiegata per la lavorazione, la quota b collegata allo spostamento longitudinale dell'utensile e la quota c che definisce la corsa dell'utensile per il taglio della cava.

Alle tre quote così realizzate corrispondono tre quote di controllo tra loro indipendenti (fig. 86):

- 1) la misura della lunghezza della cava, effettuata usando i becchi per interni del calibro a corsoio;

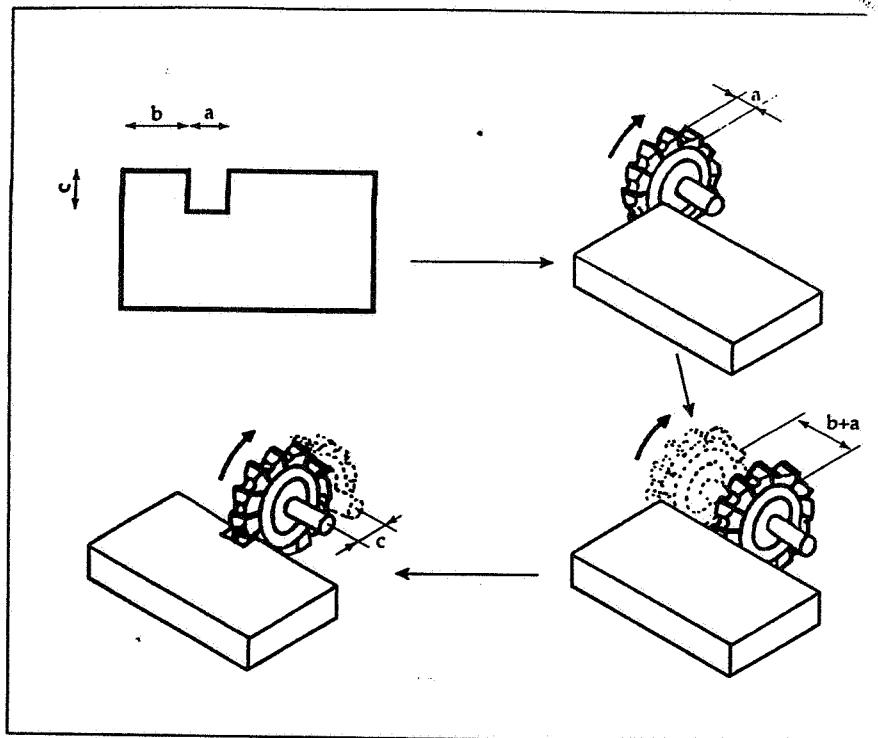


Fig. 85. La fresatura e la corrispondente quotatura di una scanalatura.

3) La quotatura di collaudo del pezzo di figura 85 corrisponde esattamente a quella tecnologica. La figura illustra la quotatura di fresatura di una scanalatura a coda di rondine, cioè con una quota longitudinale che varia lungo una circonferenza. Le relative procedure di lavorazione sono le seguenti: utilizzando una fresatrice con tre punte elicoidali (fig. 88), è possibile adottare la quotatura polare di riferimento già visto in corso, cioè quotando il diametro della circonferenza dei fori e la loro distanza angolare (fig. 48). Utilizzando una tavoletta portapezzo dotata solo di movimenti di traslazione, bisognerà adottare una quotatura riferita al centro della circonferenza su cui i fori giacciono.

Quotatura di fori.

I fori vengono eseguiti con la punta elicoidale con un angolo tra i taglienti

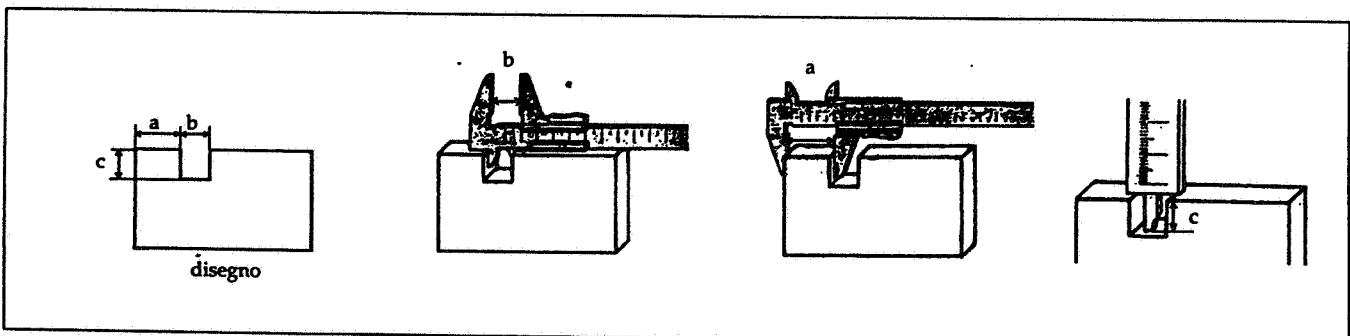


Fig. 86. La quotatura di collaudo del pezzo di figura 85 corrisponde esattamente a quella tecnologica.

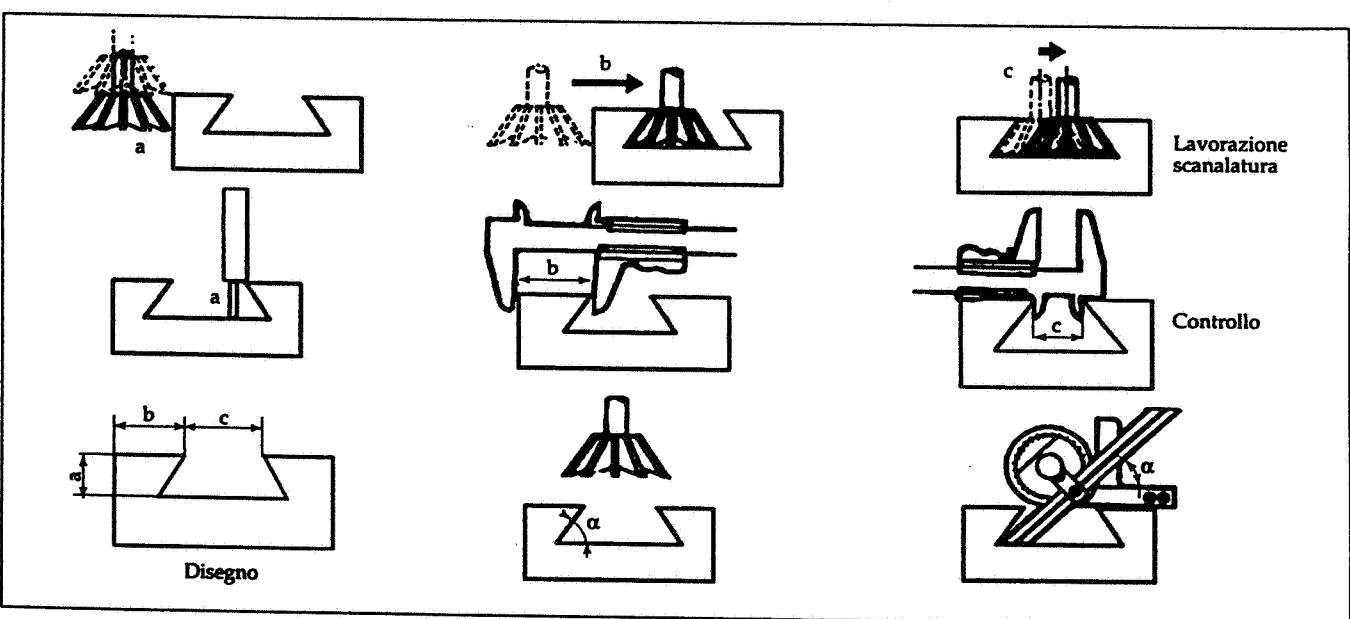


Fig. 87. Quotatura e collaudo di una scanalatura a coda di rondine.

2) la posizione della cava, ottenuta utilizzando i becchi per esterni; la profondità della cava, utilizzando astina per interni.

Fig. 87 mostra un altro esempio di una scanalatura a coda di rana.

Le modalità di collaudo sono le stesse. Anche la quota.

Altri sono disposti in modo da tenere conto della posizione della cava.

Utilizzando il sistema rotante si ottiene una cava.

Fig. 88. Tavola girevole per fresatrice; sotto tattura di fori per posizionamento senza tavola girevole.

e è circa di 120° , che ha contemporaneamente movimento di taglio e avanzamento; osservando la figura 89 si nota come la punta trasli una distanza pari ad H , che rappresenta la corsa effettiva dell'utensile ed è quindi una quota tecnologica; il foro cieco risultante è formata da una parte cilindrica e da un'estremità conica dovuta alla forma della punta.

Il punto di vista del collaudo, è abbastanza incerta la determinazione della quota H con l'uso dell'astina in anto non è possibile individuare il vertice del tratto conico, e quindi si eferisce la quotatura della lunghezza h , cioè della lunghezza della parte cilindrica (fig. 90); bisogna però tener presente che la precisione della lunghezza di un foro cieco non è mai importante, in quanto viene sempre prevista una successiva lavorazione di maschiatura o alesatura. L'altra parte spesso la posizione di un foro viene indicata in sede di acciatura con una punzonatura (oppure svasatura) e perciò l'inizio della punta è al di sotto della superficie e quindi la corsa effettiva minore di H .

Quando in un pezzo vengono eseguiti più fori, è necessario quotare i interassi o le distanze degli assi a un riferimento comune in modo che la punta del trapano possa essere portata nella posizione del centro del foro e forare (fig. 91).

Al punto di vista del controllo, una volta eseguito il foro, il centro non è più reperibile e quindi per il collaudo dell'interasse si deve ricorrere ad una misura indiretta, facendo uso di

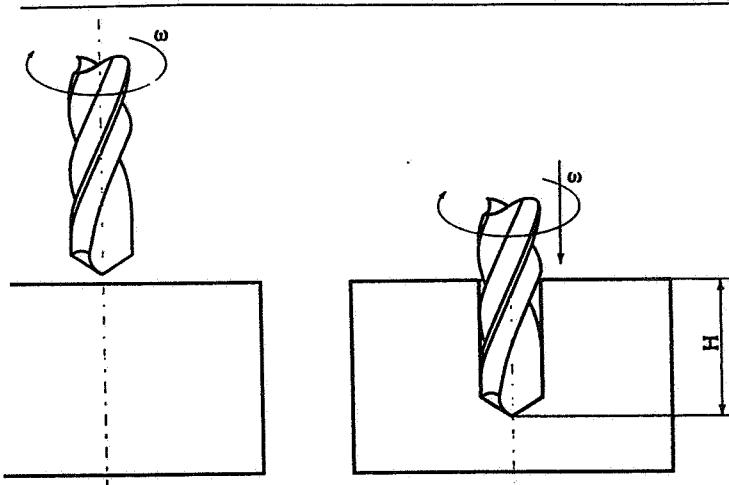


Fig. 89. Esecuzione di un foro cieco con punta elicoidale.

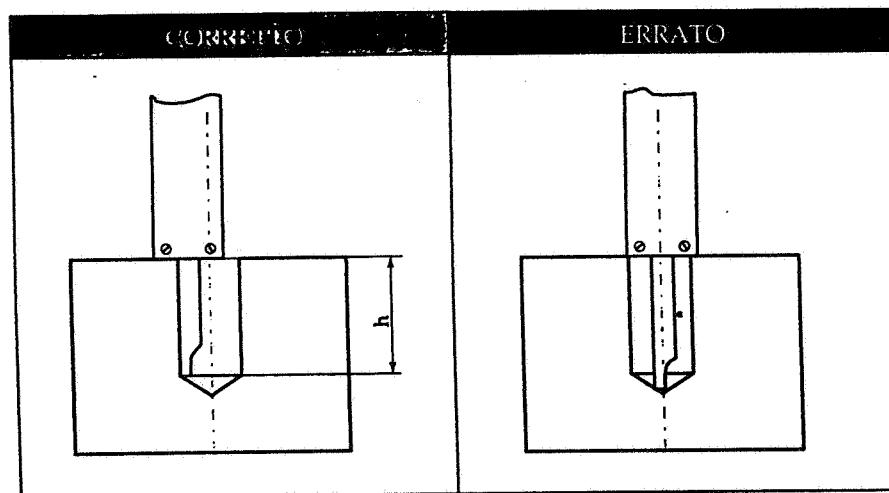


Fig. 90. Controllo e quotatura di un foro cieco.

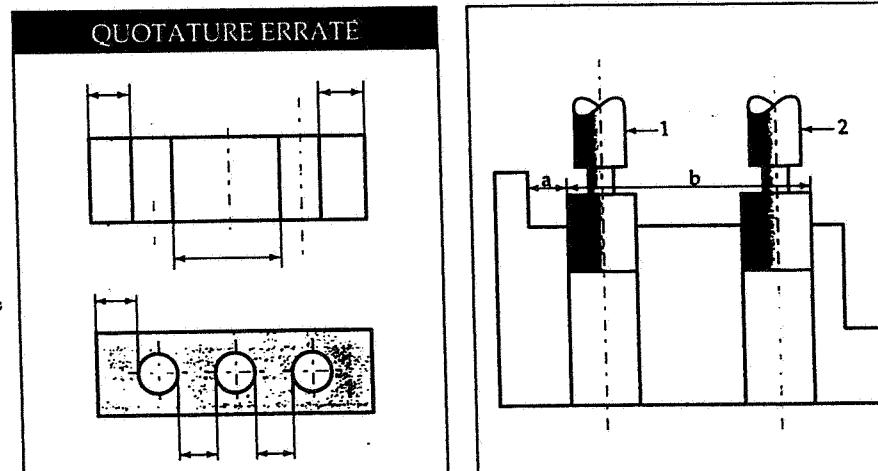


Fig. 91. Quotature errate di posizioni di fori.

Fig. 92. Controllo dell'interasse mediante tamponi.

tamponi (fig. 92). Si esegue così il controllo della quota b dalla quale bisogna togliere la somma dei raggi dei tamponi.

Bisogna infine precisare che nel quotare un pezzo si dovranno in primo

luogo indicare le quote funzionali, poi quelle non funzionali scegliendole in modo che rispettino la quotatura tecnologica, e infine aggiungere le altre quote necessarie per definire geometricamente il pezzo.

QUOTATURA PER MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO

La quotatura in coordinate per la *programmazione manuale e automatica delle macchine a controllo numerico* che ha lo scopo di facilitare e semplificare sia il disegno che la stesura dei programmi di lavorazione, è codificata nella norma UNI 8822.

Quotatura per la programmazione manuale

Il sistema di assi coordinati, di tipo cartesiano o polare, deve essere scelto compatibilmente con i vari tipi di macchine a comando numerico e individuato da due lettere maiuscole. L'origine può coincidere con l'intersezione degli assi di simmetria (fig. 93), di assi di fori (fig. 94) o di intersezioni di superfici (fig. 95). È possibile usare anche più sistemi di riferimento detti *secondari* e definiti rispetto al *sistema principale*; in figura 96 il pezzo ha un unico sistema di riferimento principale, con origine 0.0 e posizione 1; ciascun punto del pezzo viene identificato da un *numero di posizione*, costituito da una coppia di cifre, separate da un punto; la prima cifra indica il sistema di coordinate di riferimento e la seconda il numero d'ordine del punto in

Fig. 93. Origine delle coordinate dall'intersezione degli assi di simmetria.

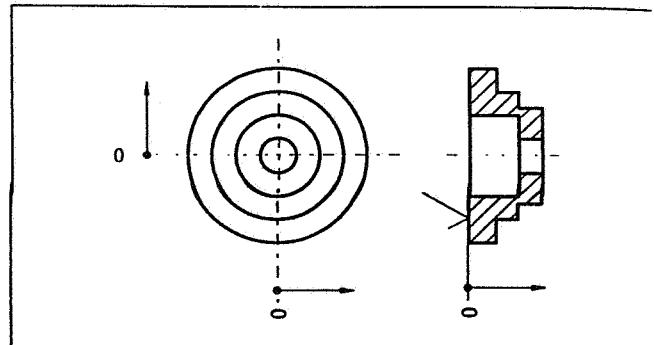


Fig. 94. Origine sugli assi di fori.

