
PRINCIPI DI FOTOGRAFIA



Dipartimento di Ingegneria
Civile, Edile e Ambientale

Università degli Studi di
Napoli Federico II

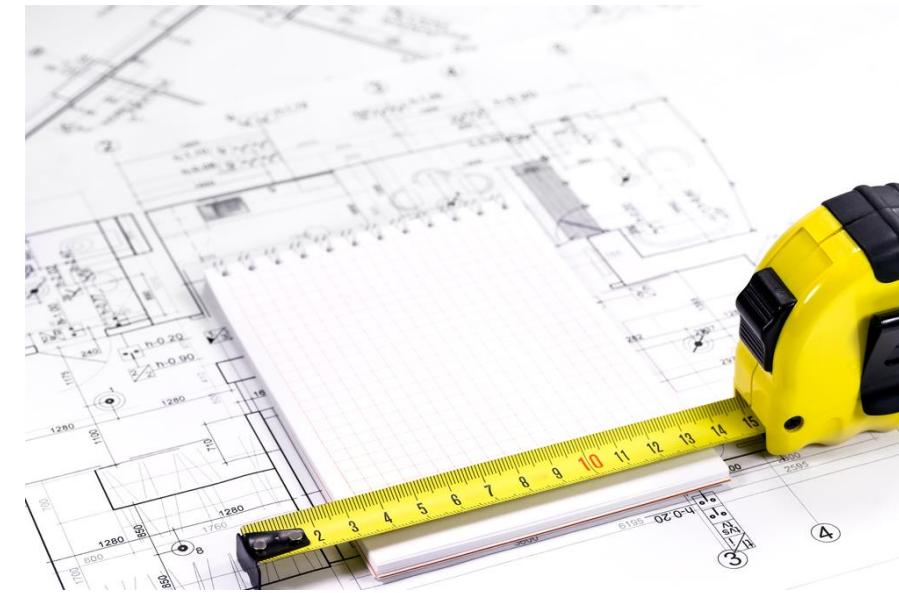
Dott. ing. Marco Limongiello

COSA SIGNIFICA RILIEVO?

Il **rilievo** è la raccolta di informazioni necessarie e sufficienti a consentire la ricostruzione di un'opera architettonica con le tecniche originarie.

Le fasi di rilievo sono essenzialmente due:

- *la ripresa*, durante la quale avviene, sul campo, l'acquisizione delle informazioni e può essere: **diretta, fotogrammetrica, laser scanner 3D;**
- *la restituzione*, che riguarda l'utilizzazione delle informazioni raccolte, generalmente finalizzate alla rappresentazione dell'edificio in pianta, prospetto e sezione. Con l'arrivo delle tecniche digitali spesso oggi è possibile disporre di un modello tridimensionale digitale, dal quale ricavare tutte le rappresentazioni piane, prima disegnate a mano.





TECNICHE DI MISURA 3D

REALITY- BASED

-
- FOTOGRAMMETRIA
- COMPUTER VISION
- SENSORI OTTICI
- RILIEVI CLASSICI

IMAGED-BASED:

- FOTOGRAMMETRIA: grandi precisioni, poche immagini, ampie basi di presa, camere calibrate, misure automatiche.
- COMPUTER VISION: scarsa accuratezza, tante immagini, automazione.

RANGE-BASED:

- LASER SCANNER :TOF (grandi distanze, basse precisioni), o a triangolazione (piccoli oggetti, elevate precisioni).
- RILIEVI CLASSICI: GPS, stazione totale: misure puntuali, basse densità.

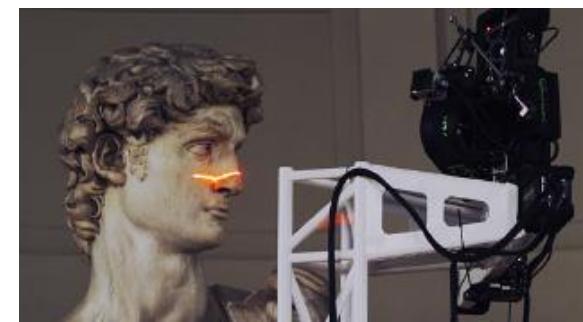
NOT REAL

- COMPUTER GRAFICA
- MODELLAZIONE PROCEDURALE

SENSORI ATTIVI E SENSORI PASSIVI

SENSORI ATTIVI

Per sensori 3D attivi si intendono dispositivi in grado di generare un'immagine tridimensionale dell'oggetto inquadrato sfruttando le proprietà ottiche di un segnale luminoso opportunamente codificato. La luce codificata, a differenza della luce ambiente, è una luce che per contenuto informativo è facilmente riconoscibile da un sensore elettronico



SENSORI PASSIVI

Con una tecnica passiva come la fotogrammetria, sono misurabili le coordinate 3D dei punti chiaramente identificabili nelle immagini, con variazioni di luminanza ben contrastate. Laddove si debba misurare un oggetto senza una texture contrastata, come ad esempio una parete bianca, o la superficie di una carrozzeria a tinta unita, la selezione non può essere fatta senza ausilio di riferimenti esterni posizionati sulla scena

SENSORI ATTIVI E SENSORI PASSIVI

FOTOGRAFIA

Misurazioni (3D) da immagini:

- Time consuming
- 3D e Tessitura nelle immagini
- Risultati dipendenti dall'oggetto
- Basso costo



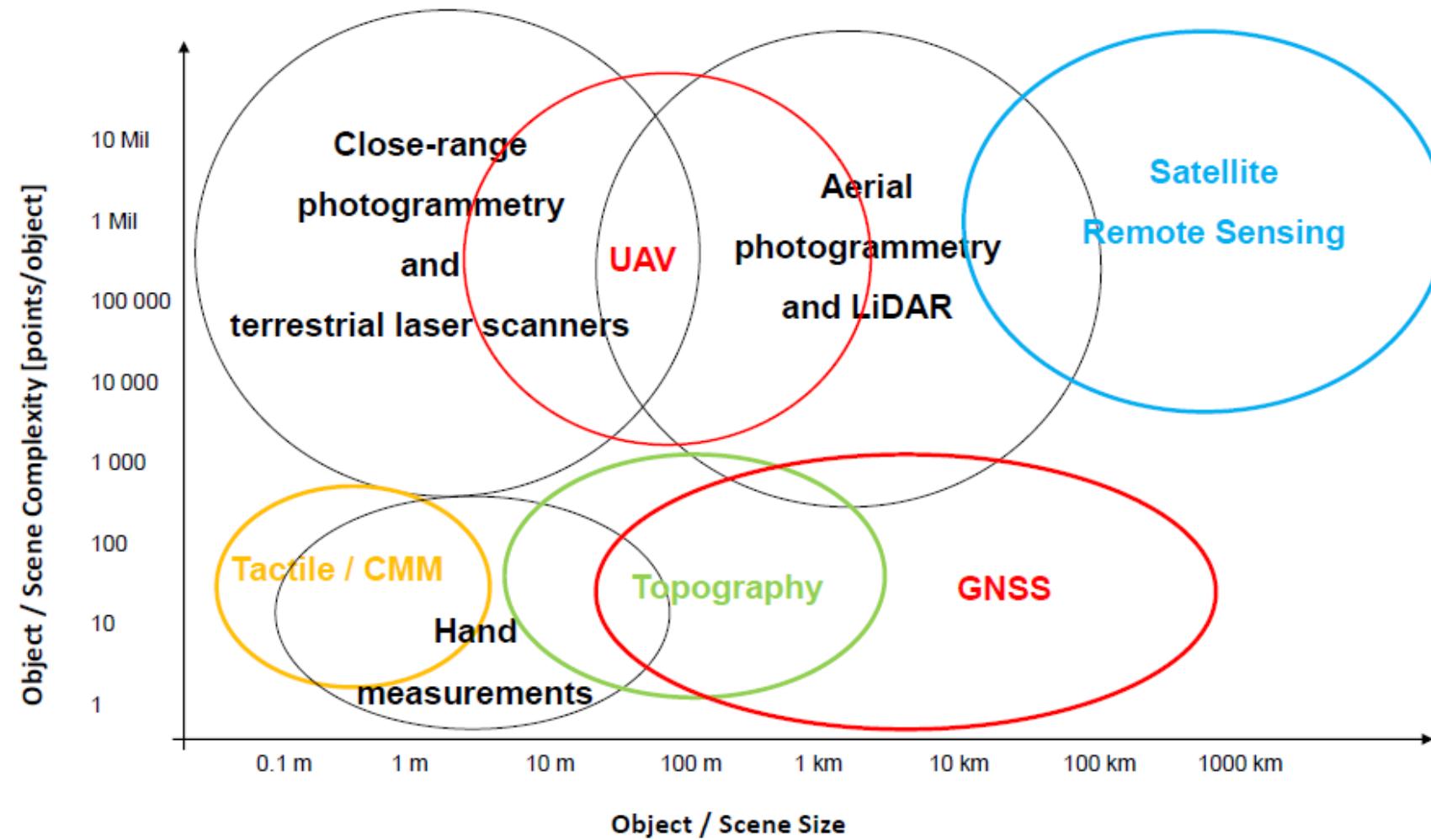
LASER SCANNER

Sensori che forniscono l'informazione 3D direttamente:

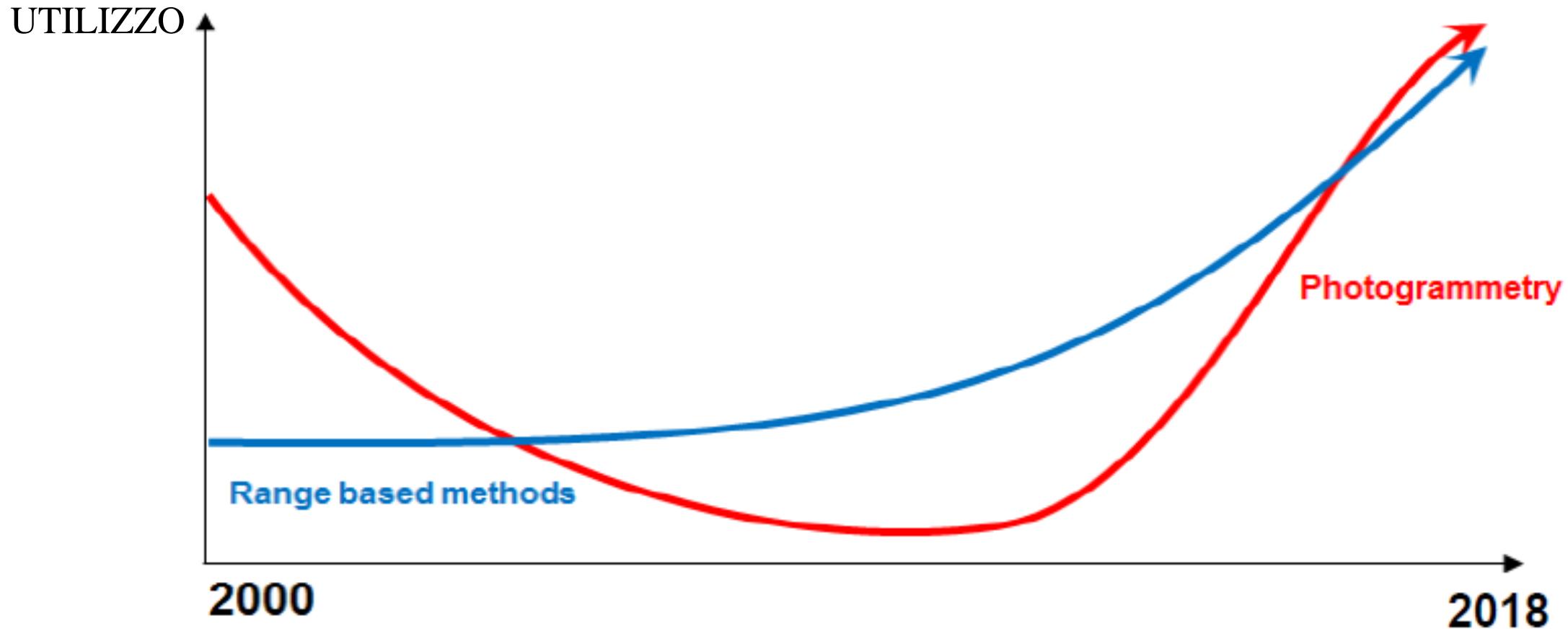
- Molto costosi
- Tessitura assente o di minor qualità
- Risultati dipendono dal materiale dell'oggetto
- +Velocità di acquisizione



SENSORI ATTIVI E SENSORI PASSIVI

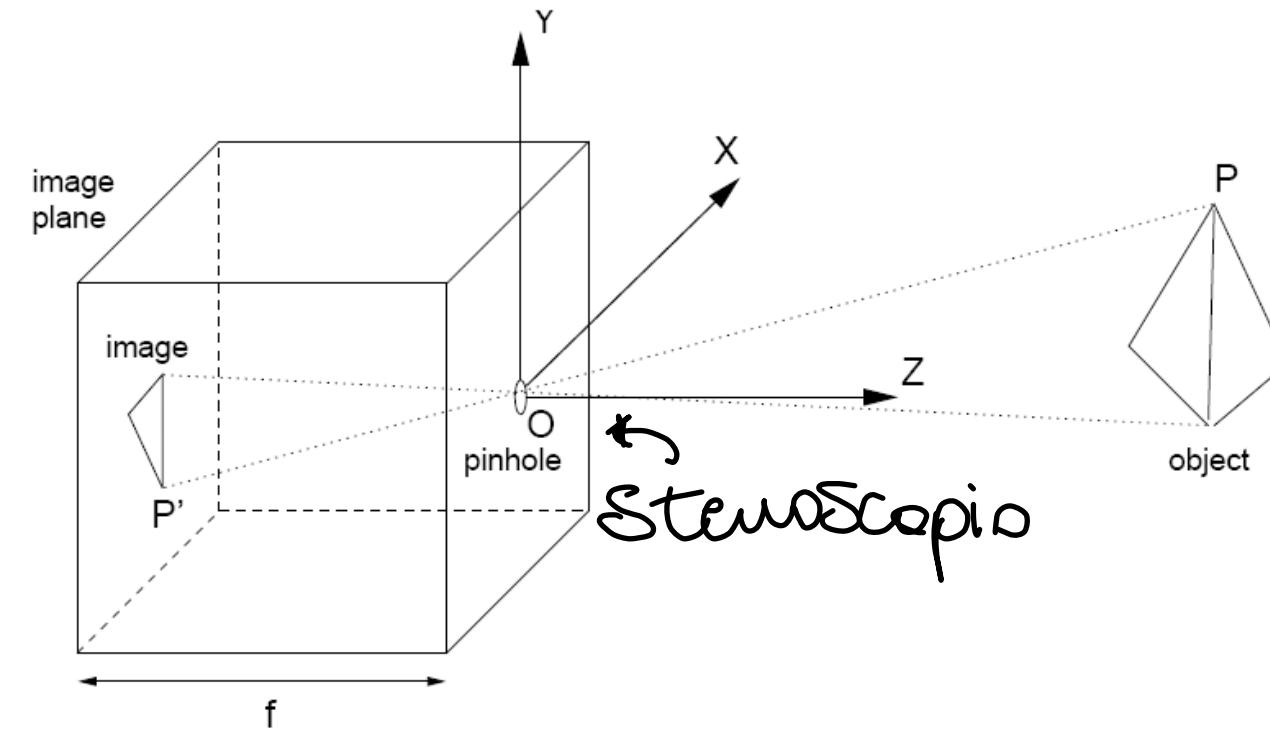


SENSORI ATTIVI E SENSORI PASSIVI



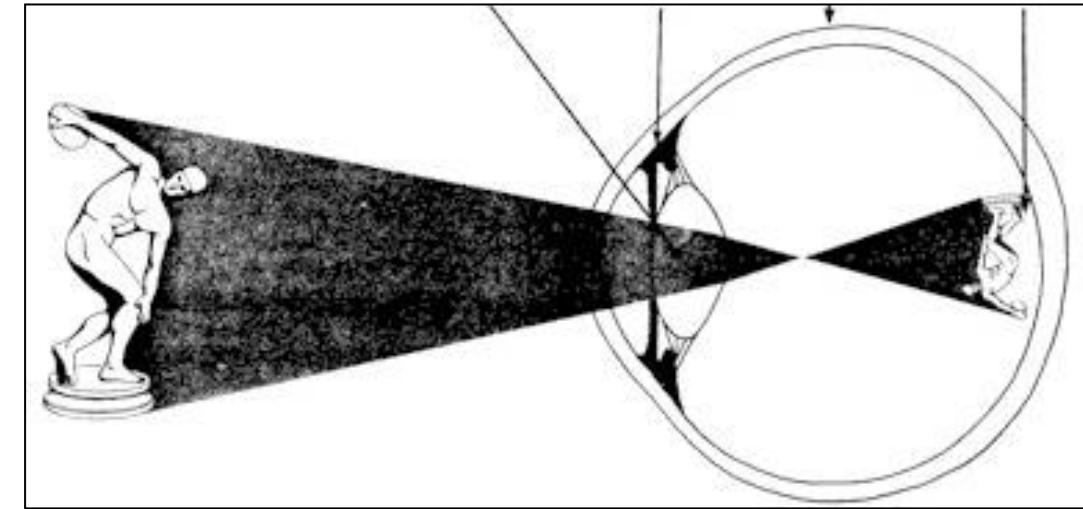
LA LUCE

La nozione di raggio luminoso costituisce un modello utilissimo per trattare in modo semplice i fenomeni della riflessione e della rifrazione della luce nel quadro dell'ottica geometrica, consentendoci di dimenticare in quest'ambito le proprietà ondulatorie della luce. Con ottima approssimazione finché ci si occupa di oggetti di dimensioni molto grandi rispetto alla lunghezza d'onda, come avviene nel caso della maggior parte degli strumenti ottici.

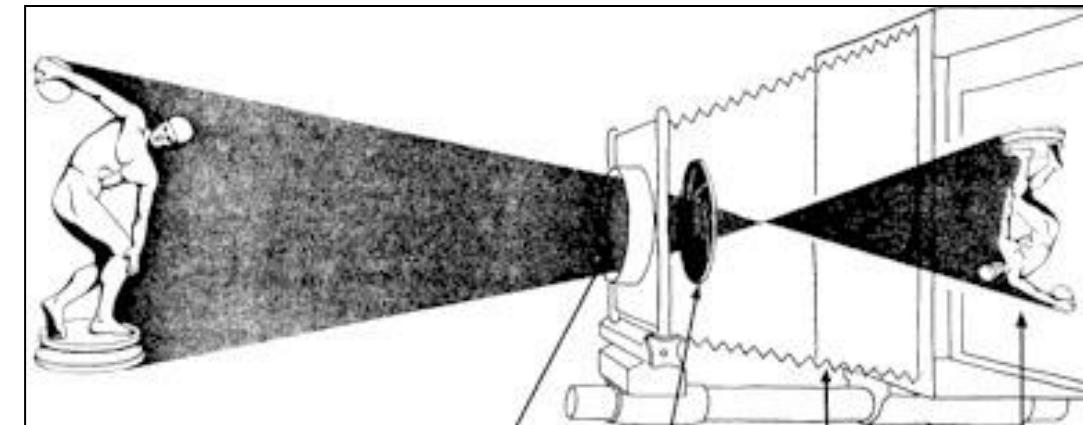


L'OCCHIO UMANO

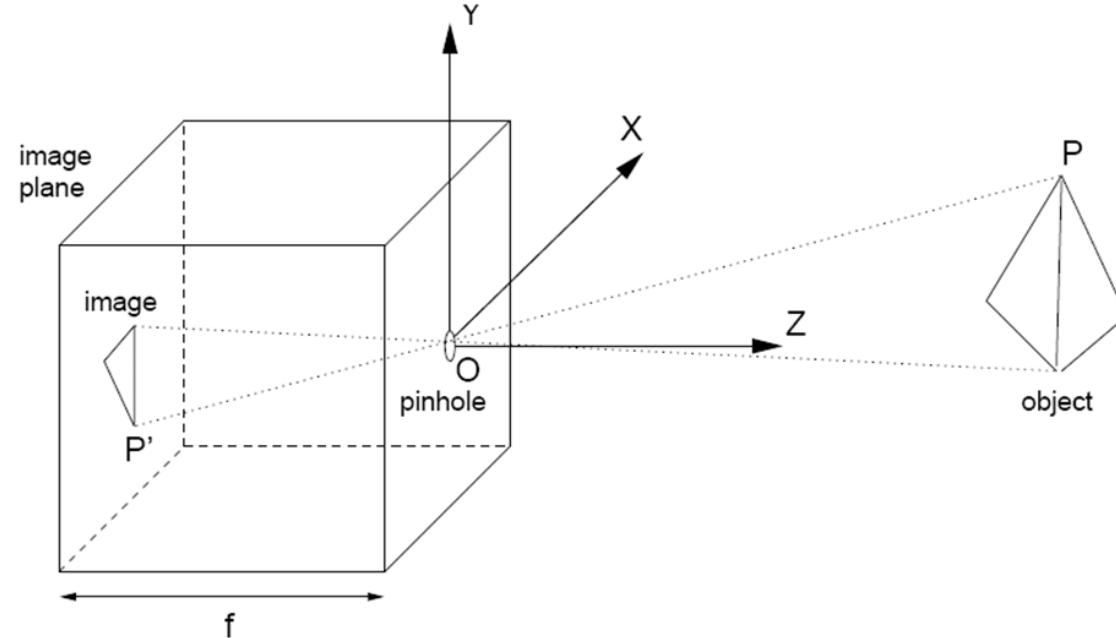
Occhio



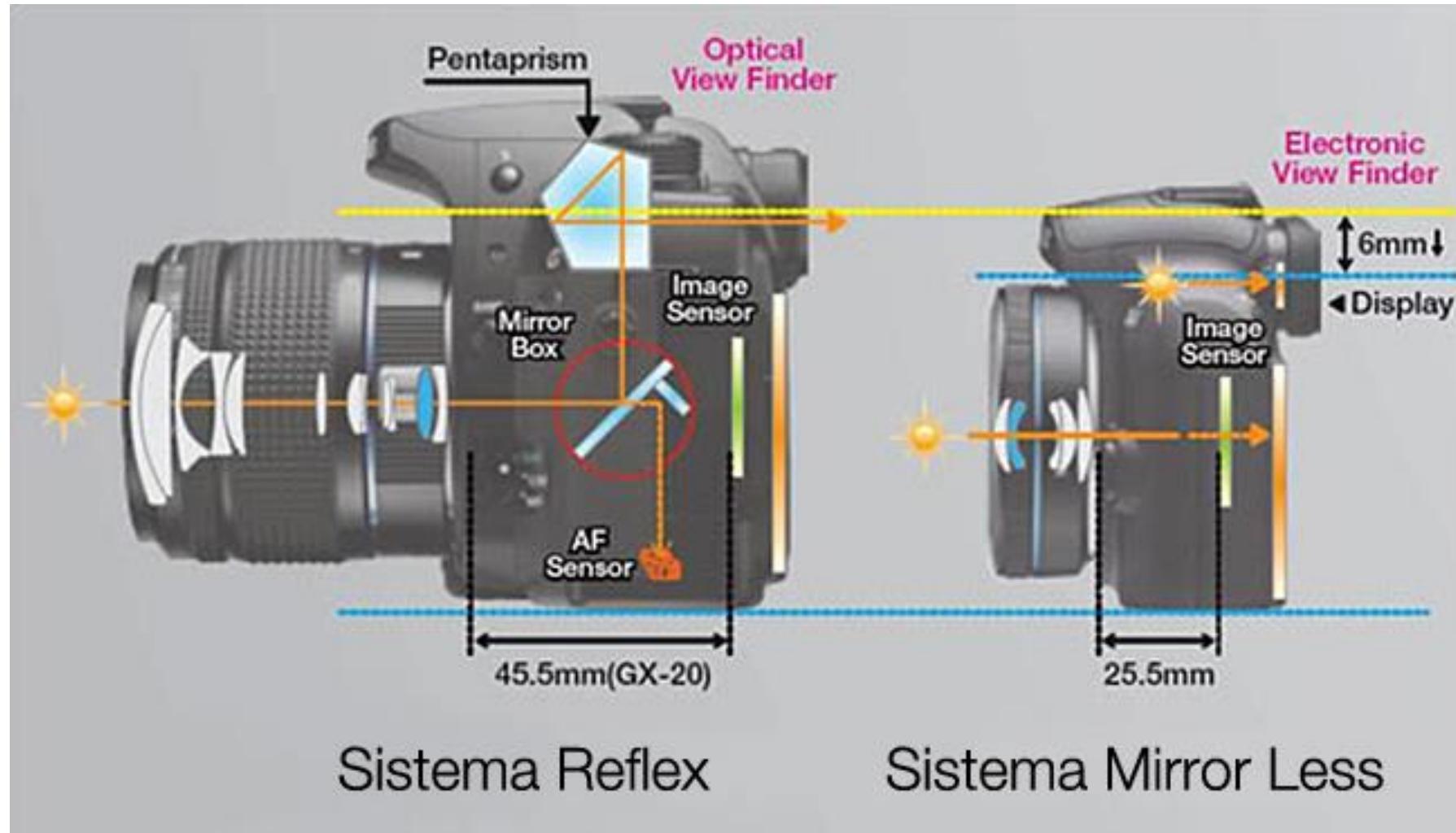
Macchina
fotografica



ELEMENTI DI UNA PRESA FOTOGRAMMETRICA



ELEMENTI DI UNA PRESA FOTOGRAMMETRICA



ELEMENTI DI UNA PRESA FOTOGRAMMETRICA



- **Compatte:** dimensioni ridotte, sensori modesti
- **Bridge:** dimensioni contenute, sensori poco meno prestanti di quelli delle reflex, ottica fissa con zoom potente per coprire ampio ventaglio di angoli di ripresa
- **Mirrorless:** dimensioni contenute, sensori quasi omologhi a quelli delle reflex, ottiche intercambiabili
- **Reflex:** peso ed ingombro consistente, massima risoluzione ed ampia gamma dinamica, ottiche intercambiabili

SENSORE DI UNA CAMERA FOTOGRAFICA

Per sensore si intende un qualunque dispositivo in grado di rilevare e quindi registrare l'energia elettromagnetica proveniente da una scena e capace di convertire tale energia in informazione utile a successive analisi, sotto forma di segnale elettrico o altro. In tal senso, ad esempio, l'occhio negli esseri viventi può essere inteso come un sensore, come pure la comunissima camera fotografica.



Nei sistemi ottici l'energia elettromagnetica di interesse viene convogliata nel fuoco del sistema dove in genere è posto un rivelatore (detector) che trasduce la potenza incidente in un effetto foto-chimico oppure in tensione elettrica.



ELEMENTI DI UNA CAMERA



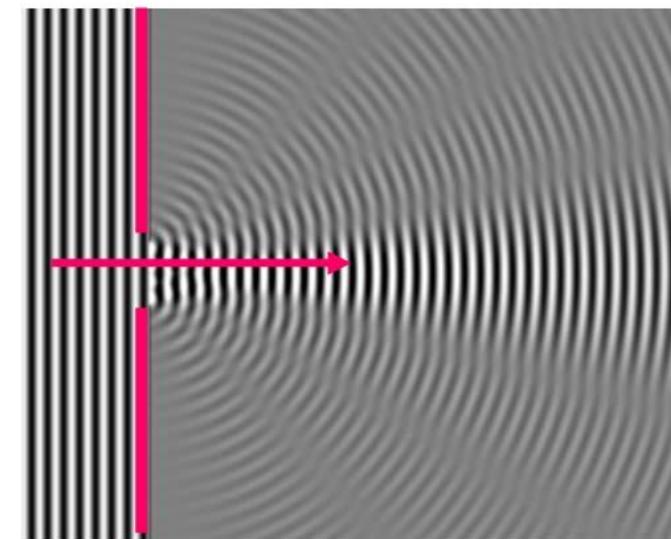
ELEMENTI DI UNA CAMERA: L'OBBIETTIVO

Il caso più semplice di obiettivo è costituito da un piccolo foro (detto anche foro stenopeico) che consente il passaggio della luce a formare un'immagine all'interno di una camera oscura. Si creano però aberrazioni ottiche.



Obiettivi a lenti

Wave fronts



ELEMENTI DI UNA CAMERA: L'OBBIETTIVO

Il ruolo dell'obiettivo:

- Messa a fuoco
- Regolare l'energia (qualità di luce)
- La risoluzione spaziale e di conseguenza la geometria della ripresa

È la parte ottica, **serve a convogliare la radianza sul rivelatore.**

RADIANZA = RADIAZIONE ELETTRONAGNENZA
RIFLESSA



MESSA A FUOCO



Gli obiettivi fotografici possiedono più di una lente.

La **messa a fuoco** si ottiene ruotando una vite che varia la distanza tra le lenti e la pellicola.

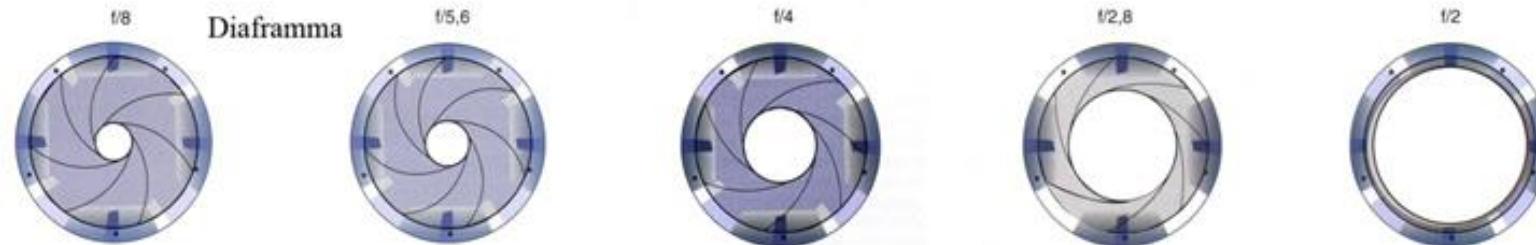
ELEMENTI DI UNA CAMERA: DIAFRAMMA A IRIDE

Il diaframma è un dispositivo situato nell'obiettivo, costituito da 4, 5 o 6 lamelle che, spostandosi, creano un foro di diametro variabile. Esso, come il foro della pupilla umana, può allargarsi o restringersi. Ciò affinché la quantità di luce che colpisce la pellicola sia sempre quella adeguata ad impressionarla nel modo giusto.

Diaframma a iride



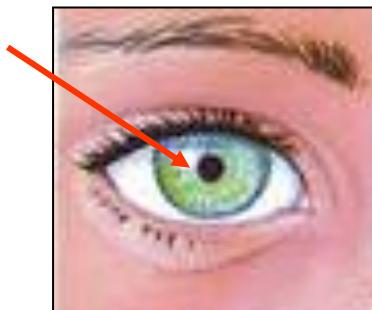
ELEMENTI DI UNA CAMERA: DIAFRAMMA A IRIDE



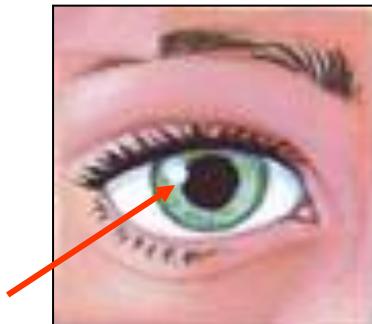
Nome che richiama il funzionamento, simile a quello dell'occhio umano. Il diaframma determina la quantità di luce che impressionerà la pellicola o il sensore.

È costituito da un anello metallico fisso sul quale sono fissate le lamelle che variano da 6 a 15, attualmente è diffuso il diaframma a 9 lamelle che dà uno sfuocato più gradevole costituito da un anello mobile che regola le aperture da un supporto per essere fissato all'interno del corpo dell'obbiettivo e da un sistema automatico che consente di mantenere sempre in posizione di massima apertura il diaframma per una visione ottimale.

Molta luce

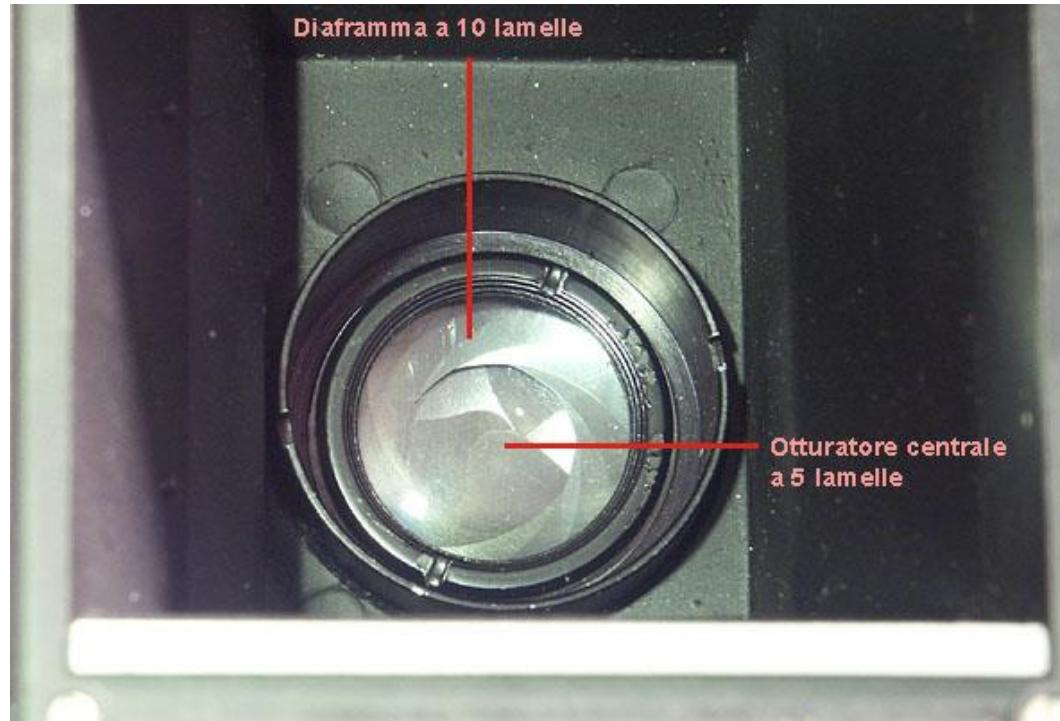


Poca luce

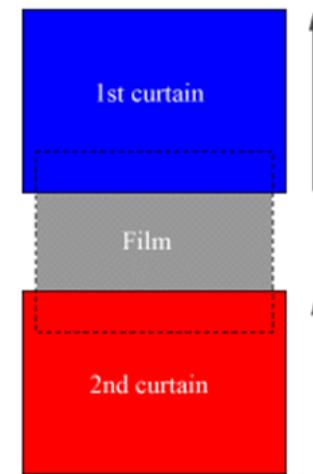
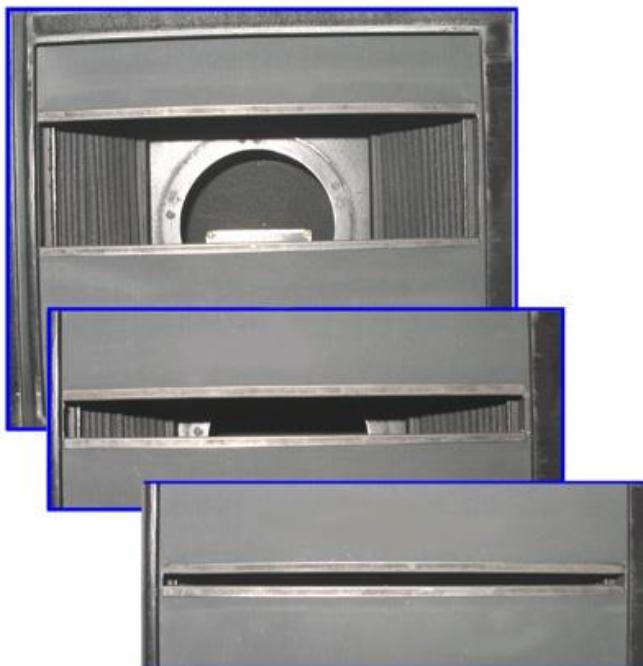


ELEMENTI DI UNA CAMERA: OTTURATORE

L'otturatore è il dispositivo meccanico o elettronico che ha il compito di controllare per quanto tempo il sensore resta esposto alla luce. Facendo un parallelo con l'occhio umano, mentre l'iride rappresenta il diaframma, la palpebra dà un'idea dell'otturatore.