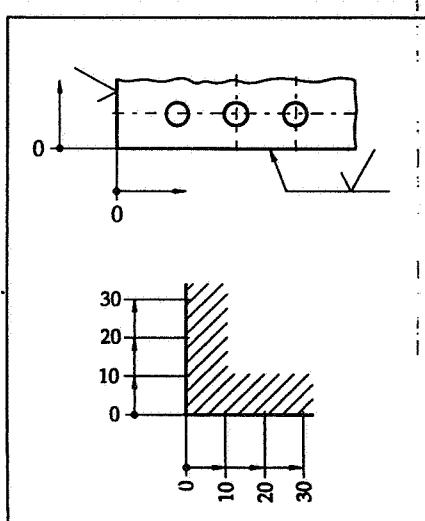
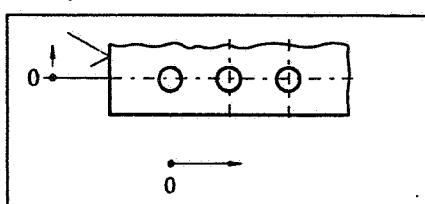


Fig. 95. Origine da intersezione di superfici.

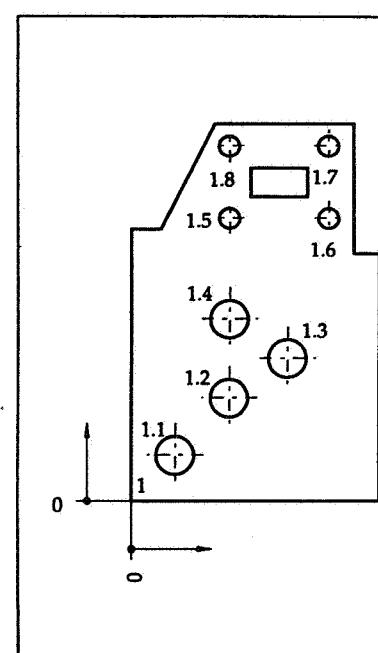


Fig. 96. Sistema di riferimento unico (origine 0,0).

Origine	N° di posizione	Coordinate			M	θ	Diametro	Note
		A	B	C				
1	1	0	0					
1	1,1	325	320				120 H7	
1	1,2	900	320				120 H7	
1	1,3	950	750				200 H7	
1	2	450	750				200 H7	
1	3	700	1.225				400 H8	
2	2,1	-300	150				50 H11	
2	2,2	-300	0				50 H11	
2	2,3	-300	-150				50 H11	
3	3,1	250	0		250	0°	26	
3	3,2	216,5	125		250	30°	26	
3	3,3	125	216,5		250	60°	26	
3	3,4	0	250		250	90°	26	
3	3,5	-125	216,5		250	120°	26	
3	3,6	-216,5	125		250	150°	26	
3	3,7	-250	0		250	180°	26	
3	3,8	-216,5	-125		250	210°	26	
3	3,9	-125	-216,5		250	240°	26	
3	3,10	0	-250		250	270°	26	
3	3,11	125	-216,5		250	300°	26	
3	3,12	216,5	-125		250	330°	26	

Tab. IV. Tabella delle caratteristiche in funzione dei numeri di posizione (con rif. a fig. 100).

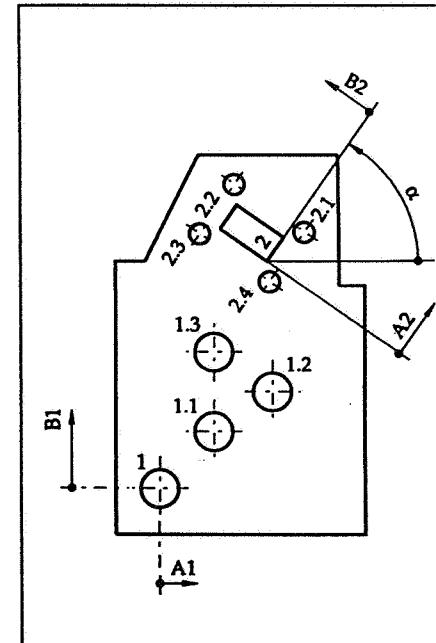


Fig. 97. Quotatura con due sistemi di riferimento: principale, con coordinate secondo A1-B1 e secondario, con coordinate secondo A2, B2.

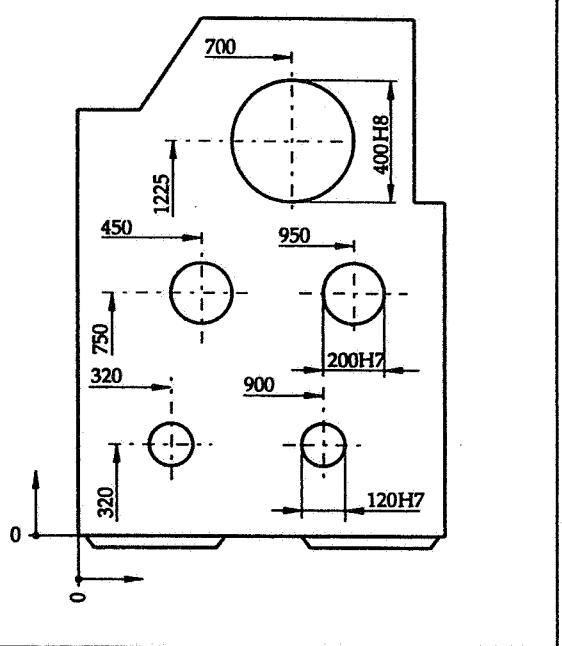


Fig. 98. Quotatura semplificata con unico sistema di riferimento.

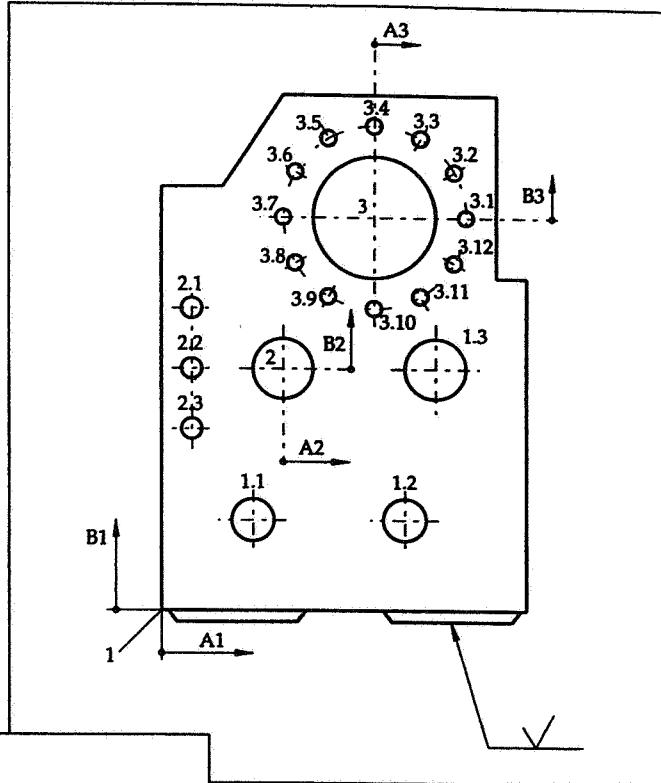


Fig. 100. Quotatura con riferimento al prospetto di tabella IV.

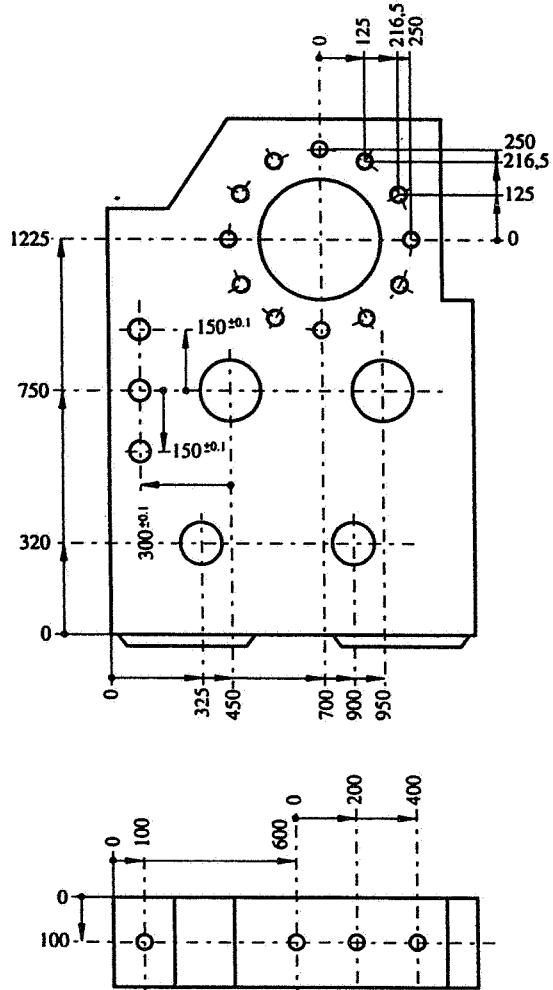


Fig. 99. Quotatura con sistemi di riferimento principale e secondari.

esame. Il numero di posizione costituisce la chiave di accesso ad un prospetto da cui si possono trarre tutte le informazioni geometriche del punto in esame. La figura 97 mostra invece un pezzo con due sistemi coordinati, uno principale con posizione dell'origine 1 ed uno secondario con posizione dell'origine 2.

Se esiste una sola origine, le linee di misura possono anche non essere prolungate fino agli assi coordinati (fig. 98), mentre in presenza di sistemi secondari si fa riferimento ad una quotatura progressiva principale e secondaria (fig. 99).

La figura 100 mostra la quotatura indicata con l'ausilio di un prospetto nel quale possono essere aggiunte ulteriori informazioni quali tolleranze, rugosità, note sugli utensili (tab. IV).

Quotatura per la programmazione automatica

Quando si lavorano pezzi complessi che richiedono a volte la codifica di migliaia di blocchi di informazioni, è più conveniente ricorrere alla programmazione *automatica* delle macchine a controllo numerico.

Contrariamente alla programmazione manuale delle macchine, i sistemi di programmazione automatica possono

utilizzare o un linguaggio simbolico ad alto livello per la codifica dei dati di ingresso, oppure un programma di disegno assistito al calcolatore che traduce la geometria in istruzioni per il controllo della macchina utensile.

La quotatura, anziché mediante l'indicazione diretta delle dimensioni, avviene mediante definizione degli elementi geometrici costitutivi del pezzo, attraverso *sigle* e l'uso di un prospetto che costituisce parte integrante del disegno. La sigla è costituita, come si vede dalla figura 101, da un'abbreviazione letterale e da un indice numerico progressivo; ciascuna sigla deve essere utilizzata una sola volta in uno stesso disegno. La tabella V mostra le abbreviazioni degli elementi geometrici di più frequente impiego; questa esemplificazione può subire ampliamenti o limitazioni in funzione dello specifico sistema di programmazione automatica usato.

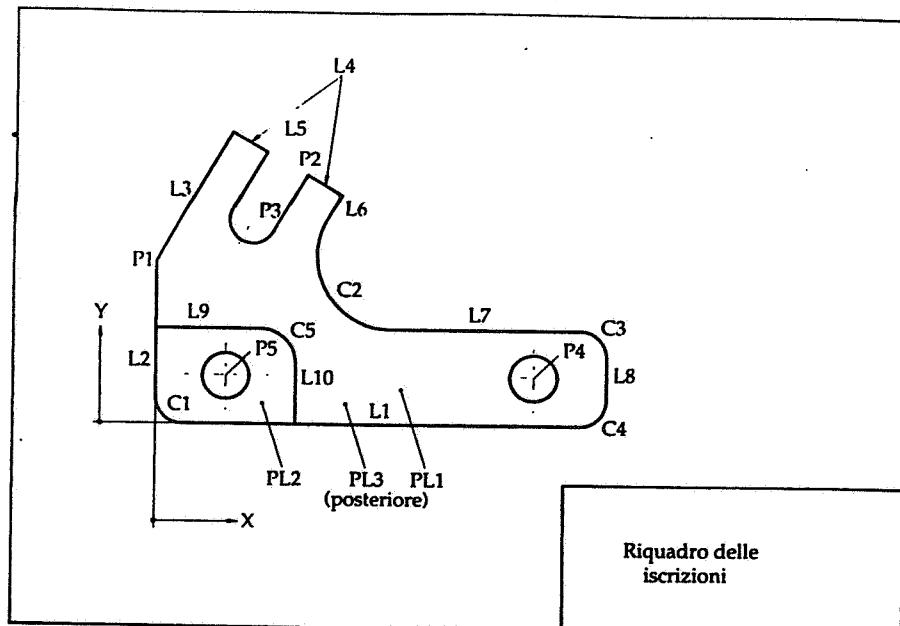


Fig. 101. Quotatura mediante sigle.

Denominazione	Sigla	Denominazione inglese
Punto	P	Point
Insieme di punti	PA	PAtern
Retta	L	Line
Piano	PL	PLane
Vettore	V	Vector
Circonferenza	C	Circle
Cilindro	CY	CYlinder
Sfera	SH	SpHERE
Cono	CN	CoNe
Ellisse	EL	ELipse
Iperbole	HY	HYperbal
Parabola	LC	Lofted Conic
Conica generale	GC	General Conic
Superficie di 2° ordine	Q	Quadratic
Superficie a semplice curvatura	TA	TAbulated cylinder
Matrice (sistema di coordinate)	MX	MaTRIx
Superficie a curvatura multipla	SS	Sculptured Surface
Superficie rigata	RS	Ruled Surface

Tab. V. Sigle indicative degli elementi geometrici.

La figura 102 rappresenta un pezzo quotato, con l'indicazione delle tolleranze dimensionali e geometriche direttamente sul disegno; per ogni elemento geometrico devono essere fornite le sigle, il sistema di coordinate a cui l'elemento è riferito, le istruzioni in un dato formato relative alla lavorazione e tutte le altre indicazioni quantitative relative all'elemento geometrico (dimensioni, tolleranze, rugosità).

UNI		ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE
UNI 3973	DT. Quotatura.	
UNI 3974	DT. Sistemi di quotatura.	
UNI 3975	DT. Convenzioni particolari di quotatura.	
UNI 4820	DT. Definizioni e principi di quotatura.	
UNI 8822	Disegni tecnici per comando numerico.	
UNI 7559	DT. Scritture. Caratteri.	
UNI 4429	Arrotondamenti per applicazioni meccaniche.	
UNI 521	Attacchi per utensili. Codoli e bussole a cono Morse e metrico	
UNI 5884	Attacchi per utensili a cono Morse corto.	
UNI 5885	Attacchi per utensili a cono Jacobs.	
UNI ISO 3040	DT. Quotatura elementi conici	

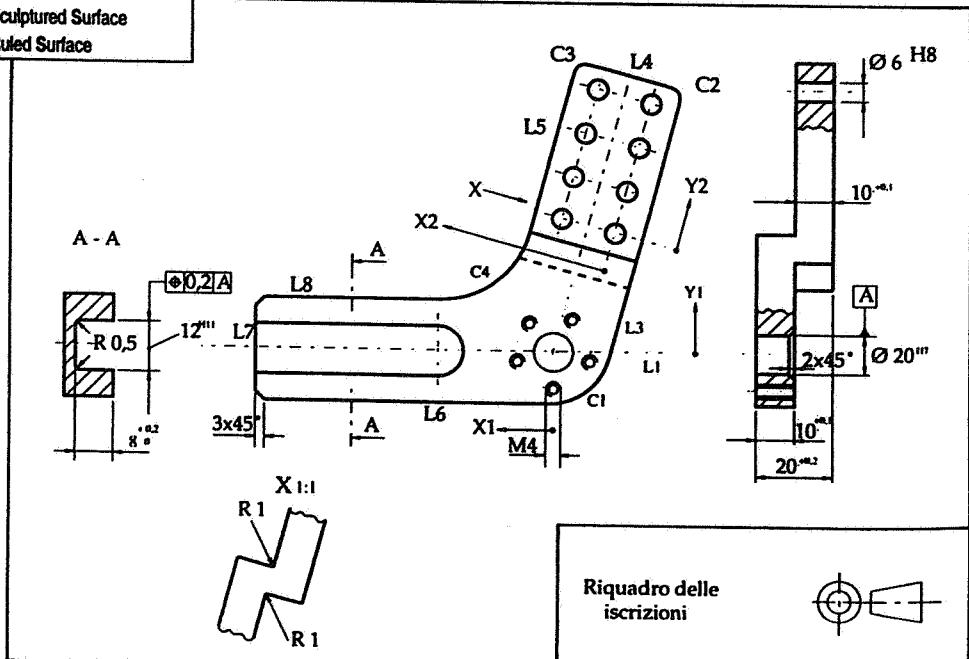


Fig. 102. Quotatura con indicazione di tolleranze e dimensioni per diverse lavorazioni.

LA QUOTATURA

Introduzione

Autocad è possibile definire le quote in modo automatico, nel senso che le distanze sono calcolate automaticamente e altri elementi standard quali le linee d'estensione, le frecce, i testi di quota e le linee di quota vengono generati dinamicamente e posizionati in posizione opportuna.

Iniziare le operazioni di quotatura di un disegno è sufficiente selezionare dai menu di base l'opzione *Dimensions* d esempio nel menu a tendina *Draw*, oppure inserire alla ea comandi il comando *DIM*, *DIM1*, oppure *DDIM*. el primo caso, il prompt cambierà dal familiare *Command* *DIM*, e da questo momento si è entrati nell'ambiente di quotatura per poter eseguire diversi comandi di quotatura ccessivi; se si digita o si preme la barra spaziatrice in riota al messaggio *Dim:*, viene ripetuto il comando di quota precedente. Per uscire da questo ambiente è necessario inserire l'opzione *Exit* (*E*), oppure premere *CTRL C*.

gitando *Dim1* si ritorna ai prompt standard dopo aver eseguito un comando, mentre col comando *DDIM* si accede ad la serie di riquadri di dialogo con i quali è possibile controllare le modalità con cui tracciare le quote.

na serie di variabili di quotatura controllano il modo in cui AutoCAD traccia le quote; si possono cambiare i valori per dattarli ad una situazione di quotatura particolare. Alcune i queste variabili agiscono come degli interruttori on/off, entre altre contengono valori numerici o di tipo testo. È possibile controllare le variabili di quotatura grazie ai riquadri di dialogo visualizzati dal comando *DDIM* oppure direttamente mediante la linea di comando.

Ovare la giusta combinazione dei valori di variabile che soddisfano le esigenze può richiedere del tempo; gli stili di uotatura, come si vedrà, possono essere pratici per gestire ifferenti serie di valori di variabili di quotatura.

utocad inserisce nel disegno le quote nel modo associativo, la quotatura per questo motivo viene chiamata quotatura ssociativa, nel senso che le linee, le frecce, gli archi e i testi he costituiscono una quota, sono disegnati come una singola entità di quotatura. È possibile utilizzare il comando *EX-LODE* per dissociare le entità comprese in una quotatura asciativa.

utilizzo delle quote associative ha i suoi vantaggi: le quote i modificano e si adattano quando gli oggetti che esse misuano si modificano. Spostando ad esempio col comando *STRETCH* uno dei punti di definizione della quota, le linee di quota si muovono insieme al punto e si aggiornano automaticamente (fig. 1).

sono disponibili molti comandi per adattare l'aspetto delle quote. Con l'aiuto degli stili di quotatura, AutoCAD traccia empre una quotatura associativa con gli stessi valori di variabili di quotatura in vigore quando essa è stata creata.

Gli stili di quotatura rappresentano un mezzo grazie al quale è possibile definire e utilizzare standard grafici per i disegni. È infatti possibile creare stili in grado di gestire quasi tutti gli standard, ad esempio quelli previsti per il disegno edile, oppure secondo le norme internazionali più diffuse (ANSI, ISO e DIN). È necessario prestare molta attenzione durante le operazioni

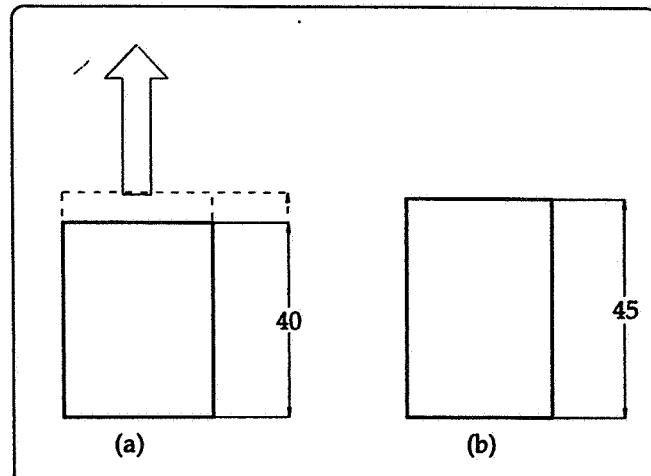


Fig. 1. Stirando le entità del pezzo col comando *STRETCH* (a) la linea di quota si aggiorna automaticamente (b).

di quotatura di disegni in scala diversa da 1:1, in quanto il testo di quota e le frecce potrebbero essere troppo piccoli oppure non apparire del tutto; se questo accade, è necessario intervenire su alcune variabili di quotatura, oppure utilizzare gli stili che possono, come si è detto, definire l'ambiente di quotatura per differenti scale ed applicazioni.

Variabili di quotatura

Il disegno con le quote è quindi controllato da una serie di variabili di quotatura. Queste variabili possono essere degli interruttori di commutazione dallo stato attivato a quello disattivato, delle distanze, dei fattori di scala, dei numeri interi o delle stringhe di testo.

La figura 2 illustra i parametri controllati da alcune variabili di quotatura. La variabile viene modificata immettendone il nome dopo aver introdotto il comando *DIM*.

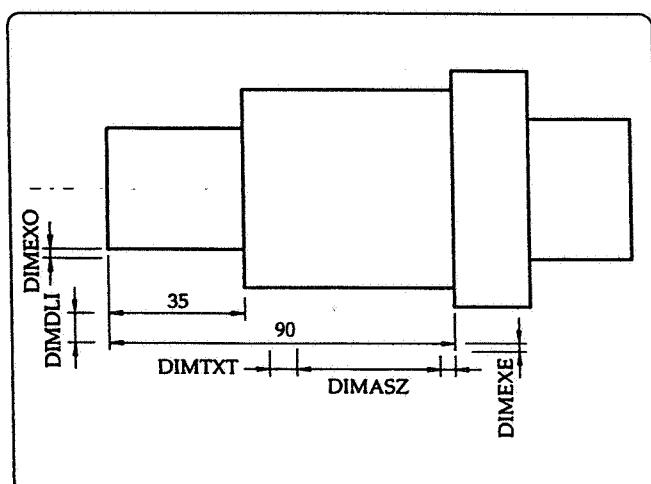


Fig. 2. Esempi di alcuni parametri controllati dalle variabili di quo-tatura

A U T O C A D

La tabella I contiene in ordine alfabetico alcune variabili di quotatura, con una breve descrizione sul tipo di variabile e sui suoi valori per default.

Nome	Descrizione	Default	Esempi
DIMALT	Unità alternate	Off	
DIMALTF	Fattore di scala unità alternate	25,4	
DIMAPOST	Suffisso di testo unità alternate	Nessuno	
DIMASO	Quotatura associativa	On	
DIMASZ	Dimensioni freccia	0.18	
DIMBLK	Blocco freccia	Nessuno	
DIMBLK1	Blocco freccia 1 separato	Nessuno	
DIMBLK2	Blocco freccia 2 separato	Nessuno	
DIMCEN	Dimensione marcatura centro	0.09	
DIMCLRD	Colore della linea di quotatura	Numero del colore	
DIMCLRE	Colore della linea di estensione	Numero del colore	
DIMCLRT	Colore del testo di quotatura	Numero del colore	
DIMDLI	Incremento delle inee di quota nella quotatura in parallelo	0.38	
DIMEXE	Estensione linea di riferimento rispetto alla linea di quota	0.18	
DIMEXO	Sfasamento della linea di riferimento rispetto al punto di misura	0.0625	
DIMGAP	Distanza linea di quotatura e testo della quota.	0.09	
DIMLFAC	Fattore di scala	1.0	
DIMLIM	Quote con valori limiti	off	
DIMPOST	Suffisso del testo di quotatura	Nessuno	
DIMRND	Valore di arrotondamento	0.	
DIMSCALE	Fattore di scala globale	1.0	

A U T O C A D

Nome	Descrizione	Default	Esempi
DIMSE1	Soppressione linea di estensione 1	off	
DIMSE2	Soppressione linea di estensione 2	off	
DIMSOXD	Sopprime linee di quotatura esterne	off	
DIMSTYLE	Stile di quotatura	Unnamed	
DIMTAD	Testo sopra linea di quotatura	off	
DIMTFAC	Fattore di scala testo tolleranza	1.0	
DIMTIH DIMTOH	Testo interno orizzontale Testo esterno orizzontale	On on	
DIMTIX	Testo all'interno linee di estensione	off	
DIMTM	Valore di tolleranza negativo	0.0	
DIMTP	Valore di tolleranza positivo	0.0	
DIMTOFL	Inserisce una linea all'interno della linea di estensione	off	
DIMTOL	Quotatura con tolleranza	Off	<p>a) Se DIMTP = 0,05 e... DIMTM = 0,03 DIMTOL è On DIMLIM è Off Allora... </p> <p>b) Se DIMTP = 0,03 e... DIMTM = 0,03 DIMTOL è Off DIMLIM è On Allora... </p> <p>c) Se DIMTP = 0,05 e... DIMTM = 0,05 DIMTOL è On DIMLIM è Off Allora... </p>
DIMTXT	Dimensioni del testo	0.18	

A U T O C A D

Se si vuole quotare seguendo le indicazioni delle tabelle UNI 3973-75, le variabili da modificare sono:

Variabile Default	Valore da immettere
DIMASZ 0.18	Secondo la scala (ad. es. 3 o 4)
DIMXT 0.18	Secondo la scala (ad. es. 4 o 5)
DIMTAD off	on
DIMTIH on	off
DIMTOFL	off on

Prima di iniziare a quotare, è preferibile cambiare il grado di precisione col comando DDUNITS o UNITS, in modo tale da avere un numero limitato di cifre dopo la virgola. Utilizzando il comando DDIM, è possibile controllare le impostazioni e le funzioni di questo tipo di variabili mediante un gruppo di sottoriquadri di dialogo (fig. 3). Tutti i riquadri di dialogo visualizzano e permettono di modificare le impostazioni relative alla stile di quotatura corrente.

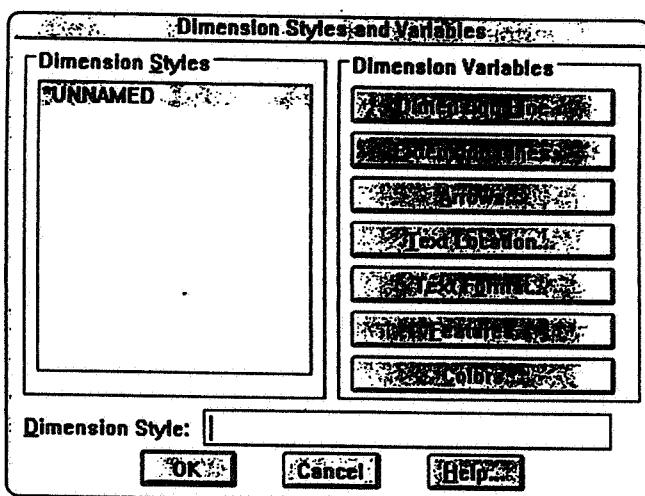


Fig. 3. Il riquadro di dialogo di DDIM.

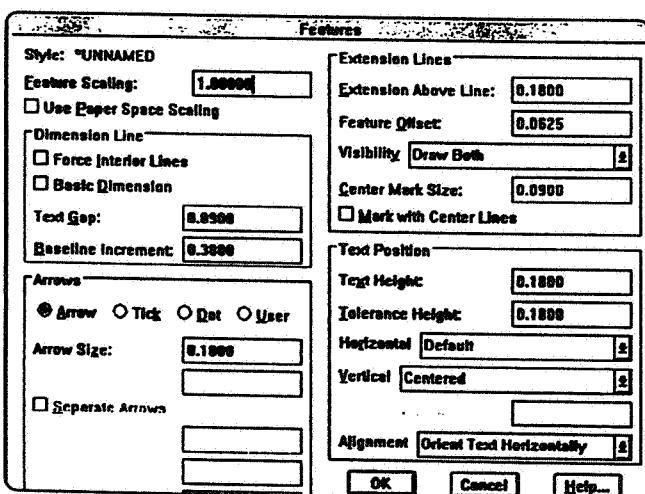


Fig. 4. Il riquadro "features" di DDIM. (Autocad 12).

È possibile memorizzare e ripristinare gli stili di quotatura mediante il nome utilizzando l'area "Stili di quotatura", in modo da archiviare i valori di tutte le variabili di quotatura in ciascun stile.

Attivando il riquadro features (fig. 4), è possibile esaminare tutte e impostazioni correnti; ad esempio è possibile modificare il colore delle quote, le dimensioni delle frecce e del testo, oppure il posizionamento del testo senza ricordare il nome della variabile correlata. Ogni variazione immessa comporta un cambiamento dello stile e quindi una variazione automatica di tutte le quote del disegno disegnate con quello stile.

I comandi di quotatura

I comandi di quotatura possono essere raggruppati in quattro categorie:

- 1) Comandi di disegno
- 2) Comandi di edizione
- 3) Comandi di stile
- 4) Comandi di utilità

Ogni comando può essere abbreviato digitando il numero minimo di caratteri necessari per identificarlo univocamente (ad esempio Hor per Horizontal e D per Diameter).

Comandi di disegno

I comandi per il disegno delle quotature possono venire raggruppati nelle seguenti sottocategorie di quotature:

- di linee
- di raggio e di diametro
- di angoli
- di coordinate

Quotatura di linee. La quotatura di linee viene fatta con i comandi HORIZONTAL, VERTICAL, ALIGNED e ROTATED (fig. 5). È possibile inoltre eseguire la quotatura in serie (CONTINUE) ed in parallelo (BASELINE).

Il comando HORIZONTAL permette di generare una quota lineare con una linea di quota orizzontale; Dopo aver introdotto il comando HOR, Autocad chiederà (fig. 6):

First extension line origin or RETURN to select:

Rispondendo con un punto, si specifica l'inizio della prima linea d'estensione; dopodiché viene richiesto:

Second extension line origin:

Si indica a questo punto l'origine della seconda linea d'estensione. AutoCAD chiede poi:

Dimension line location (Text/Angle):

Rispondere indicando un punto per il quale deve passare la linea di quota. A questo punto Autocad misura la distanza appropriata e la visualizza:

Dimension text <lunghezza misurata>:

Se si replica con Enter, AutoCAD misura l'entità e genera la quota; a volte risulta necessario immettere un suffisso o un

AUTOCAD

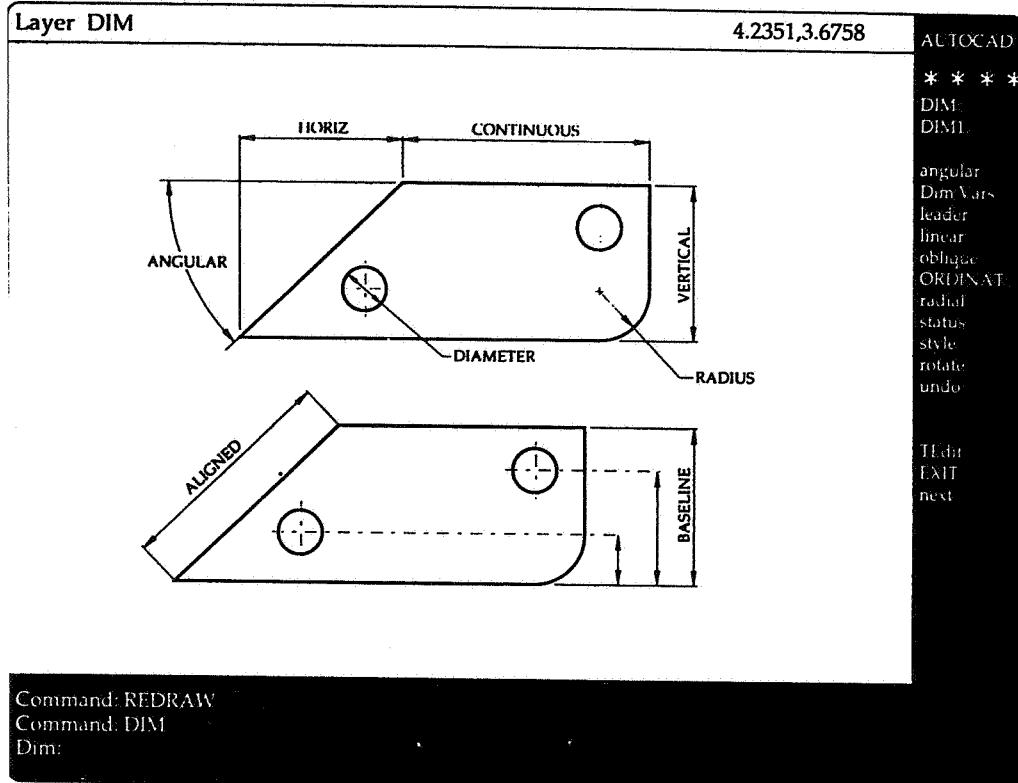


Fig. 5. I comandi per la quotatura lineare.