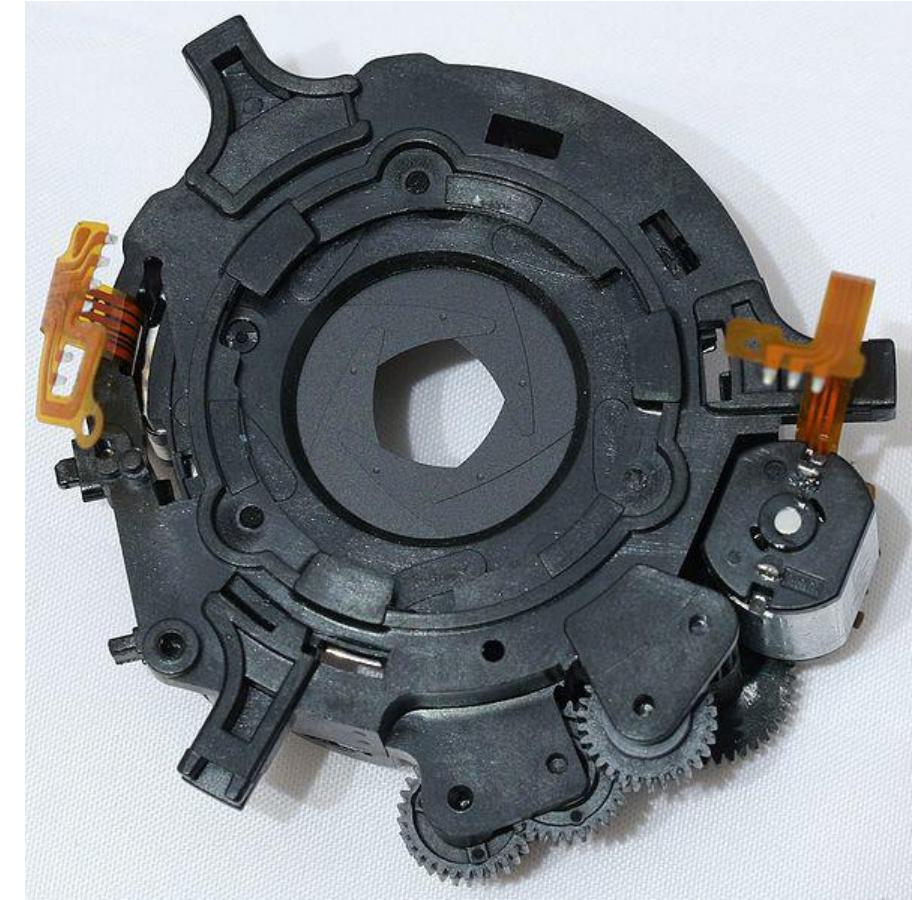
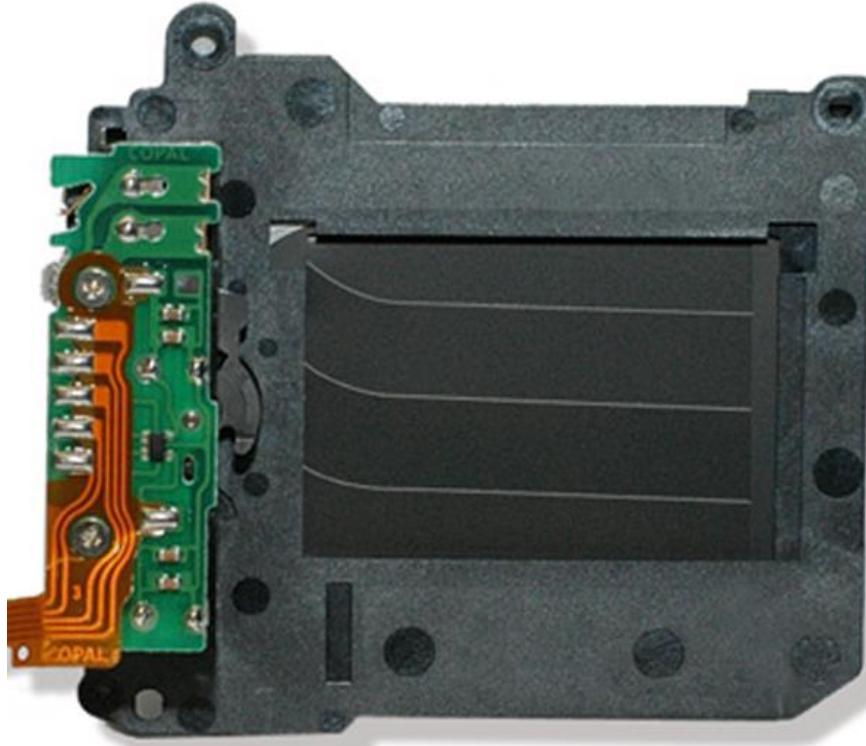
ELEMENTI DI UNA CAMERA: OTTURATORE A TENDINA



è un otturatore composto da due superfici di stoffa o metallo disposte parallelamente lungo il piano focale, che scorrono verticalmente formando una fessura che lascia passare la luce.

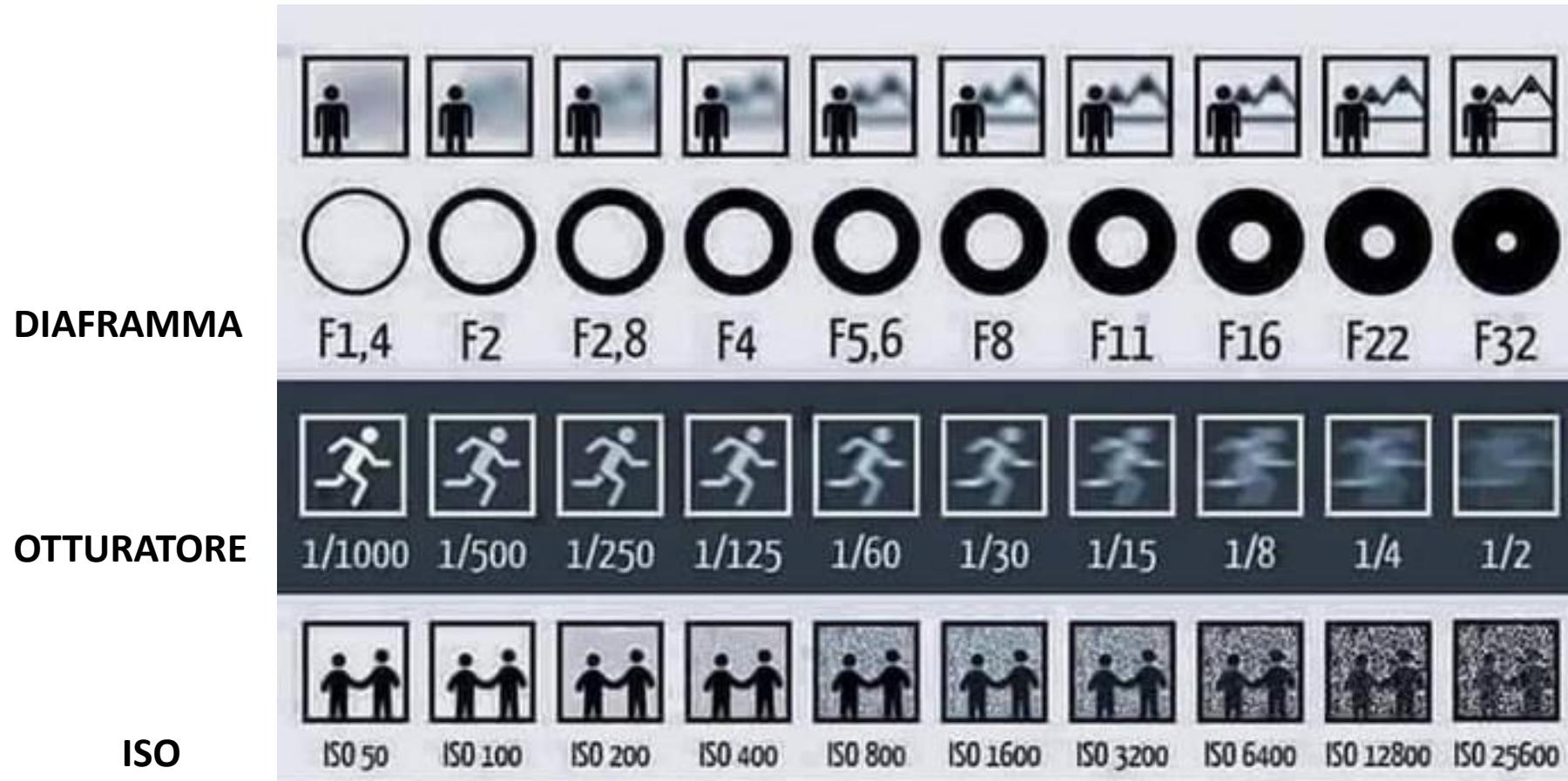
Se il tempo richiesto è lento, la prima tendina raggiunge il fine corsa e conseguentemente parte la seconda che copre la pellicola concludendo l'esposizione. In caso di tempi più rapidi, la seconda tendina viene azionata durante la corsa della prima, quindi la pellicola non viene esposta contemporaneamente lungo tutto il fotogramma, ma solo attraverso la fessura formatasi dal ritardo fra la prima e la seconda tendina.

ELEMENTI DI UNA CAMERA: OTTURATORE A TENDINE LAMELLARI E CENTRALE



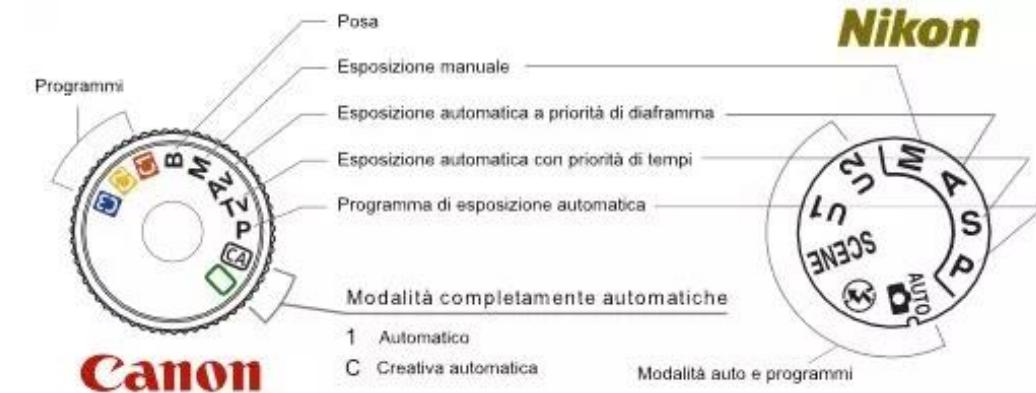
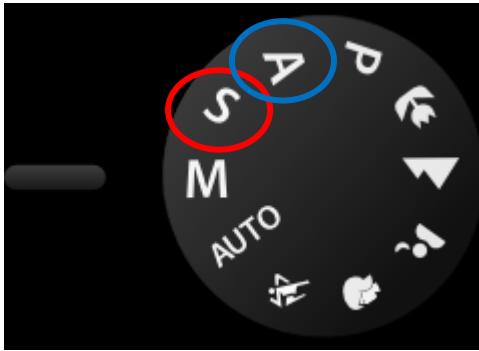
Dotati di lamelle disposte a raggiera, in modo simile a quelle del diaframma

ELEMENTI DI UNA CAMERA: OTTURATORE



Modificando valori come il diaframma e la velocità dell'otturatore si lascia passare più o meno luce nella fotocamera e la foto assume diverse caratteristiche. Il valore "ISO" indica la sensibilità alla luce che date al sensore della fotocamera digitale.

ELEMENTI DI UNA CAMERA: OTTURATORE

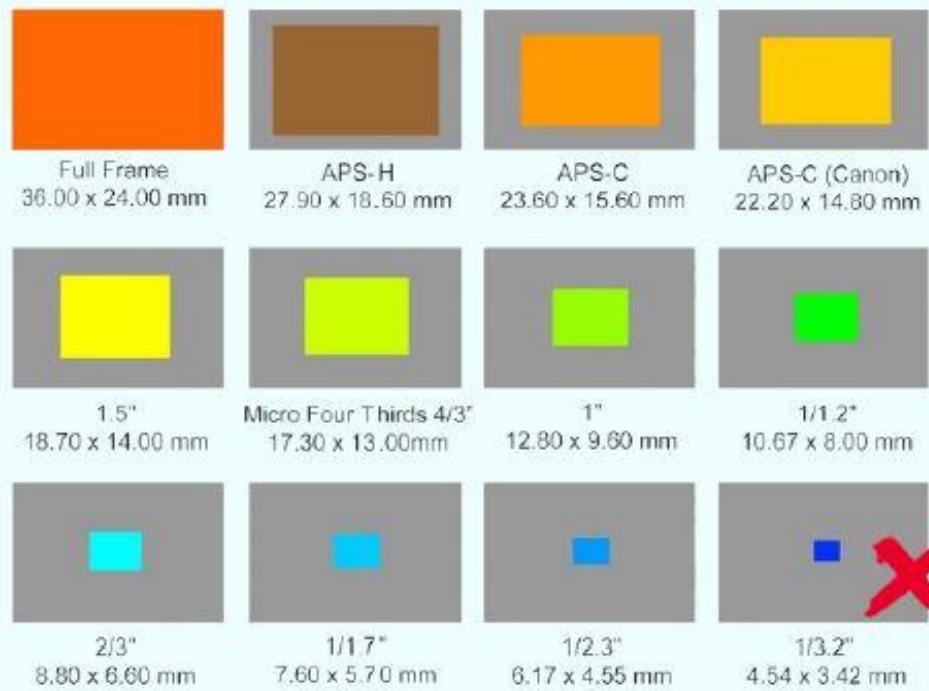


- se fotografate in **priorità di apertura di diaframma (A)**, il diaframma che impostate resta “bloccato” sul valore che gli date, e quindi aumentando gli ISO verrà diminuito il tempo dell’otturatore. Per esempio siete in determinate condizioni di luce e state scattando avendo impostato il diaframma a 2.8 e il tempo dell’otturatore che compare è 1/125 a 100 ISO, se impostate 200 ISO il tempo dell’otturatore verrà automaticamente diminuito a 1/250. E se impostate ISO 400 il tempo verrà diminuito a 1/500 .
- se fotografate in **priorità di tempi (S)** invece, dato che resta “bloccato” il tempo dell’otturatore che impostate, aumentando i valori ISO aumenterà l’apertura del diaframma, ad esempio se state scattando avendo impostato 1/125 di secondo e l’apertura del diaframma che compare è 2.8 ad ISO 100, se aumentato l’ISO a 200 l’apertura del diaframma verrà automaticamente incrementata a 4, e se impostate ISO 400 verrà incrementato a 5.6 .

ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE

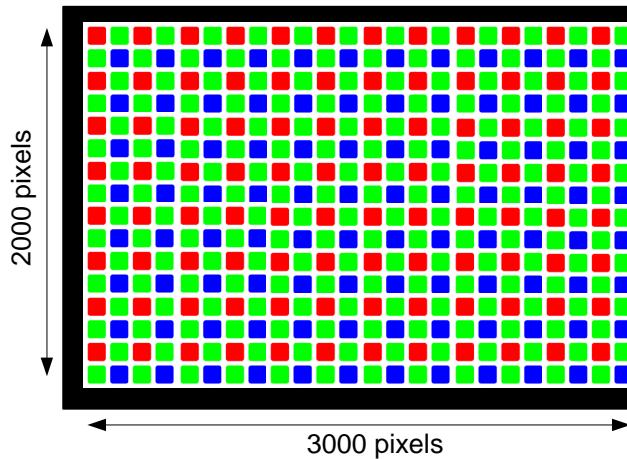
Il sensore è la parte sensoriale, intesa come rivelatore (o detector), in grado di rilevare la radianza convogliata su di esso.

Le caratteristiche del rivelatore determinano la risoluzione radiometrica per cui il segnale fisico in ingresso (di solito un flusso espresso in watt) viene tradotto in un segnale gestibile come dato, come una tensione elettrica o una reazione fotochimica; questa trasformazione renderà l'informazione di partenza utile per successive



Tipo di Sensore	Medio Formato	Full Frame	APS-H	APS-C	4/3	1"	1/1.63"	1/2.3"	1/3.2"
Misure Sensore	53.7 x 40.2mm	36 x 23.9mm	27.9x18.6mm	23.6x15.8mm	17.3x13mm	13.2x8.8mm	8.38x5.59mm	6.16x4.62mm	4.54x3.42mm
Area Sensore	21.59 cm ²	8.6 cm ²	5.19 cm ²	3.73 cm ²	2.25 cm ²	1.16 cm ²	0.47 cm ²	0.28 cm ²	0.15 cm ²
Fattore di Crop Sensore	0.64	1.0	1.29	1.52	2.0	2.7	4.3	5.62	7.61

ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE



La risoluzione in MP dichiarata dai produttori, si riferisce all'abbreviazione in milioni di pixel riferiti ad una unità di misura in superficie con base decimale. La si ottiene dunque moltiplicando base per altezza i pixel effettivamente utilizzati per la costruzione dell'immagine. Si dichiara dunque quanti pixel concorrono realmente alla "cattura" dei dettagli formanti l'immagine.

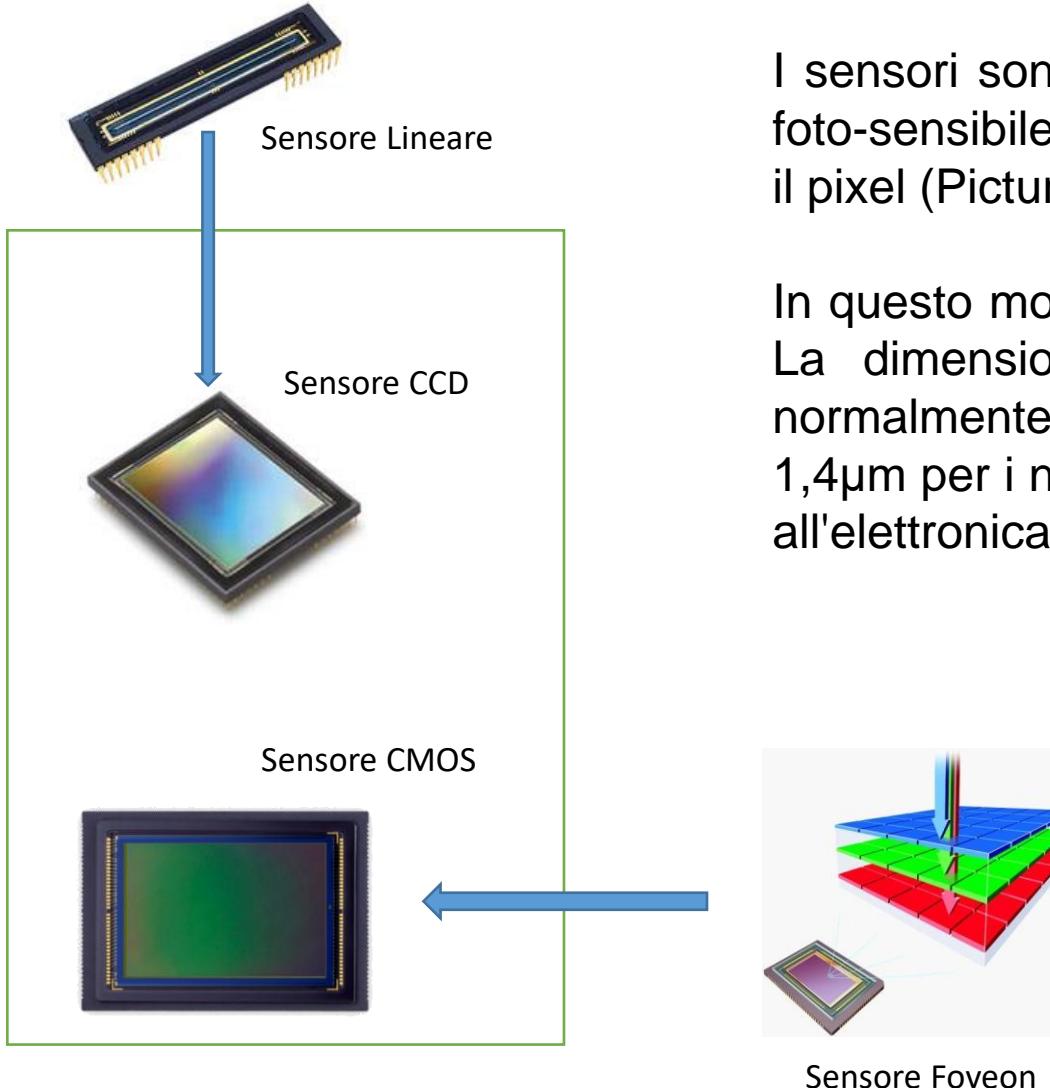
- Pixel effettivi – nominali (pixel dell'immagine digitale \neq pixel sul sensore che servono per crearla)
- Lavorate sempre alla massima risoluzione
- I Mega pixels non sono tutto

Esempio :

$$3.000 \times 2.000 = 6.000.000$$

6 Mpixel

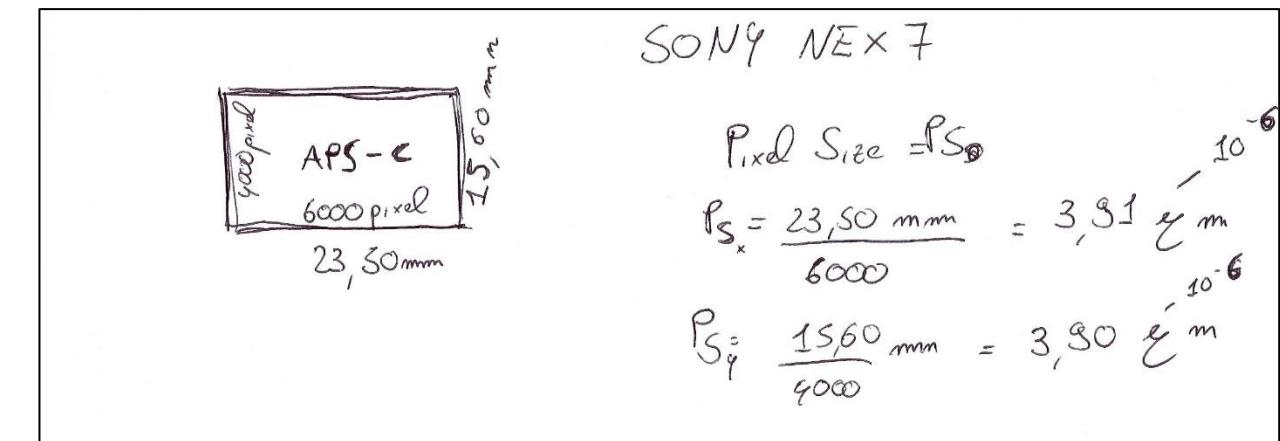
ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE



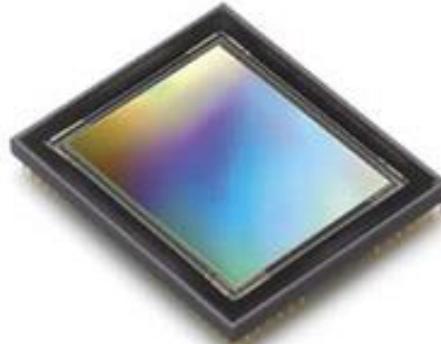
I sensori sono composti da micro-rivelatori che sono il più piccolo elemento foto-sensibile che reagisce in presenza di luce e generano il segnale elettrico, il pixel (Picture Elements).

In questo modo è composta la matrice che corrisponde alla immagine finale. La dimensione del sensore dipende dal numero di pixel che hanno normalmente dimensione da $4\mu\text{m}$ a $80\mu\text{m}$ per CCD e che può scendere a $1,4\mu\text{m}$ per i nuovi sensore CMOS. Le differenze tra CCD e CMOS sono legati all'elettronica dei due sistemi.

Esempio di calcolo del Pixel Size



ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE



Sensore CCD



Sensore CMOS

Le differenze tra i sensori CCD e CMOS risiede nel metodo di raccolta e di elaborazione del segnale da inviare successivamente al processore d'immagine.

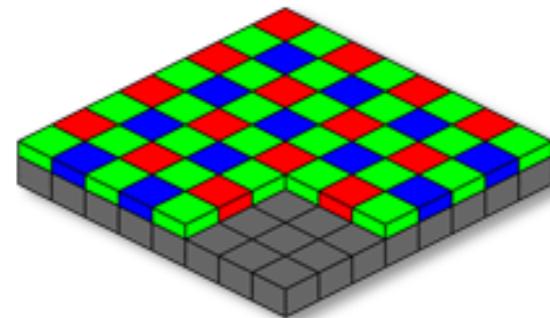
I **CCD** sono sensori di tipo «passivi» ovvero le informazioni raccolte dai fotodiode vengono passate in sequenza alla circuiteria di contorno del sensore per le operazioni di amplificazione e conversione in digitale e successivamente inviate al processore d'immagine.

I **CMOS** sono sensori di tipo «attivo»; le informazioni lette dai fotodiodi vengono elaborate direttamente dal sensore che affianca ciascun fotodiode (pixel) una circuiteria di amplificazione del segnale.

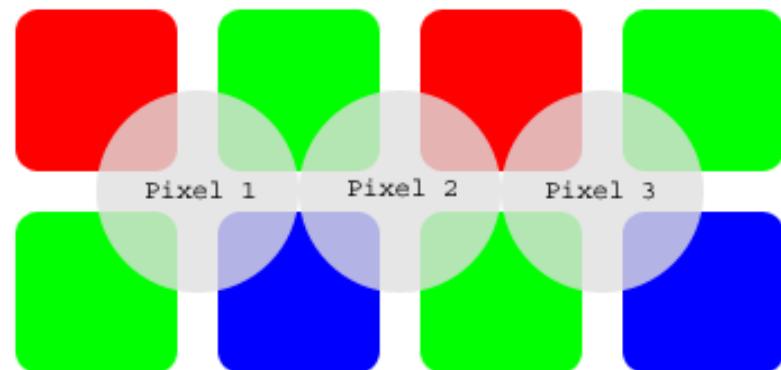
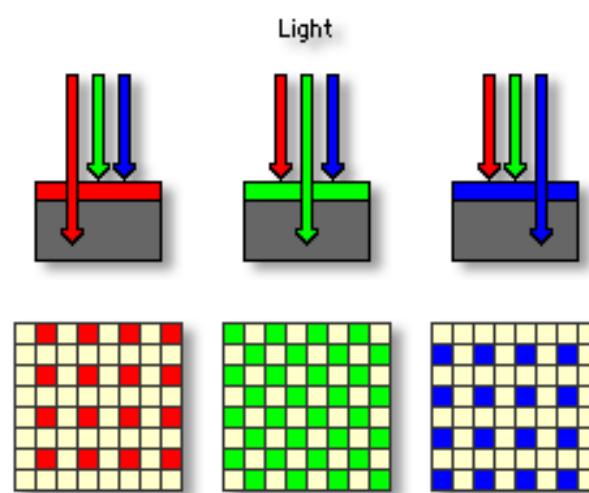
I CCD sono in teoria più sensibili alla luce perché la loro superficie è occupata solo da elementi foto-ricettori, consumano + corrente e tendono a generare più rumore.

I CMOS sono meno sensibili perché parte della superficie è occupata dai transistor accoppiati a ciascun pixel, e ha un segnale più pulito a parità di ISO. Ecco perché alcune compatte iniziano a usare CMOS al posto del CCD, nel tentativo di migliorare la pulizia dell'immagine (a parità di dimensioni)

ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE (MATRICE DI BAYER)



Color Filter Array Sensor

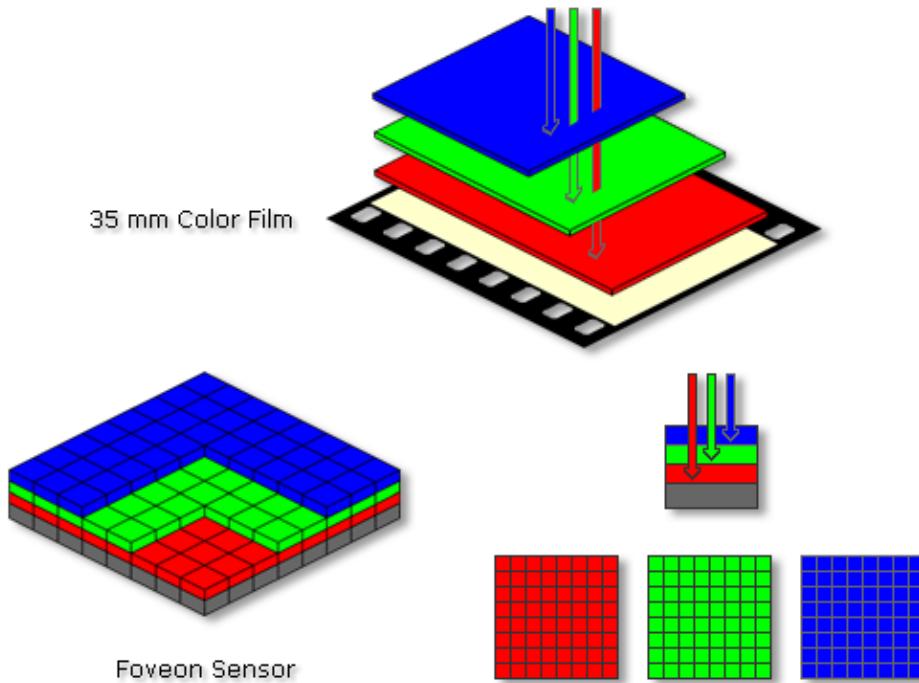


RGB per interpolazione

La sua caratteristica è quella di raggruppare i sensori per i tre colori fondamentali necessari per la sintesi additiva (RGB, rosso, verde e blu) in celle di due fotositi per due. Ogni cella contiene due elementi verdi, uno rosso e uno blu. *Lo schema Bayer prevede che nelle otto cellule adiacenti ad ogni fotosito, ve ne siano almeno due di ognuno degli altri colori.*

Quindi rende possibile ricostruire il valore della luminosità, ad esempio, del rosso in corrispondenza di un elemento verde o blu, deducendolo dagli elementi rossi circostanti. Il processo, detto di **demosaicizzazione**, viene attuato da un apposito software che ricostruisce, per interpolazione, l'informazione che riguarda i due colori mancanti.

ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE (FOVEON)

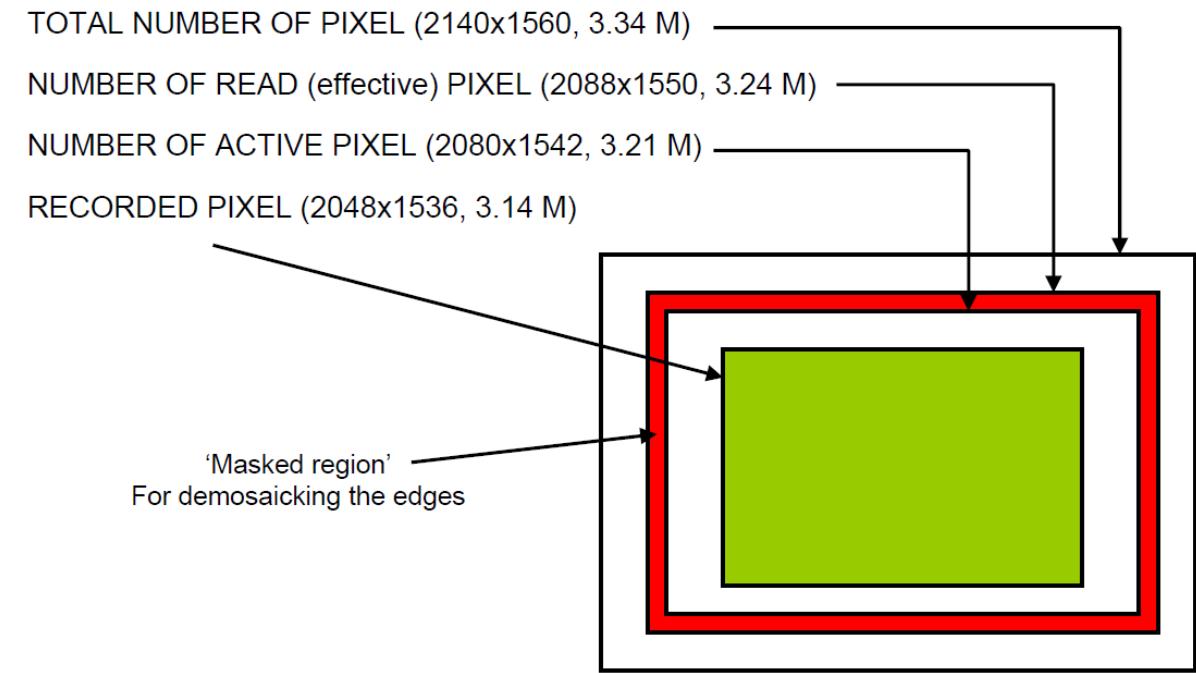


Nel sensore *Foveon* si impiega un array di fotositi ognuno dei quali è costituito da tre fotodiodi impilati verticalmente ed organizzati in una griglia bidimensionale. Ciascuno dei tre fotodiodi impilati risponde a diverse lunghezze d'onda della luce, ovvero ognuno ha una diversa curva di sensibilità spettrale (questa differenza è legata al fatto che le diverse lunghezze d'onda della luce penetrano il silicio a diverse profondità). I segnali dei tre fotodiodi vengono poi elaborati in modo che ogni fotodiodo fornisca il valore corrispondente ad uno tre colori primari (rosso, verde e blu).

- Tecnologia poco diffusa: Sigma Digital Reflex – Polaroid
- Moltiplicate la risoluzione x 3

ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE (MATRICE DI BAYER)

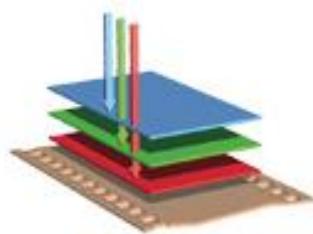
In base alla complessità dell'algoritmo colore applicato, l'intero bordo della periferia del sensore fornisce "solo" le informazioni cromatiche utilizzate per formare la cromia dei pixel immediatamente adiacenti. I pixel più esterni alla superficie del sensore non forniranno dunque dati di dettaglio ma solo valori numerici per la costruzione cromatica dei rispettivi adiacenti.



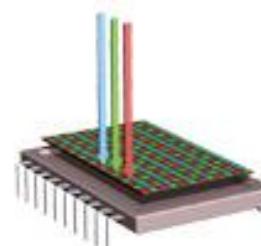
Un'altra porzione di pixel periferici viene mascherata per avere la precisa corrente di "dark" che definisce la media elettrica del punto di nero a quella specifica temperatura di esercizio. Ma ci sono altre funzioni che lasciamo tra i "segreti" dei produttori

ELEMENTI DI UNA CAMERA: SENSORE (BAYER VS FOVEON)

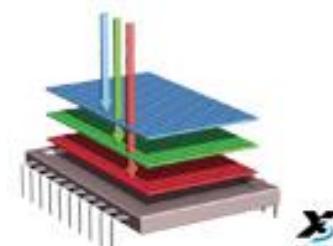
Il funzionamento del sensore Foveon X3 è molto diverso da quello del sensore basato sul filtro Bayer . Nel sensore Bayer, ogni fotosito nella matrice è costituito da un sensore di luce singola (CMOS o CCD) che, a seguito di filtrazione, viene esposto a solo uno dei tre colori primari (rosso, verde o blu). Per la realizzazione dell'immagine finale catturata dal sensore Bayer è necessario effettuare la **demosaicizzazione**, un processo interpolativo in cui ad ogni pixel associato ad ogni fotosito viene assegnato un valore RGB basato sulla combinazione dei valori di rosso, verde e blu dei fotositi ad esso adiacenti. Al contrario, il sensore Foveon X3 crea la resa del colore RGB per ogni fotosito combinando le uscite di ciascuno dei fotodiodi accatastati in ciascuno dei suoi fotositi . Questa differenza operativa comporta diverse conseguenze, non tutte positive (da cui la scarsa diffusione).