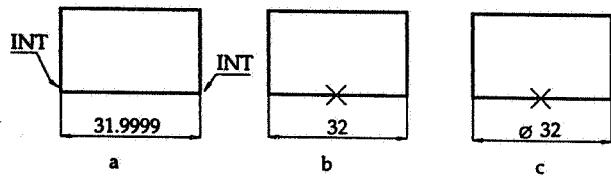


Fig. 6. Il comando HORIZONTAL: a) posizionamento con 2 punti, b) posizionamento automatico, c) aggiunta di un prefisso

prefisso, oppure arrotondare all'unità la distanza proposta, ad esempio:

Dimension text <31.999>:

Se si vuole una quota di 32 mm, basta digitare questo valore; per specificare un prefisso o un suffisso, rispondere con una stringa di testo contenente la coppia di caratteri; ad esempio per immettere il prefisso indicante una quota di un diametro, basta digitare:

%%c32

e si otterrà sullo schermo la quota: Ø 32.

Se si sta disegnando una quota lineare per un'entità Linea, Cerchio o Arco, si può indurre AutoCAD a posizionare automaticamente le linee d'estensione, rispondendo con Enter o con la barra spaziatrice al messaggio di richiesta:

First extension line origin or RETURN to select:

Quindi AutoCAD chiederà:

Select line, arc or circle:

Se si seleziona una linea o un arco, i suoi punti finali vengono usati come punti di origine della linea d'estensione. Per il cerchio, vengono usati i punti finali del diametro disposto secondo l'angolo specificato.

Il comando ROTATED consente di specificare l'angolo della linea di quota in modo esplicito. Il messaggio di richiesta è:

Dimension line angle <0>:

Come di consueto si può immettere l'angolo in moltissimi modi, compreso il puntamento su due punti. Dando una risposta nulla si seleziona l'angolo standard di zero gradi.

In modo analogo, VERTICAL usa un angolo di 90 gradi per generare una linea di quota verticale e ALIGNED disegna la linea di quota parallela ad una entità selezionata, permettendo di allineare anche il testo con la linea (fig. 7).

Il comando CONTINUE e BASELINE permettono di impostare la quotatura in serie ed in parallelo e devono essere usati insieme ai comandi precedenti (fig. 8); il comando CONTINUE consente di utilizzare l'origine della seconda linea d'estensione come punto di inizio per la quotatura in serie;

AUTOCAD

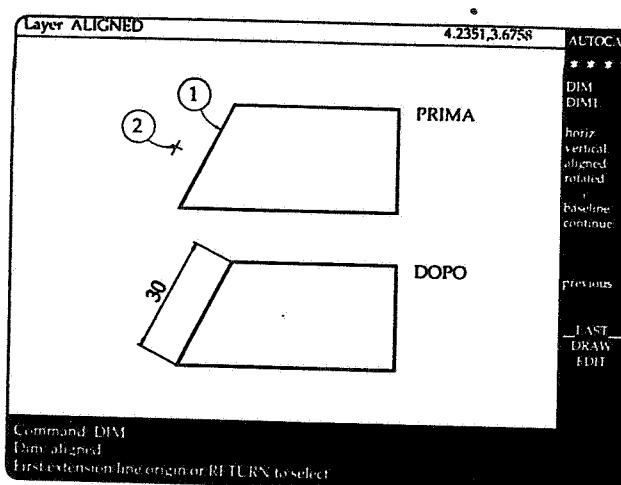


Fig. 7. La quotatura allineata.

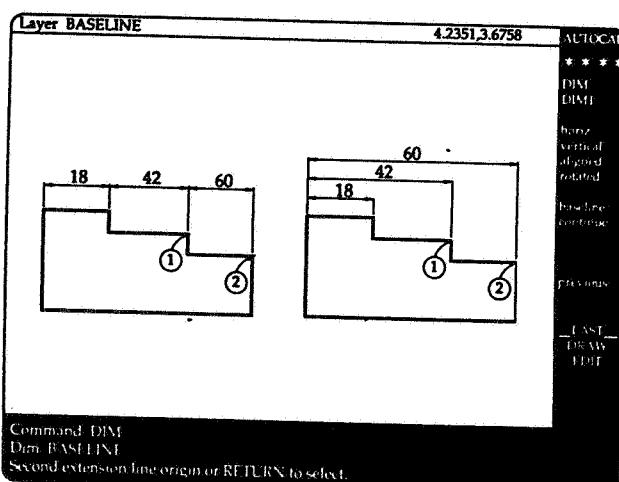


Fig. 8. Esempio degli effetti di CONTINUE e BASELINE

col comando **BASELINE**, è possibile sfalsare ogni nuova linea di quotatura rispetto alla precedente, con una distanza determinata dalla variabile **DIMDLI**.

Quotatura di raggi e diametri.

La figura 9 mostra i tre stili differenti con i quali è possibile quotare il diametro (comando **DIAMETER**) di una circonferenza, utilizzando le variabili **DIMTOFL** e **DIMTIX**; è preferibile usare il primo stile di quotatura, più vicino alle norme UNI. C'è da precisare che il comando **CEN** permette di effettuare la marcatura del centro di un cerchio o di un arco con una piccola croce, la cui grandezza è determinata dalla variabile **DIMCEN**.

La quotatura di un raggio viene eseguita col comando **RADIUS**, e si differenzia dal comando **DIAMETER** per il fatto che viene inserito il simbolo **R** prima del testo; le linee del raggio e del testo vengono tracciate in modo da puntare verso il centro.

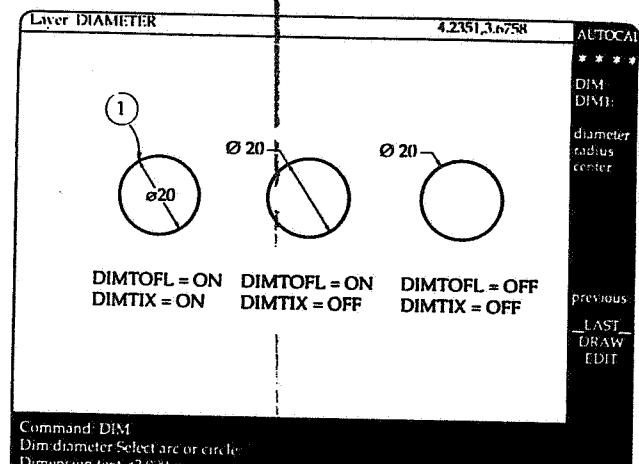


Fig. 9. Effetto di alcune variabili sulla quotatura del diametro.

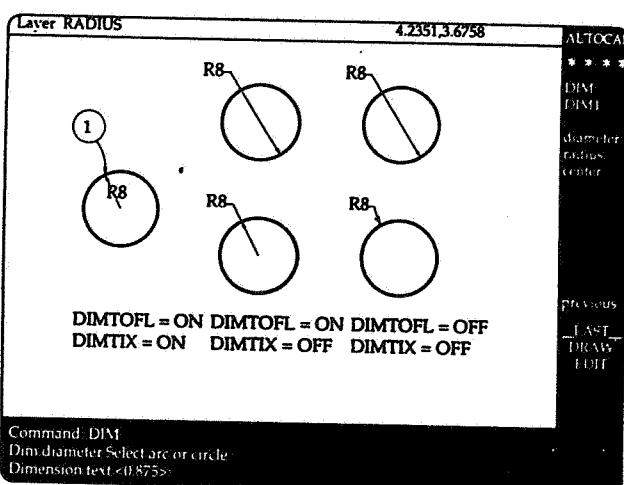


Fig. 10. Effetto di alcune variabili sulla quotatura di raggi.

La figura 10 illustra l'effetto delle variabili **DIMTOFL** e **DIMTIX**; per il disegno di una linea direttrice invertita occorre indicare un valore negativo per la sua lunghezza.

Quotatura di angoli. Il comando **ANGULAR** permette di specificare un angolo da quotare specificando:

- 1) due segmenti non paralleli;
- 2) un arco
- 3) un cerchio e un altro punto
- 4) tre punti

È possibile variare la posizione dell'arco di quotatura e del testo di quota, come di vede dalla figura 11.

Quotatura in coordinate. Permette di effettuare la quotatura in coordinate prendendo come riferimento un'origine comune; dopo aver collocato l'elemento e l'estremità della linea

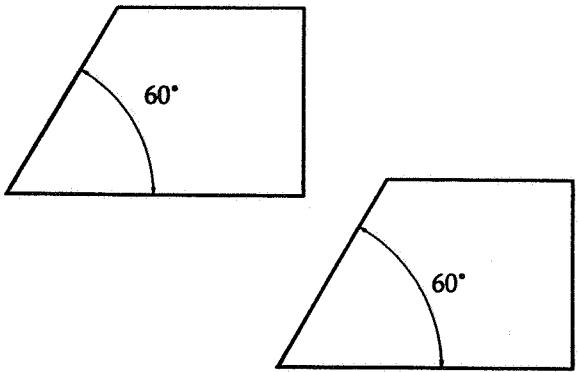


Fig. 11. Quotature di angoli: diverse posizioni del testo e delle linee di quota.

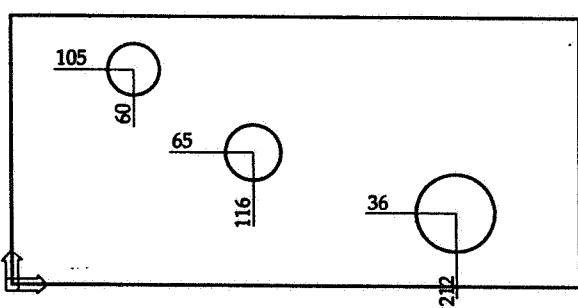


Fig. 12. Quotature in coordinate (comando ORDINATE). L'origine del sistema UCS è stato posizionato nel vertice in basso a destra.

direttrice, questa verrà disegnata ortogonalmente agli assi coordinati (fig. 12); è consigliabile inserire il sistema di assi stante nell'origine del pezzo voluto ed attivare l'opzione Ortho on.

Comandi di edizione

Permettono di modificare le quote immesse; ad esempio per modificare un testo di una quota si può immettere il comando **REText**.

Alla richiesta del testo, si immette il nuovo valore e dopodiché si andrà a selezionare la quota da modificare.

È possibile inoltre controllare la posizione e l'orientamento del testo, col comando **TEdit**, oppure definire l'orientamento del testo col comando **TRrotates**, che a differenza del comando precedente può essere applicato a più quote alla volta. Infine col comando **UPdate** è possibile aggiornare quote già esistenti adeguandole alle impostazioni correnti dello stile di quotatura.

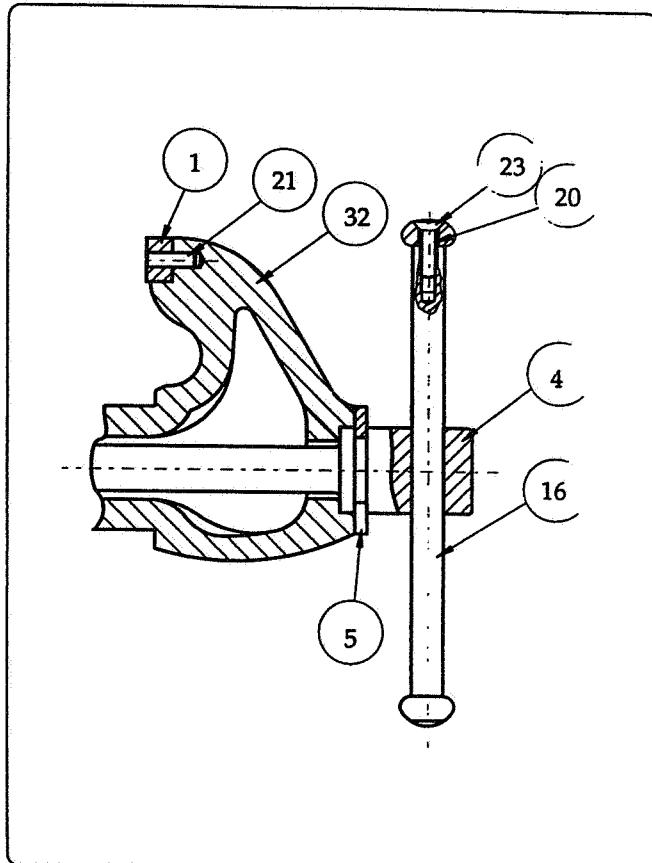


Fig. 13. Uso del comando LEADER per i numeri di posizione in un complessivo.

Comandi di stile

Permettono ad esempio di salvare i valori delle variabili impostate in uno stile corrente (il salvataggio avviene nel disegno corrente e non su disco) utilizzando i comandi **SStyle** e **SAve** e dando un nome allo stile; oppure è possibile ripristinare un qualsiasi stile di quotatura digitandone un nome dopo il comando **RESTORE**.

Lo stile di quotatura rimane attivo finché non si seleziona uno stile diverso col comando **DDIM** oppure non si ripristina uno stile diverso utilizzando il comando **RESTORE** oppure non si modifica una delle variabili di quotatura dalla linea di comando.

Comandi di utilità

Il comando **UNdo** cancella le modifiche introdotte con l'ultimo comando di quotatura, retrocedendo passo passo fino all'inizio della sessione **DIM**; il comando **STatus** permette di elencare tutte le variabili e i loro valori correnti.

Particolare attenzione merita il comando **LEAder** che permette di disegnare delle direttive anche complesse utili ad esempio per l'indicazione del numero di posizione in un disegno di complessivo (fig. 13); attenzione però che le linee direttive non sono delle entità di quotatura associative, per cui non vengono modificate dallo stile o dalle variabili.

Esercizio di quotatura con Autocad

Viene rappresentata in figura 14 l'assonometria isometrica quotata di un pezzo; è possibile rappresentare e quotare in modo univoco e completo il pezzo utilizzando le due viste come in figura 15.

Il dimensionamento con Autocad avviene predisponendo opportunamente l'ambiente di quotatura con i due metodi:
 a) con l'uso delle finestre di dialogo *stili di quotatura* (vedi fig. 4) (Dimension style), impostando uno stile personalizzato

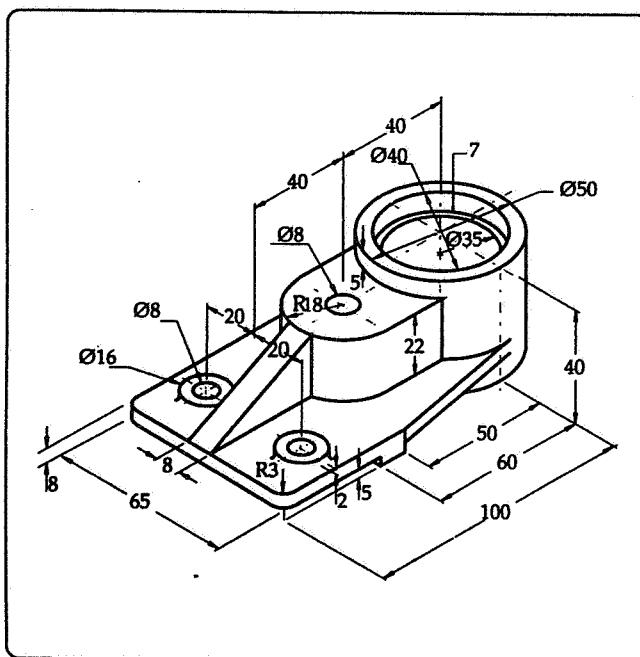


Fig. 14.