First came film.



Then came digital.



Now there's Foveon X3.

Perché nel caso del Foveon X3 non è prevista la demosaicizzazione per produrre un'immagine a colori, gli **artefatti di colore associati a tale processo non sono presenti**. Il filtro **anti-aliasing** tipico dei sensori Bayer per limitare questi artefatti non è presente. Questo permette una qualità maggiore dell'immagine. Al contrario però, il metodo di separazione dei colori legata alla profondità di penetrazione del silicio crea dei problemi nella “**precisione del colore**”, in particolare con il canale rosso. La foto è quindi meno fedele da un punto di vista cromatico.

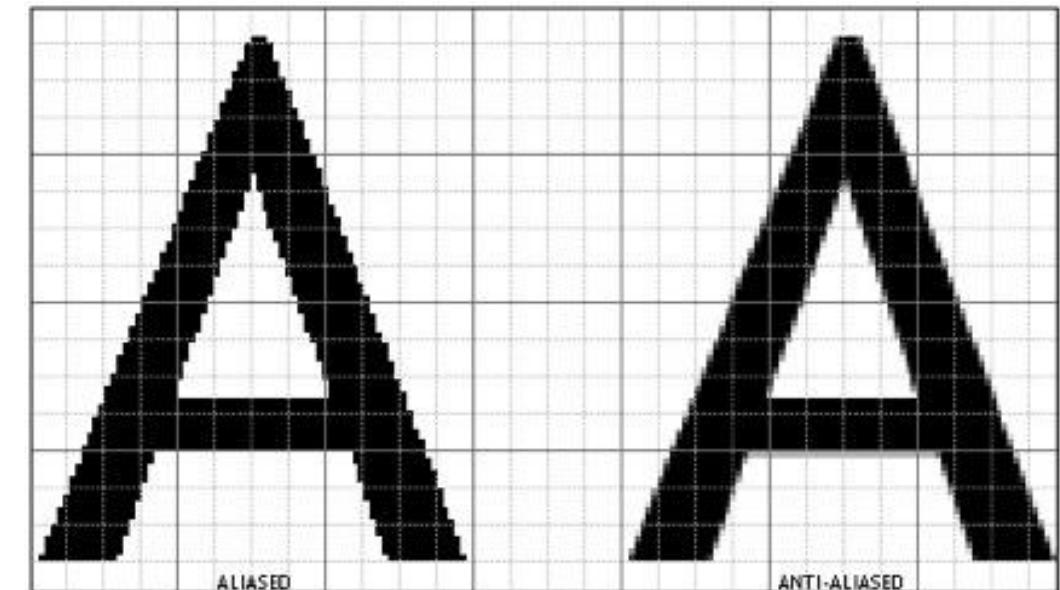
ELEMENTI DI UNA CAMERA: RISOLUZIONE NON è TUTTO!

Il Numero dei pixel (anche la 41 Megapixel!!!) ci attira quando leggiamo le specifiche.

Ma non ci dice tutto.

Oltre al numero, è anche la dimensione dei pixel e la dimensione del sensore.

C'è, infatti, un intervallo ottimale per le dimensioni dei pixel e ci sono dei vantaggi per i sensori grandi.



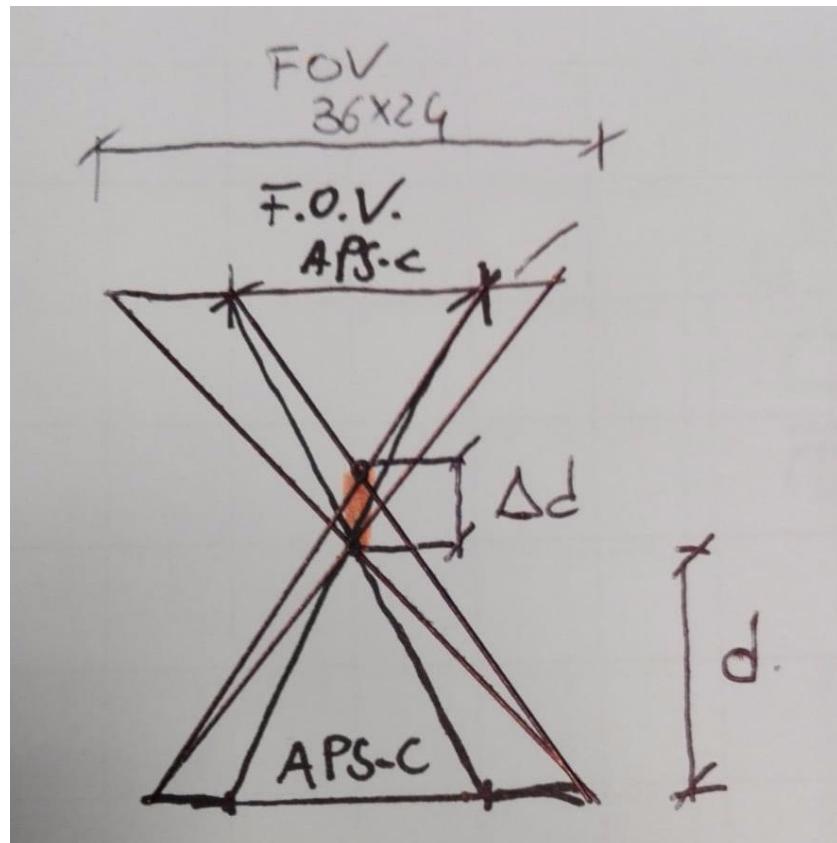
Pixel piccoli hanno una risoluzione eccellente ma soffrono per il rumore, la gamma tonale e la bassa sensibilità. Il perchè è semplice: essendo piccolo intercettano meno fotoni e possono contenere meno elettroni. Questi effetti sono particolarmente evidenti nelle compatte i cui pixel sono da meno di 4 μm .

Pixel grandi hanno un buon rapporto segnale/rumore, buona sensibilità e gamma tonale. Tuttavia possono soffrire di fenomeni di **aliasing** che sono degli artefatti che compaiono quando la lente ha una risposta in frequenza superiore alla frequenza di Nyquist, cioè nel caso della fotografia quando non vi sono pixel sufficienti per captare tutti i dettagli di una scena: cioè quando le variazioni, i dettagli, sono superiori alla capacità del pixel di registrarli fedelmente.

ELEMENTI DI UNA CAMERA: RISOLUZIONE NON è TUTTO!

Per le compatte si usa parlare di focali equivalenti. Spesso infatti sull'obiettivo, oltre alla focale effettiva (o al posto di essa), è indicata quella equivalente nel formato Leica.

Così, per esempio, è facile trovare compatte che sull'obiettivo riportano la scritta "24-105 mm eq.", dove "eq." indica appunto che le focali indicate sono quelle equivalenti, come angolo di campo inquadrato, al formato 24x36mm.



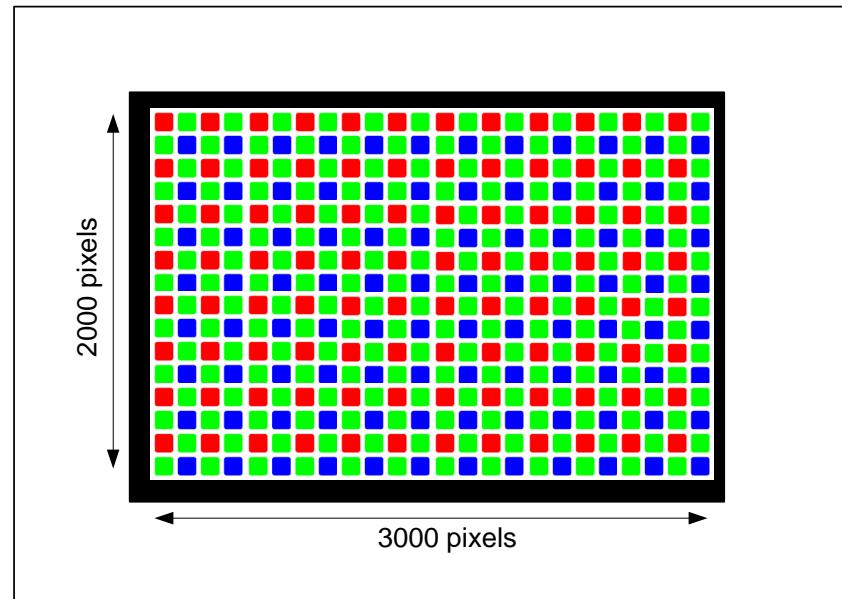
FATTORE DI CROP: un obiettivo fotografico con una data lunghezza focale, applicato a un sensore più piccolo, restituisce un'immagine apparentemente "ravvicinata" (in realtà ritagliata) che, per angolo di campo, corrisponde a quella prodotta da un sensore di lunghezza focale maggiore. Per esempio, un obiettivo con focale 50mm, applicato a un sensore con fattore di crop 1,5, produce un'immagine che ha un angolo di campo uguale a quella prodotta da un obiettivo 75mm applicato a un sensore full frame. Dalla dimensione del sensore dipende la risoluzione geometrica della presa (a parità di sensore).

RISOLUZIONE OTTIMALE: RICAPITOLAZIONE

- La dimensione ottima per i pixel sembra essere tra i 6 e i 9, comunque sempre meglio di 3 µm
- Pixel più larghi possono hanno problemi di aliasing e non possono sfruttare a pieno ottiche eccellenti.
- Pixel più piccoli mostrano più rumore e meno gamma tonale e sensibilità. I sensori più grandi soffrono meno di diffrazione ottica.
- Tempi di esposizione possono andare da 1/180 a 1/500 (interni-esterni), 1/400 a 1/1000 per droni
- Valori di diagramma ottimali vanno da f/9 a f/11
- Valori ottimali di ISO, per non ottenere troppo rumore, non deve superare ISO 400



ELEMENTI DI UNA CAMERA: FILE RAW



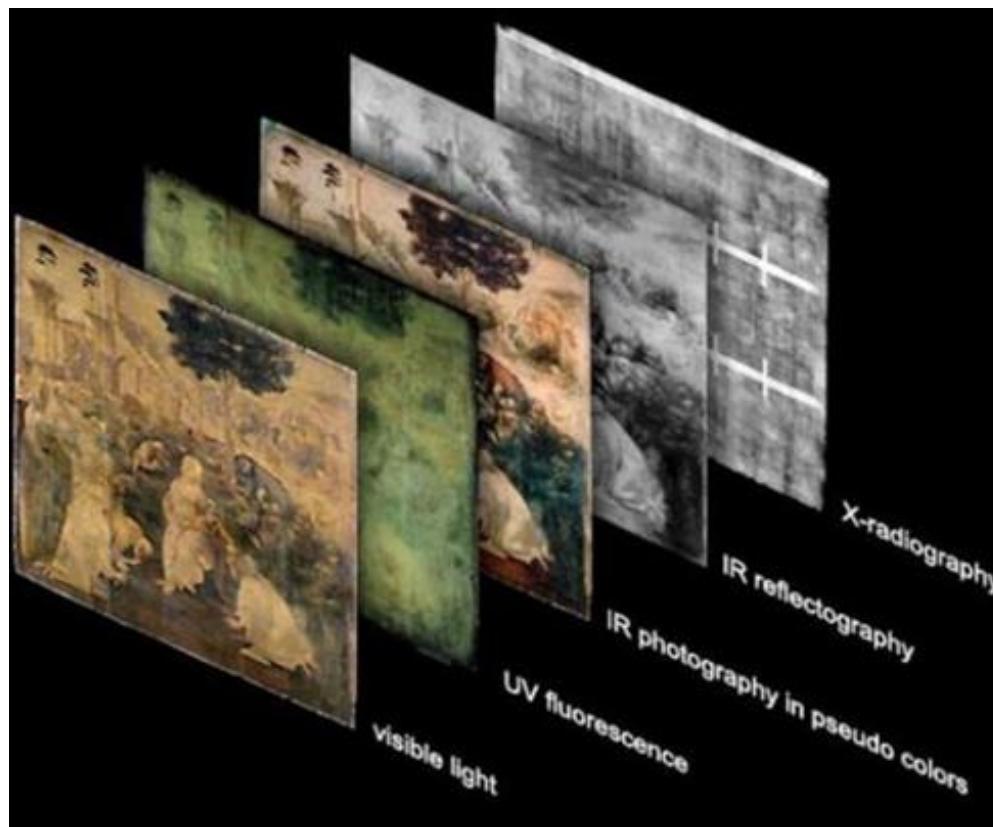
- È il vero segnale acquisito dal sensore
- Può essere elaborato solo con SW dedicato sul PC
- Massima flessibilità in post elaborazione (bianco/esposizione)
- Potete concentrarvi solo sullo scatto e l'esposizione

Raw è un termine inglese che assume diversi significati. Qui interessano quelli che rimandano al concetto di "non elaborato", "non raffinato", "grezzo". La denominazione Raw in questo ambito sta ad indicare che l'immagine catturata dal sensore CCD o CMOS della macchina fotografica viene registrata nella sua forma originaria, numerica, cioè dopo essere stata solo convertita da analogico a digitale, senza nessuna ulteriore elaborazione da parte della fotocamera. Nel formato Raw vengono registrati, quindi, i dati monocromatici grezzi indicanti l'informazione di intensità luminosa incidente sui singoli photodetector R, sui singoli photodetector G e sui singoli photodetector B.

ELEMENTI DI UNA CAMERA: FILTRI

Un filtro ottico è uno strumento che viene interposto tra le informazioni luminose che provengono dal soggetto e lo strato fotosensibile.

Trasmette, ovvero lascia passare selettivamente la luce con particolari proprietà come una o più lunghezza d'onda, una gamma di colore, una polarizzazione, o ne attenua l'intensità.



Filtri UV

Generalmente utilizzati per proteggere la lente dell'obiettivo da sporcizia, gocce d'acqua, graffi e urti accidentali, questi filtri nascono con lo scopo di filtrare i raggi ultravioletti, non visibili dall'occhio umano, ma percepibili da pellicole e sensori fotografici. Tali raggi sono maggiormente presenti in alta montagna.

Nonostante il loro effetto sia quasi impercettibile, permettono di ottenere cieli leggermente più tersi e immagini più nitide, oltre a ridurre lievemente possibili dominanti azzurre.

ELEMENTI DI UNA CAMERA: FILTRI

Neutral Density Standard

Permettono di ridurre la quantità di luce entrante nell'obiettivo in maniera uniforme. Divengono indispensabili quando si vogliono effettuare lunghe esposizioni in ambienti molto luminosi. Infatti, pur impostando la fotocamera sul valore ISO più basso e sul diaframma più chiuso, non sempre si riescono ad ottenere tempi di esposizione sufficientemente lunghi.

Il termine "Neutral" sta a significare che tali filtri non introducono dominanti cromatiche, ma semplicemente attenuano la luce entrante in maniera neutra.

Si presentano di colore grigio neutro.



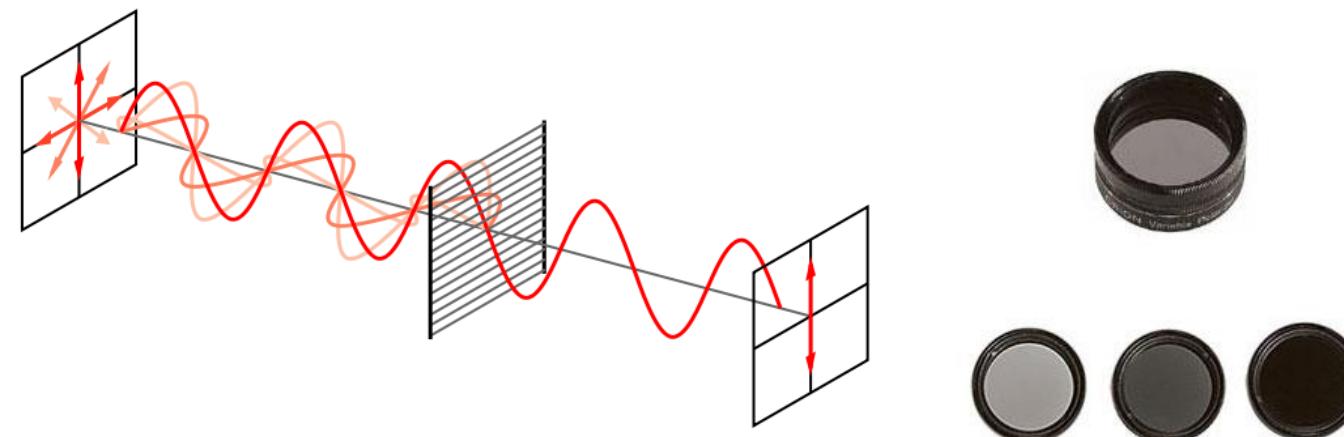
ELEMENTI DI UNA CAMERA: FILTRI

Filtri polarizzatori

Permette di ridurre i bagliori riflessi da specchi d'acqua ed altre superfici, come il vetro.

Tale caratteristica permette di "recuperare" la trasparenza dell'acqua migliorando notevolmente la visione dei fondali marini, lacustri e molto altro ancora. Inoltre, sempre grazie alla stessa proprietà, consente di ottenere cieli più saturi e contrastati, minimizzando i riflessi causati dal vapore acqueo presente nell'aria.

Non essendo perfettamente trasparenti a causa della loro natura fisica (come è possibile osservare nella fotografia a lato), fungono anche da leggeri filtri ND.



ELEMENTI DI UNA CAMERA: FILTRI

Filtri infrarosso

Bloccare le lunghezze d'onda nell'area dell'infrarosso e lasciar passare solo la luce visibile (filtro low-pass “IR CUT”).

I sensori CCD sono molto sensibili non solo nel campo spettrale del visibile ma anche nell'infrarosso. Sulle riprese eseguite senza il filtro IR-cut off la radiazione infrarossa produce (con qualsiasi sistema ottico!!) un alone più o meno grande intorno all'immagine formata dallo spettro visibile della radiazione. L'alone scomparirà utilizzando un filtro IR-cut off di fronte al chip.

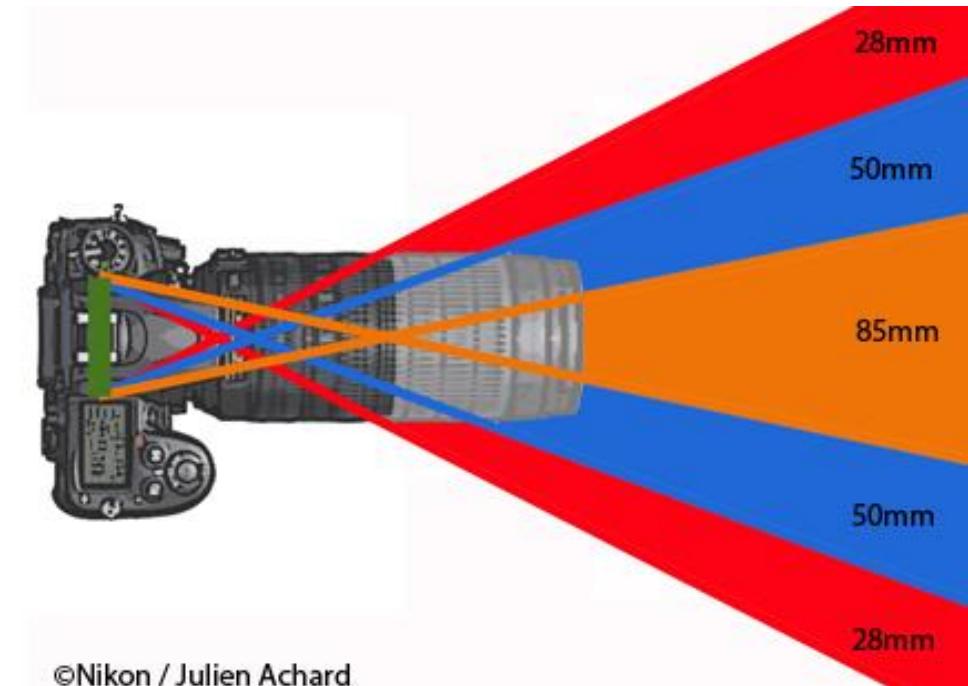


Quindi una foto all'infrarosso di un terreno con dell'erba con differenti fasi di crescita evidenzia le mura che vi sono ⁴¹sotto (o i fossati per il principio opposto).

ELEMENTI DI UNA CAMERA: LUNGHEZZA FOCALE

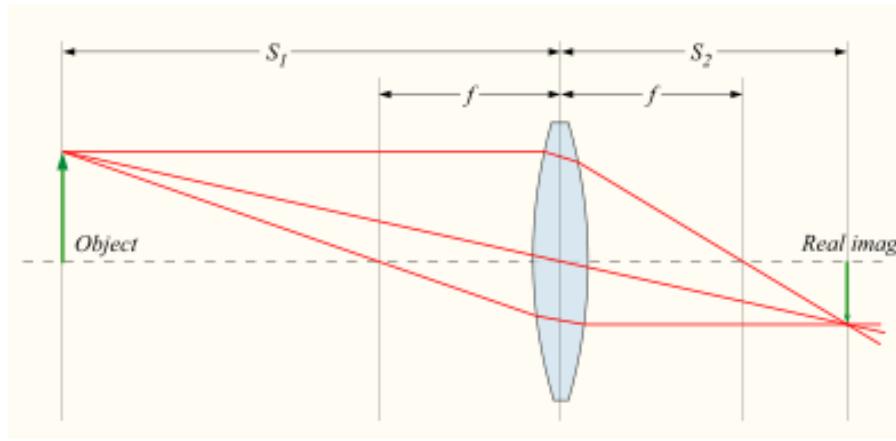
La lunghezza focale è la distanza – ottica – calcolata dal punto in cui i raggi luminosi convergono in un unico centro (ovvero, piano nodale della camera) fino al piano del sensore digitale (o pellicola da 35 mm).

Maggiore è la lunghezza focale più stretto sarà l'angolo di visualizzazione e, quindi, il campo visivo, ma maggiore l'ingrandimento (o dettaglio di campo). Minore è la lunghezza focale più ampio sarà l'angolo di visualizzazione e, quindi, il campo visivo, ma minore l'ingrandimento (o livello di dettaglio).



©Nikon / Julien Achard

ELEMENTI DI UNA CAMERA: LUNGHEZZA FOCALE



Date le distanze S_1 (s) tra lente e oggetto e S_2 (c) tra lente e immagine, per una lente di spessore trascurabile vale la formula:

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

Quindi, per ogni messa a fuoco avremmo una diversa distanza principale

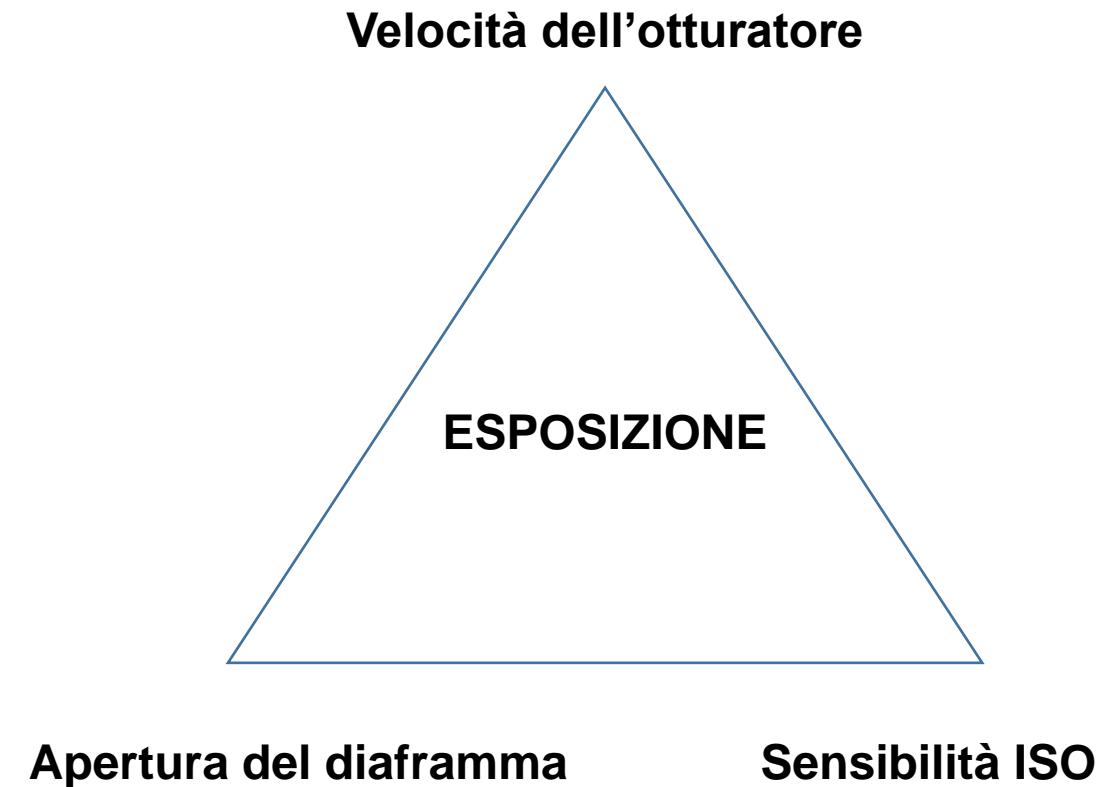
NIKON D300 WITH 24 mm f2.8D	
FOCUS DISTANCE [m]	CALIBRATED PRINCIPAL DISTANCE [mm]
0.3	25.578
0.5	25.006
0.8	24.759
2.0	24.554
∞	24.398

Riducendo la distanza di messa a fuoco (o focale) si notano grandi variazioni nell'O.I., quindi per acquisizioni accurate è fortemente consigliato fissare questo valore durante le operazioni di rilevamento (quasi mai in modalità AF).



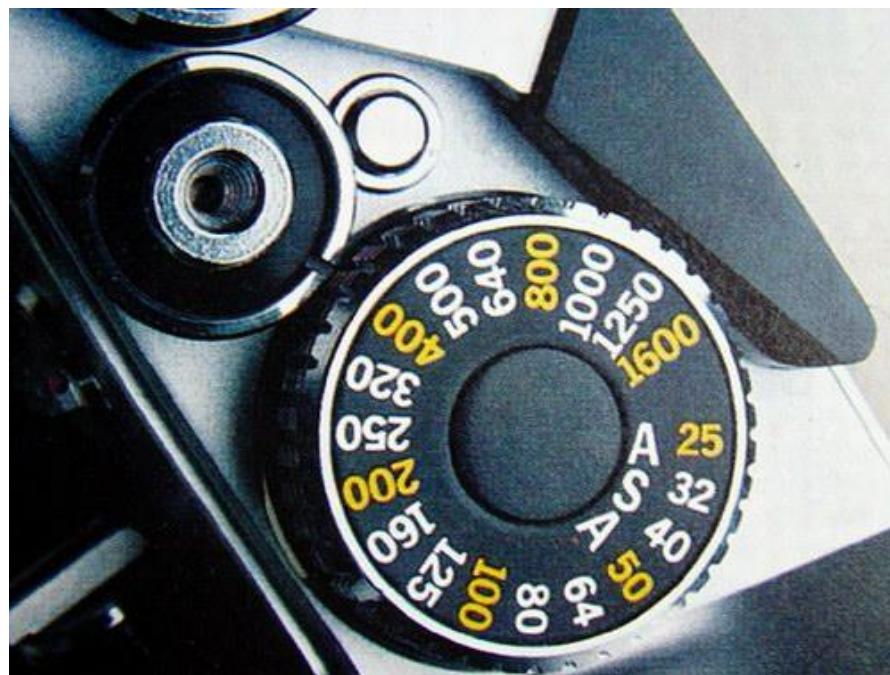
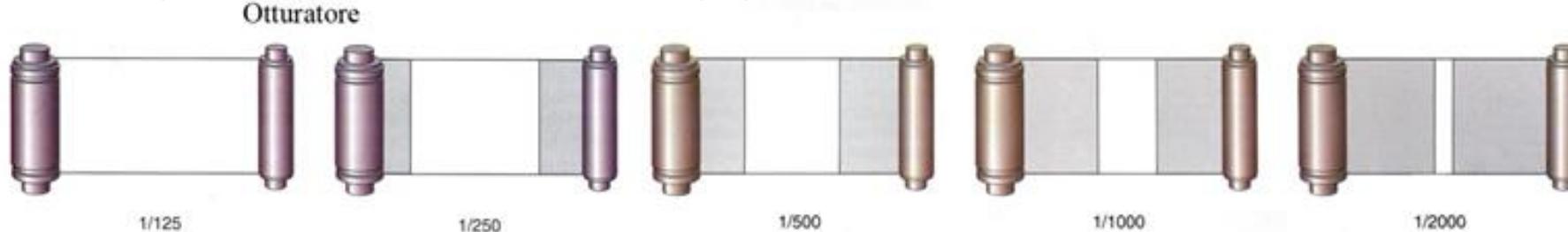
ELEMENTI DI UNA CAMERA: VELOCITA' OTTURATORE

La velocità dell'otturatore ci permette di controllare il tempo (misurato in secondi o frazioni di secondo) durante i quali la luce inciderà sul sensore della camera.



FOTOGRAFIA

ELEMENTI DI UNA CAMERA: VELOCITÀ DELL'OTTURATORE



L'otturatore si attiva nell'atto dello scatto e resta aperto per la durata dell'esposizione prescelta.

Nelle macchine fotografiche, di un certo livello, i tempi dell'otturatore sono selezionabili secondo una tipica serie di tempi (o velocità) di otturazione in frazioni di secondo.

8 - 4 - 2 - 1 - 1/2 - 1/4 - 1/8 - 1/15 - 1/30 - 1/60 - 1/125 - 1/250 - 1/500 - 1/1000 - 1/2000 - 1/4000.



ELEMENTI DI UNA CAMERA: ISO

L'ISO definisce la quantità di luce necessaria per acquisire correttamente una presa fotografica; questo concetto è tratto tal quale dalla fotografia tradizionale.

La sensibilità degli elementi digitali del sensore che catturano la luce è fissata a un valore approssimativamente equivalente a 100 ISO.

I valori ISO elevati offerti dalla moderne fotocamera digitale non corrispondono a un reale aumento della sensibilità degli elementi rivelatori, ma a un'amplificazione software del relativo segnale.

All'amplificare del segnale di debole luce, che avviene in maniera casuale, corrisponde un aumento del cosiddetto rumore (che si manifesterà più evidente nelle aree scure).

È possibile ridurre questo ‘errore’, il rumore, con programmi di editing o con l'applicazione di opportuni filtri.

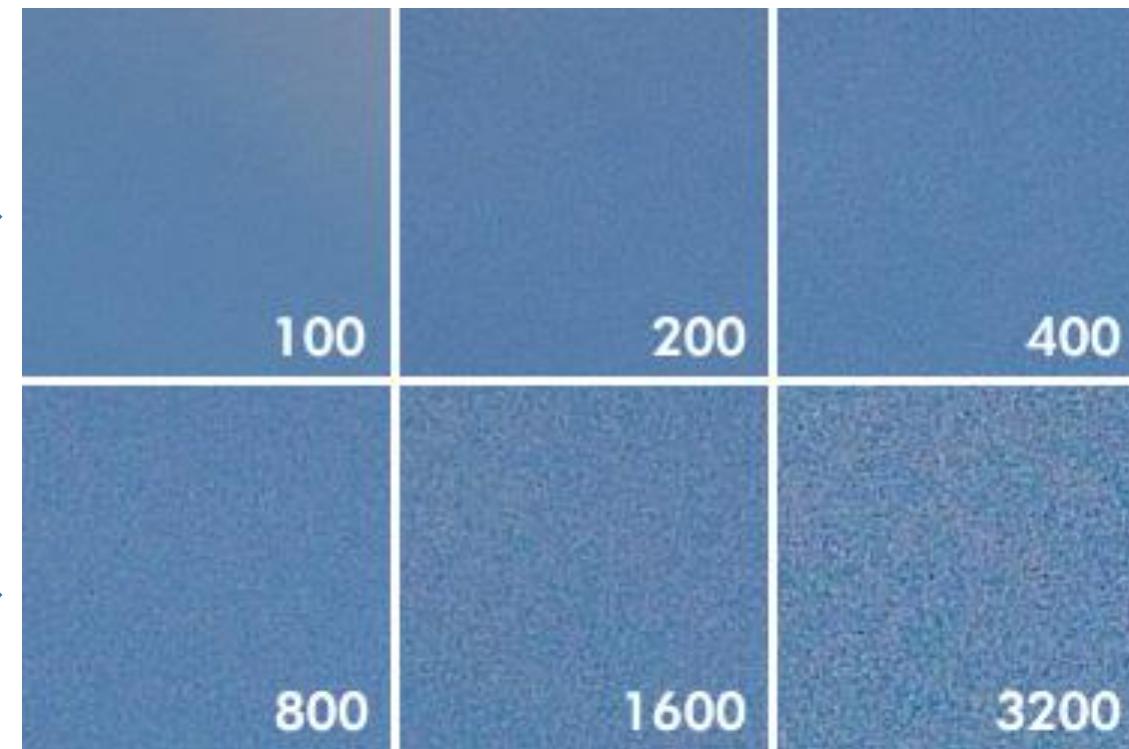
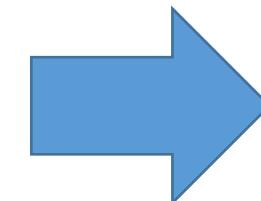
Generalmente, un'immagine digitale di qualità si ottiene operando con i valori più inferiori dell'ISO.

Ma attenzione, indipendentemente dal valore selezionato per l'ISO è essenziale garantire una corretta esposizione: ad esempio, operativamente usando bassi valori di ISO si può incorre facilmente in una presa sotto-esposta.

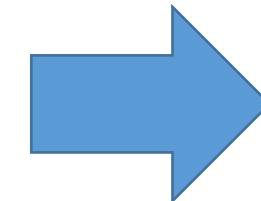
ELEMENTI DI UNA CAMERA: ISO

Indica la sensibilità del sensore alla luce. Si indica con un numero. Più il numero è alto, più il sensore è più sensibile alla luce

Riuscirò a fotografare in condizione di luce scarsa, anche senza flash (ISO BASSE)

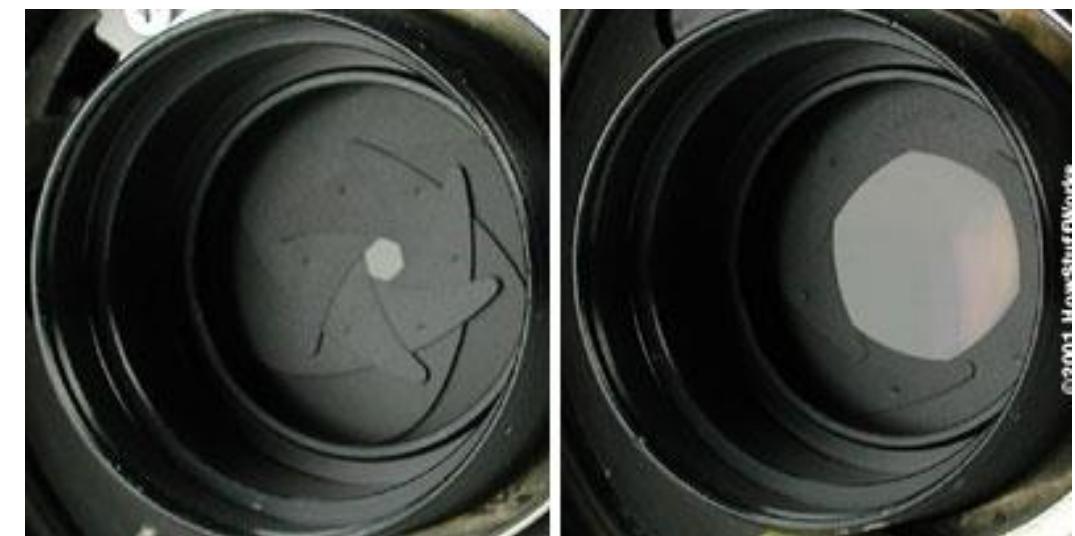
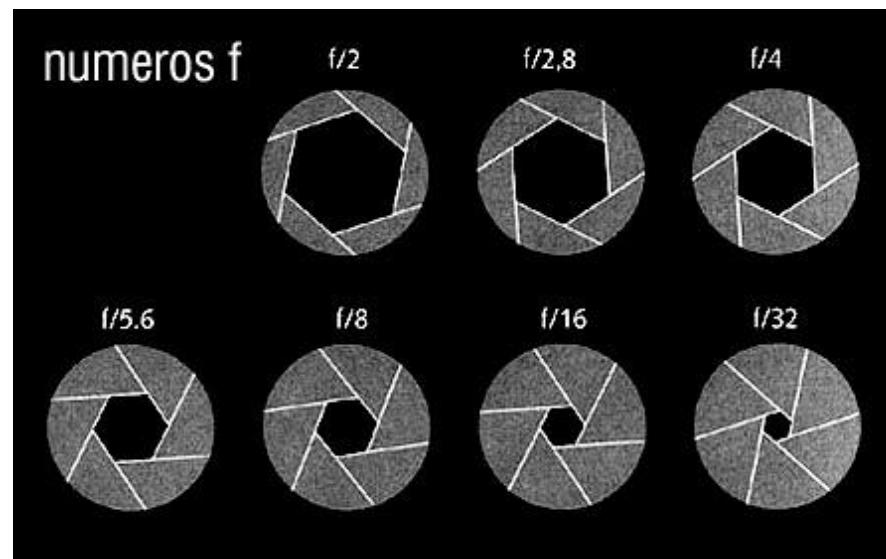


Presenza di noise
nell'immagine (ISO ALTE)



ELEMENTI DI UNA CAMERA: APERTURA

L'apertura (misurata in f/n), indica il grado di ampiezza del diaframma. Questa può variare opportunamente influenzando anche la profondità di campo (quindi, l'area di messa a fuoco o di sfocato).

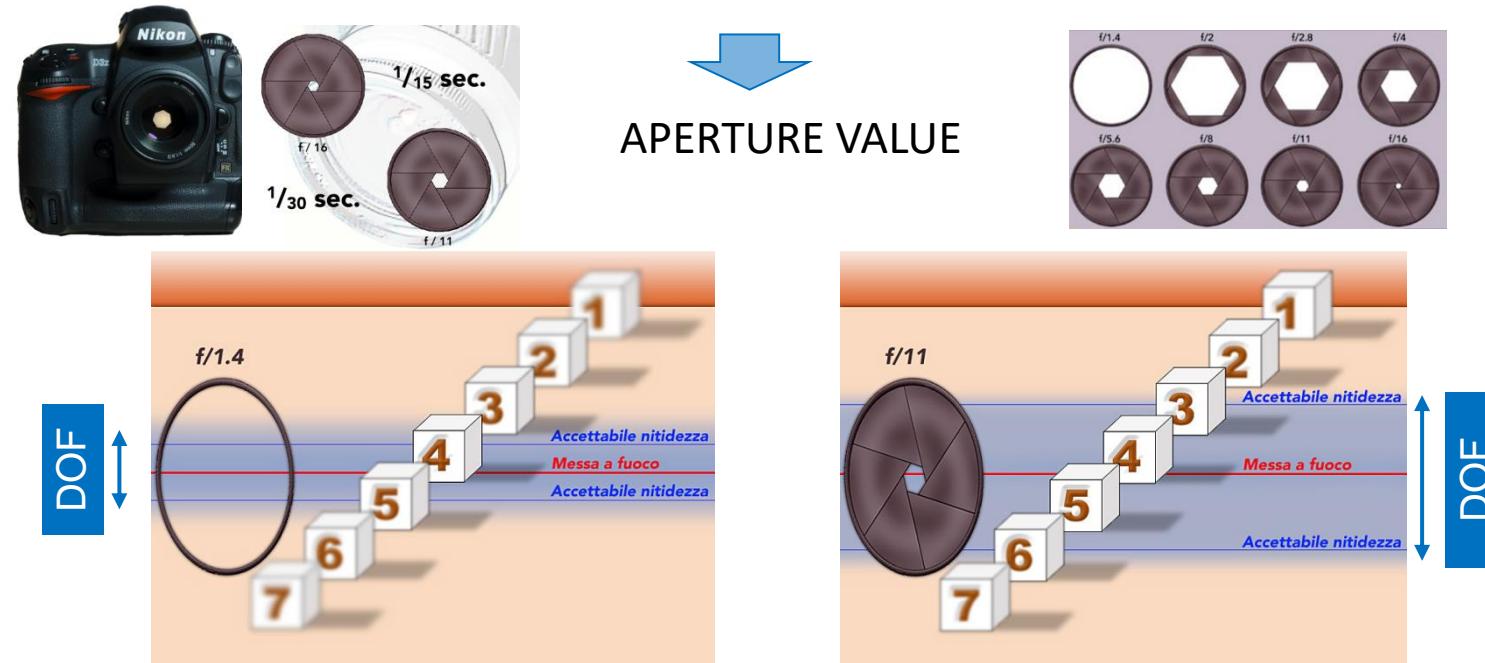


Apertura + Velocità + ISO = ESPOSIZIONE

ELEMENTI DI UNA CAMERA: APERTURA

Ma se operiamo con una messa a fuoco fissa (ad esempio in iperfocale) tutte le nostre immagini saranno ancora nitide?

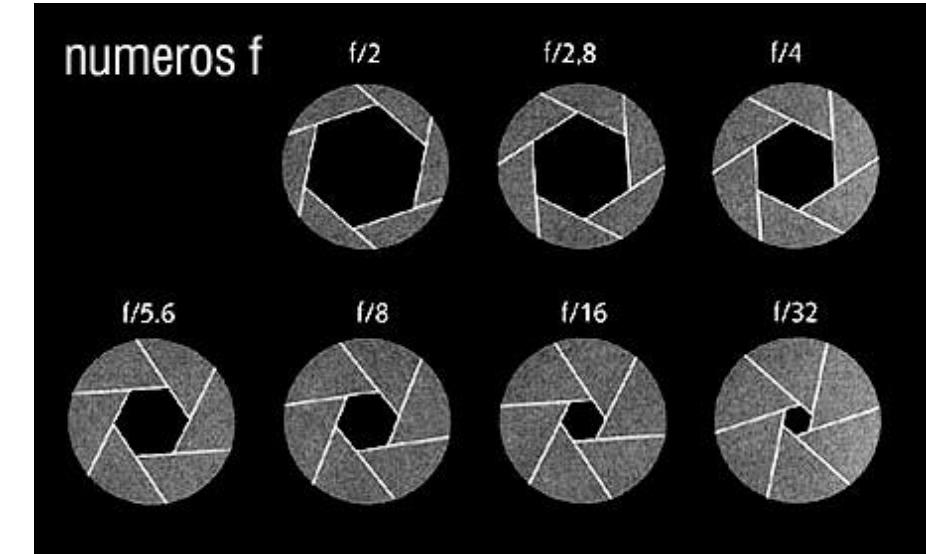
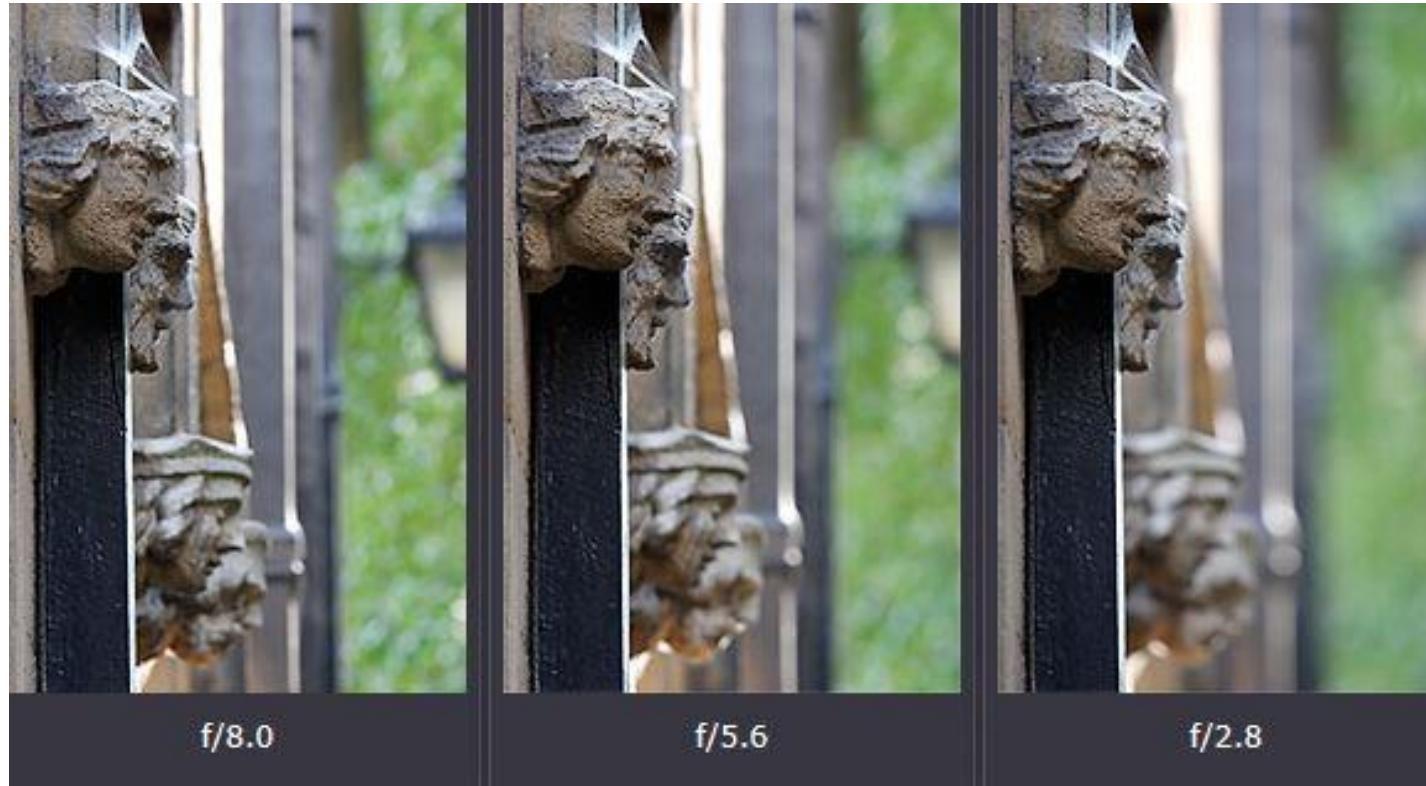
Ciò dipenderà dalla profondità di campo (DOF)!



Sulla carta più alto è il cosiddetto f numero più esteso sarà il DOF, ma ovviamente avremmo bisogno di maggiori tempi di esposizione (con possibile effetto mosso).



ELEMENTI DI UNA CAMERA: PROFONDITÀ DI CAMPO (DOF)



ELEMENTI DI UNA CAMERA: PARAMETRI FOTOGRAFICI

Una buona fotografia è obbligatoria per fare fotogrammetria!

Tre settaggi fondamentali:

- Tempo di esposizione
- Apertura
- Messa a fuoco

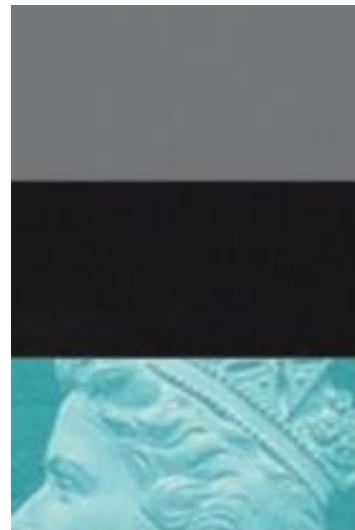


NIKON FM3a
MANUAL FOCUS
FILM CAMERA



ELEMENTI DI UNA CAMERA: PARAMETRI FOTOGRAFICI

Ovviamente, se abbiamo la necessità di chiudere molto il diaframma (f number elevato) questo aumenterà il tempo di esposizione e dovremmo usare un treppiede

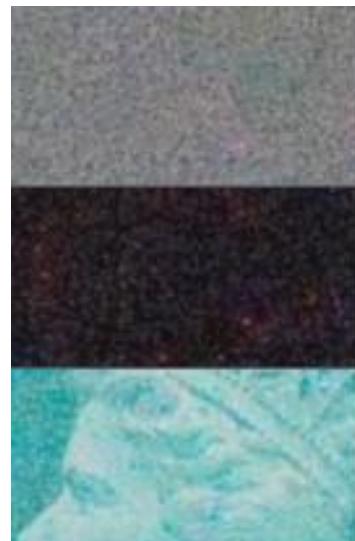


ISO 100

Quando il tempo di esposizione è lungo (scatto troppo lento) fino a quali valori si può procedere senza supporto? Empiricamente, quando il tempo di esposizione risulta al massimo pari al reciproco della lunghezza focale, cioè:

per un 55 mm, massimo un 1/55 sec (soggettivo)

Se non possiamo usare un treppiede siamo costretti a impostare un ISO più elevato (amplificazione elettronica del segnale luminoso), col rischio di un aumento del 'rumore'



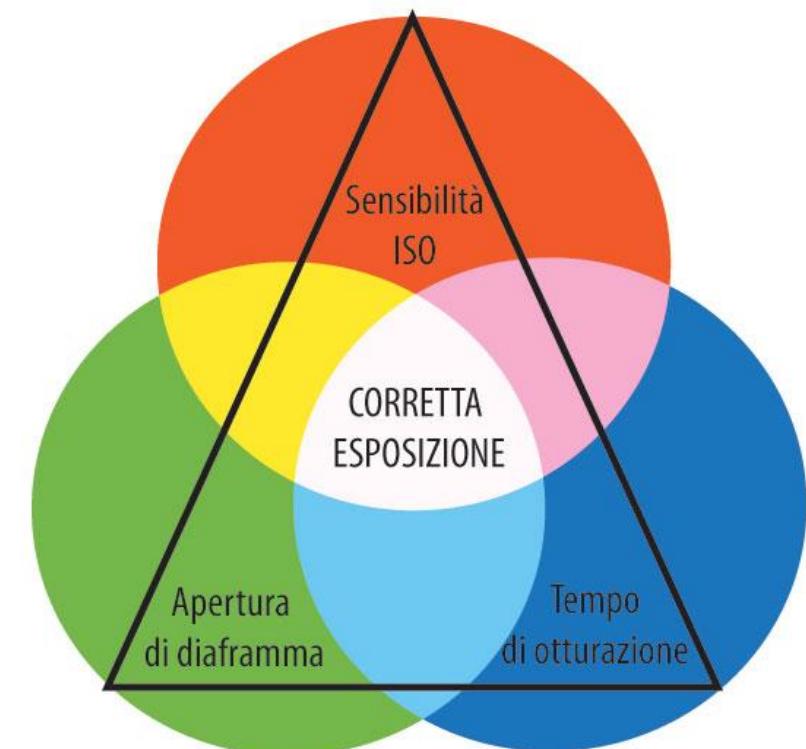
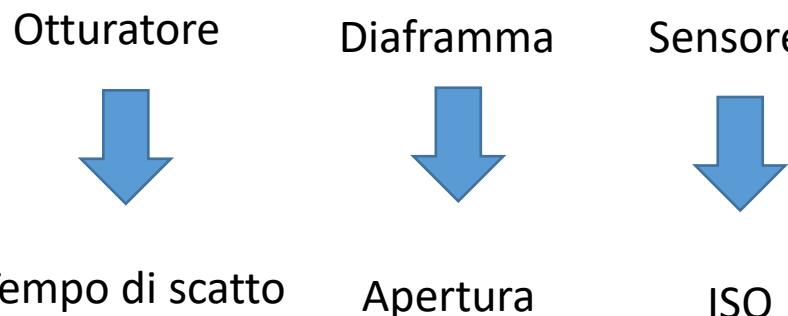
ISO 25.600



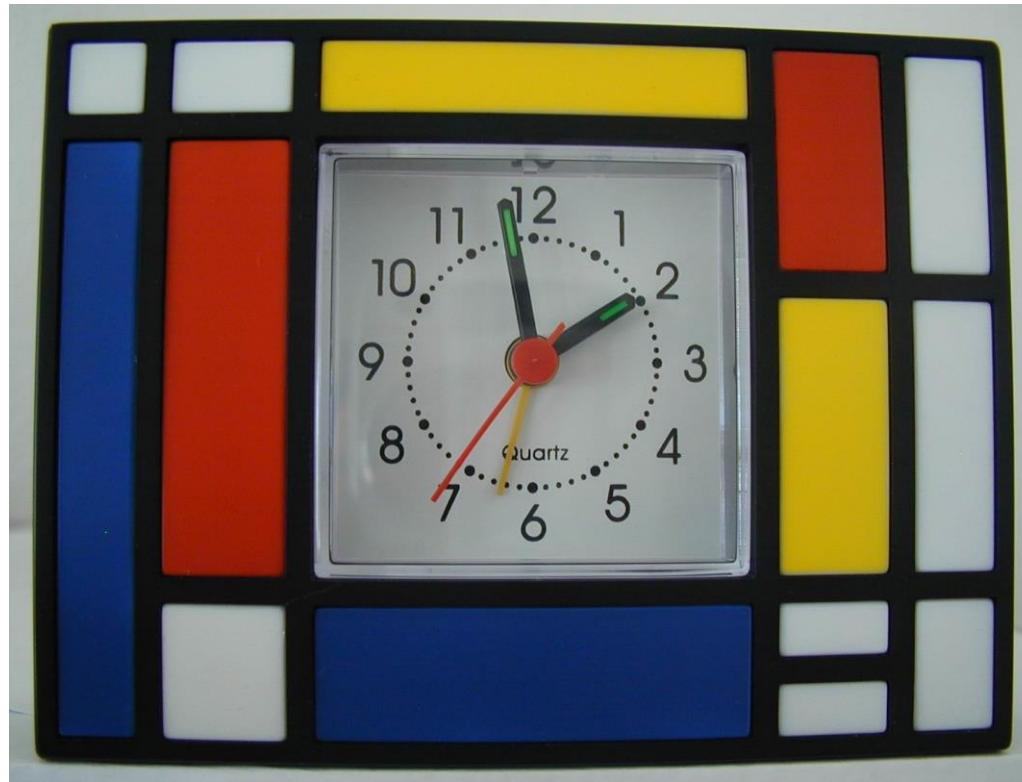
ELEMENTI DI UNA CAMERA: PARAMETRI FOTOGRAFICI

Saper fotografare significa saper usare una fotocamera manualmente, sfruttandola secondo le proprie esigenze.

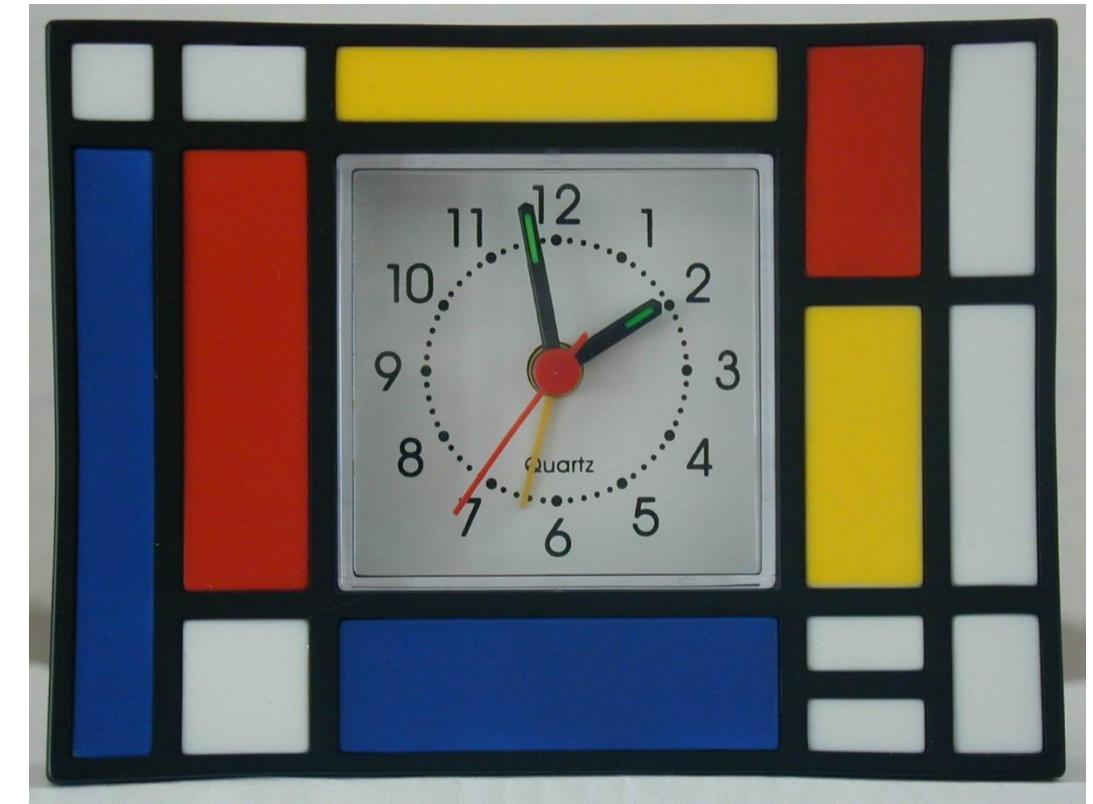
La giusta quantità di luce che deve arrivare al sensore viene regolata dall'azione combinata dell'otturatore, del diaframma e del sensore; azione che può essere regolata manualmente o lasciata agli automatismi della fotocamera.



ELEMENTI DI UNA CAMERA: DISTORSIONI – ABERRAZIONI OTTICHE

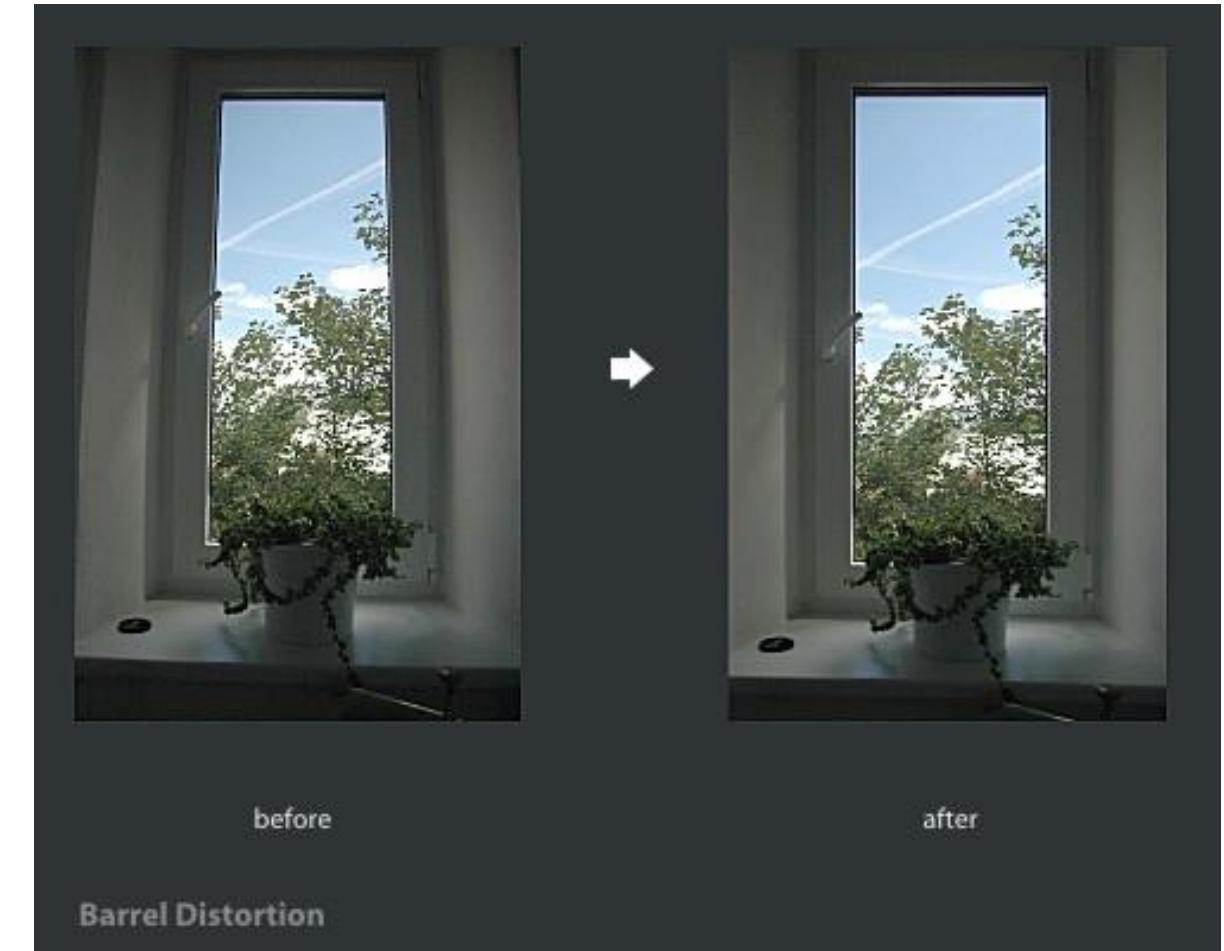
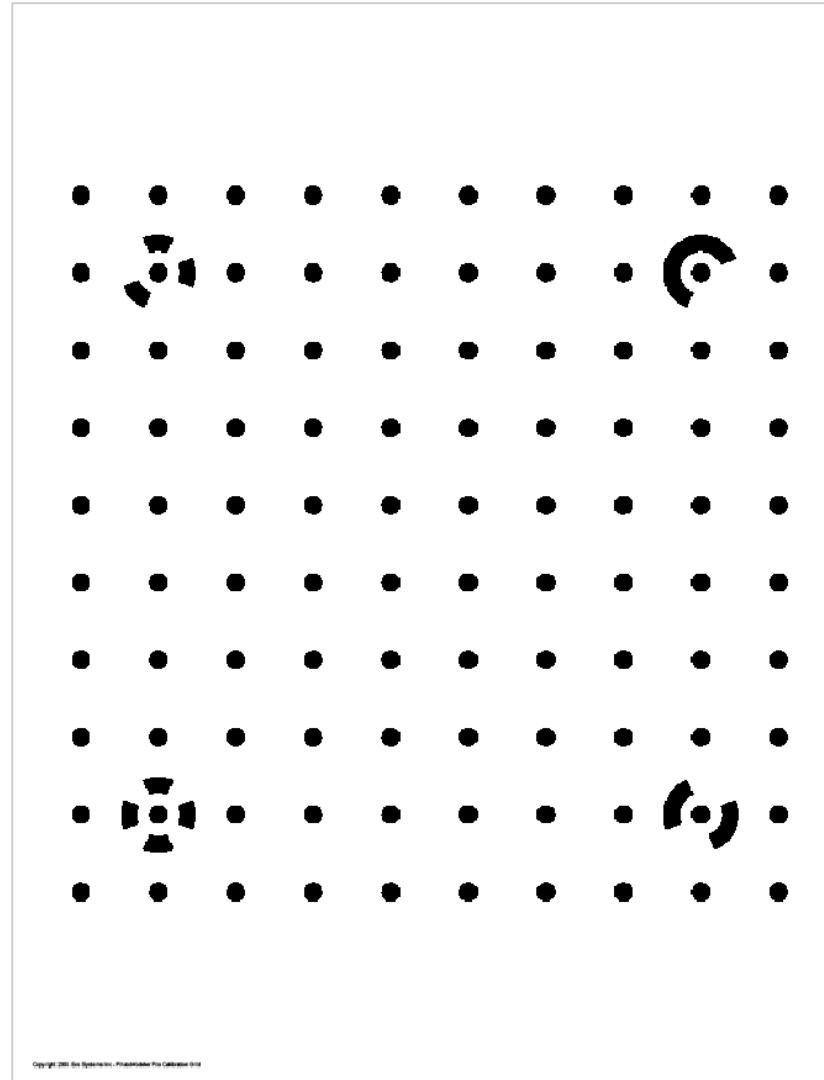


Effetto a “barilotto” (grandangolari)



Effetto a “cuscinetto” (teleobiettivi)

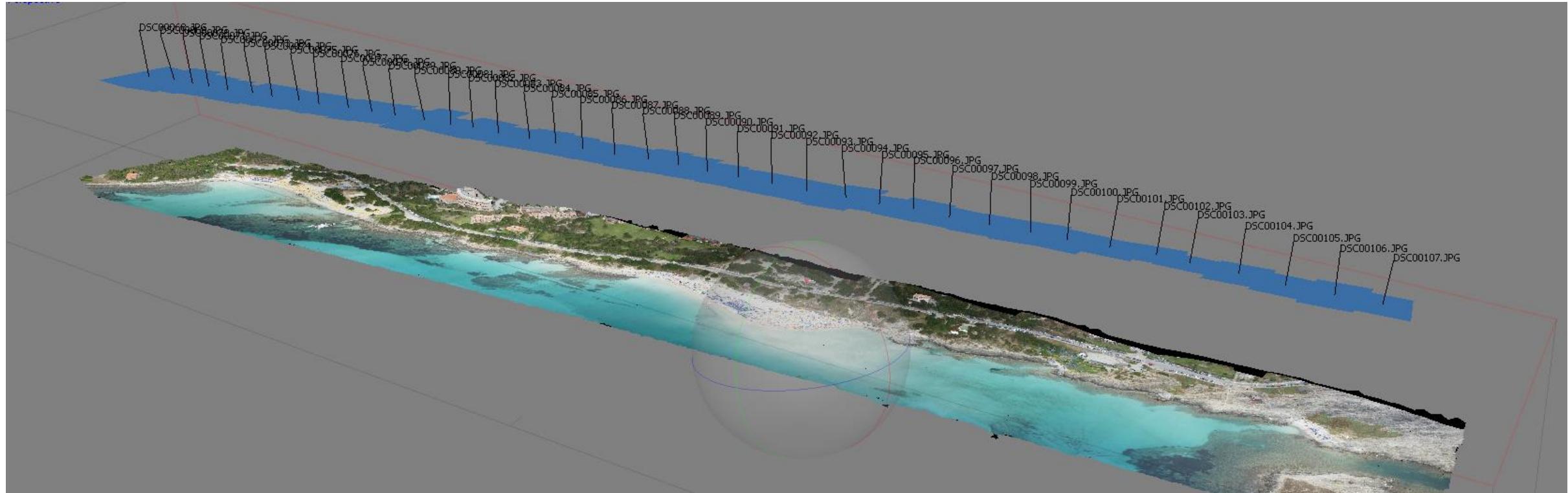
ELEMENTI DI UNA CAMERA: CAMERA CALIBRATION



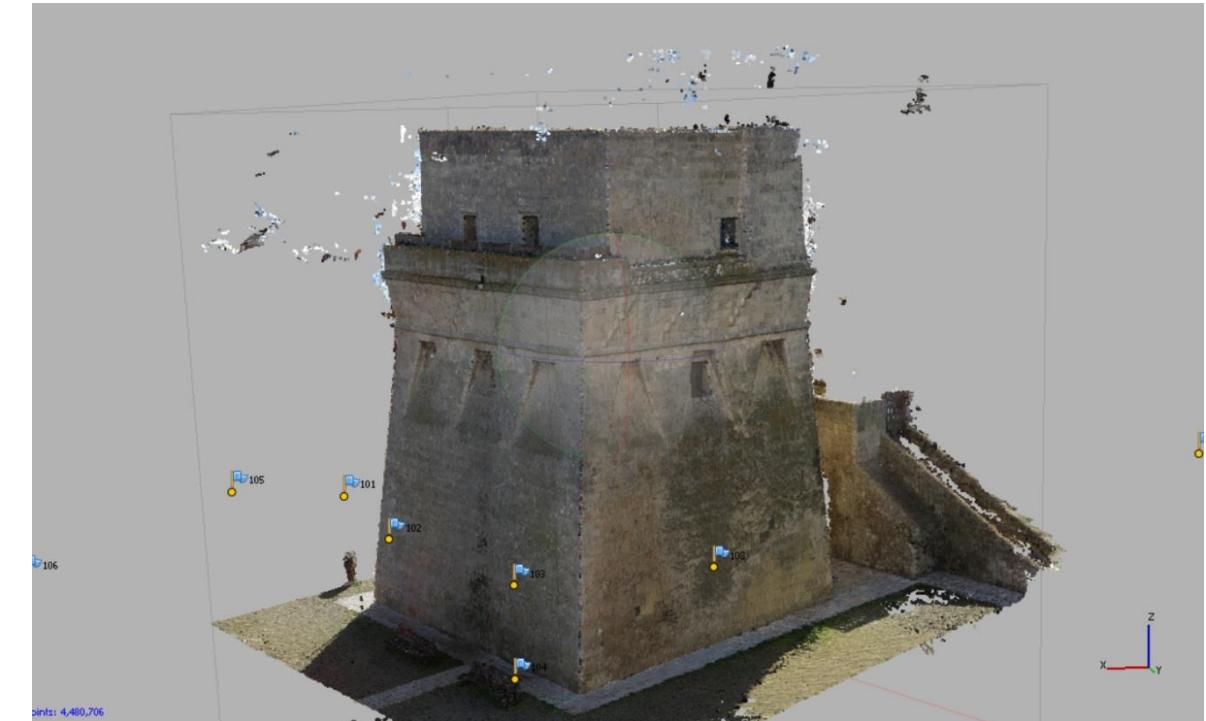
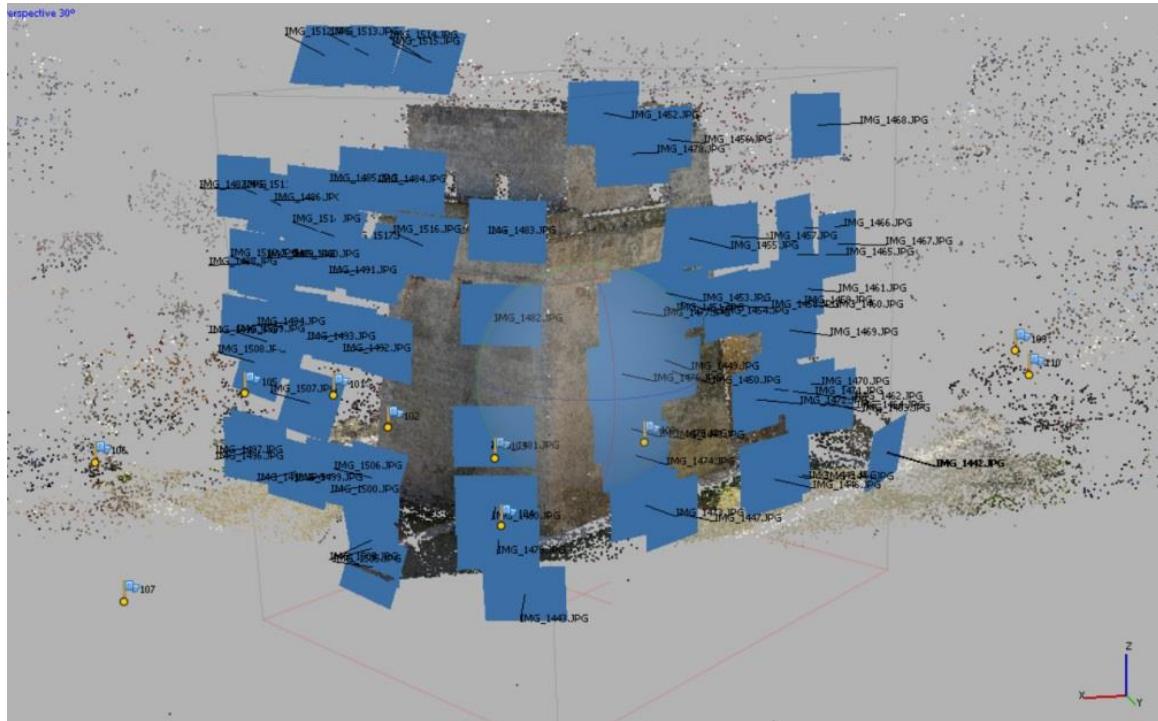
PRINCIPI DI FOTOGRAMMETRIA