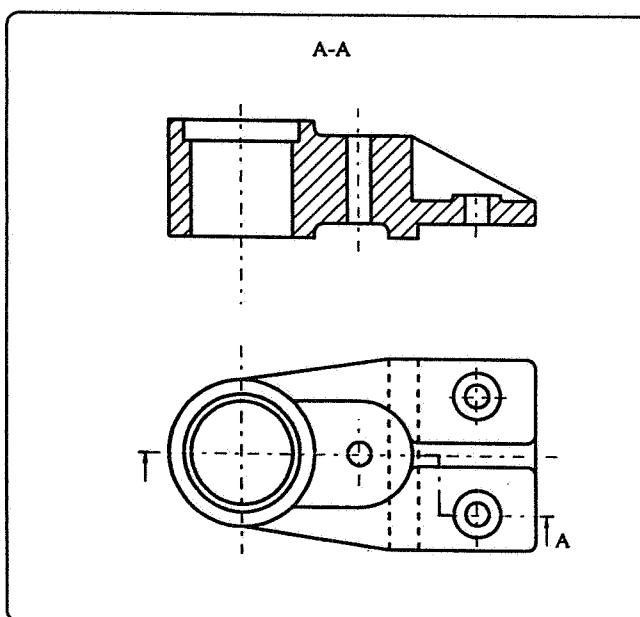


Fig. 15.

con la dimensione delle frecce Arrow size (3.5), altezza del testo Text Height (4.), posizione del testo al di sopra della linea di quota Text Position Vertical (Above), e infine allineamento con la linea di quota Alignment (Align with dimension line).
 b) Con l'uso delle variabili di quotatura, impostando le variabili Dimasz (3.5), Dimtxt (4.), Dimtad (on), Dimtih (off).

Si inizi a quotare la sezione trasversale, con le quotature di alcuni diametri (fig. 16).

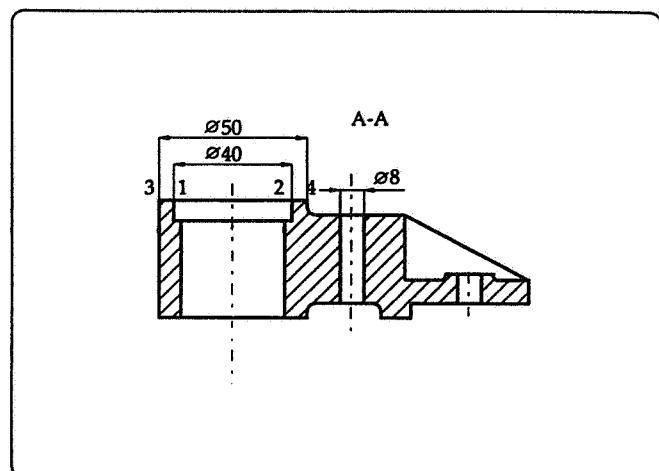


Fig. 16.

Command: **DIM**

DIM: hor

First extension line origin or RETURN to select: int
of {selezionare il punto 1}

Second extension line origin: int
of {selezionare il punto 2}

Dimension line location [Text/Angle]: (trascinare col mouse la quota in un punto opportuno)

Dimension text <40>: %c40

DIM: hor

First extension line origin or RETURN to select: int
of {selezionare il punto 3}

Second extension line origin: int
of {selezionare il punto 4}

Dimension line location [Text/Angle]:

Dimension text <50>: %c50

Ripetere lo stesso procedimento per la quota del diametro del foro di 8 mm.

Si eseguono adesso alcune quotature in verticale (fig. 17):

DIM: ver

First extension line origin or RETURN to select: int
of {selezionare il punto 1}

Second extension line origin: int
of {selezionare il punto 2}

Dimension line location [Text/Angle]: (trascinare col mouse la quota in un punto opportuno)

Dimension text <7>: [Enter]

DIM: ver

A U T O C A D

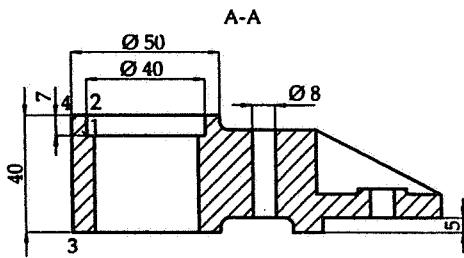


Fig. 17.

First extension line origin or RETURN to select: int
of (selezionare il punto 3)

Second extension line origin: int
of (selezionare il punto 4)

Dimension line location (Text/Angle): (trascinare col mouse la
quota in un punto opportuno)

Dimension text <40>: [Enter]

Allo stesso modo viene immessa la quota di 5 mm in figura 17.
Si esegui adesso la quotatura in parallelo ed in serie usando
le indicazioni della figura 18: Come si è detto in precedenza,
la variabile di quotatura da impostare è DIMDLI, che per
default vale 0,4, e quindi va portata ad un valore più elevato
(ad esempio la distanza tra le linee di quota in parallelo
viene impostata a 6 mm).

DIM: dimdl

Current value <0.4> New value: 6

DIM: ver

First extension line origin or RETURN to select: end
of (selezionare il punto 1)

Second extension line origin: int
of (selezionare il punto 2)

Dimension line location (Text/Angle): (trascinare col mouse la
quota in un punto opportuno)

Dimension text <8>: [Enter]

DIM: basel

Second extension line origin or RETURN to select: end
of (selezionare il punto 3)

Dimension text <10>: 10

DIM: basel

Second extension line origin or RETURN to select: end
of (selezionare il punto 4)

Dimension text <30>: [Enter]

DIM: hor

First extension line origin or RETURN to select: end
of (selezionare il punto 5)

Second extension line origin: int
of (selezionare il punto 6)

Dimension line location (Text/Angle):

Dimension text <50>: 50

DIM: co (inizio quotatura in serie)

Second extension line origin or RETURN to select: int
of (selezionare il punto 7)

Dimension text <10>: 10

DIM: co

Second extension line origin or RETURN to select: end
of (selezionare il punto 8)

Dimension text <20>: 20

DIM: co

Second extension line origin or RETURN to select: end
of (selezionare il punto 1)

Dimension text <20>: 20

Si passi a quotare la vista in pianta del pezzo, iniziando dalla
quotatura di raggi e diametri (fig. 19); prima però di effettuare
la quotatura del diametro, conviene forzare il testo della
quota tra le due linee di estensione, con la variabile DIMTIX
impostata ad on:

DIM: dia

Select arc or circle: (selezionare il cerchio 1)

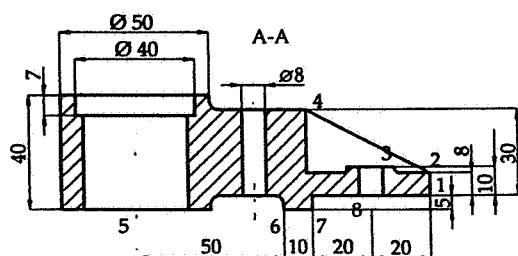


Fig. 18.

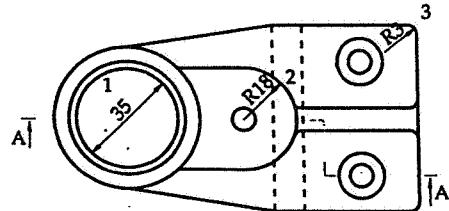


Fig. 19.

Dimension text <35>: 35

DIM: ra

Select arc or circle: (selezionare l'arco 2)

Dimension text <18>: R18

DIM: ra

Select arc or circle: (selezionare l'arco 3)

Dimension text <3>: R3

Le quote degli altri cerchi vengono impostate come quote orizzontali (fig. 20):

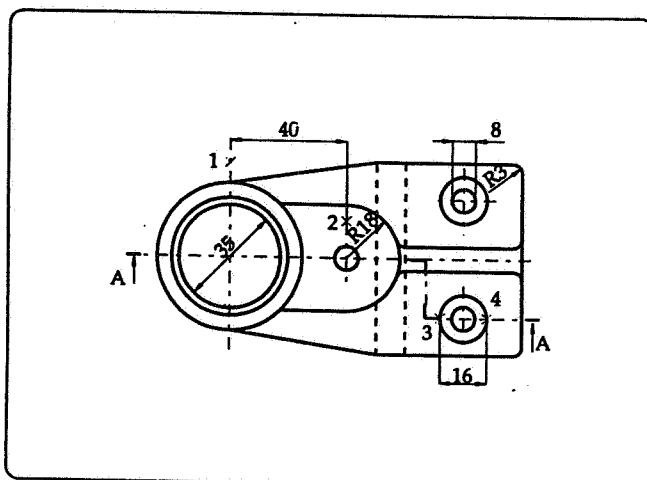


Fig. 20.

DIM: hor

First extension line origin or RETURN to select: end of (selezionare il punto 1)

Second extension line origin: end of (selezionare il punto 2)

Dimension line location (Text/Angle):

Dimension text <40>: 40

DIM: hor

First extension line origin or RETURN to select: qua of (selezionare il punto 3 del cerchio)

Second extension line origin: qua of (selezionare il punto 4 del cerchio)

Dimension line location (Text/Angle):

Dimension text <16>: 16

Eseguire lo stesso procedimento per la quota del foro da 8 mm.

Le quote verticali di figura 21 completano il dimensionamento del pezzo.

DIM: ver

First extension line origin or RETURN to select: of (selezionare il punto 1)

Second extension line origin: end of (selezionare il punto 2)

Dimension line location (Text/Angle):

Dimension text <65>: 65

DIM: ver

First extension line origin or RETURN to select: cen of (selezionare il cerchio 3)

Second extension line origin: end

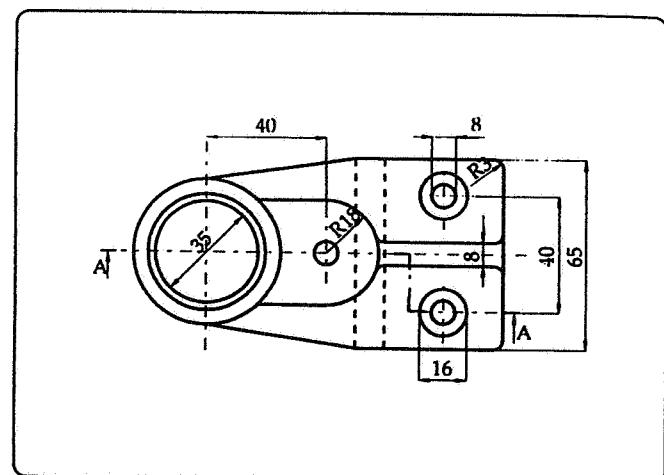


Fig. 21.

of (selezionare il cerchio 4)

Dimension line location (Text/Angle):

Dimension text <40>: 40

Eseguire lo stesso procedimento per la quota dello spessore della nervatura di 8 mm. La figura 22 mostra le due viste con la quotatura completa effettuata.

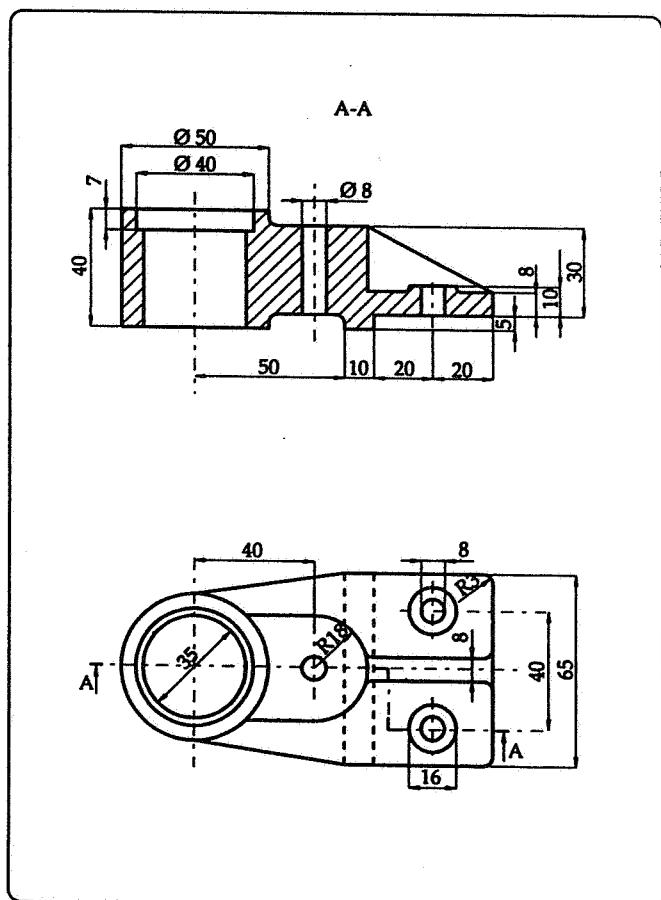
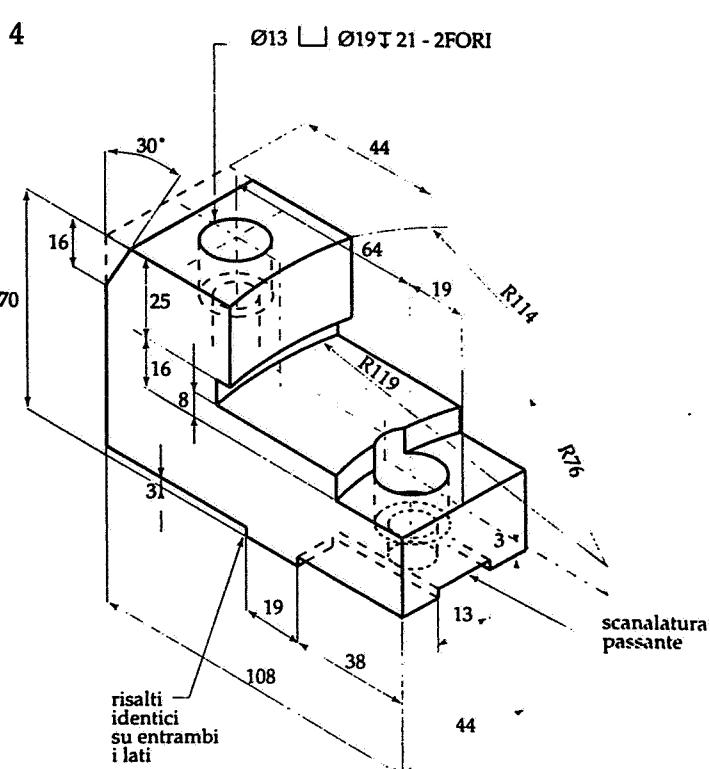
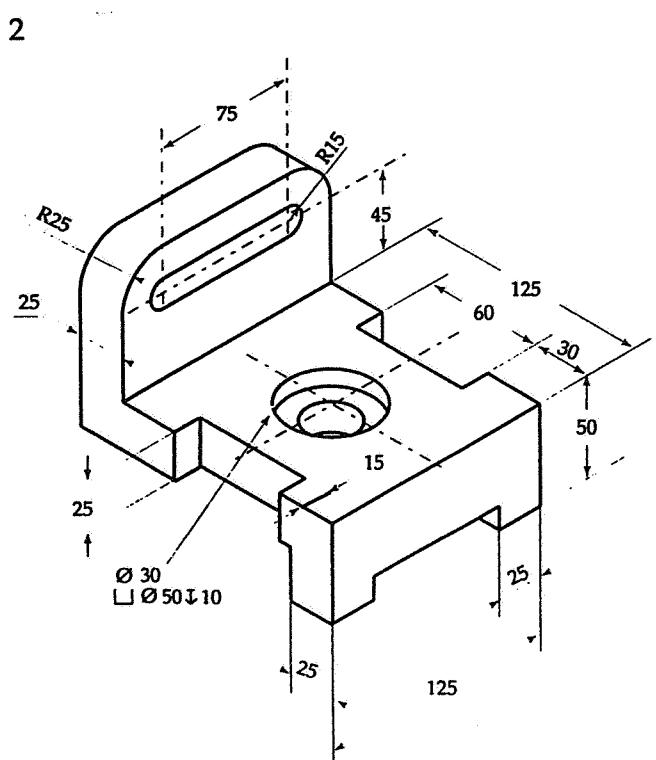
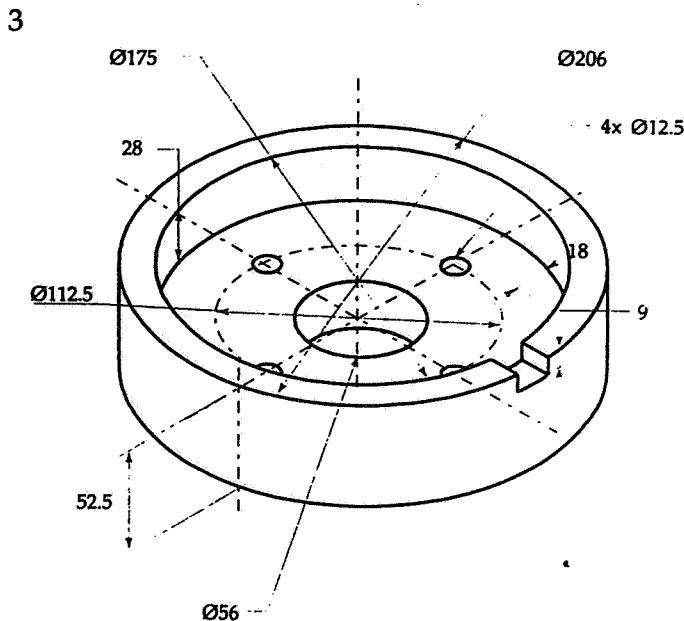
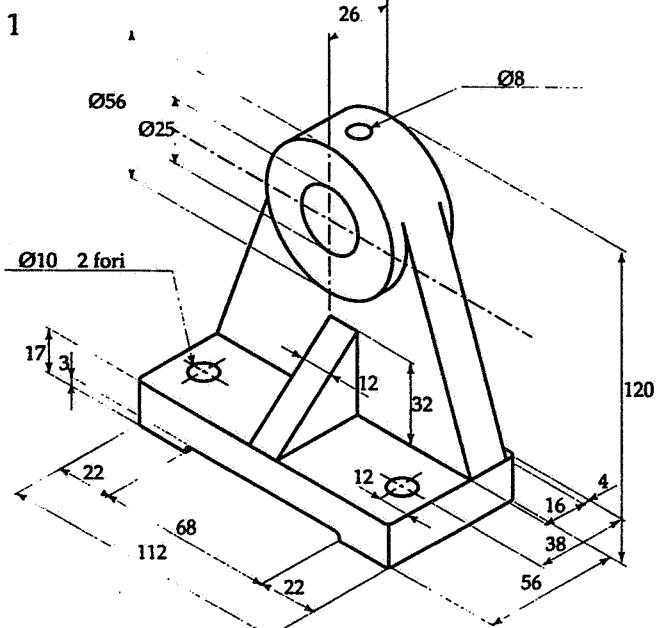


Fig. 22.