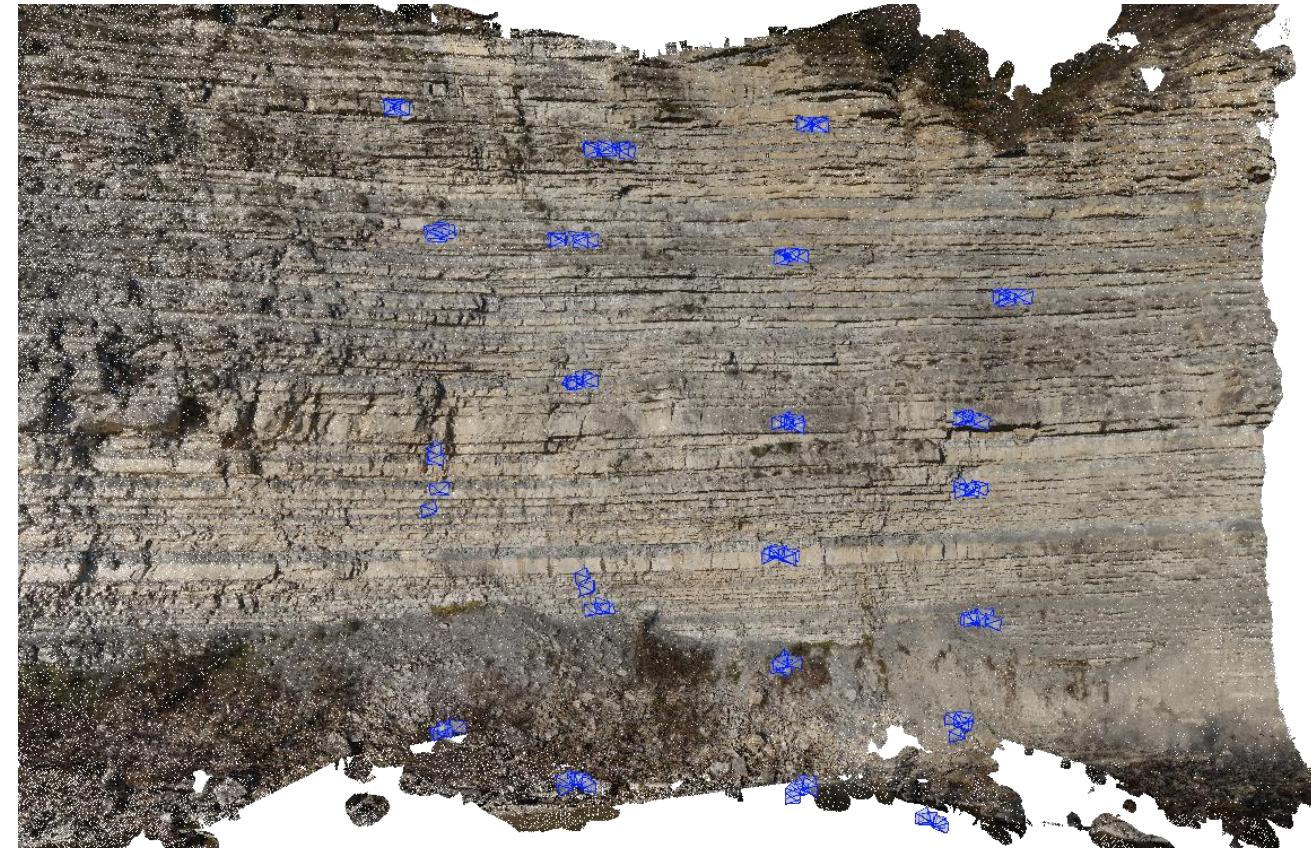
TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: NADIRALE LIBERA



TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: LIBERA



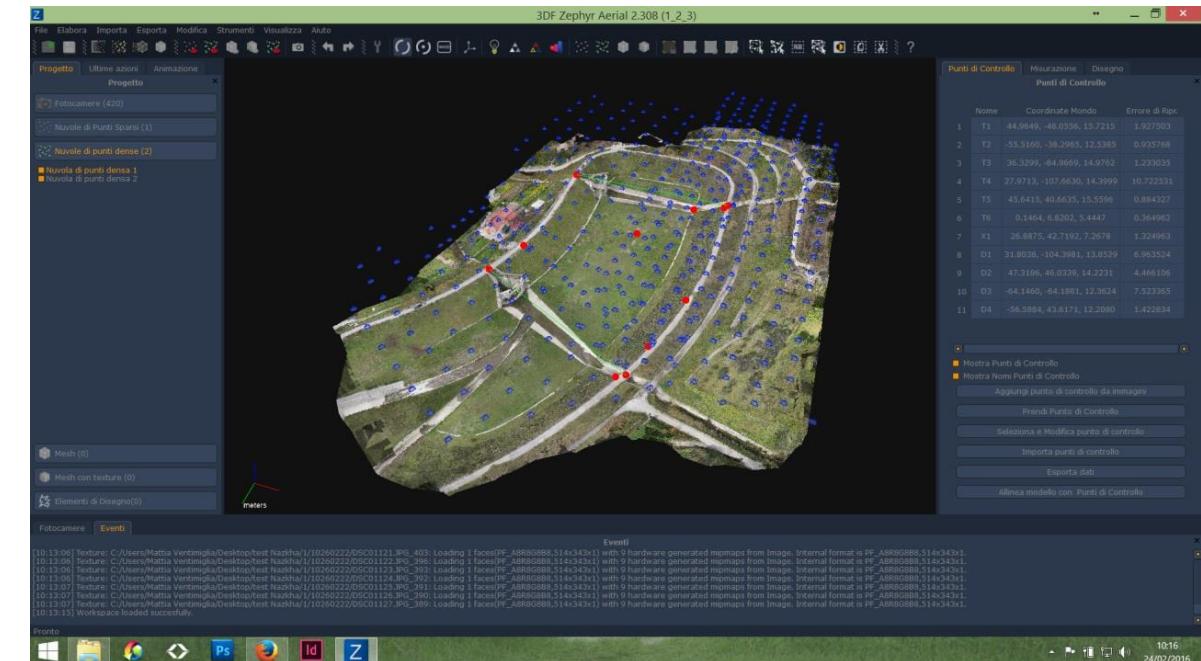
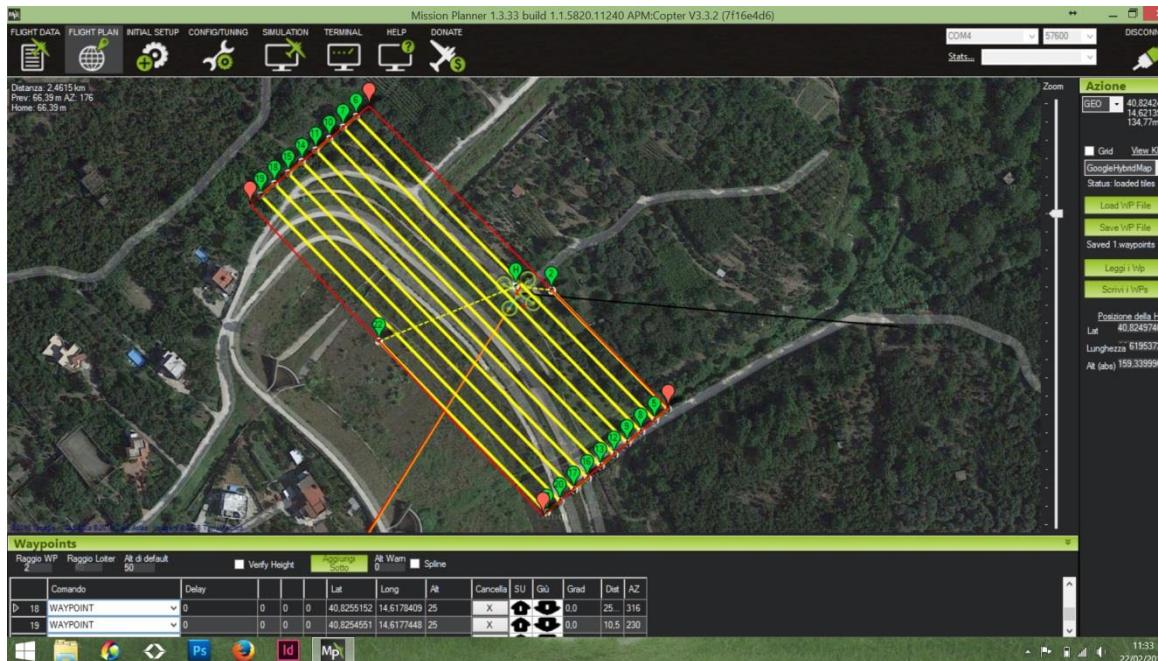
TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: PANORAMICHE



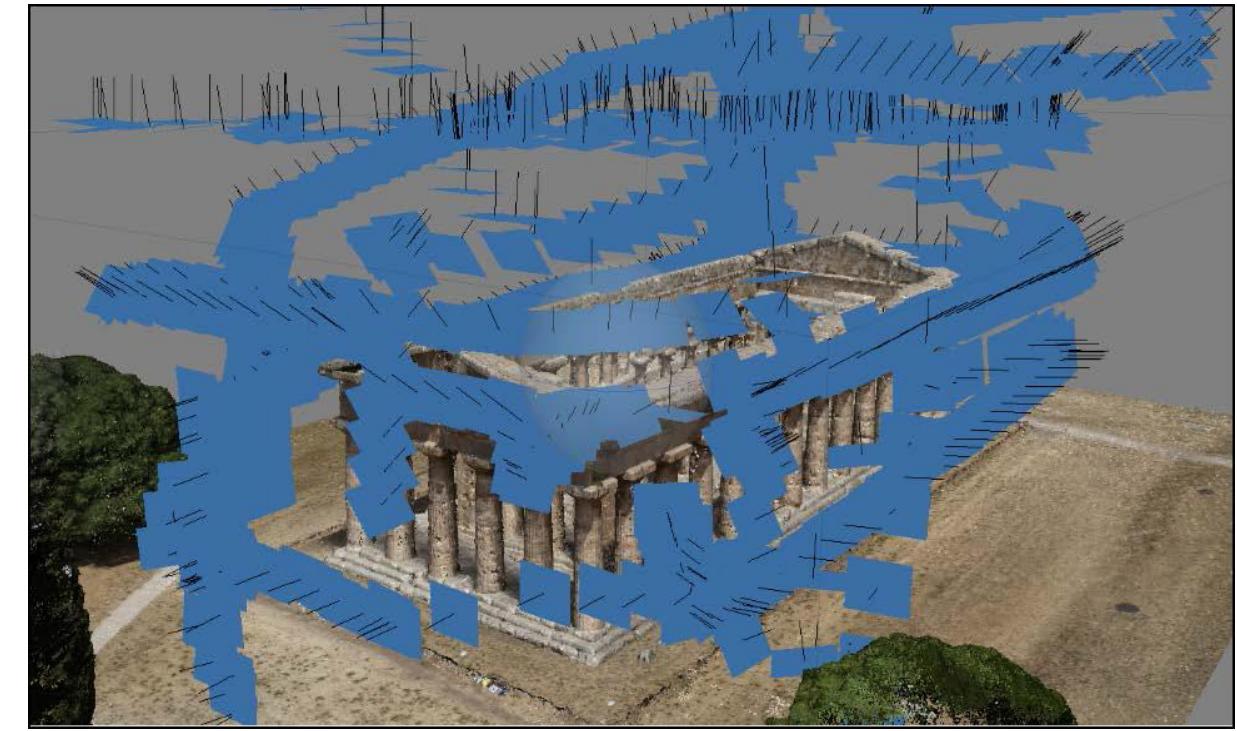
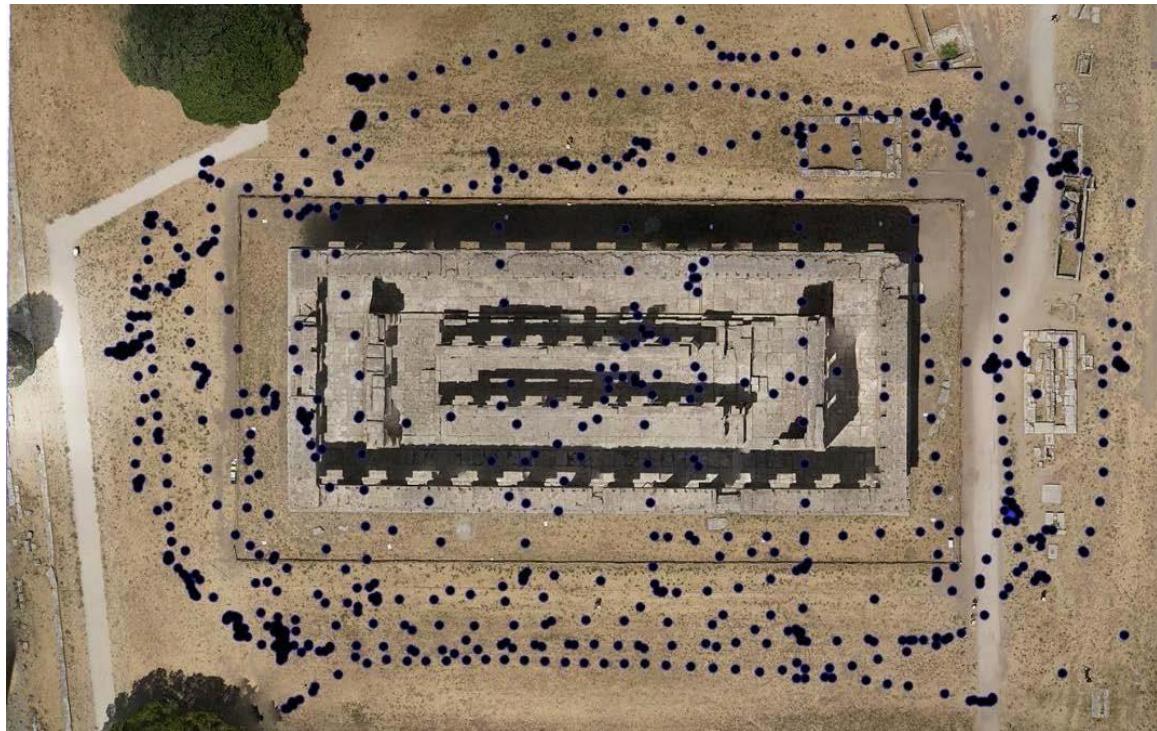


TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: PIANO DI VOLO

MISSIONE AUTOMATICA



TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: MISTA (PIANO DI VOLO + MANUALE)



TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: PUNTI DI CONTROLLO (GCP)

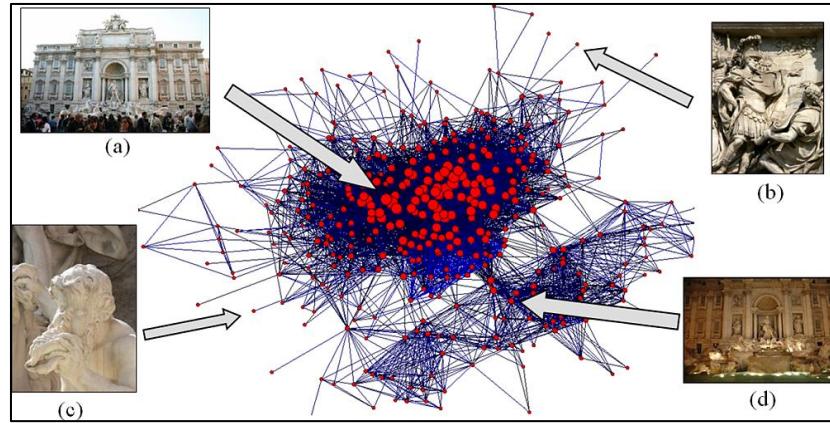
The screenshot shows the Agisoft PhotoScan software interface. On the left, the 'Ground Control' panel displays a table of camera parameters for 20 images (img01.JPG to img20.JPG). The table includes columns for Longitude, Latitude, Altitude, Error (m), Yaw, Pitch, Roll, Error (deg), Projections, and Error (pix). A red arrow points to the 'Latitude' column header. On the right, the 'Model' panel shows a 3D perspective view of a scene with camera positions indicated by blue lines and labels. A red arrow points to the 3D model. At the bottom, the 'Photos' panel displays a grid of thumbnail images corresponding to the captured photos. A red arrow points to the grid of thumbnails.

Ground point: coordinate acquisite dai sistemi di autoposizionamento del drone (GPS e Inclinometro)

Modello 3D con texture del colore. In blu le posizioni della camera relativa ad ogni singolo scatto

Set immagini fotografiche

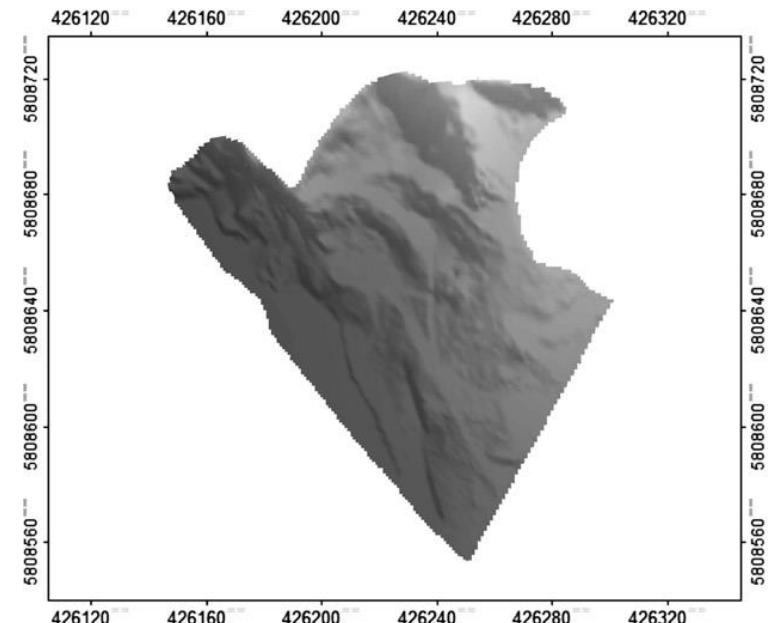
STRUCTURE FROM MOTION



(N.Snavely, 2008)



(Chiarabrando et all., 2010)



(M.J. Westoby et all., 2012)

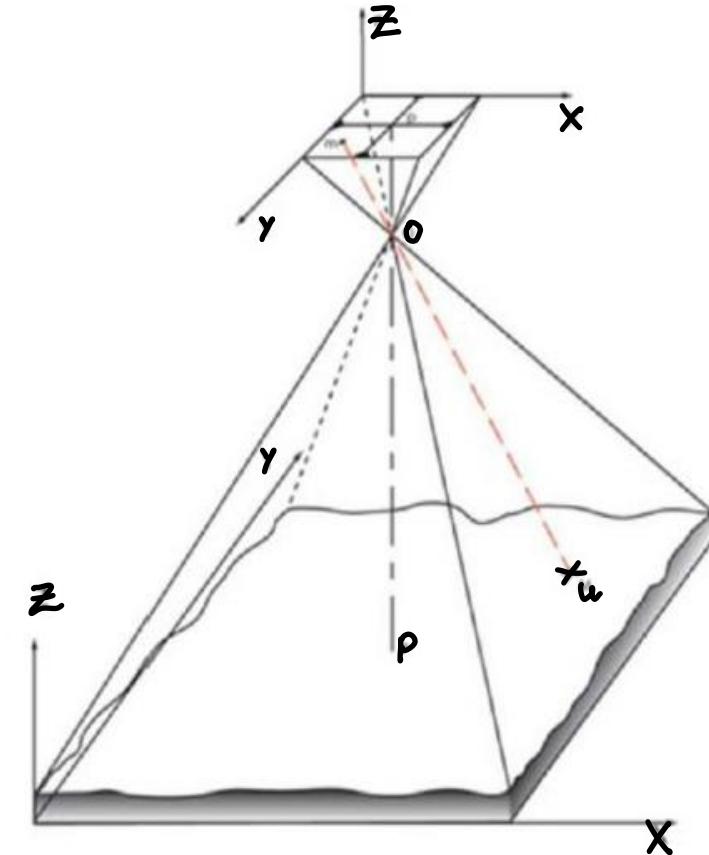
TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: PUNTI DI CONTROLLO (GCP)

Collinearity Equations

$$x - x_0 = -c \cdot \frac{r_{11} (X - X_0) + r_{21} (Y - Y_0) + r_{31} (Z - Z_0)}{r_{13} (X - X_0) + r_{23} (Y - Y_0) + r_{33} (Z - Z_0)} + \Delta x$$

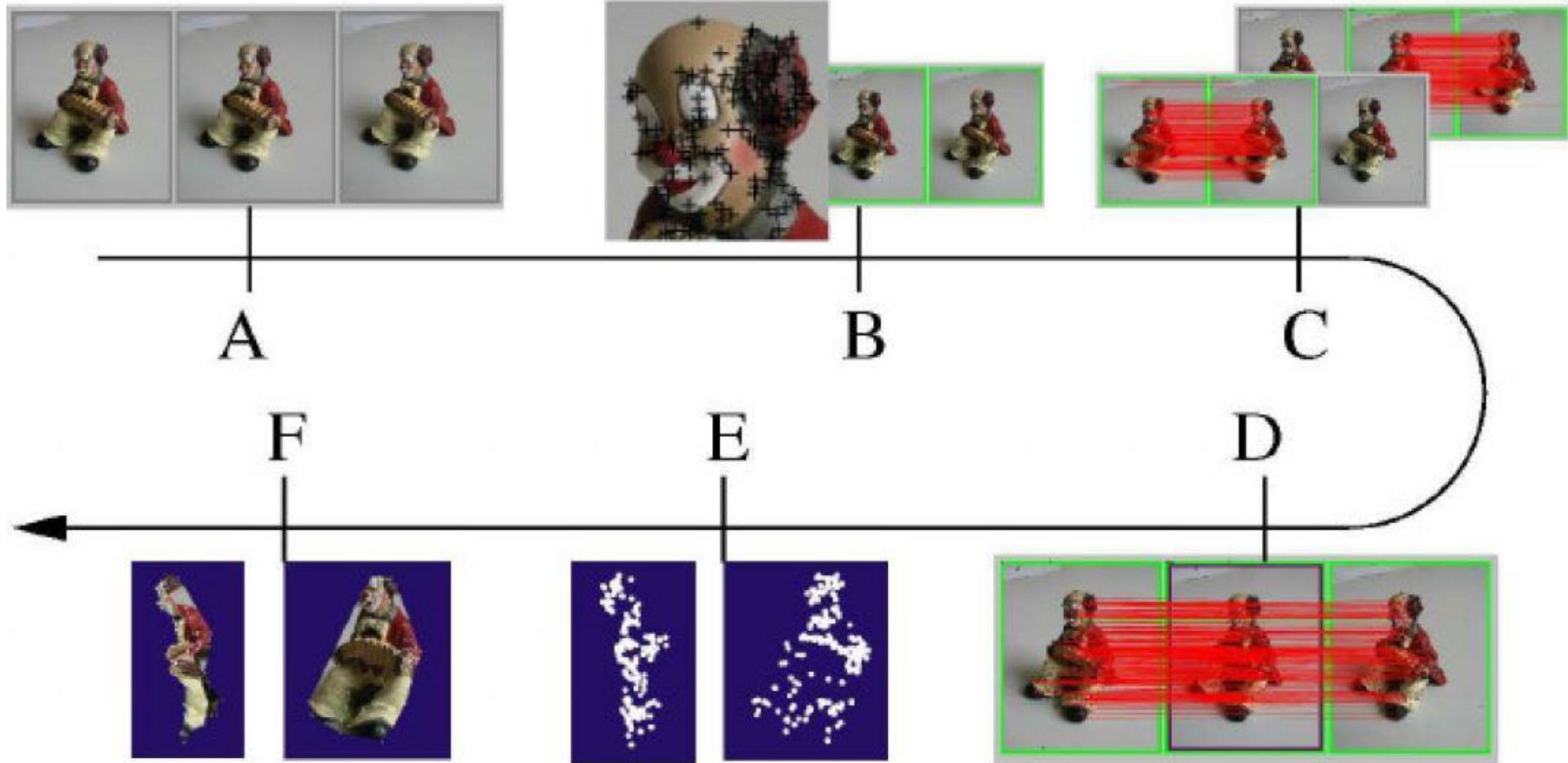
$$y - y_0 = -c \cdot \frac{r_{12} (X - X_0) + r_{22} (Y - Y_0) + r_{32} (Z - Z_0)}{r_{13} (X - X_0) + r_{23} (Y - Y_0) + r_{33} (Z - Z_0)} + \Delta y$$

x, y	... Image coordinates of point P'
X,Y,Z	... Object coordinates of the point P
c	... Main distance (≈ focal length)
x ₀ ,y ₀	... Coordinates images of the main point H '
Δx, Δy	... Additional parameters (distortions, etc.)
X ₀ , Y ₀ , Z ₀	... Coordinates of the projection center O'
R ₁₁ ,R ₁₂ ,	... Elements of the roto/translation matrix

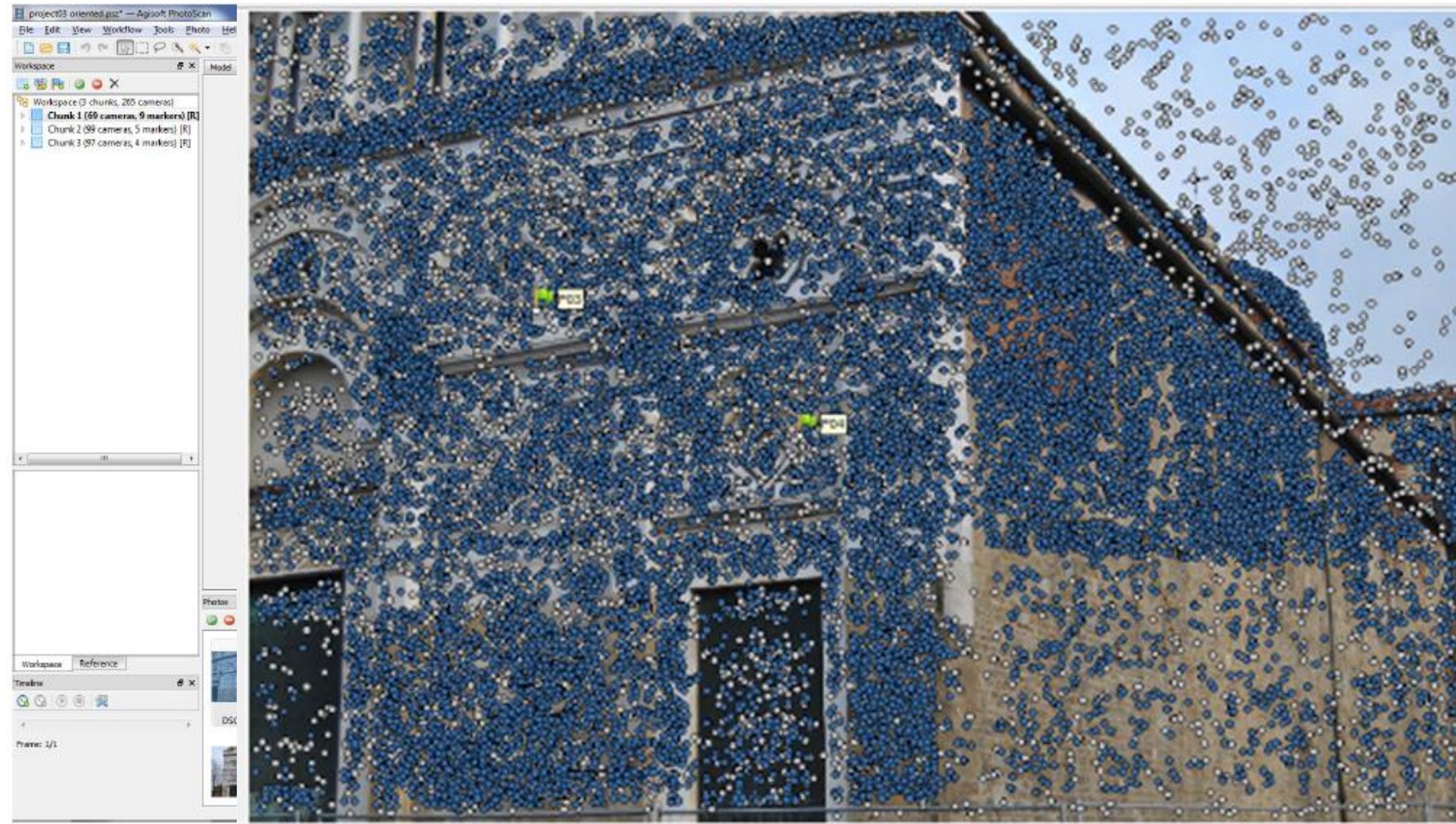


La restituzione fotogrammetrica è quella fase in cui, noti i parametri di orientamento interno ed esterno di almeno due immagini utilizzate, è possibile determinare le coordinate di terra (XYZ) del punto.
2 immagini \Leftrightarrow 4 equazioni in 3 incognite \Leftrightarrow Soluzione dei minimi quadrati e stima della media e delle varianze di X, Y, Z.

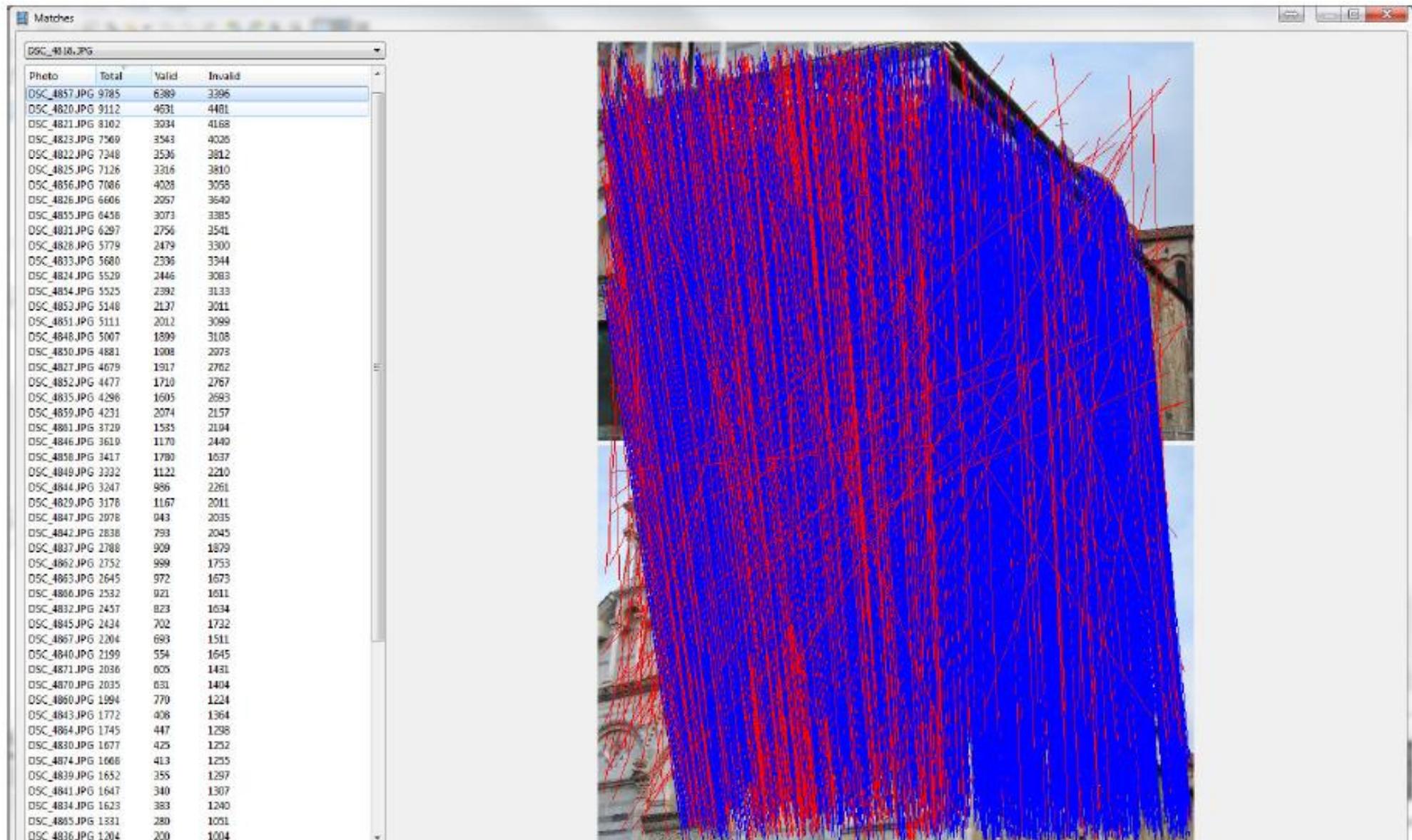
FEATURE DETECTION AND MATCHING



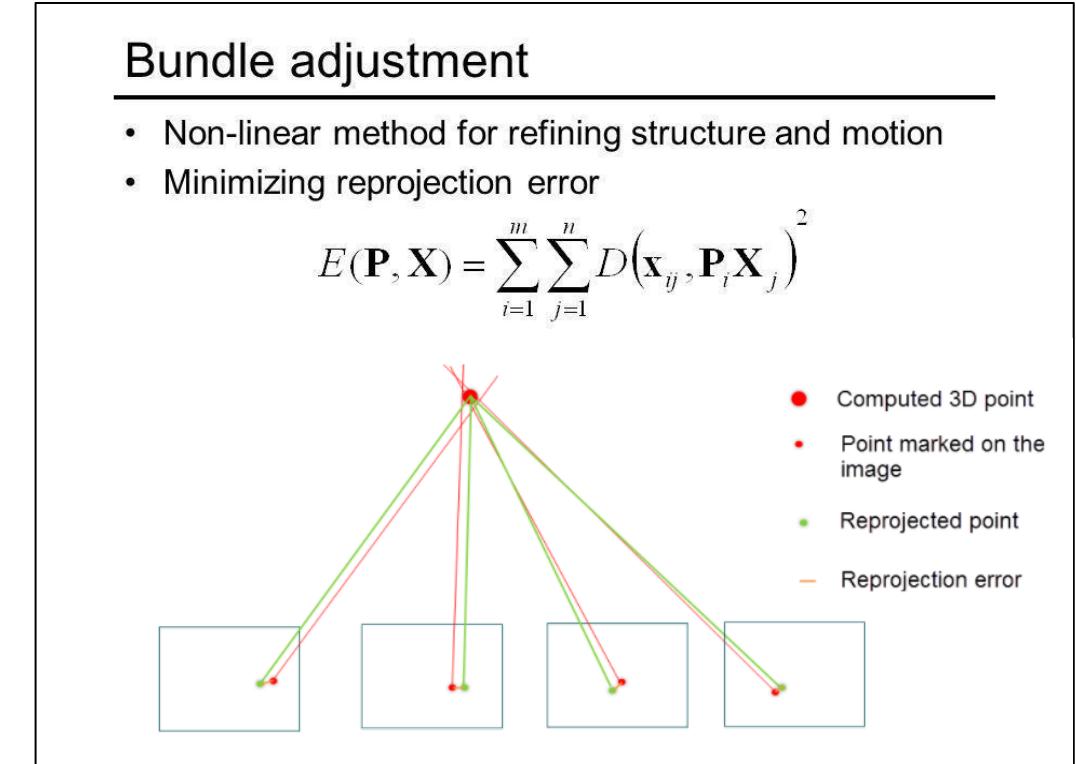
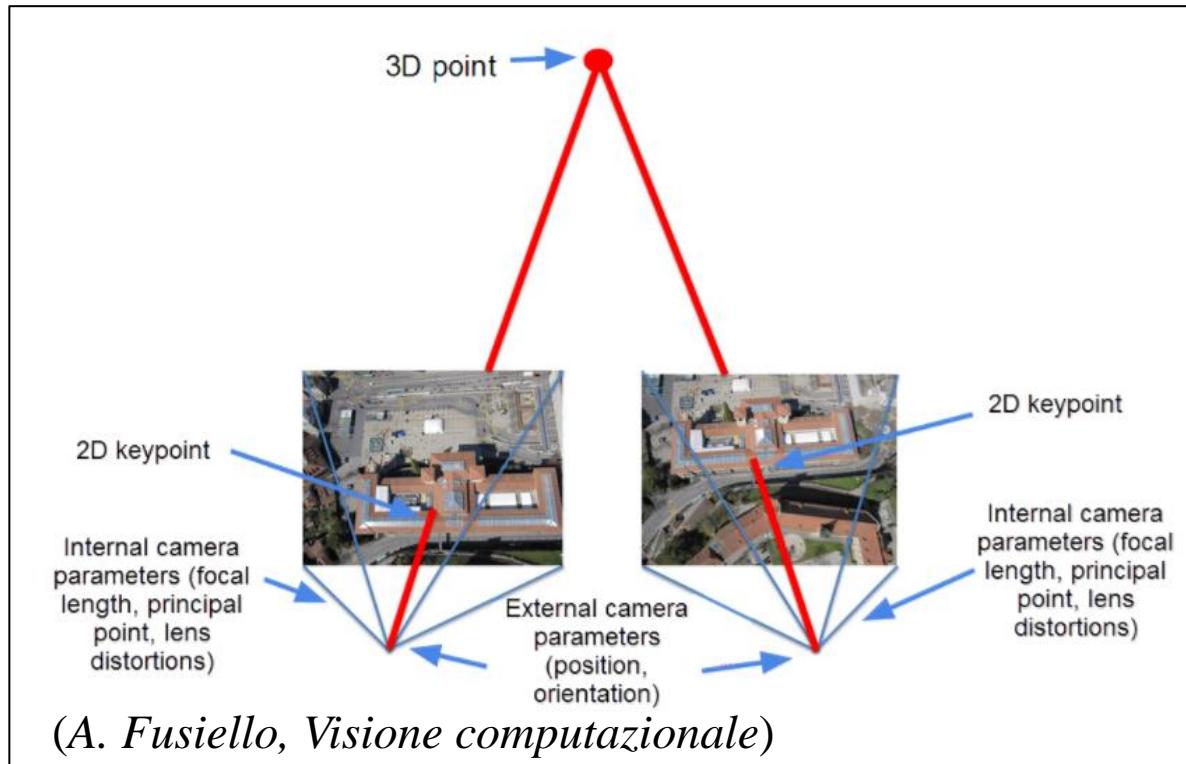
STRUCTURE FROM MOTION



STRUCTURE FROM MOTION

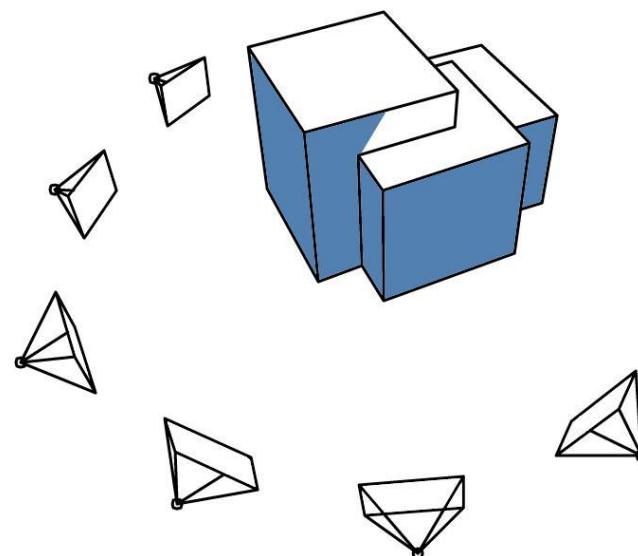


TIPOLOGIE DI ACQUISIZIONE: PUNTI DI CONTROLLO (GCP)



Quando un punto viene calcolato automaticamente (Automatic Tie Point) o contrassegnato dall'utente (Manual Tie Point o GCP) su almeno due immagini, le coordinate 3D di questo punto vengono calcolate utilizzando i parametri interni ed esterni della fotocamera e la posizione del punto nelle immagini. Una volta calcolate le coordinate 3D del punto, il punto 3D viene riproiettato su tutte le immagini in cui appare. La distanza tra il punto segnato e il punto riproiettato su un'immagine è l'*errore di riproiezione*.

METODI DI ACQUISIZIONE



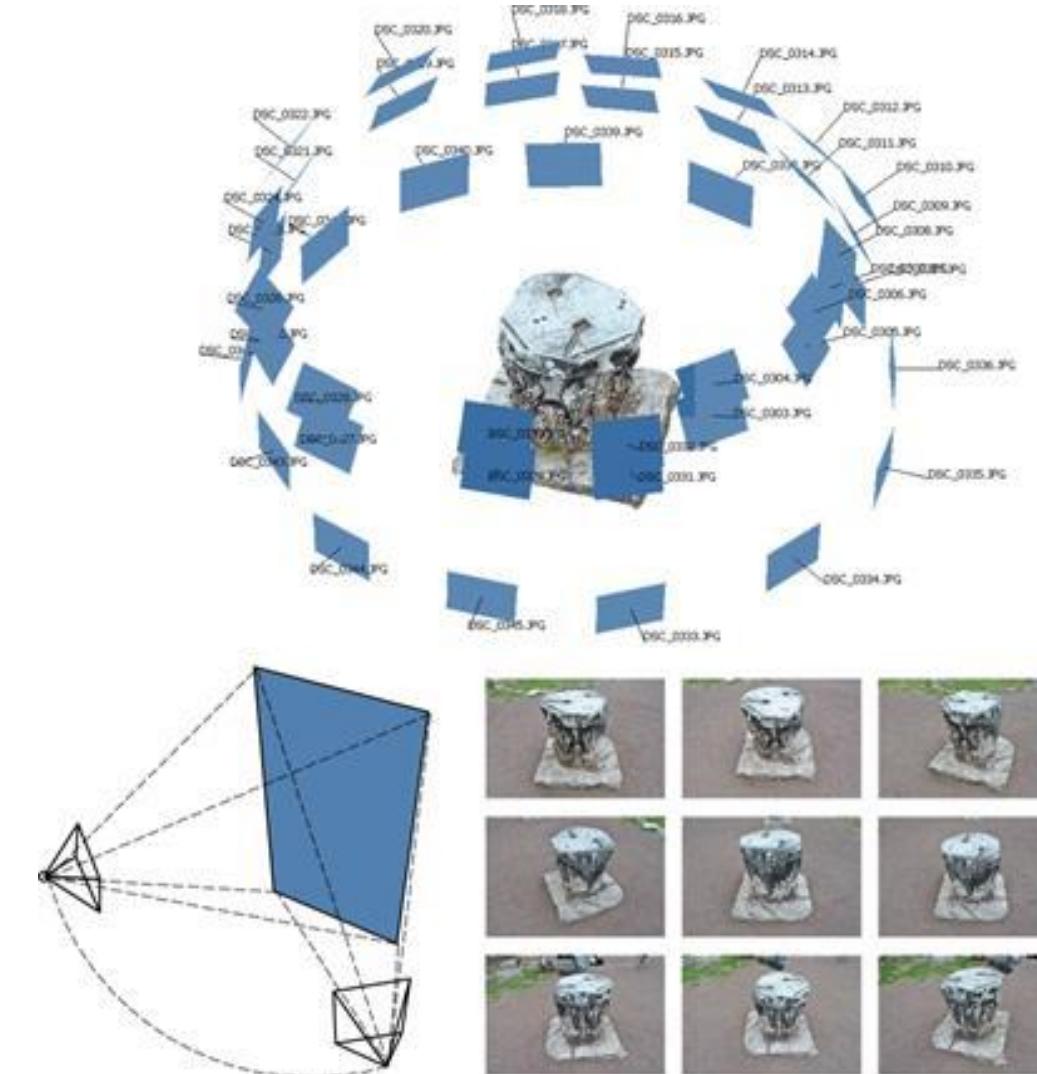
METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: REGOLA GENERALE

• la regola generale è di fotografare il soggetto con una sovrapposizione sufficiente (generalmente 60%, N.B. non è detto che maggiore è la sovrapposizione, migliori saranno i risultati!!!!) e con una baseline differente (**il punto di origine delle fotografie deve essere differente**).



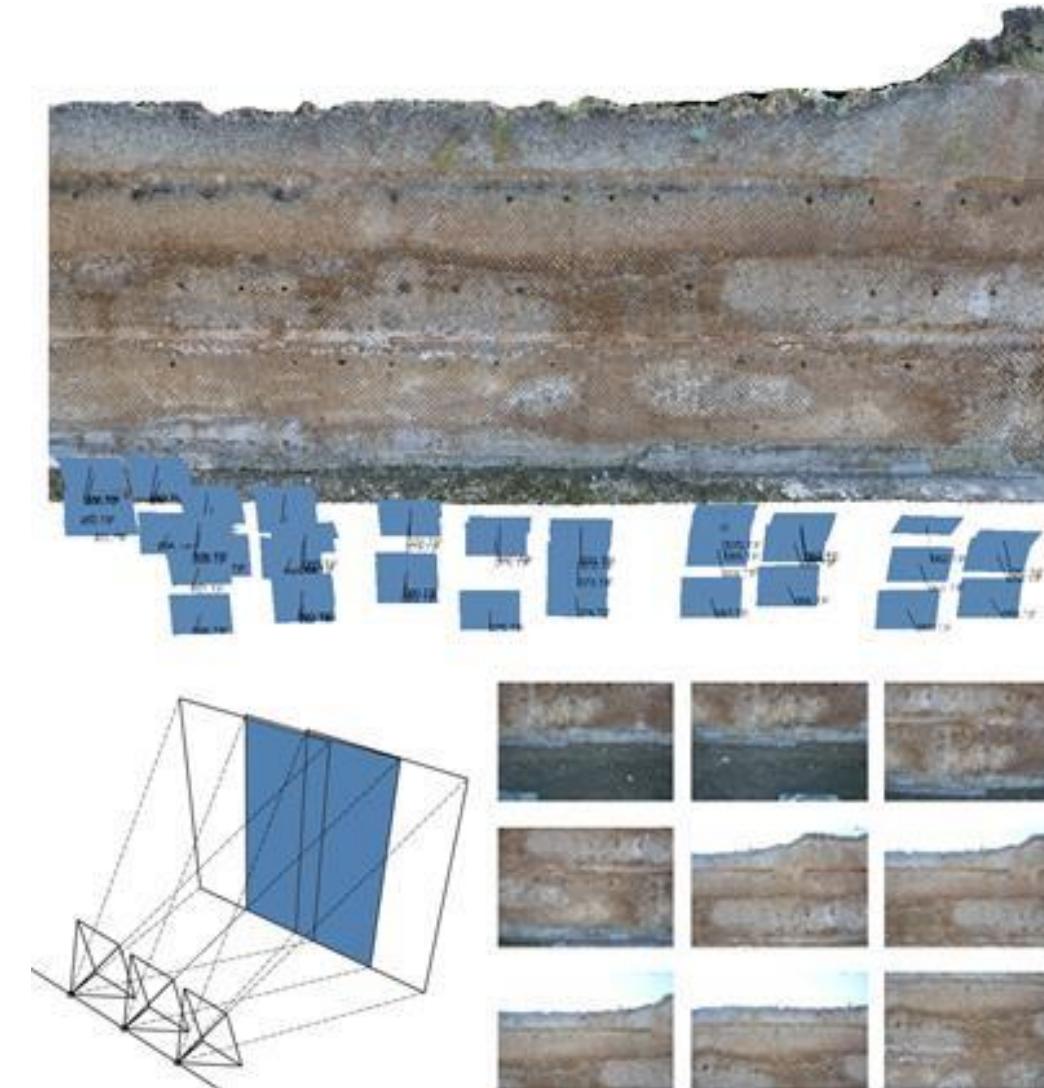
METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: CLOSE RANGE

• Se si utilizza AGISOFT per acquisire un oggetto muovendosi attorno ad esso (ad esempio una statua) è consigliato fare foto girando attorno all'oggetto ad altezze differente. Se l'acquisizione viene pianificata rigorosamente, è possibile applicare le stesse regole di un caso aereo; in caso contrario 3 orbite di 24 immagini ciascuna sono tipicamente sufficienti. In questo caso, se possibile, inquadrare in ogni frame tutto il soggetto.



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: PARETE PIANA

Se state utilizzando AGISOFT PHOTOSCAN per rilevare un prospetto è consigliabile fare foto lavorando per assi paralleli, rispettando quindi una sovrapposizione del 50-60% di sovrapposizione. Se la situazione lo permette è consigliabile fare anche qualche scatto che inquadri tutto il soggetto, questo aiuta il software a rielaborare il dato.



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: ILLUMINAZIONE OGGETTO

L'ombra
presente nella
scena tende a
spostarsi,
modificando
così la scena.

E' difficile
impostare
l'esposizione e il
diaframma della
macchina perché
se si passa da
zone
completamente
in ombra a zone
completamente
illuminate



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: SOGGETTI DA EVITARE



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: SOGGETTI DA EVITARE

Colori troppo
uniformi.



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: PROBLEMI



tzappi rimane davanti al soggetto da fotografare.

Il ponteggio disturba molto la creazione della nuvola nei programmi SFM.

METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: TEXTURE NON OMOGENEA



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: TEXTURE OMOGENEA



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: CLOSE RANGE

NO



d'oggetto si sposta
intorno alla fotocamera.

X

SI



da fotocamera
si sposta
intorno all'
oggetto.

4

✓

FATTORE DI SCALA

Una stima dell'accuratezza perseguitabile può essere determinata come segue:

$$m_b = \frac{dX}{dx}, \quad \rightarrow \quad \sigma_X \approx m_b \sigma_{x'}$$

$\sigma_{x'}$ = precisione stimata sullo spazio immagine

Esempio:

Precisione finale richiesta, $\sigma_x = 3$ cm;

Precisione massima sullo spazio immagine, $\sigma_{x'} = 6 \mu\text{m}$ (Nikon D60 pixel size);

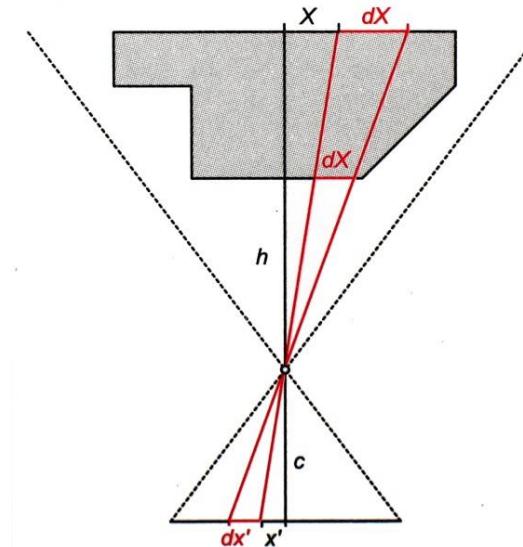
Scala dell'immagine,

$$m_b \approx \frac{\sigma_X}{\sigma_{x'}} = \frac{30\text{mm}}{0.006\text{mm}} = 5000$$

Massima distanza dall'oggetto,

$$h = c \cdot m_b = 18\text{mm} \times 5000 = 90 \text{ m}$$

$$h = c \cdot m_b = 55\text{mm} \times 5000 = 275 \text{ m}$$



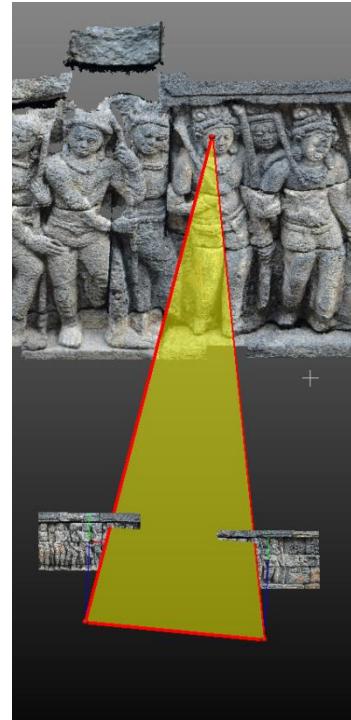
L'accuratezza attesa, ovviamente, non è solamente funzione del pixel size e della distanza di presa: dipenderà anche da altri fattori propri della campagna fotografica tipo il numero di immagini acquisite, l'angolazione delle prese, ecc.
Quindi:

$$\sigma_{XYZ} \approx \frac{q}{\sqrt{k}} m_b \sigma_{x'}$$

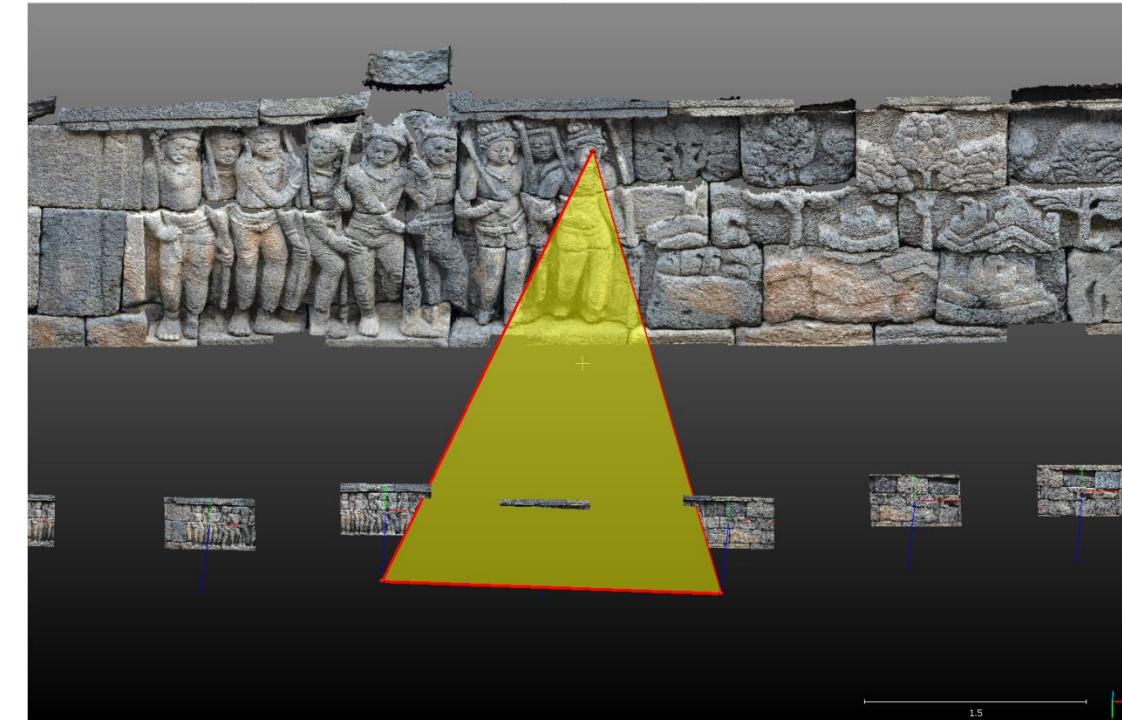
STIMA DELL'ACCURATEZZA

q = “Design factor”, ad esempio il “peso” relativo alla campagna di acquisizione, valutabile in: 0.4 - 0.8, nei casi di una buona conformazione geometrica; **1.5 - 3.0, nei casi di una scarsa distribuzione spaziale;**

k = numero medio di prese per ogni stazione;



really bad network geometry
angolo di intersezione = 15°
 $q > 3$

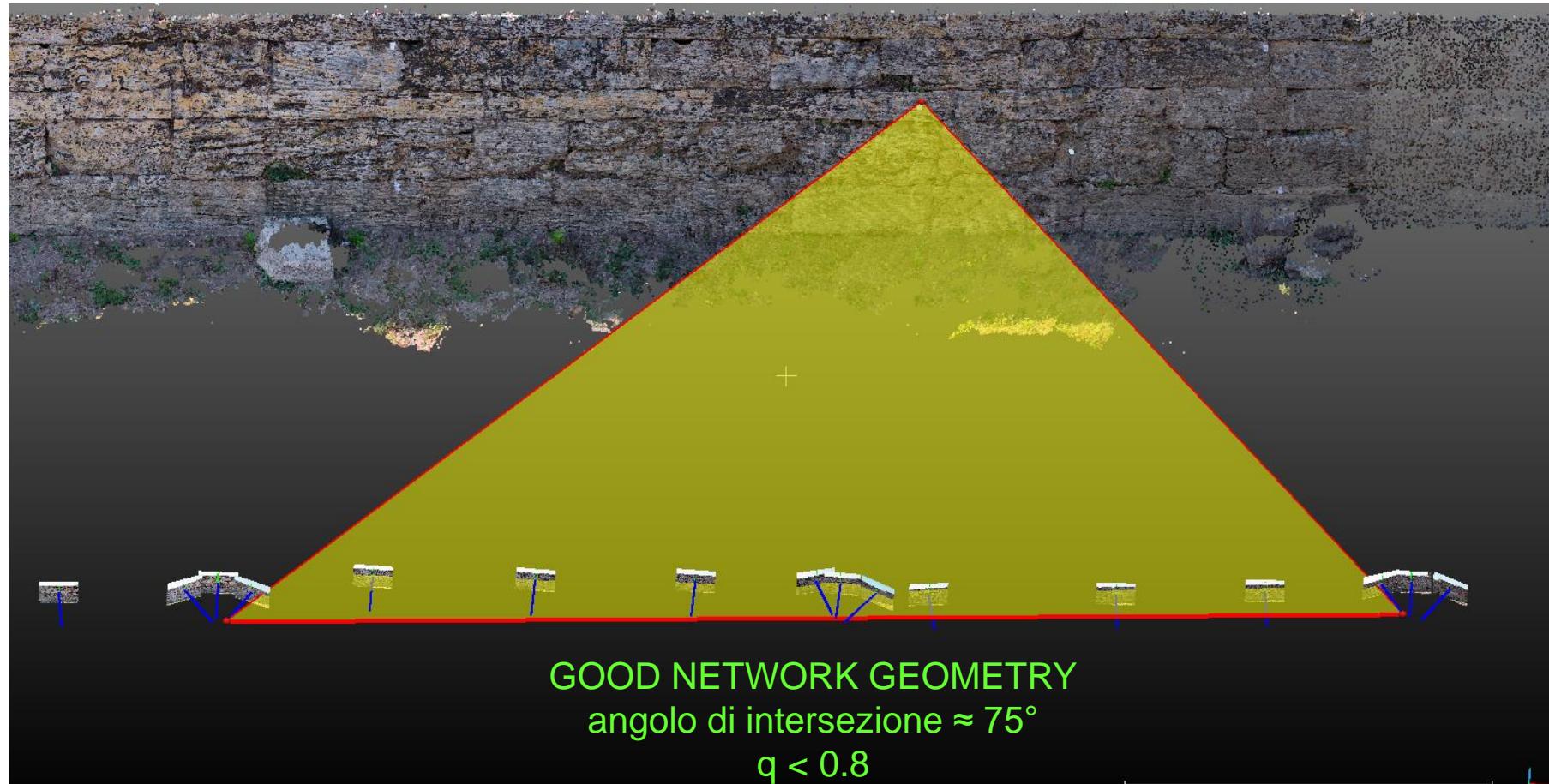


bad network geometry
angolo di intersezione = 30°
 $q = 1.5 - 3.0$

STIMA DELL'ACCURATEZZA

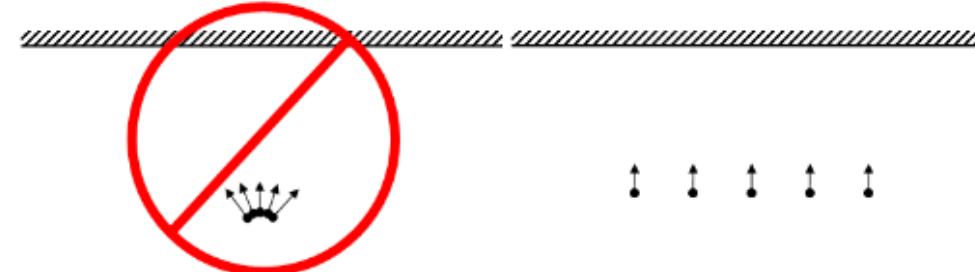
$$\sigma_{XYZ} \approx \frac{q}{\sqrt{k}} m_b \sigma_x$$

q = “Design factor”, ad esempio il “peso” relativo alla campagna di acquisizione, valutabile in: 0.4 - 0.8, nei casi di una buona conformazione geometrica; **1.5 - 3.0, nei casi di una scarsa distribuzione spaziale**; k = numero medio di prese per ogni stazione;

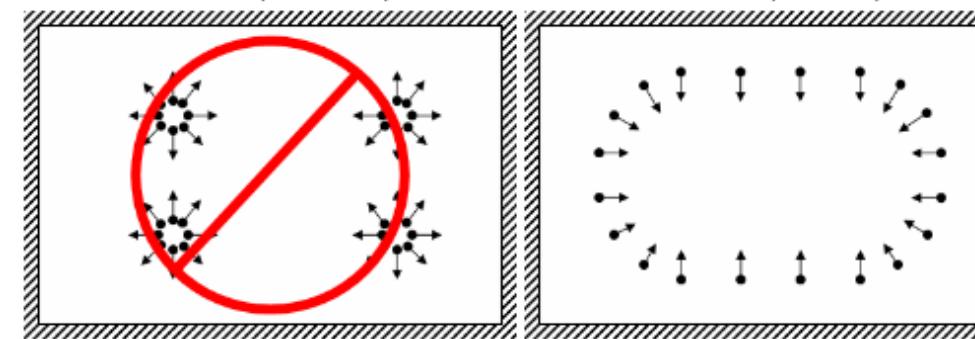


METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: CLOSE RANGE

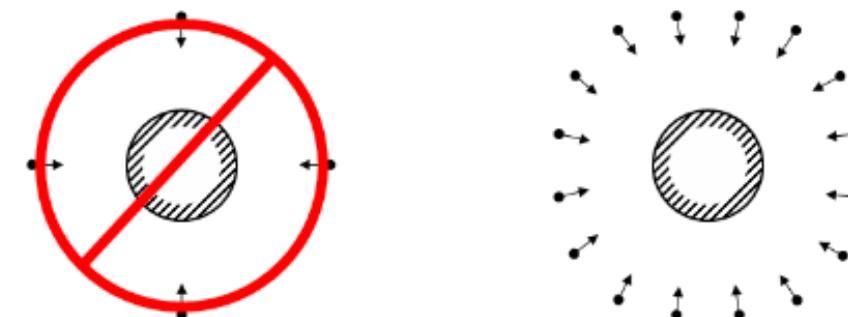
Esterni



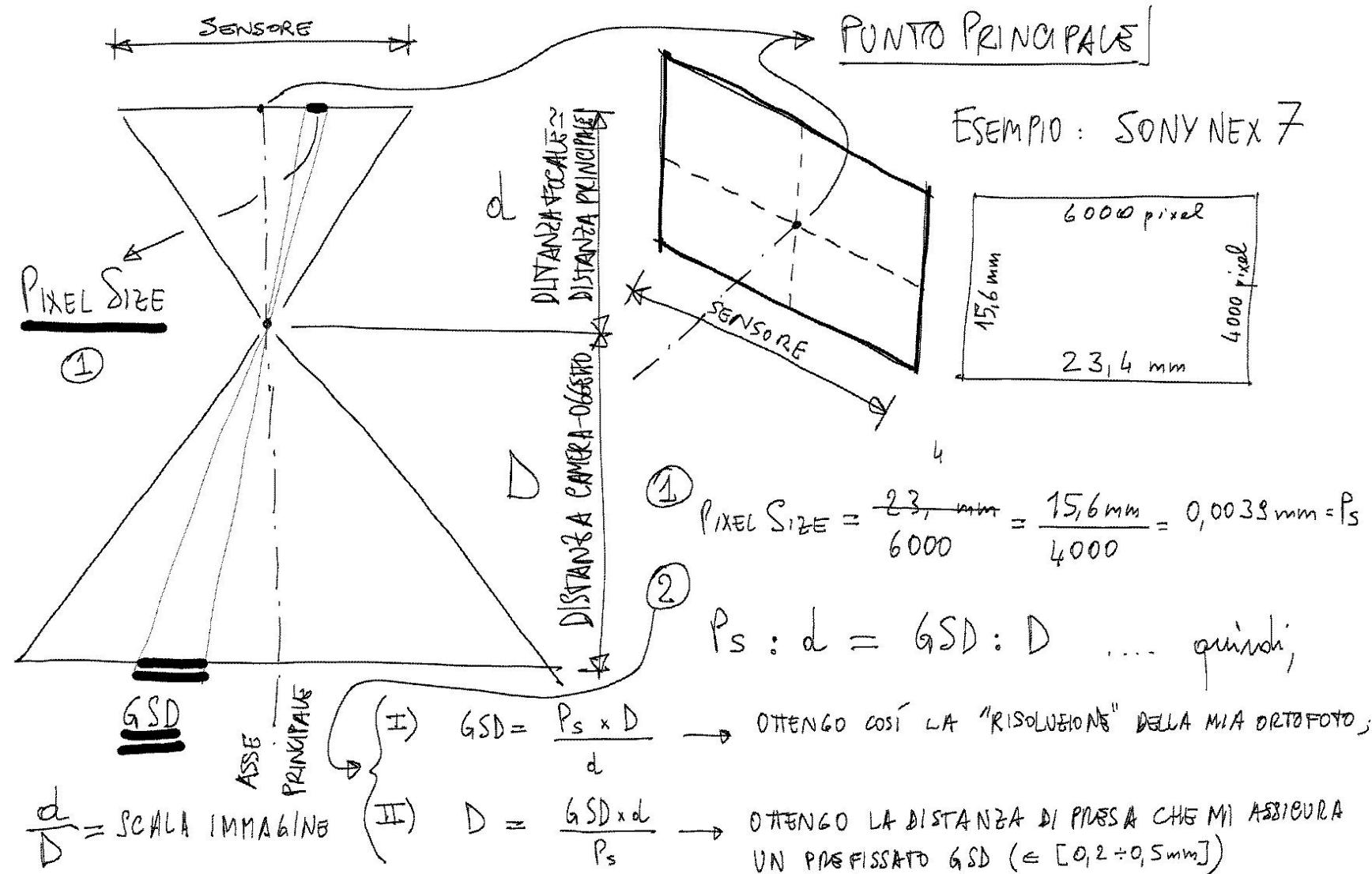
Interni



Oggetti



PIXEL SIZE E GSD (GROUND SIMPLE DISTANCE)



CLASSIFICAZIONE

Fotogrammetria Aerea
(maggiore di 1000m)



Fotogrammetria UAV
(10-70m)



Fotogrammetria Terrestre
(1-20m)



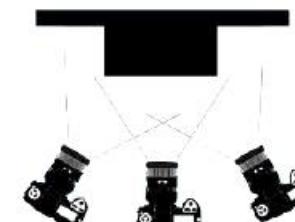
DISTANZA TRA CAMERA E OGGETTO

La fotogrammetria può essere classificata secondo **2 fattori**:

MODALITÀ DI SCATTO



Fotogrammetria Monoscopica



Fotogrammetria Stereoscopica

METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI

Fotogrammetria MONOSCOPICA



La ripresa è finalizzata infatti alla produzione di **fotopiani** ottenuto dal *raddrizzamento* di singoli fotogrammi da cui si ricava una proiezione ortogonale di tipo bidimensionale.

Questa modalità di rilievo è definita "non convenzionale" ed è indicata per il rilievo architettonico (facciate di edifici, monumenti, ecc).

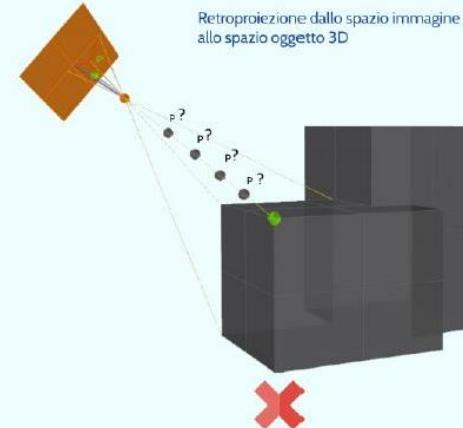
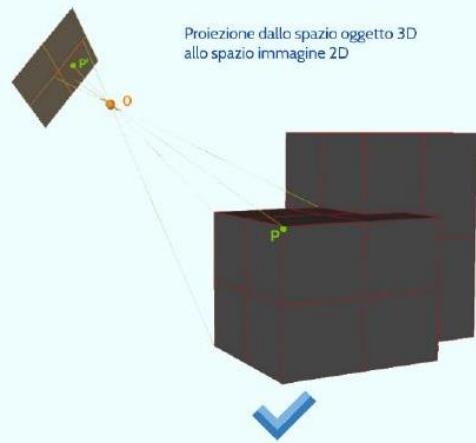
Non è indispensabile l'uso di camere metriche e non è obbligatorio realizzare prese ad assi ottici paralleli tra loro.



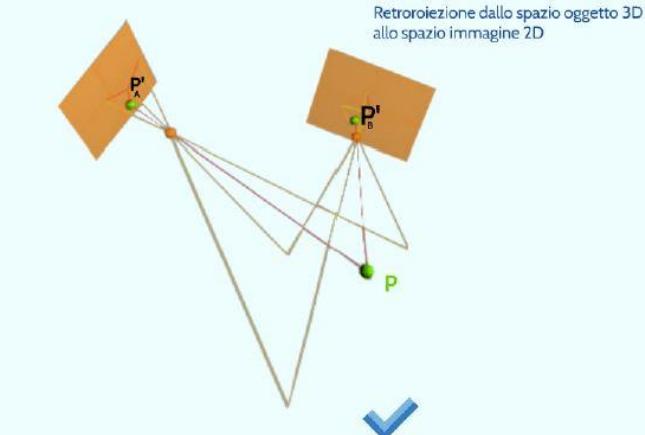
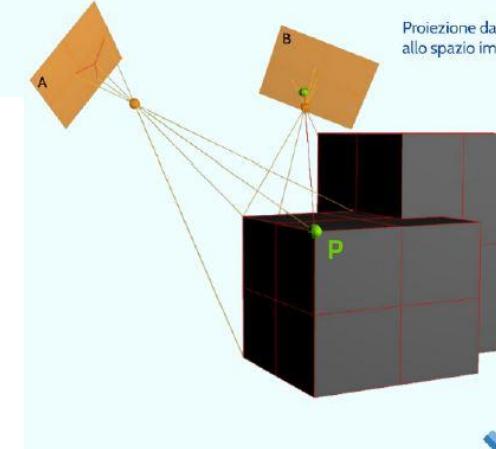
Una sola immagine acquisita non contiene informazioni sufficienti a definire la posizione e le dimensioni di un oggetto.

METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI

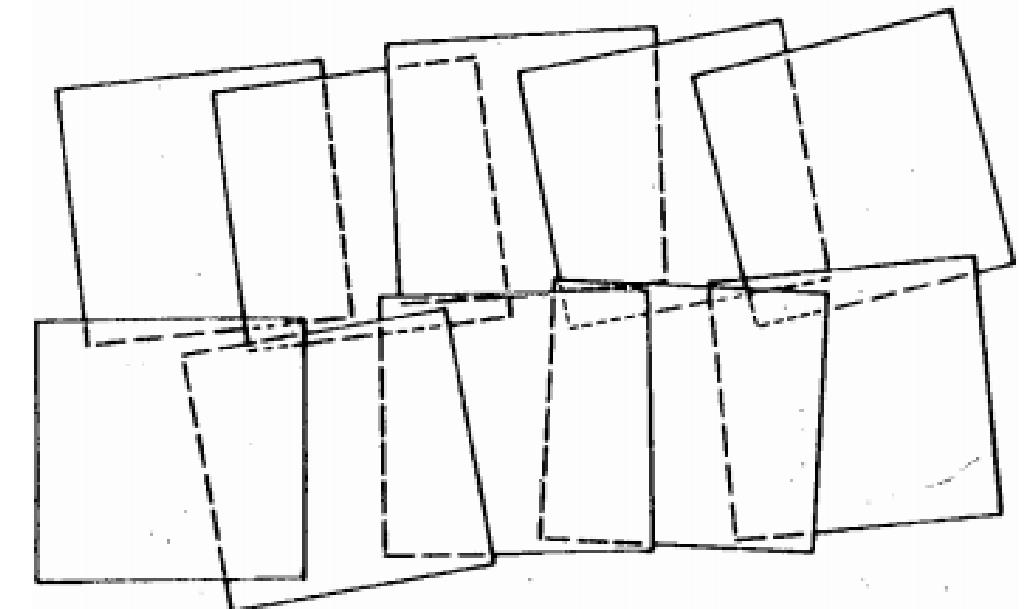
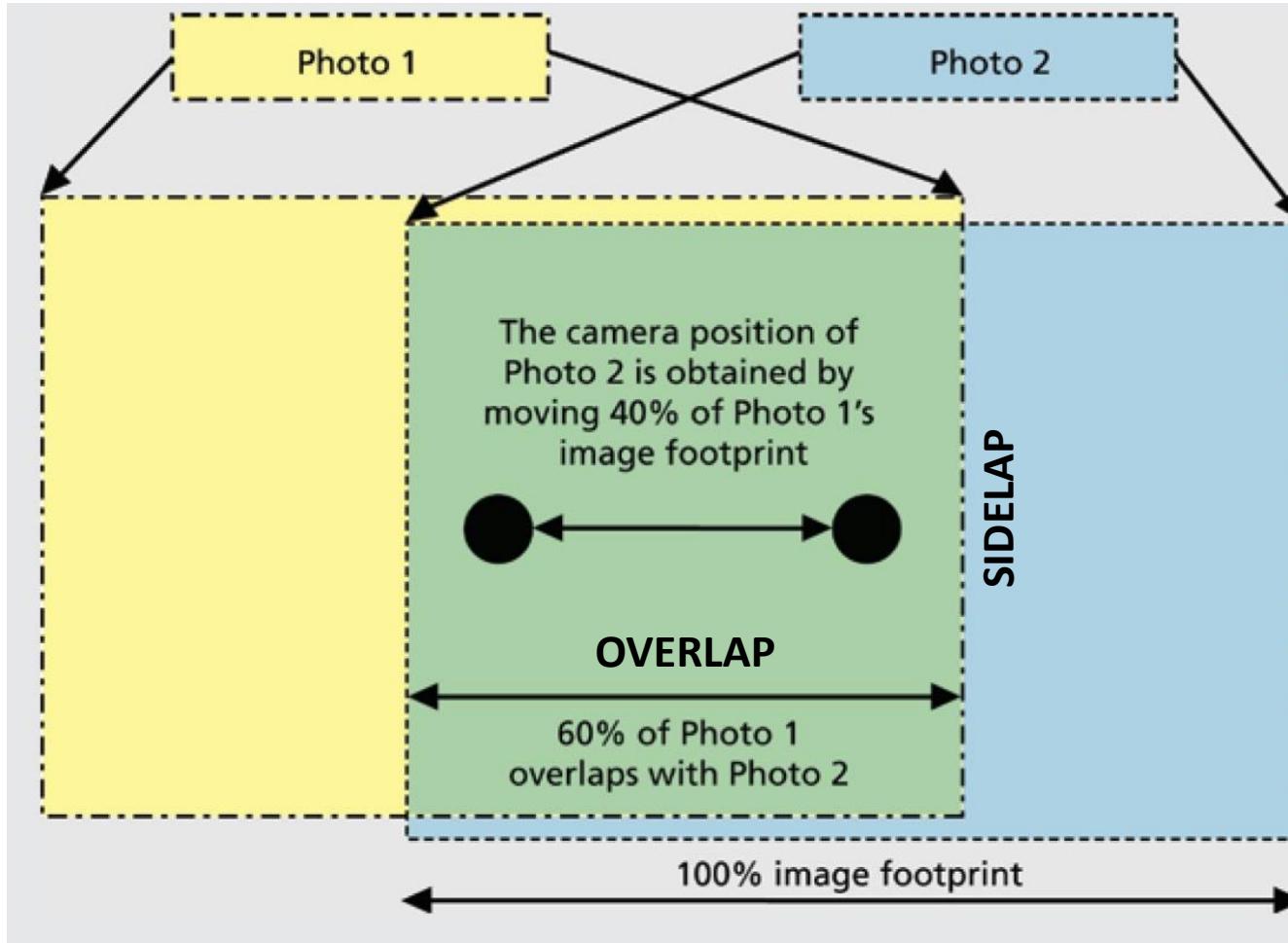
Cosa accade con l'utilizzo di fotogrammetria monoscopica?



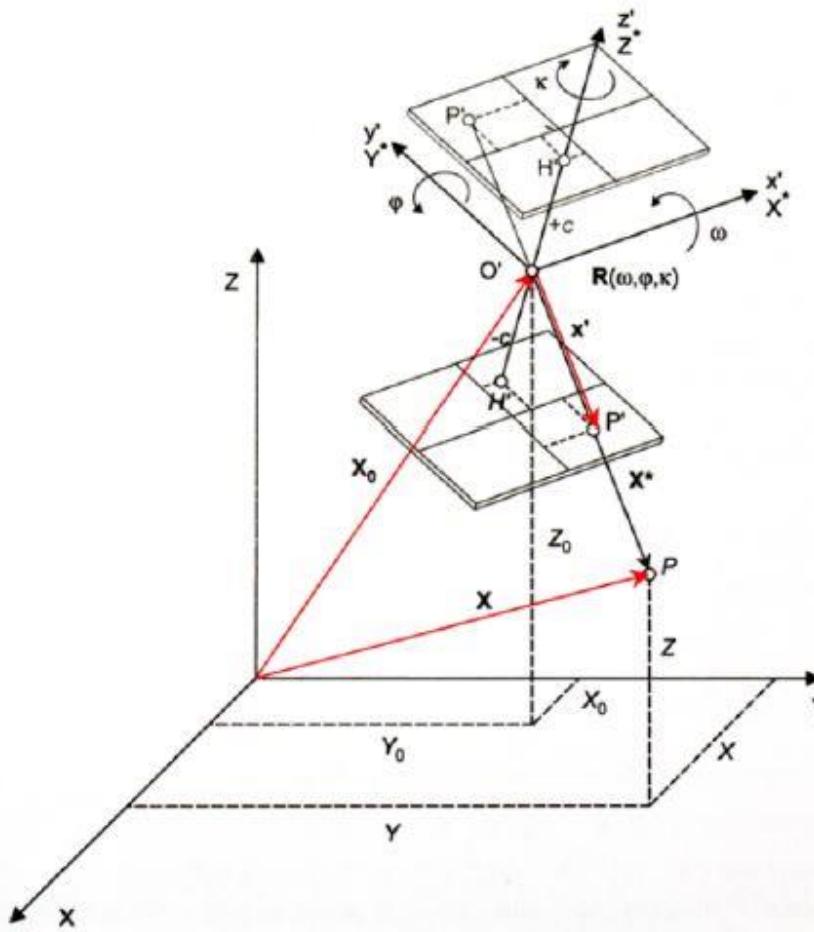
Cosa accade con l'utilizzo di fotogrammetria stereoscopica?



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI



METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI



EQUAZIONI DI COLLINAREITA'

$$x - x_0 = -c \cdot \frac{r_{11} (X - X_0) + r_{21} (Y - Y_0) + r_{31} (Z - Z_0)}{r_{13} (X - X_0) + r_{23} (Y - Y_0) + r_{33} (Z - Z_0)} + \Delta x$$

$$y - y_0 = -c \cdot \frac{r_{12} (X - X_0) + r_{22} (Y - Y_0) + r_{32} (Z - Z_0)}{r_{13} (X - X_0) + r_{23} (Y - Y_0) + r_{33} (Z - Z_0)} + \Delta y$$

x, y coordinate del punto P

X, Y, Z coordinate del punto P'

c distanza focale

x_0, y_0 coordinate del punto principale

$\Delta x, \Delta y$ termini di correzione

X_0, Y_0, Z_0 coordinate del centro di proiezione O

r_{ij} elementi della matrice di rotazione generata dai tre angoli ω, φ, γ

ORIENTAMENTO INTERNO (CAMERA CALIBRATION)

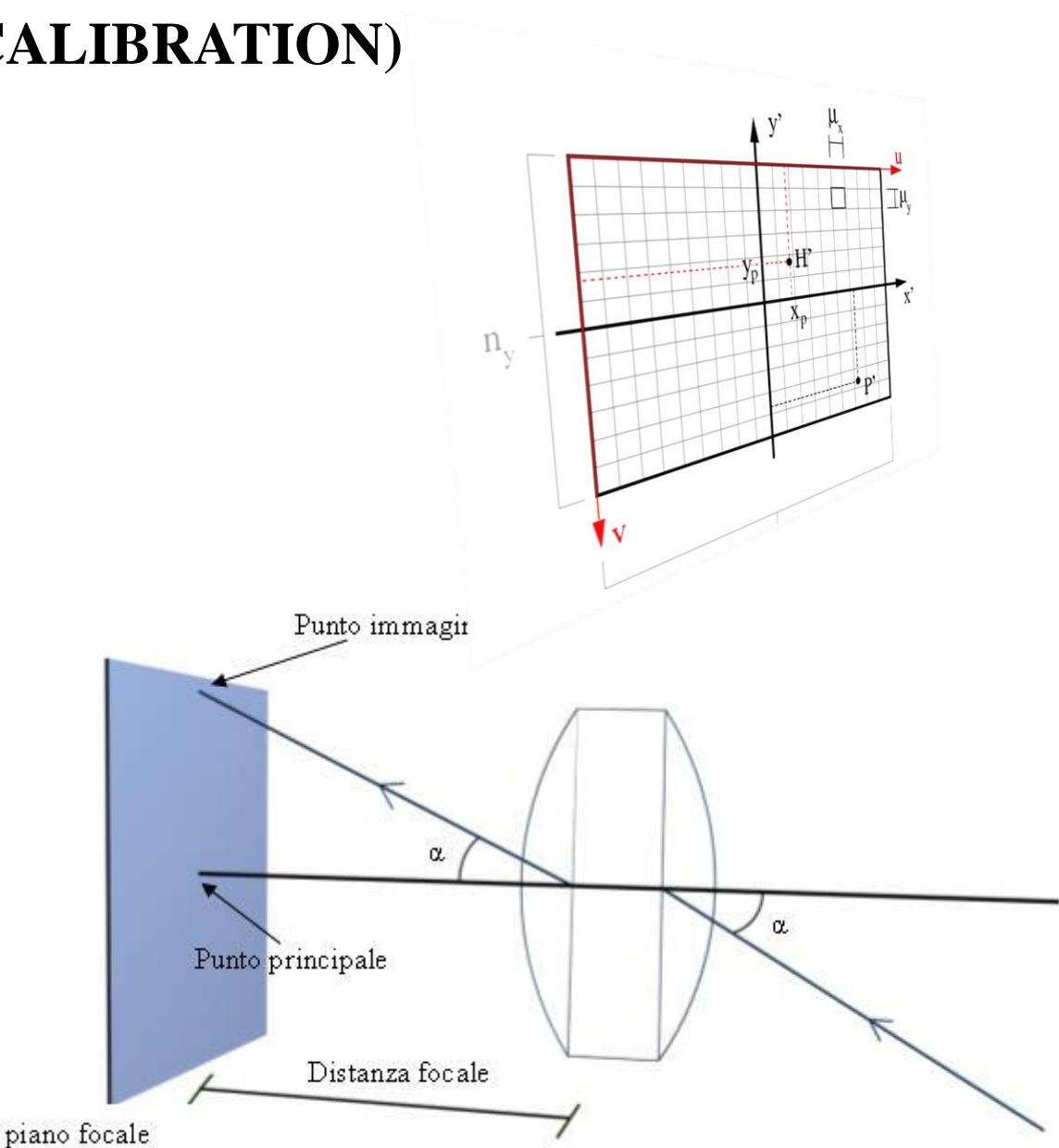
Equazioni di Collinearità

$$x - x_0 = -c \cdot \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} + \Delta x$$

$$y - y_0 = -c \cdot \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} + \Delta y$$

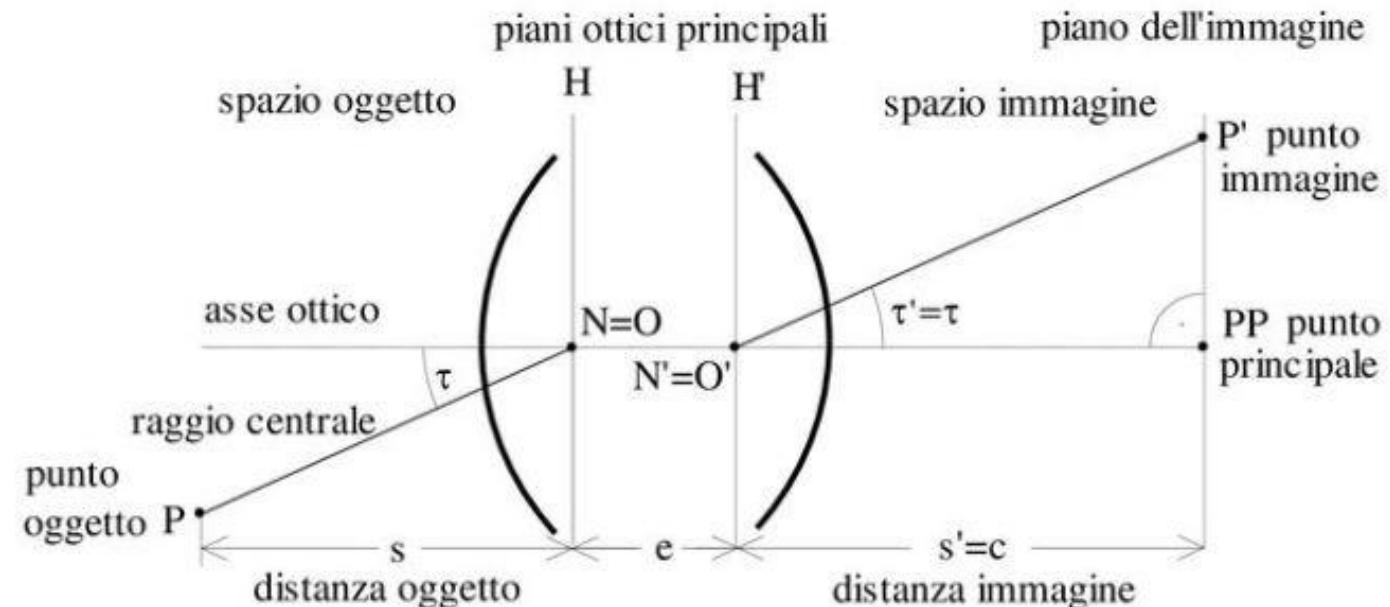
dove:

x, y	... Coordinate immagini del punto P'
X,Y,Z	... Coordinate oggetto del punto P
c	... Distanza principale (\approx lunghezza focale)
x_0, y_0	... Coordinate immagini del punto principale H'
$\Delta x, \Delta y$... Parametri aggiuntivi (distorsioni, ecc.)
X_0, Y_0, Z_0	... Coordinate del centro di proiezione O'
R_{11}, R_{12}, \dots	... Elementi della matrice di roto/traslazione

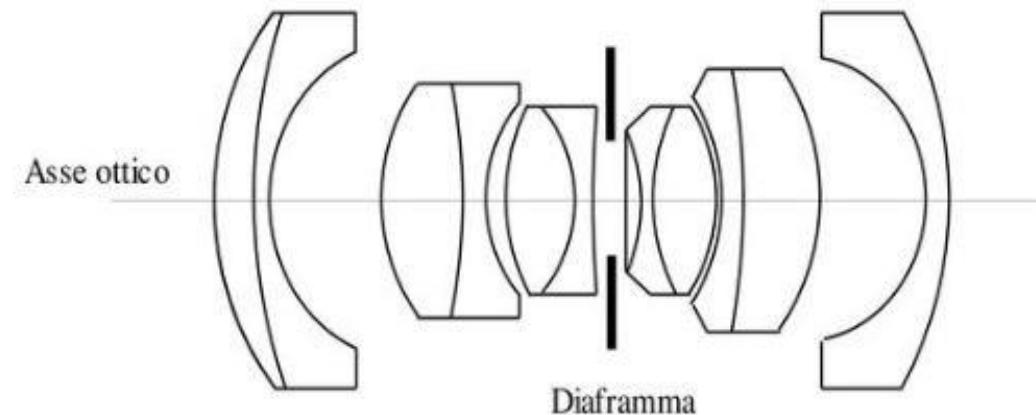


ORIENTAMENTO INTERNO (CAMERA CALIBRATION)

L'ottica geometrica afferma che per ogni sistema ottico esistono 2 piani principali. Nel caso di aria-vetro-aria i punti principali coincidono con i punti nodali, per cui teoricamente N è il centro di proiezione nello spazio oggetto e N' è il centro di proiezione dello spazio immagine. La distanza di messa a fuoco è pari a $s \cdot e \cdot s'$



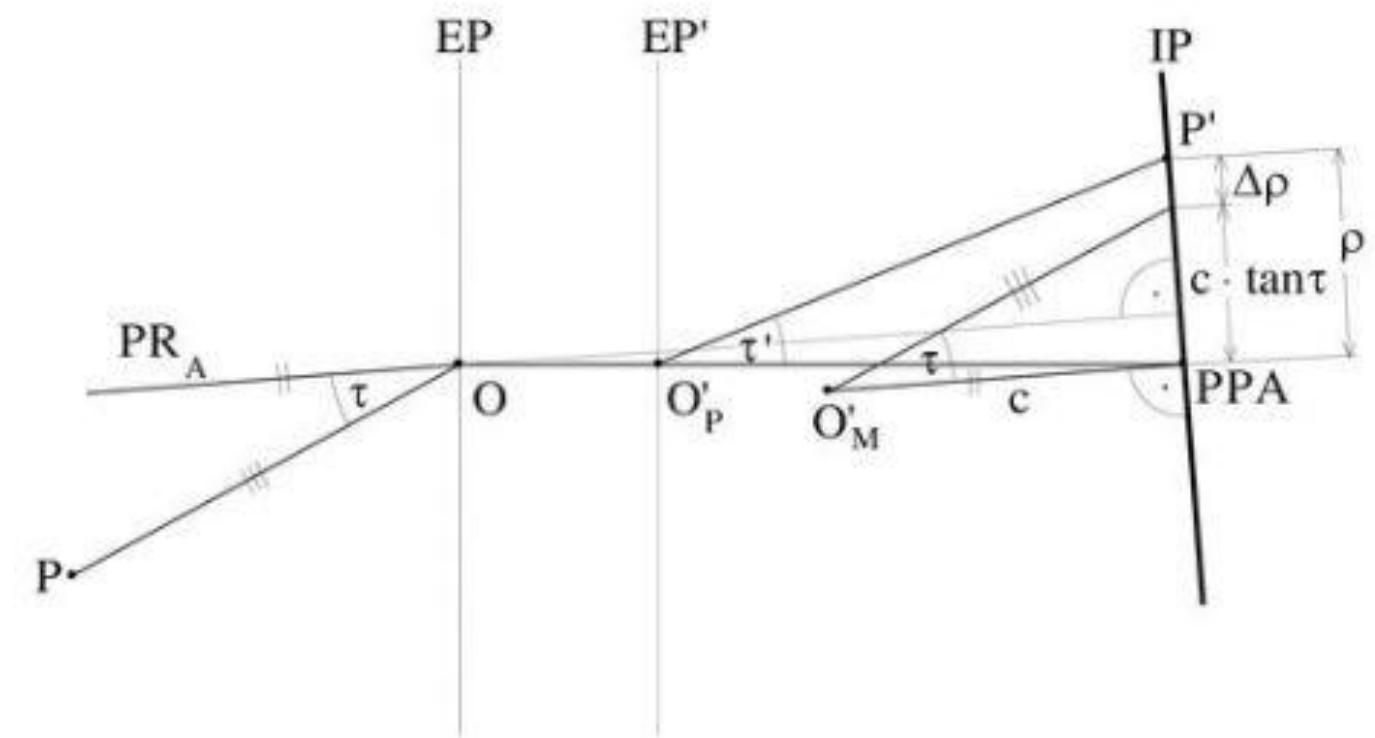
L'ottica delle camere metriche è costituita da obiettivi di grande spessore. Le lenti sono realizzate con vetri di caratteristiche diverse per l'eliminazione delle aberrazioni (differenze di comportamento tra ottica reale e ottica teorica). Il diaframma non è al centro dell'obiettivo, per cui il primo problema è l'individuazione del centro di proiezione



ORIENTAMENTO INTERNO (CAMERA CALIBRATION)

L'obiettivo fotogrammetrico reale differisce dal modello ideale ora descritto

- *L'asse ottico non contiene i centri di curvatura di tutte le lenti per cui l'asse di riferimento non è l'asse ottico ma un asse calibrato perpendicolare, al piano del fotogramma e passante per il centro nodale .*
- *Gli angoli di incidenza dei raggi sono definiti nel centro nodale che non giace sul piano principale.*
- *La distanza principale effettiva non coincide con la distanza principale ottica.*
- *Il piano immagine non è perpendicolare all'asse ottico.*



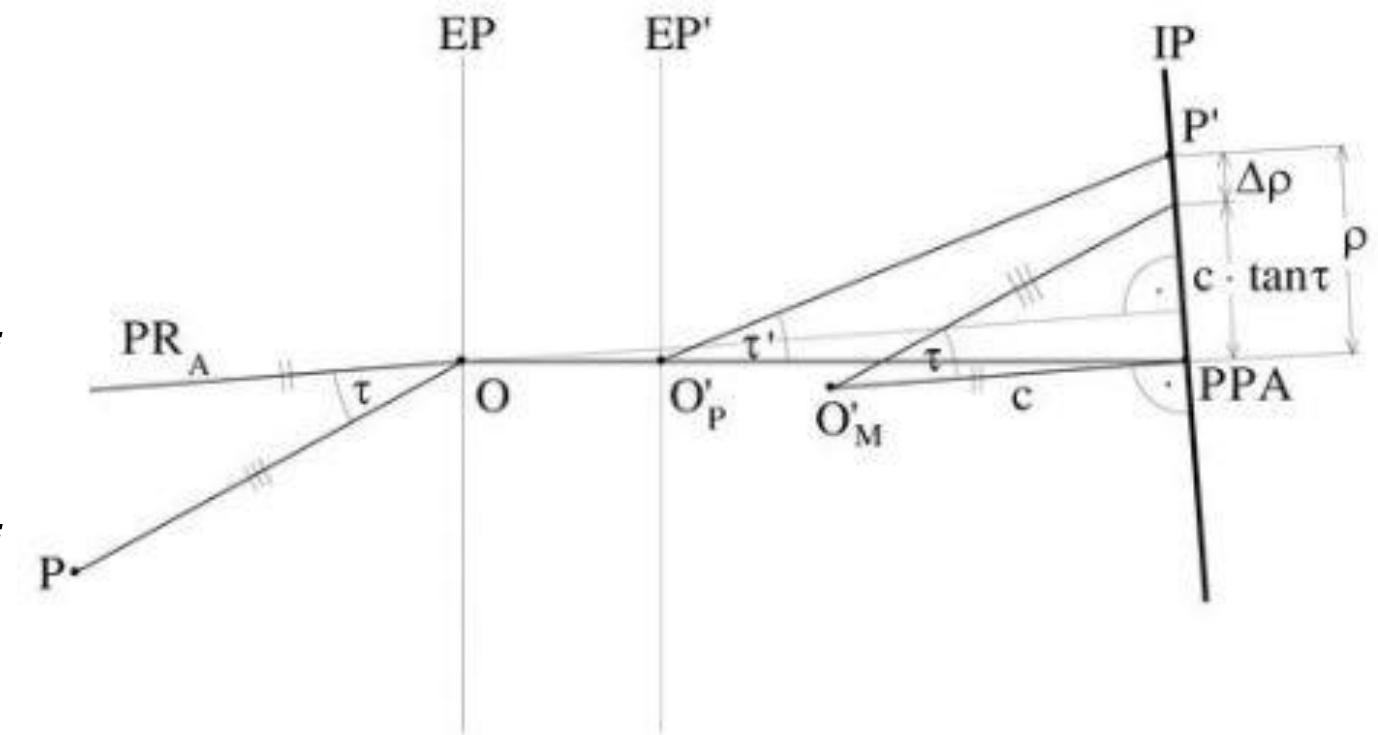
ORIENTAMENTO INTERNO (CAMERA CALIBRATION)

Si definisce il centro di prospettiva matematico $O'm$ posto alla distanza c (distanza principale) dal punto principale di autocollimazione(PPA) e che riproduce gli angoli τ più fedelmente possibile. Gli errori residui vengono attribuiti alla distorsione ottica radiale (Dr).

Ai parametri di orientamento interno teorici quindi va aggiunta la distorsione ottica radiale (Dr).

La quantità $\Delta\rho$ è la sommatoria degli effetti dovuti a svariate cause che possono essere così descritte e analiticamente modellate:

- *distorsione radiale*
- *distorsione tangenziale*
- *parametri di calibrazione del sensore CCD (nel caso di immagini digitali)*



DISTORSIONI RADIALI E TANGENZIALI

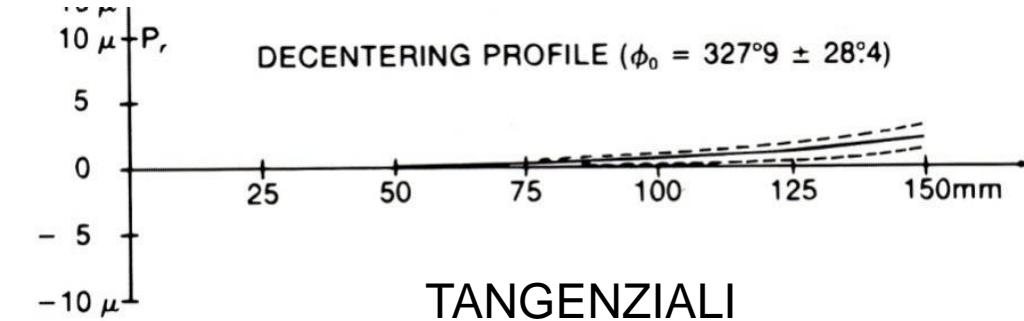
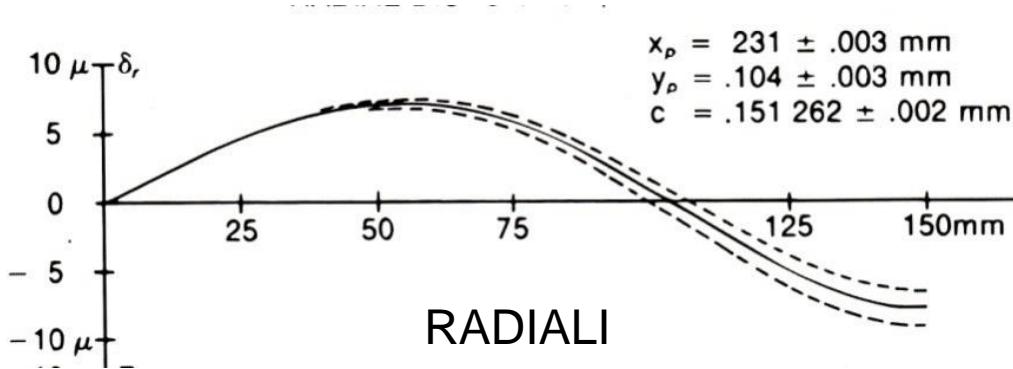
La distorsione radiale è la principale componente di deformazione rispetto allo schema teorico di prospettiva centrale. Essa è causata principalmente dalla composizione multicromatica dei raggi luminosi e dai difetti di anisotropia delle lenti che compongono l'obiettivo.

Nelle camere amatoriali può raggiungere valori ragguardevoli (anche 300 µm ai bordi del sensore CCD). Si modella con un polinomio dispari del VII grado.

$$\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7$$

La distorsione tangenziale è una componente di deformazione rispetto al modello teorico di prospettiva centrale causata dal non perfetto allineamento dei centri di curvatura delle lenti che compongono l'obiettivo. Nelle camere amatoriali può raggiungere valori pari a circa 100 µm. Si modella con la seguente funzione:

$$\Delta t = J_1 r^2 + J_2 r^4$$





DISTORSIONI RADIALI E TANGENZIALI

Nelle camere digitali occorre ancora considerare gli effetti di bordo legati alla componente elettronica del sensore CCD utilizzato. Questi effetti non sono facilmente comprensibili a chi non conosce approfonditamente l'elettronica. Da un punto di vista pratico il loro effetto si traduce in una deformazione di scala modellabile con il seguente polinomio:

$$\Delta_{CCD} = b_1r + b_2r$$

In definitiva la differenza tra una prospettiva centrale e un'immagine fotografica può essere descritta in termini analitici nel seguente modo:

$$\Delta\rho = k_1r^3 + k_2r^5 + k_3r^7 + J_1r^2 + J_2r^4 + b_1r + b_2r$$

Radiali

Tangenziali

Componenti CCD



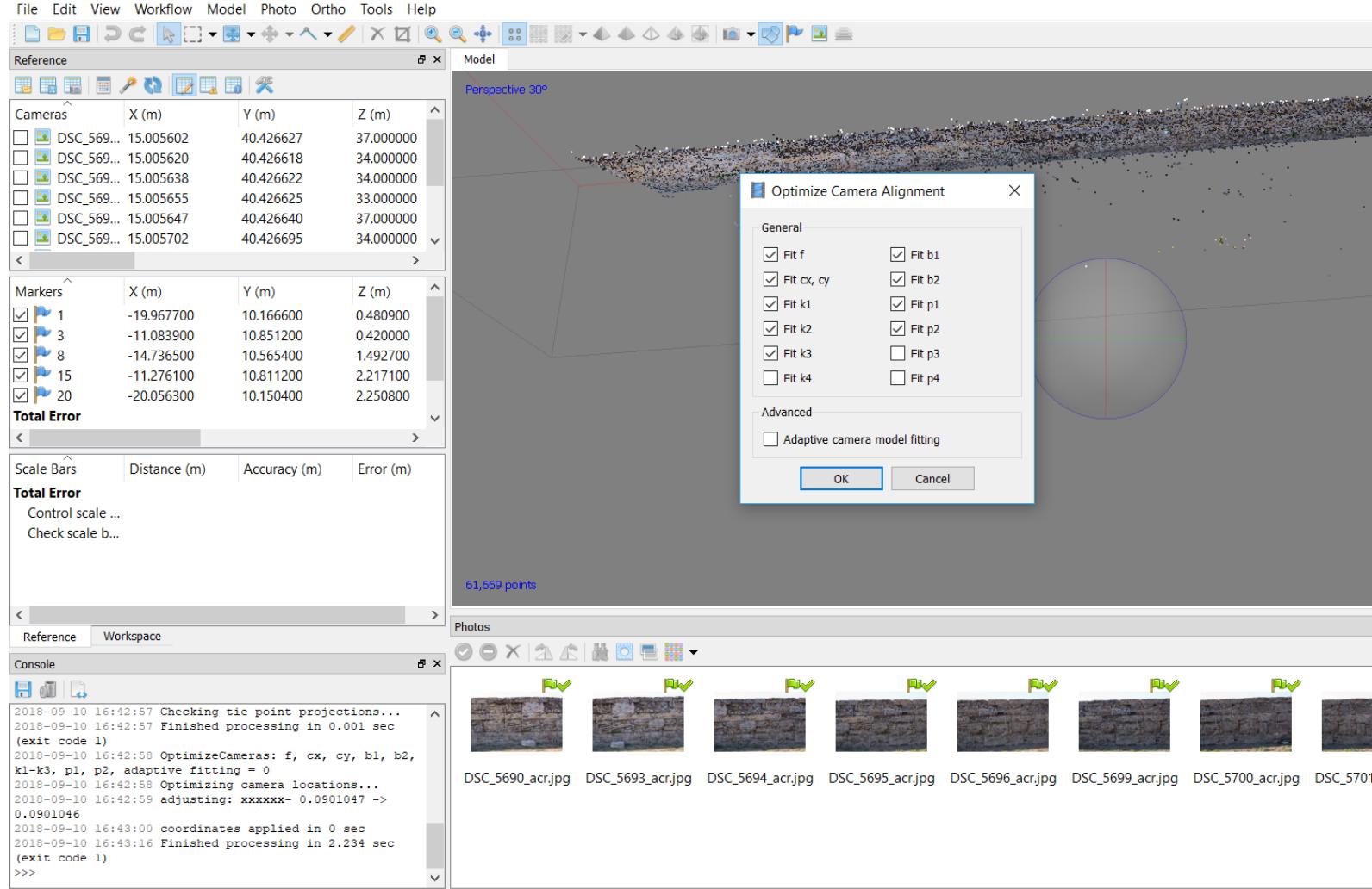
DISTORSIONI RADIALI E TANGENZIALI

Per tenere conto di questi sistematismi nelle equazioni di collinearità occorre tenere conto che le coordinate delle immagini omologhe sono “sporcate” da questi effetti. Se x_I è la coordinata fiduciale dell’immagine prospettica di un punto e X_{IS} quella che si misura effettivamente sull’immagine digitale è sufficiente considerare che:

$$X_{IS} = X_I + \Delta\rho$$

e quindi i 7 parametri della distorsione rientrano tra le incognite da determinare in fase di calibrazione e/o autocalibrazione delle immagini (oltre ai tre parametri dell’orientamento interno)

PARAMETRI CAMERA CALIBRATION



F: Lunghezza focale misurata in pixel.

cx, cy: Coordinate del punto principale(coordinate di intercettazione dell'asse ottico dell'obiettivo con piano del sensore) in pixel.

b1, b2: Coefficienti di trasformazione di affinità e disallineamento (non ortogonalità).

k1, k2, k3, k4: Coefficienti di distorsione radiale.