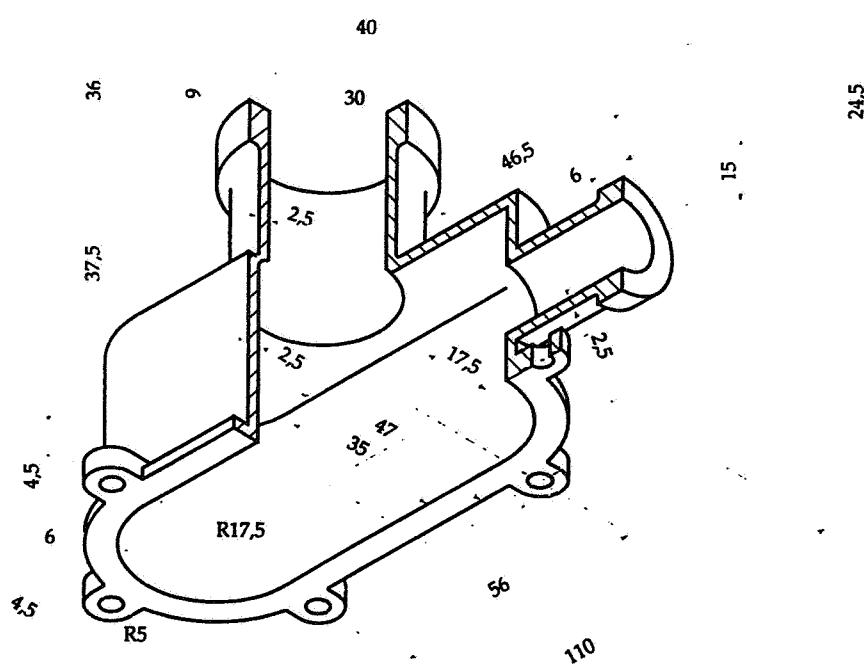
SERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

1. Rappresentare in proiezione ortogonale, con il minimo numero di viste e quotare, i pezzi indicati.

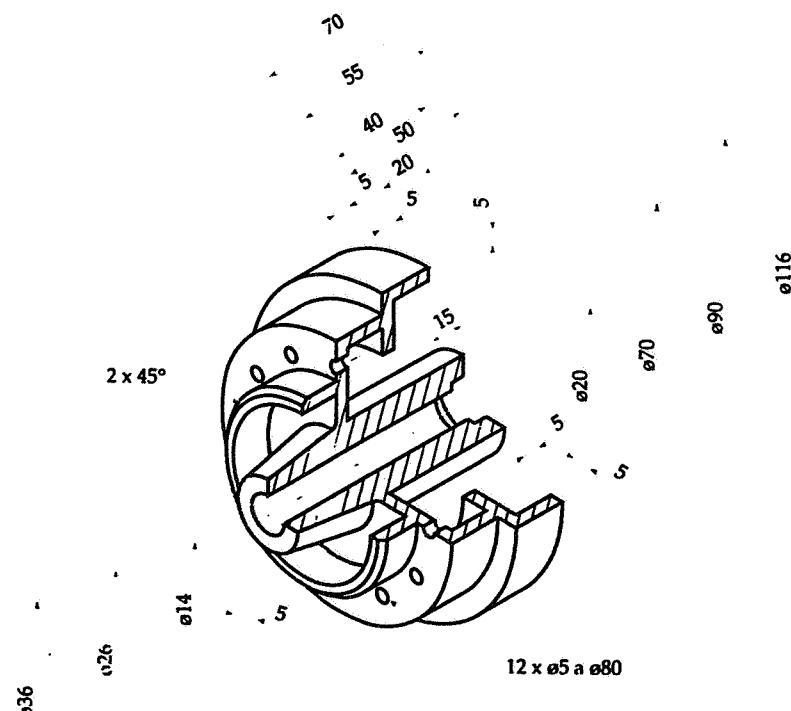


RCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

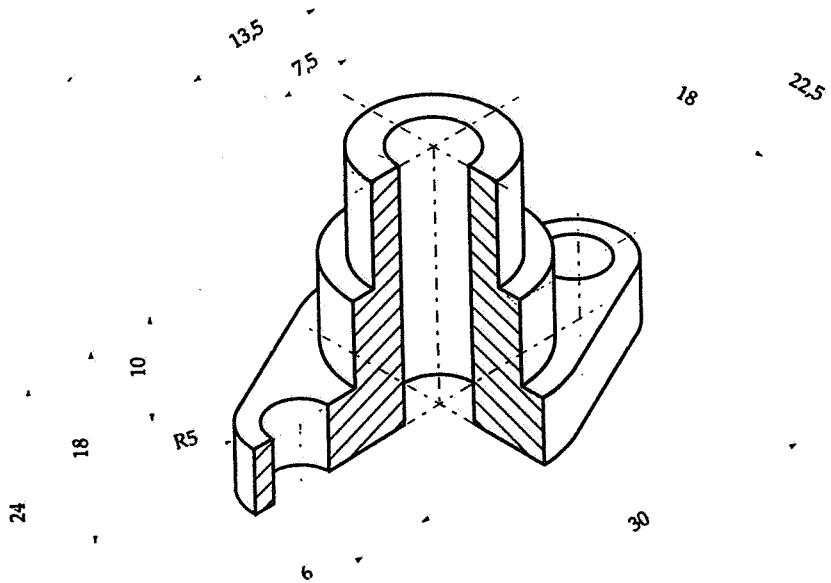
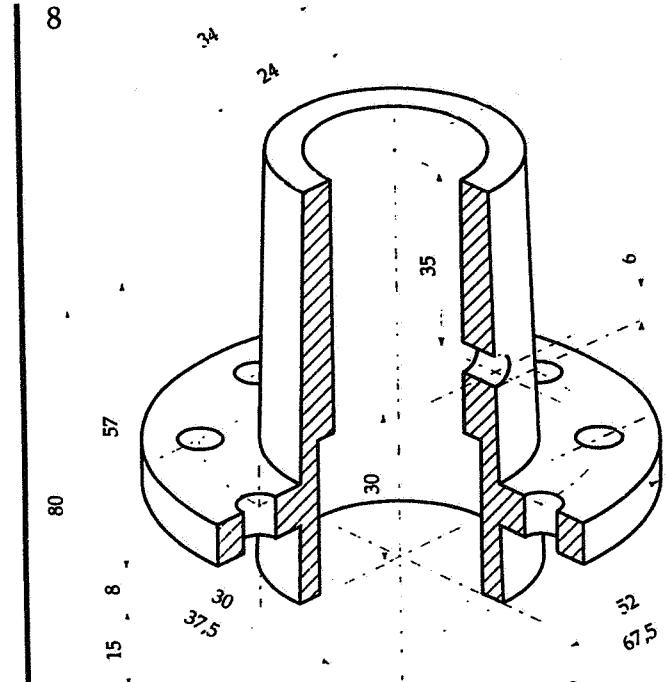
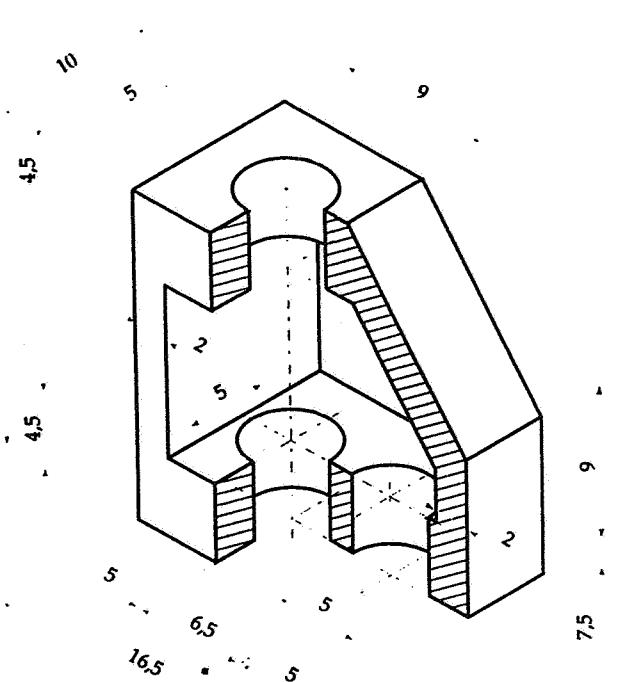
5



6



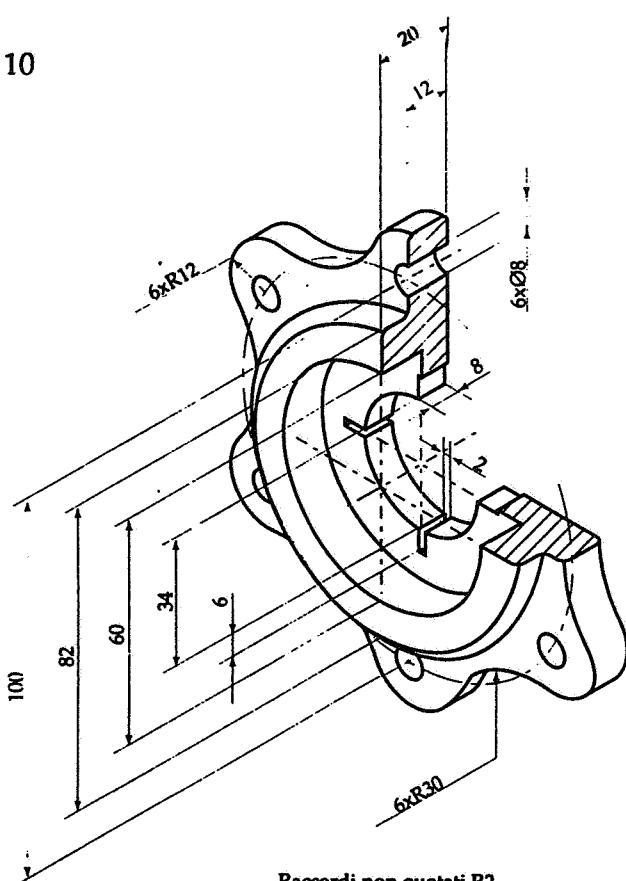
RCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI



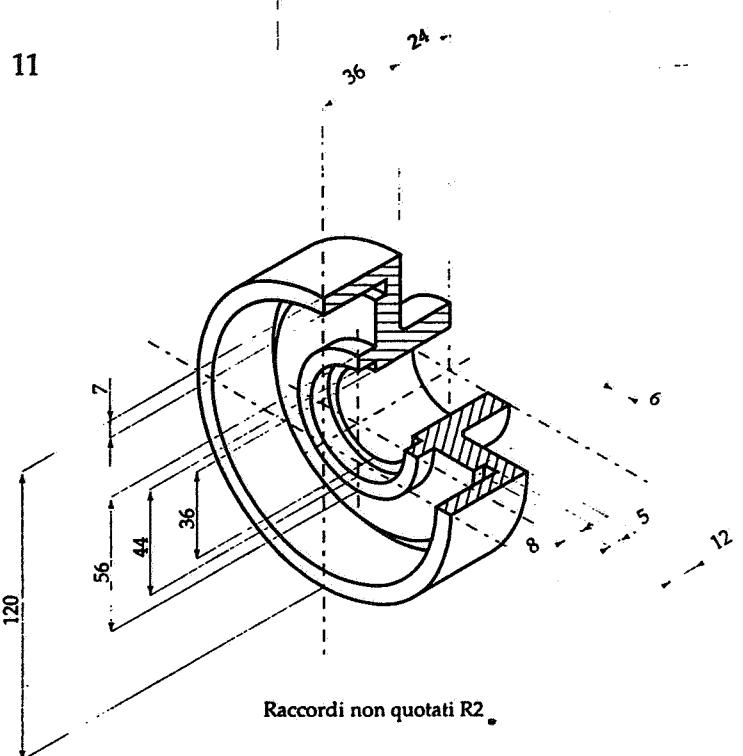
325

CIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI •

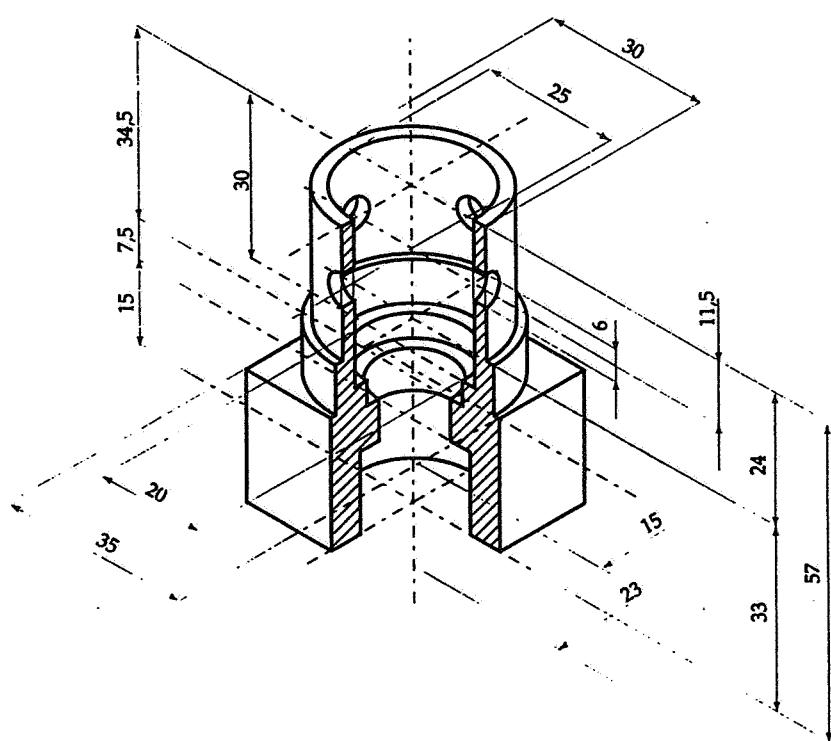
10



11



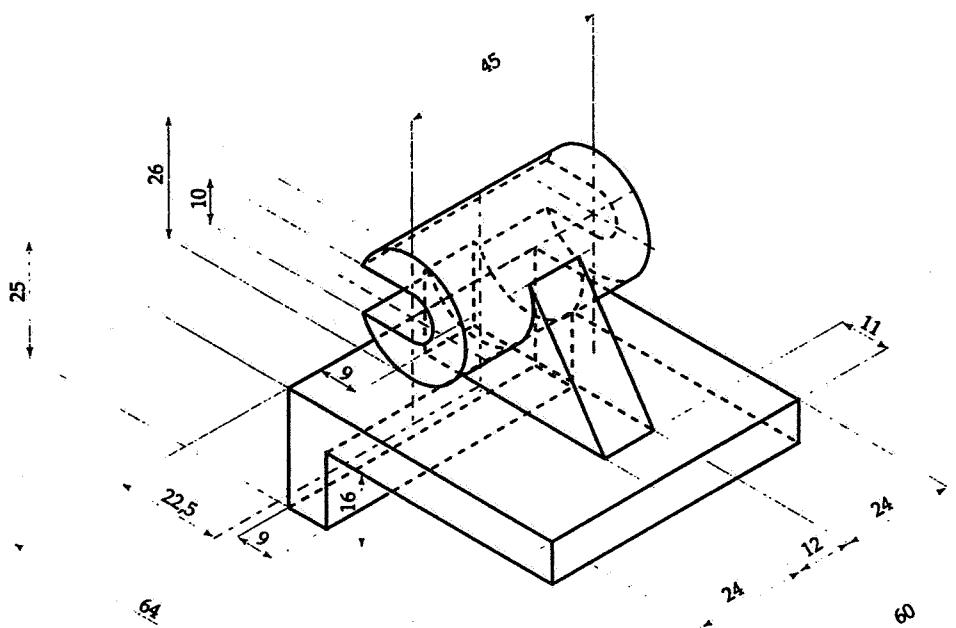
12



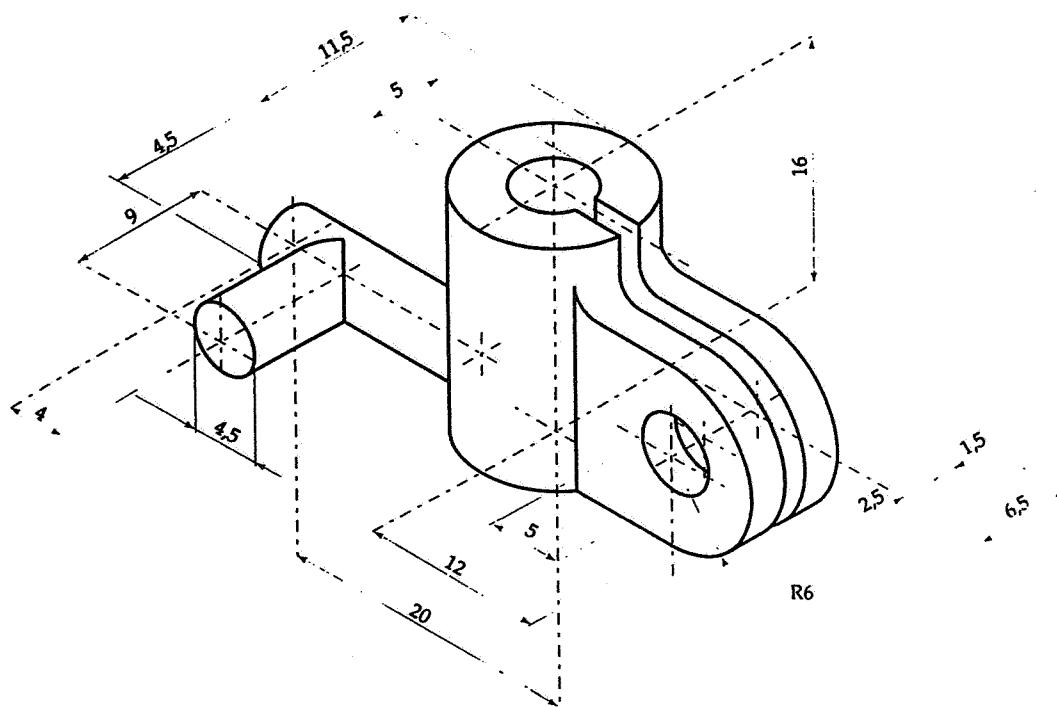
326

RCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

3

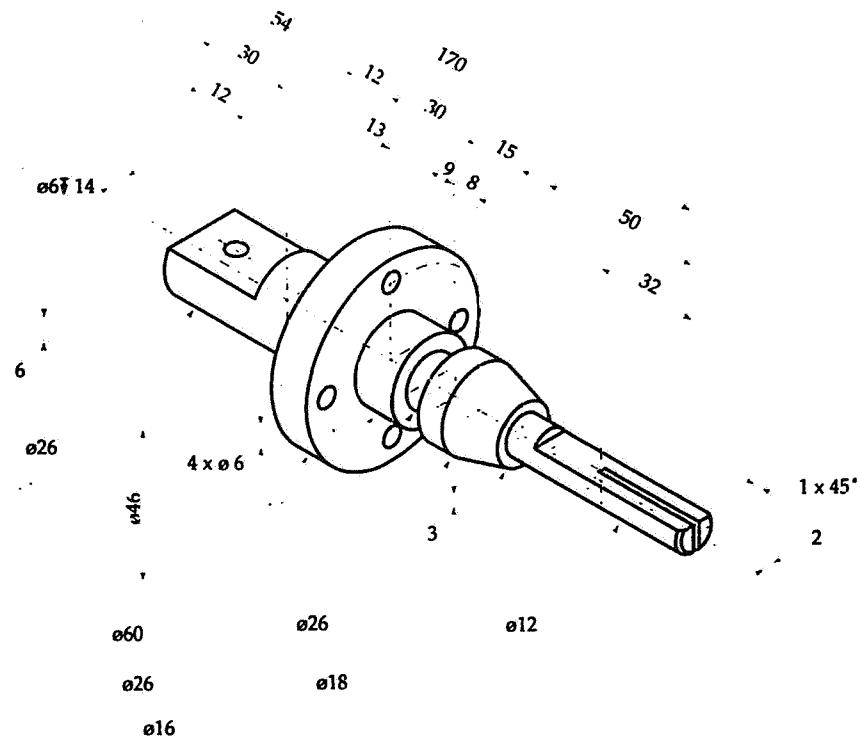


4

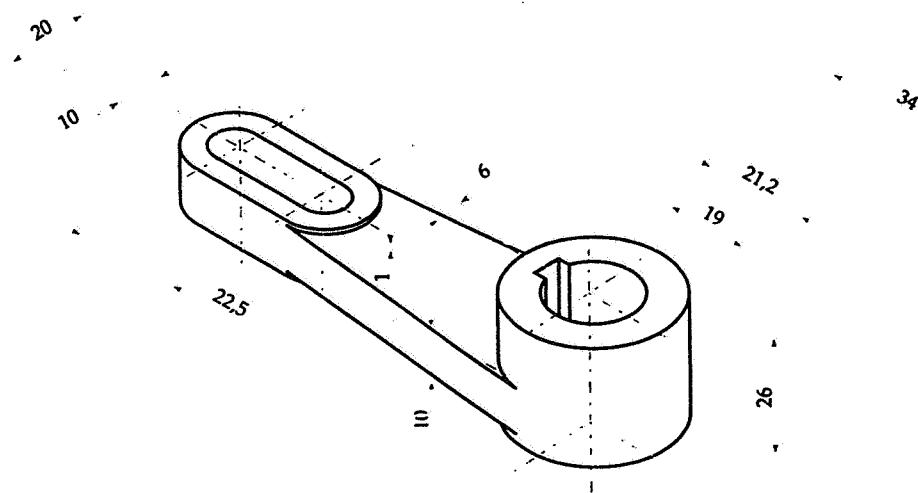


ESEMPIO DI TESTO

15

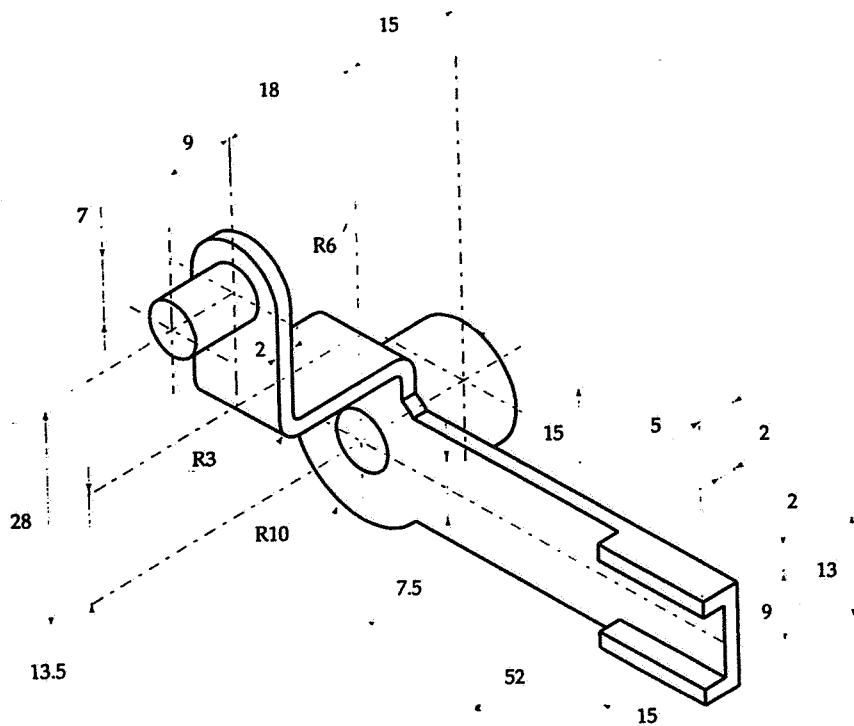


16

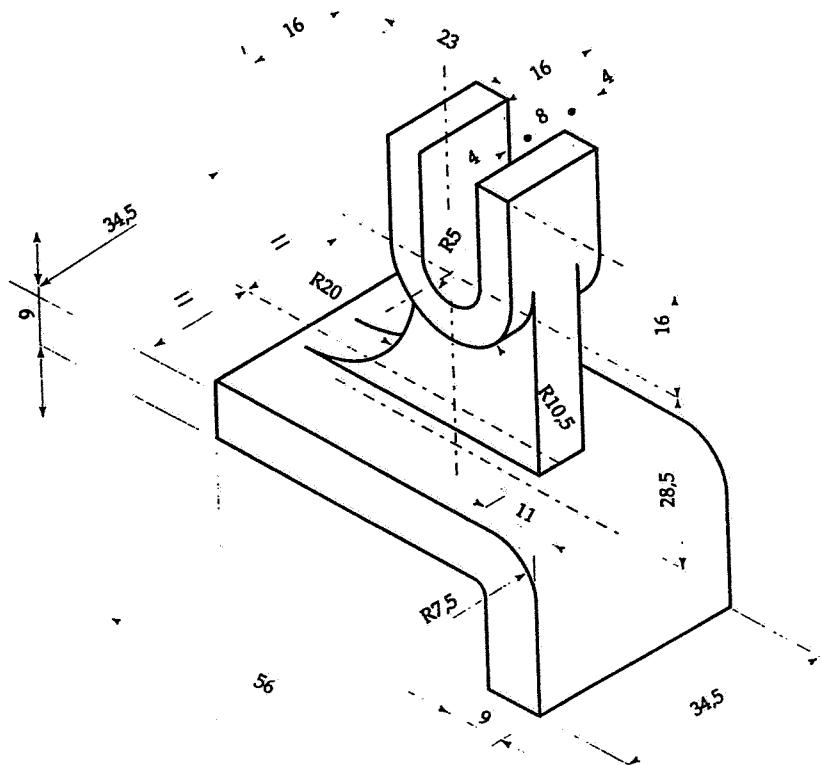


328

RCIZI•ESERCIZI•ESERCIZI•ESERCIZI

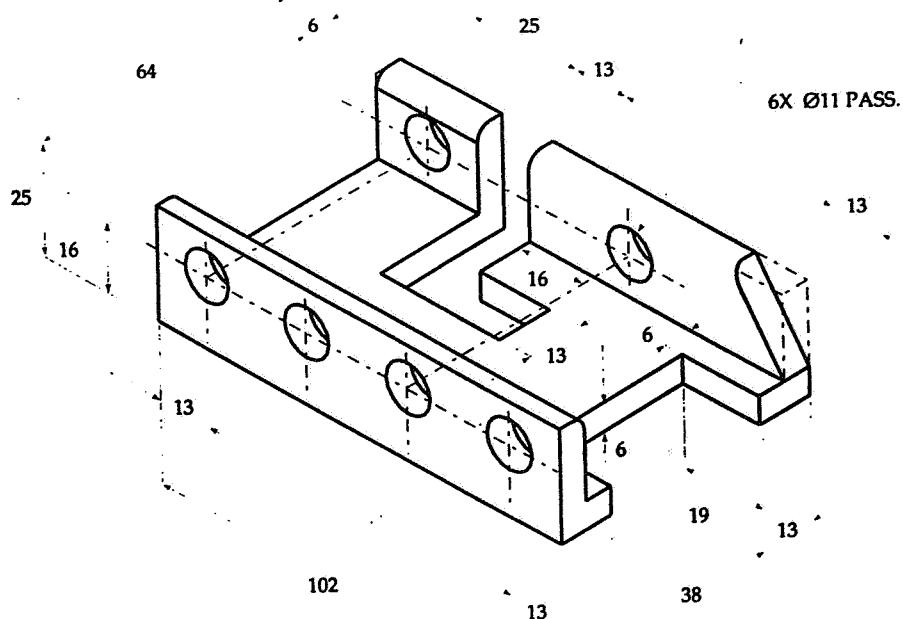


Raccordi non quotati R1



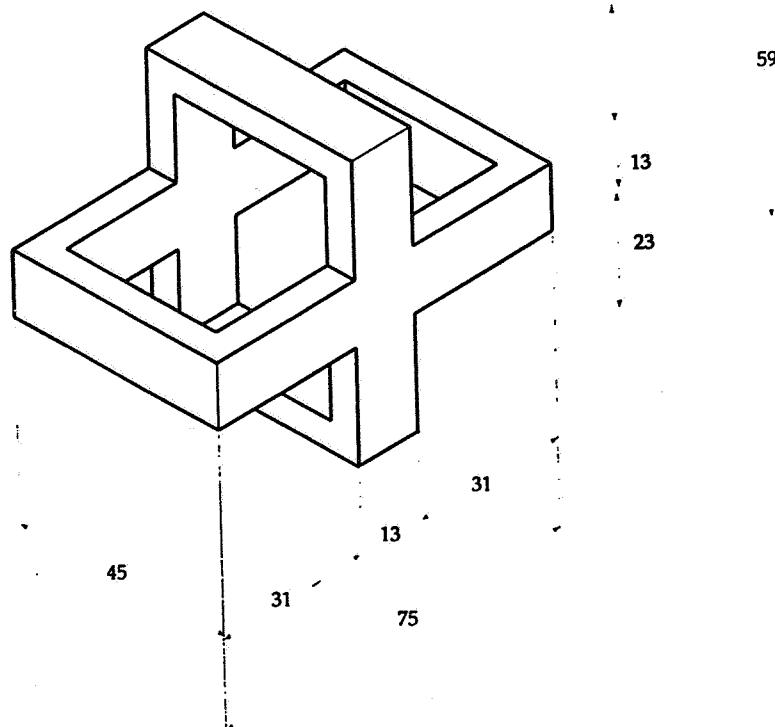
ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI •

19



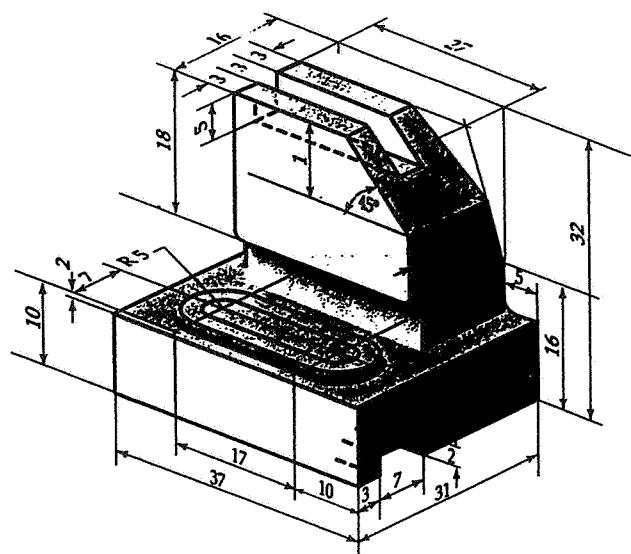
Raccordi non quotati R3

20

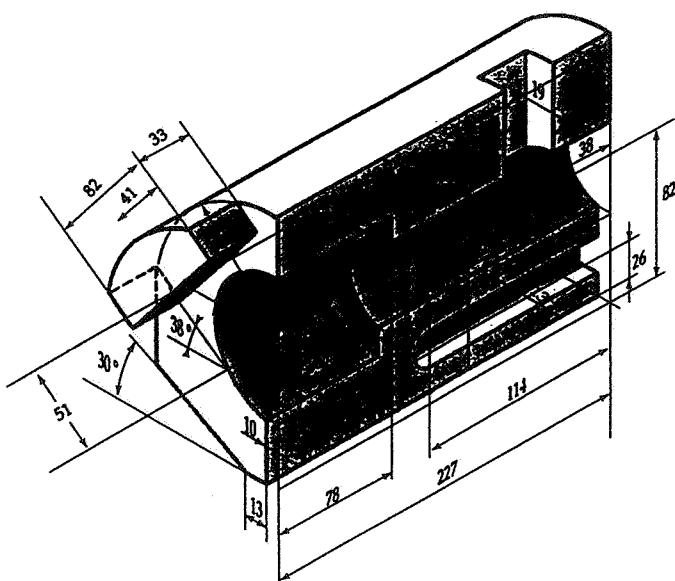


ERCIZI•ESERCIZI•ESERCIZI•ESERCIZI

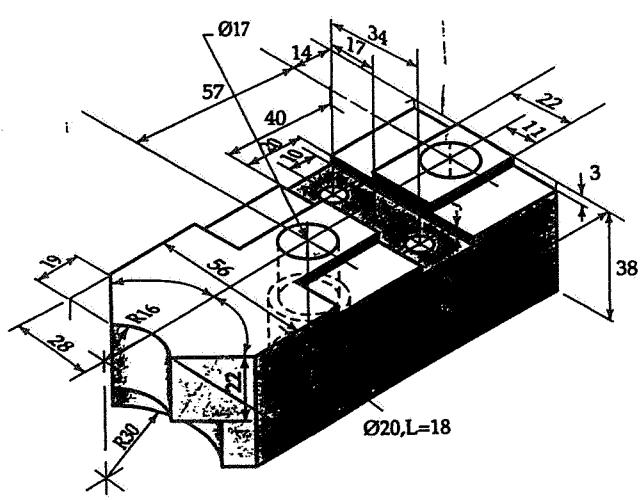
21



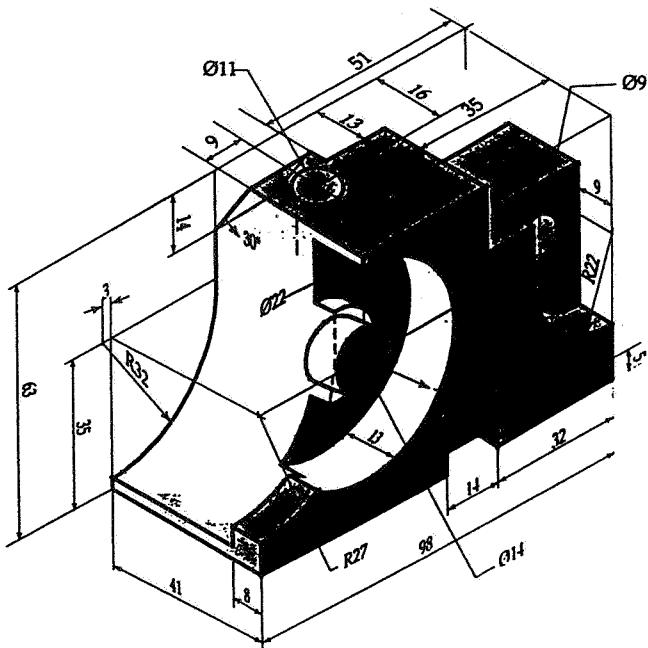
22



23

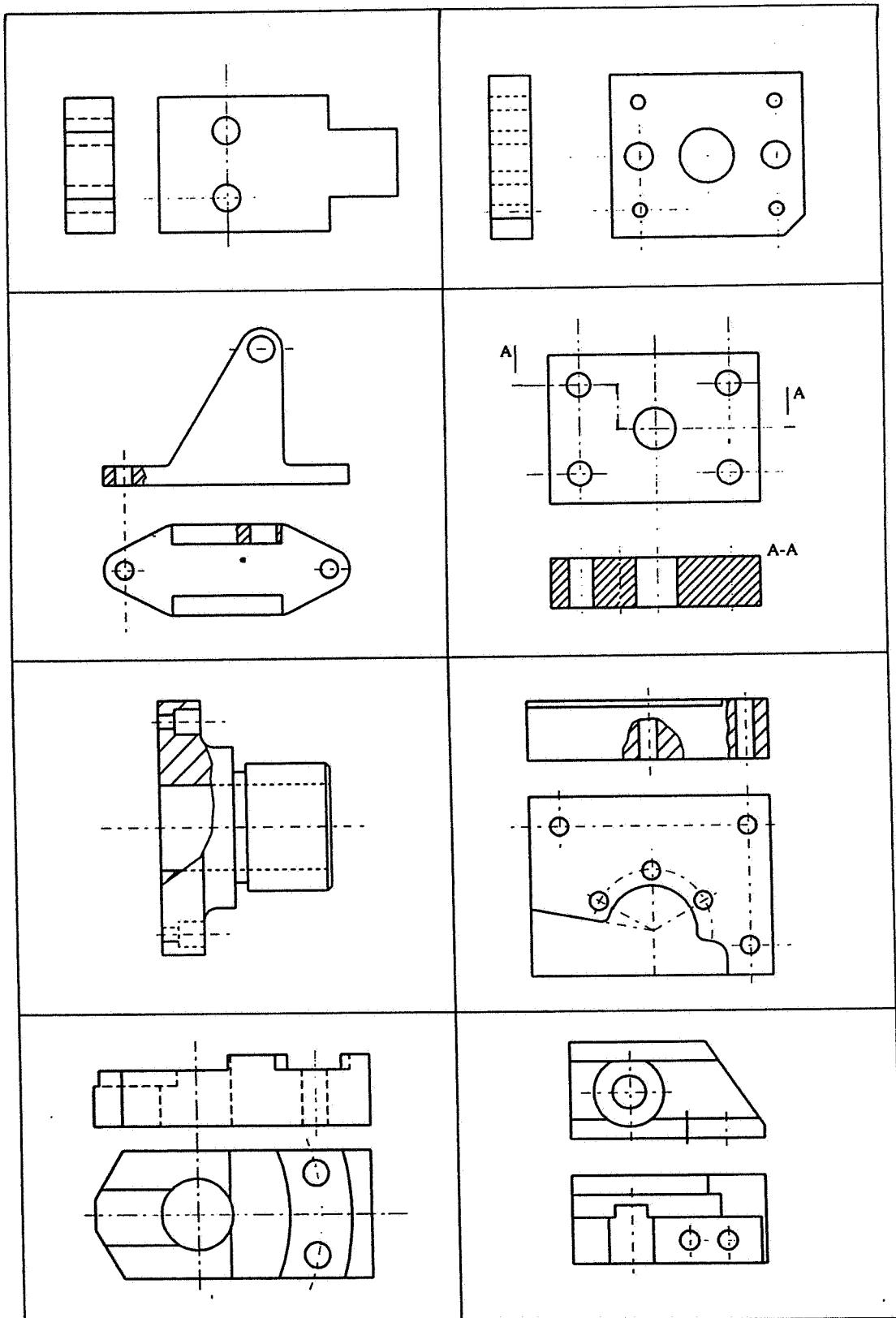


24



ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI • ESERCIZI

2. Quotare i pezzi
rappresentati in
scala 1:2.



A

abbozzo 261

alesatura 248

ANSI 39

APT 240

ASME 39

assonometria 175

- cavaliera 185

- dimetrica 179, 183

- isometrica 179, 180

- obliqua 177, 185

- ortogonale 177, 179

- rapporti di riduzione 179

- trimetrica 179, 185

attrezzi per disegno 44

AUTOCAD

- ambiente di disegno 53

- assonometria 196

- - isometrica 196

- assonometrie 201

- autolisp 202

- colori 34

- compenetrazione di solidi 157

- coordinate 27

- costruzioni geometriche 83

- dimensioni foglio 53

- entità. *Vedi* primitive

- generalità 27

- griglia 54

- linee 34

- livelli 54

- primitive 32

- proiezioni ortogonali 112

- quotatura 313

- - comandi 313

- - variabili 313

- requisiti hardware 52

- sezioni 154

- snap 54
- tratteggi 154
- unità di disegno 32
- uscita (fine sessione) 54

Bblocchetti piano-paralleli 281
broccatura 252**C**

CAD, CAE, CAM, CAPP, CAD/CAM 23
 calibri fissi 279
 calibro 277
 campitura. *Vedi* tratteggio
 caratteri. *Vedi* scrittura
 cartiglio. *Vedi* riquadro delle iscrizioni
 categorie di disegni 261
 CEI 39
 celle flessibili 237
 CEN 38
 centri di lavoro 237
 cerchi

- in assonometria cavaliera 187

 ciclo di vita 21
 CIM 20
 CMM. *Vedi* misura a coordinate
 CNC. *Vedi* controllo numerico
 comparatore 282
 compenetrazione di solidi 140
 compenetrazioni di solidi

- di rivoluzione 144
- prismatici 141
- prismatici e di rivoluzione 142

complessivi. *Vedi* disegno di complessivi
computer

- componenti 47
- periferiche 48

Concurrent Engineering. *Vedi* ingegneria simultanea

conicità 297, 299

controllo numerico 20, 236

- quotatura 310

costruzioni geometriche 57

- archi 72
- assi 60
- bisettrice 62
- cicloide 80
- circonferenze 70
- decagono 68
- divisioni di angoli 62
- divisioni di segmenti 62
- elica 82
- ellisse 76, 81
- ennagono 68
- epicicloide 81
- esagono 66
- ettagono 67
- evolvente 80, 82
- iperbole 79, 82
- ottagono 67
- ovale 77, 81
- parabola 78, 82
- parallele 60
- pentagono 66
- perpendicolari 60
- poligoni 63
- poligoni regolari 69
- quadrato 65
- raccordi 72
- spirale 79
- tangenti 71
- triangoli 64

D

- dettagli 109
- DIN 39
- disegno
 - artistico 7
 - automatico 26
 - come costruito 264
 - convenzionale 261
 - costruttivo 263
 - di complessivi 262
 - di componenti 263
 - di fabbricazione 264
 - di gruppi 262
 - di impianti 264
 - e collaudo 277
 - e sistema qualità 272
 - geometrico 13
 - gestione in azienda 269
 - pittografico 261
 - schematico 261
 - semplificato 261
 - tecnico 7
- disegno dei pezzi fusi 218
 - angoli di sformato 218
 - rappresentazione semplificata 226
 - ritiro 218
- disegno dei pezzi imbutiti 231
- disegno dei pezzi stampati 225
 - rappresentazione semplificata 226
- disegno e lavorazioni 211
- disegno tecnico 261
 - categorie 261
 - colore 266
 - definizione 12
 - evoluzione 10
 - norme 40
- distinta componenti 270
- DNC. *Vedi* controllo numerico

E

- elettroerosione 257
- ellisse 138. *Vedi* costruzioni geometrichi
 - in assonometria 182
- estrusione 222

F

- FMS 20
- fogli da disegno 42
 - formato 42
 - piegatura 43
- foglio di produzione 22

334

fonderia 212

- foratura 248
- forgiatura 223
- fori da centro 242
- formatura 214
- fresatura 245
- fucinatura 224
- fusione a cera persa. *Vedi* microfusione

G

- gole
 - per rettifica 255
- goniometro 279
- Group Technology 276

I

- imbutitura 230
- inclinazione 299
- industrializzazione 22
- ingegneria simultanea 23
- iperbole 138. *Vedi* costruzioni geometriche
- ISO 38

J

- Johansson. *Vedi* blocchetti piano-paralleli

L

- lamatura 248
- laminazione 221
- laser 258
- lavorazioni ad asportazioni di truciolo 233
- lavorazioni delle lamiere 228
 - imbutitura 230
 - piegatura 229
 - punzonatura 228
 - taglio 228
 - tranciatura 228
- lavorazioni elettrochimiche 257
- lavorazioni meccaniche 211
- lavorazioni per deformazione plastica 221
- linee 40, 100, 111, 125

M

- macchine utensili 236
- maschiatura 248
- materiali
 - indicazione nelle sezioni 134
- metodo dei piani ausiliari. *Vedi* penetrazioni di solidi
- metodo delle generatrici. *Vedi* penetrazioni di solidi
- metodo delle sfere ausiliarie. *Vedi* penetrazioni di solidi
- microfusione 214
- micrometro 278
- misura a coordinate 284
- Monge 13

N

- NC. *Vedi* controllo numerico
- normazione 35
 - enti 38
- numeri di posizione 270
- numeri normali 268

O

- ombre 195
- ombreggiatura 195

P

- Palmer. *Vedi* micrometro
- parabola 138
- parti contigue 108
- particolari. *Vedi* disegno di componenti
- PDM 276
- percezione visiva 6
- piegatura 229
- plotter 51
- Pohlke 179
- process planning. *Vedi* industrializzazione
- processi di lavorazione 212
- production planning. *Vedi* industrializzazione
- produttività 19
- progettazione 21
- proiezione
 - esplosa 16
- proiezioni 13
 - assonometriche 16, 175

- orografiche 13
- definizione 13
- oblique 16
- ortografiche 16
- parallele 16
- proiezioni di figure piane 94
- proiezioni di solidi 96
- proiezioni di un punto 93
- proiezioni di un segmento 94
- proiezioni ortogonali 89
 - metodi pratici 99, 101
 - metodo americano 89, 92
 - metodo delle frecce 92
 - metodo europeo 89, 91
 - oggetti simmetrici 104, 108
 - primo diedro 89, 91
 - raccordi 105
 - ribaltamenti 102
 - sistemi di proiezione 91
 - superfici inclinate ed oblique 102
 - tangenze 106
 - terzo diedro 89, 92
 - vera forma 96
 - vista ausiliaria 102
- prospettiva 13, 175, 189
 - accidentale 192
 - centrale 191
 - frontale 191
 - metodi
 - fughe 194
 - misuratori 194
 - taglio 194
 - obliqua 192
 - razionale 192
 - prospettiva parallela. *Vedi* assonometria
 - prototipazione rapida 258
 - punto di fuga. *Vedi* prospettiva

Q

- quadro prospettico. *Vedi* prospettiva
- quotatura 287
 - a quote sovrapposte 302
 - combinata 302
 - convenzioni 294
 - di angoli 295
 - di archi 295
 - di cerchi 294
 - di collaudo 287, 306
 - di complessivi 300
 - di coni 297
 - di elementi ripetuti 296
 - di fori 308
 - di profilati 296
 - di quadri 296
 - di raccordi 294
 - di raggi 294

- di scanalature 307
- di sfere 295
- di smussi 295
- di zone particolari 300
- funzionale 287, 304
- geometrica 300
- in coordinate 303
- in parallelo 302
- in serie 302
- per controllo numerico 310
- tecnologica 287, 306
- quote
 - classificazione 300
 - di accoppiamento 301
 - di grandezza e posizione 300
 - disposizione 293
 - frecce 291
 - indicazione 288
 - linee di misura 289
 - linee di riferimento 288
 - scrittura 292

R

- raccordi
 - non quotati 295
 - per applicazioni meccaniche 268
- raccordi di condotte. *Vedi* sviluppi di solidi
- Rapid Prototyping. *Vedi* prototipazione rapida
- rapporti di riduzione assonometrici 179
- rappresentazione semplificata
 - elementi ripetuti 109
 - pezzi fusi o stampati 226
- rastremazione 298
- Renard. *Vedi* numeri normali
- Rendering 18
- rettifica 253
- ribaltamenti 96, 111
- riquadro delle iscrizioni 269

S

- scale 41
- scanner 49
- scelta delle viste 110
- schizzi 265
- scrittura 40
- semisezioni 129
- sezioni 123
 - con piani concorrenti 128
 - con piani consecutivi 128
 - con piani paralleli 126
 - con superfici qualsiasi 129

- con un piano 126
- coniche 138
- convenzioni di rappresentazione 134, 137
- in luogo 130
- in vicinanza 131
- indicazione materiali 134
- modalità 126
- parti da non sezionare 134
- parziali 130
- solidi assialsimmetrici 138
- solidi elementari 137
- solidi non assialsimmetrici 137
- successive 132
- tratteggio 133
- sinterizzazione 219
- sistemi CAD 25
- smusso 295
- spigoli convenzionali 107
- stampanti 50
- stereolitografia 258
- stozzatura 251
- strumenti di misura 277
- superficie piane 108
- sviluppi di solidi 147
 - cilindri 151
 - coni 152
 - poliedri 147
 - raccordi di condotte 153

T

- tornitura 240
- trafilatura 223
- tranciatura e punzonatura 228
- tratteggio 133

U

- UNI 36
- unificazione 36

V

- viste parziali 109
- viste raccorciate 109

Z

- zigrinatura 244