p1, p2, p3, p4: Coefficienti distorsione tangenziale

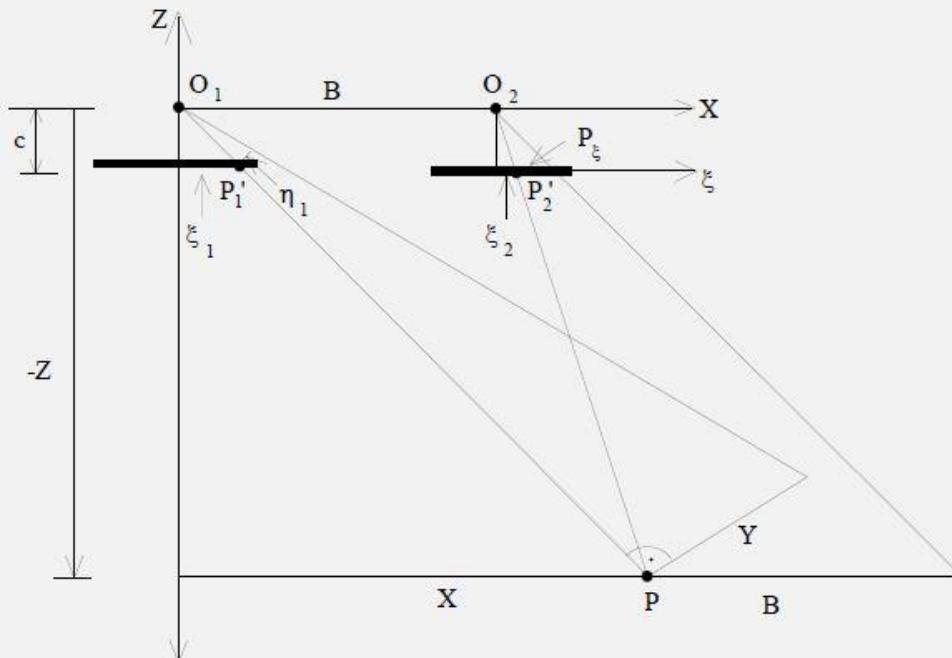
METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: CLOSE RANGE

Nella migliore delle ipotesi (caso normale) la precisione della fotogrammetria è espressa dalle seguenti formule:

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\xi_1}{c} m_b \frac{Z}{B} \sigma_{p_\xi} \right)^2 + (m_b \cdot \sigma_\xi)^2}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\eta_1}{c} m_b \frac{Z}{B} \sigma_{p_\xi} \right)^2 + (m_b \cdot \sigma_\eta)^2}$$

$$\sigma_z = \frac{Z^2}{c \cdot B} \sigma_{p_\xi}$$



Z = distanza centro camera oggetto

B = Baseline
c = focale

Mb= Z/c= Rapporto di Scala

B/Z= Rapporto di Base

METODI DI ACQUISIZIONE IMMAGINI: CLOSE RANGE

Distanza principale = 15 cm – precisione nella misura delle coordinate $\pm 5 \mu\text{m}$

	$B/Z = 1:1$	$B/Z = 1:3$	$B/Z = 1:10$	$B/Z = 1:20$			
m_b	σ_{XY}	σ_z	σ_{XY}	σ_z	σ_{XY}	σ_z	σ_{XY}
50000	0.36	0.25	0.43	0.75	0.90	2.50	1.70
10000	0.72	0.50	0.86	1.50	1.81	5.00	3.41
1000	0.72	0.50	0.86	1.50	1.81	5.00	3.41
100	0.72	0.50	0.86	1.50	1.81	5.00	3.41
25	0.18	0.13	0.22	0.38	0.45	1.25	0.85

Z = distanza centro
camera oggetto

B = Baseline
c = focale

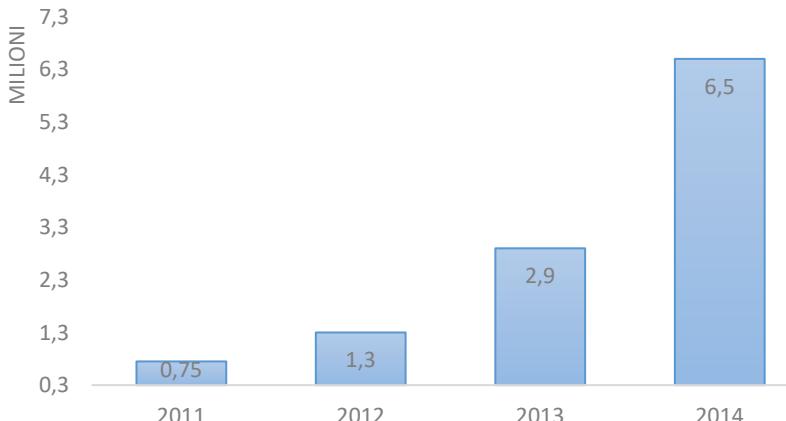
$M_b = Z/c$ = Rapporto di
Scala

B/Z = Rapporto di
Base

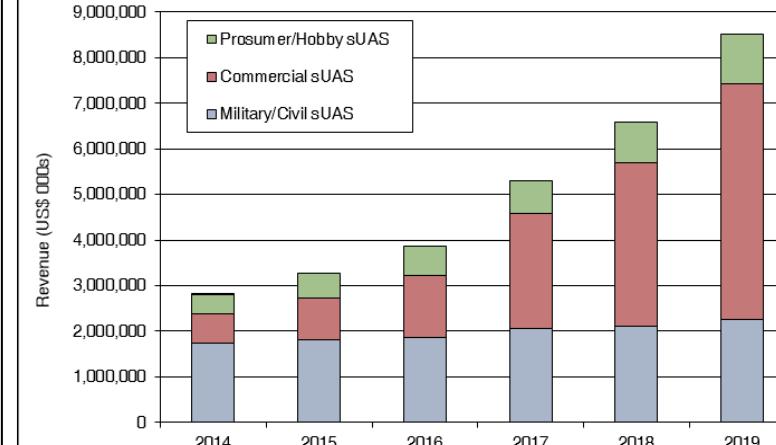
- A grandi linee e per aver un ordine di grandezza a disposizione si può dire che nella migliore delle ipotesi la precisione della fotogrammetria è pari a 10^{-4} della distanza di presa se il rapporto B/Z varia da 1 a 1/3. Qualsiasi scostamento da tali condizioni geometriche non può che provocare un peggioramento netto delle precisioni.
- E' vero che aumentando la risoluzione delle immagini aumenta la precisione di misura delle coordinate ma questo apporto è di gran lunga inferiore al peggioramento dovuto all'uso di rapporti B/Z inferiori a 1/3.

FOTOGRAMMETRIA AEREA

ATTUALITA' DEI SISTEMI A PIOTAGGIO REMOTO

Mercato Italiano SAPR

Fonte: Hobbyhobby

**Total sUAS Ecosystem Revenue
World Market, Forecast: 2014 to 2019**

Fonte: ABI research

Direct Economic Impact From The UAV Industry*
US-onlyFonte: Business Insider
Intelligence

1.200 SAPR volano nel rispetto del Regolamento emesso da ENAC, per un totale di circa 600 aziende specializzate nella produzione di questi velivoli di cui si vuole studiare un sempre maggiore impiego nel campo «professionale» (riprese aeree, city-modeling, monitoraggio del territorio, controllo di infrastrutture, rischio idrogeologico, agricoltura, ecc.).

ATTUALITA' DEI SISTEMI A PIOTAGGIO REMOTO



● Sensor ● System

Advantages (Sensors): lower costs; extreme portability and great flexibility of use.

Disadvantages (Systems): reduced flight time between 15 and 20 minutes; limited operability in the event of wind; higher cost per unit area, not suitable for very large areas.

Regolamento ENAC 16.07.2015

From 2 to 25 kg: to fly in critical scenarios you need a certified radio-control system, a control unit able to withstand the loss of radio-links and equipped with redundant instruments.

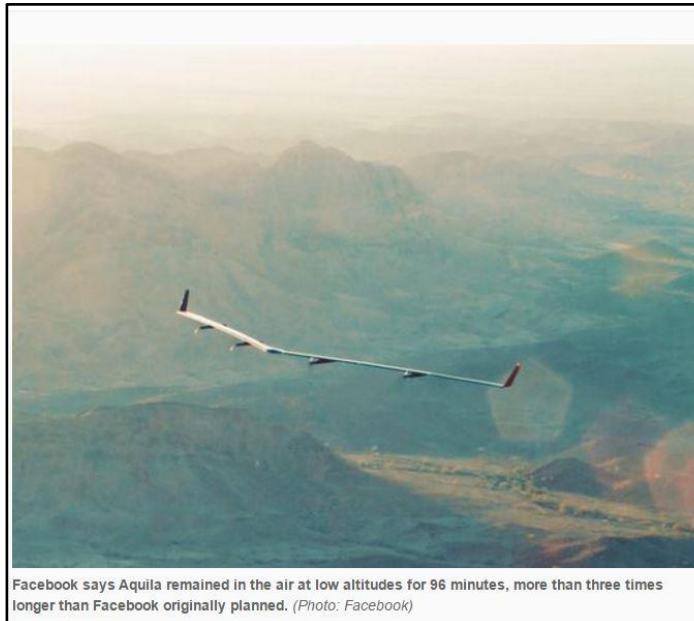
Below 2 kg: no restriction if the vehicle has a configuration such as to be inoffensive.

Below 300 g: exempted by the regulation, we can define this category totally free.

REGOLAMENTO FAA



Il regolamento riguarda i droni che pesano meno di 55 libbre (25 kg). Questi SAPR possono volare, solo di giorno, a un'altitudine massima di 500 piedi (circa 150 metri) e fino a 100 mph (poco più di 160 km/h) di velocità, rimanendo a vista dell'operatore (VLOS). Non possono operare (almeno per adesso) sopra persone che non siano direttamente coinvolte nelle operazioni.



AMAZON DRONE DELIVERIES RECEIVE U.K. APPROVAL

BY ANTHONY CUTHBERTSON ON 7/26/16 AT 7:10 AM

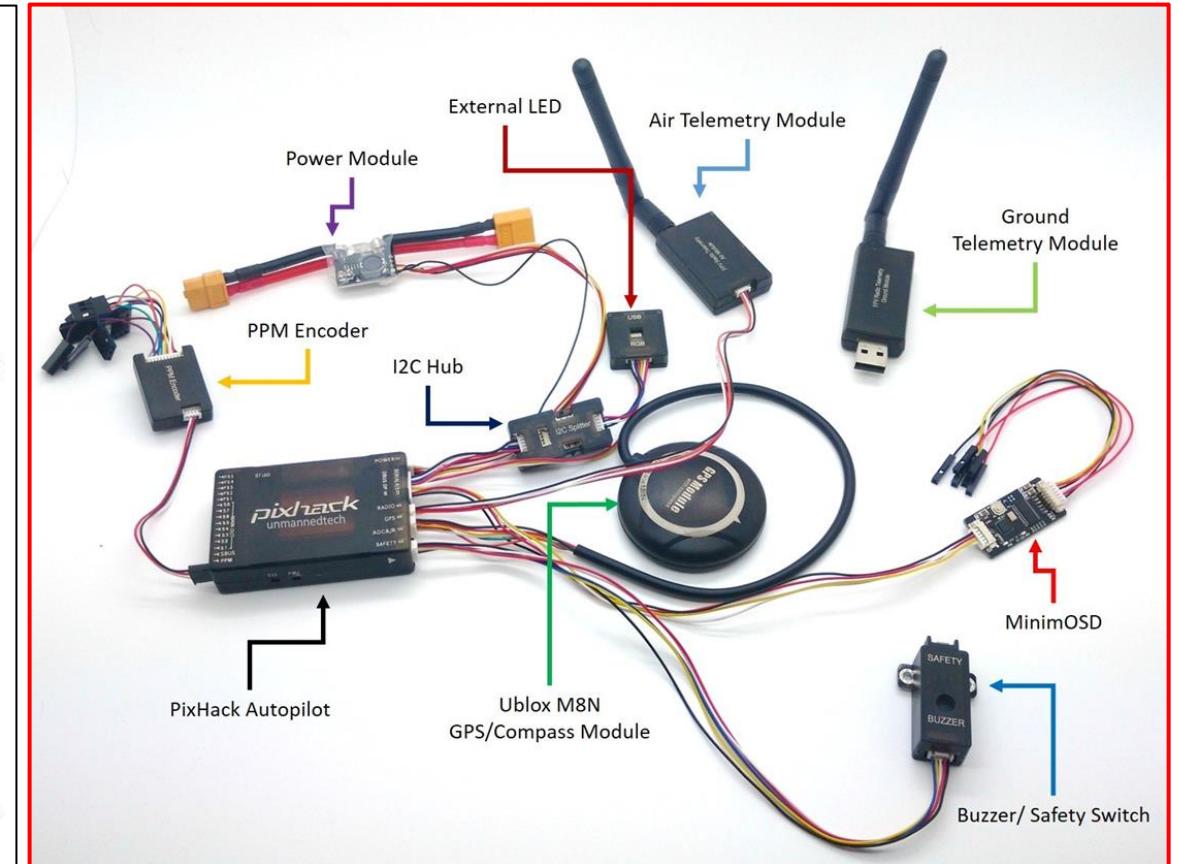


This Drone Startup Just Achieved A Milestone In Doorstep Delivery

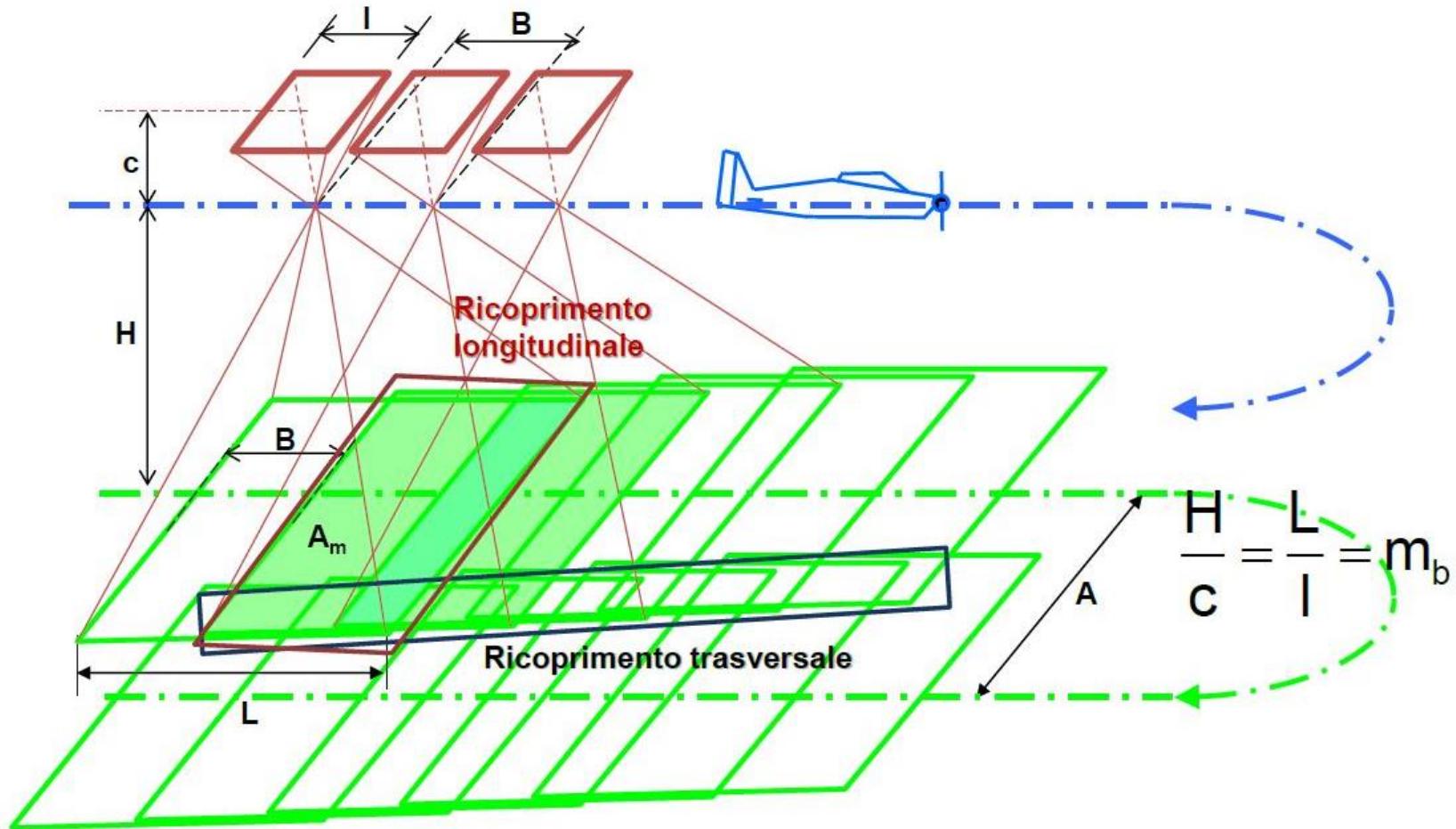
by Jonathan Vanian @JonathanVanian MARCH 25, 2016, 9:00 AM EDT



SISTEMI A PILOTAGGIO REMOTO



SCATTI FOTOGRAMMETRICI



B = base di presa = avanzamento I = lato dell'immagine (al bordo)
 H = quota relativa di volo A = interasse fra le strisciate
 L = lato dell'area fotografata A_m = area del modello

SCATTI FOTOGRAMMETRICI

Base per un ricoprimento η %

$$B = L \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right)$$

Interasse fra strisciare
per ricoprimento trasversale γ %

$$A = L \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right)$$

N. Modelli per strisciata

$$n_m = \left[\frac{L}{B} + 1 \right]$$

N. fotogrammi per strisciata

$$n_b = n_m + 1$$

N. Strisciare per blocco

$$n_s = \left[\frac{Q}{A} + 1 \right]$$

Area coperta da un modello

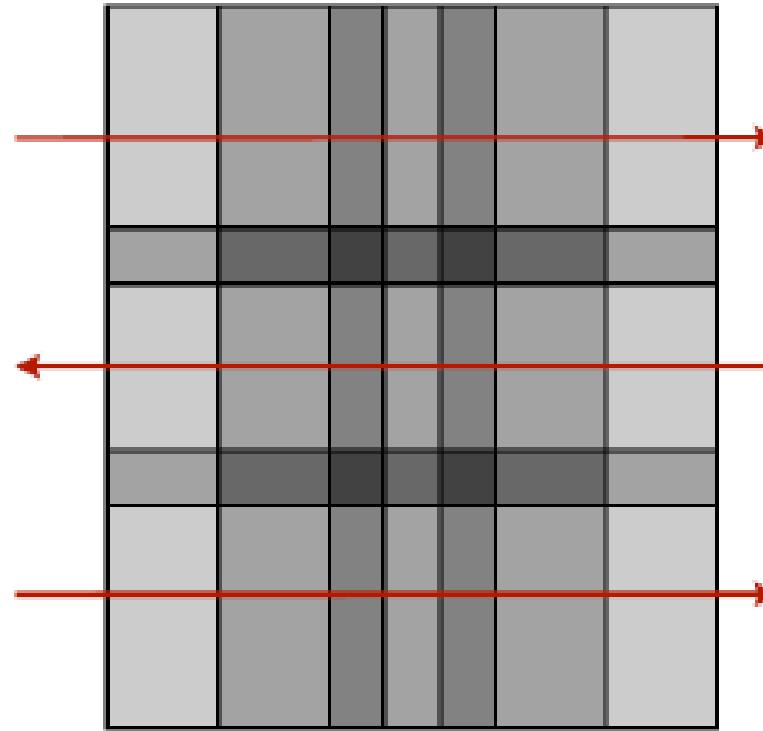
$$A_m = L \cdot (L - B)$$

Intervallo di scatto

$$At [s] = \frac{B [m]}{v [m/s]} \geq 2.0$$

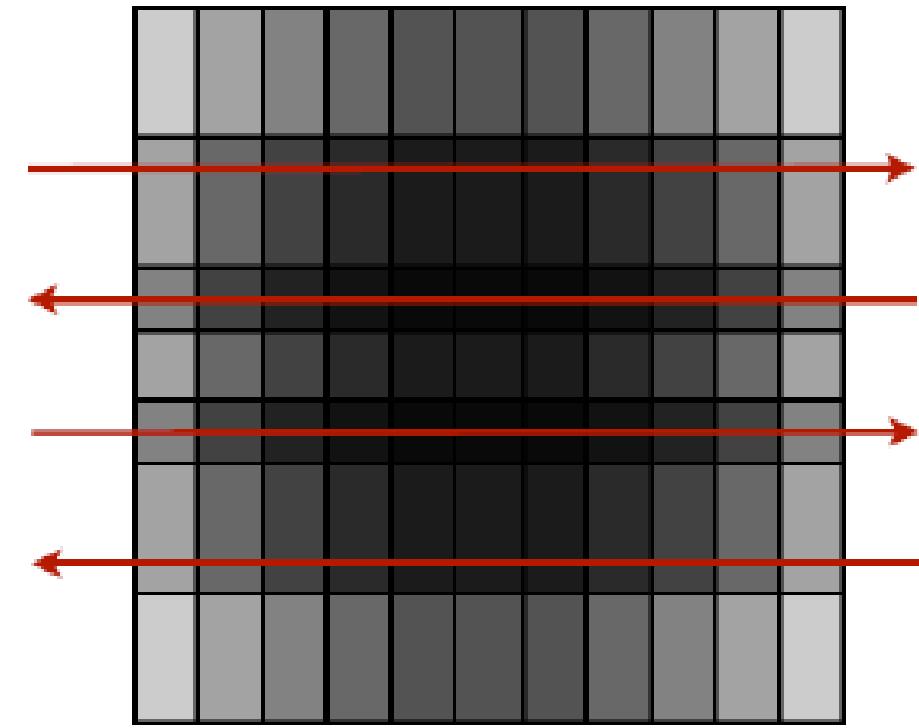
$$\frac{H}{C} = \frac{L}{I} = m_b$$

SCATTI FOTOGRAMMETRICI



SCHEMA CLASSICO

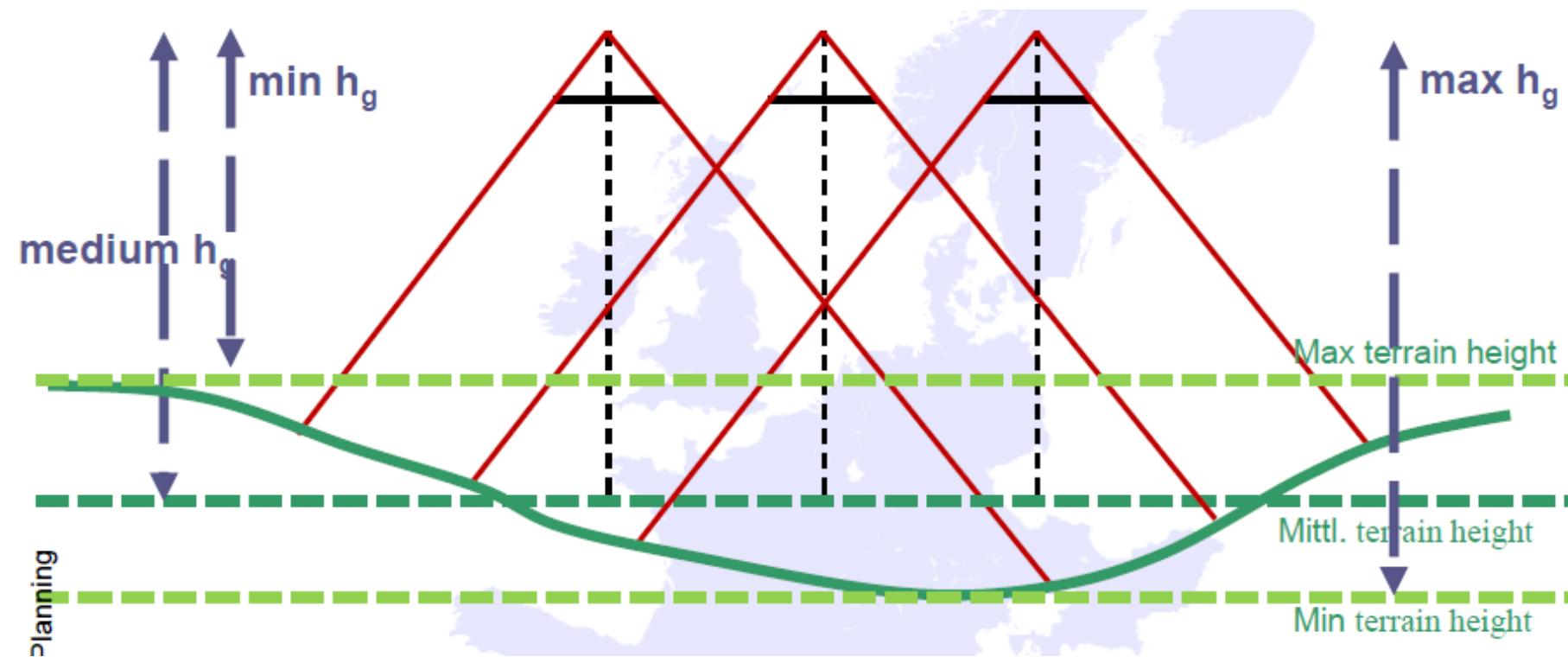
60% ricoprimento Longitudinale
20% ricoprimento trasversale



SCHEMA MODERNO

80% ricoprimento Longitudinale
60% ricoprimento trasversale
10-15 osservazioni per punto

SCATTI FOTOGRAMMETRICI



Per variazioni in quota occorre adattare le quote delle strisciate per soddisfare il GSD

ALCUNE CAMERE DA DRONE



SENSORE	DIMENSIONE (mm)	TIPOLOGIA	Risoluzione	DIMENSIONE (PX)	PIXEL SIZE (μm)	FOCALE EQ.
DJI PHANTOM 3 PRO	6.3 x 4.7 mm	1/2.3" CMOS	12 MP	12 MP	1.55	20mm
DJI SPARK	6.3 x 4.7 mm	1/2.3" CMOS	12 MP	12 MP	1.55	25 mm
DJI PHANTOM 4	6.3 x 4.7 mm	1/2.3" CMOS	12 MP	4000x3000	1.55	20mm
DJI MAVIC PRO	6.3 x 4.7 mm	1/2.3" CMOS	12 MP	4000x3000	1.55	26 mm
DJI MAVIC AIR	6.3 x 4.7 mm	1/2.3" CMOS	12 MP	4000x3000	1.55	24 mm
DJI MAVIC 2 (ZOOM)	6.3 x 4.7 mm	1/2.3" CMOS	12 MP	4000x3000	1.55	24–48 mm
DJI PHANTOM 4 PRO	13.2x8.8 mm	CMOS, 1"	20MP	5472 x 3648	2.41	24 mm
DJI MAVIC 2 (HASSELBLAD)	13.2x8.8 mm	CMOS, 1"	20 MP	5472x3648	2.41	28 mm
X4	13.2x8.8 mm	CMOS, 1"	20 MP	5472x3648	2.41	24mm
X5	17.3 x 13.0 mm	4/3 CMOS	16 MP	4608x3456	3.75	30mm
X5S	17.3x13 mm	4/3 CMOS	20.8MP	5280 x 3956	3.75	(12 a 45 mm)*
X5R	17.3 x 13.0 mm	4/3 CMOS	16.0M	4608 x 3456	3.75	30mm
X7	23.5x15.7mm	APS-C	24MP	6016 x 4008	3.91	(16-24-35-50 mm)*

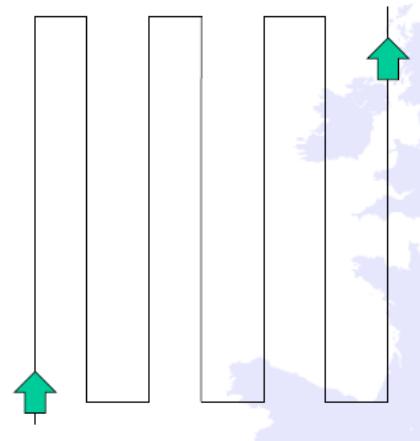
SCATTI FOTOGRAMMETRICI

TERRENI PIATTI

80% ric. Longitudinale

60% ric. Trasversale

Per terreni accidentati o con oggetti in elevazione
(foreste, edificato, ecc.) aumentare i ricoprimenti

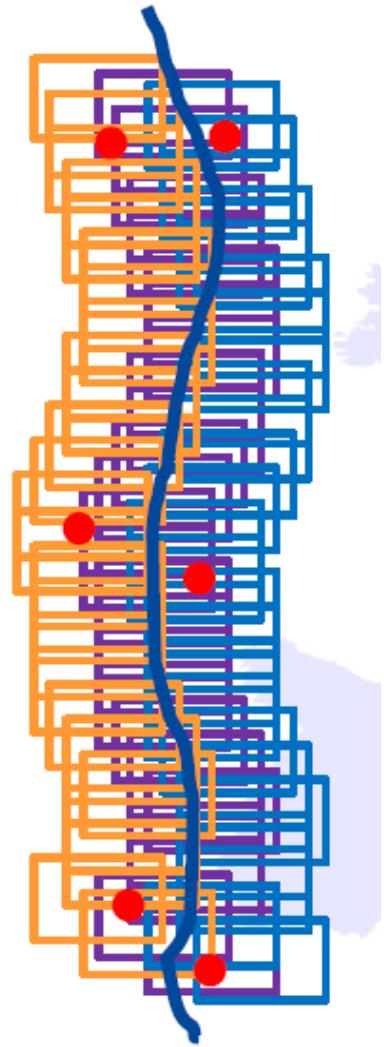
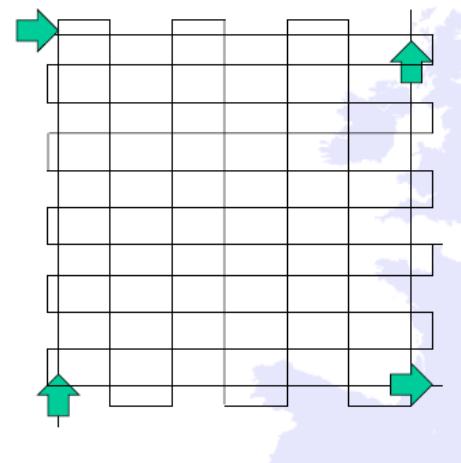


STRISCIATE INCROCIATE

60% ric. Longitudinale

40% ric. Trasversale

Voli con differenti GSD, oltre al GSD di progetto anche 1.5 -2 GSD. Per fiumi, strade, e oggetti lineari almeno 3 strisciate, spesso 4 per ragioni pratiche



SCATTI FOTOGRAMMETRICI

Per **3D city modelling**: immagini oblique a 45 ° e strisciate incrociate.

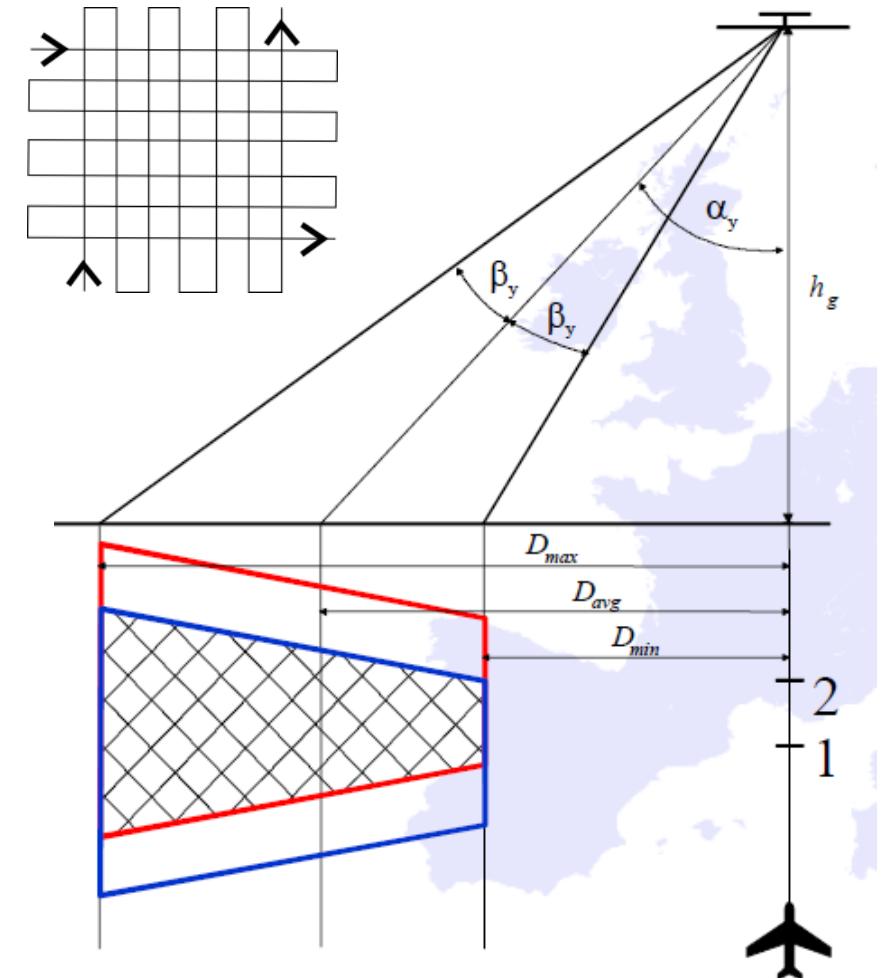
Ricoprimento trasversale circa 70%.

Per rilievo architettonico e modellazione 3D: prevedere voli circolari con camera inclinata, angoli tra immagini ogni 10°, meglio se si fanno voli a differenti quote.

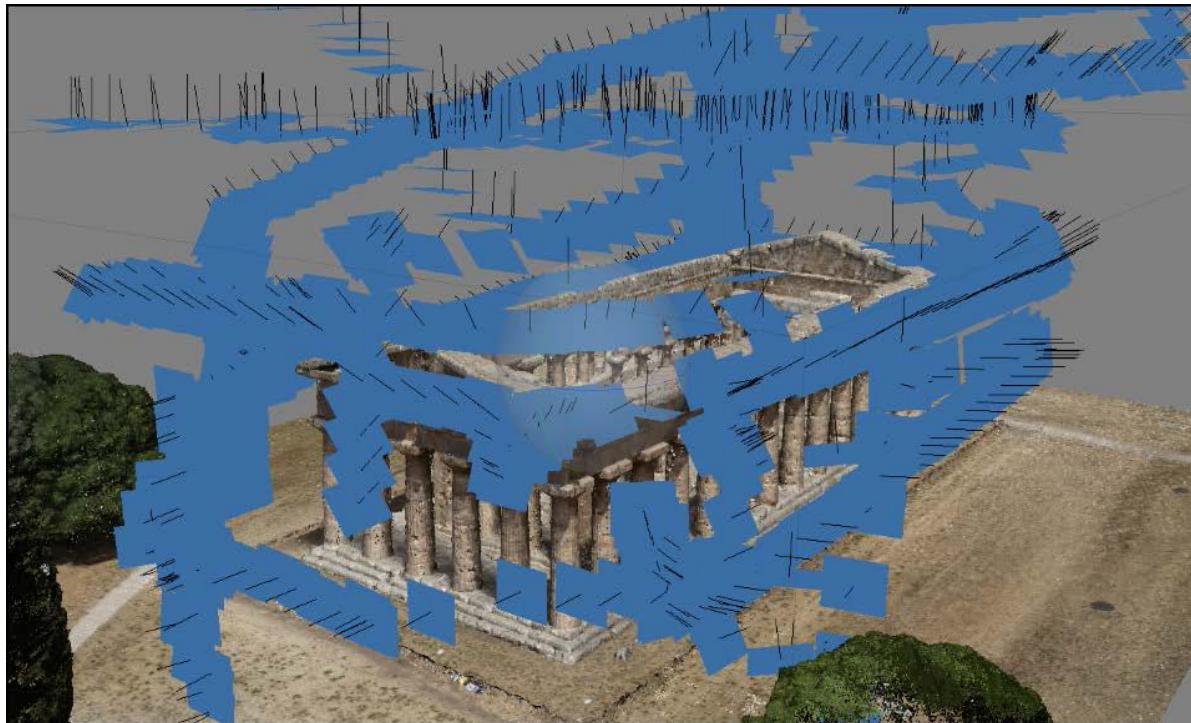
Attenzione a:

- Abbracciamento
- direzione del sole (riflessioni, ...)

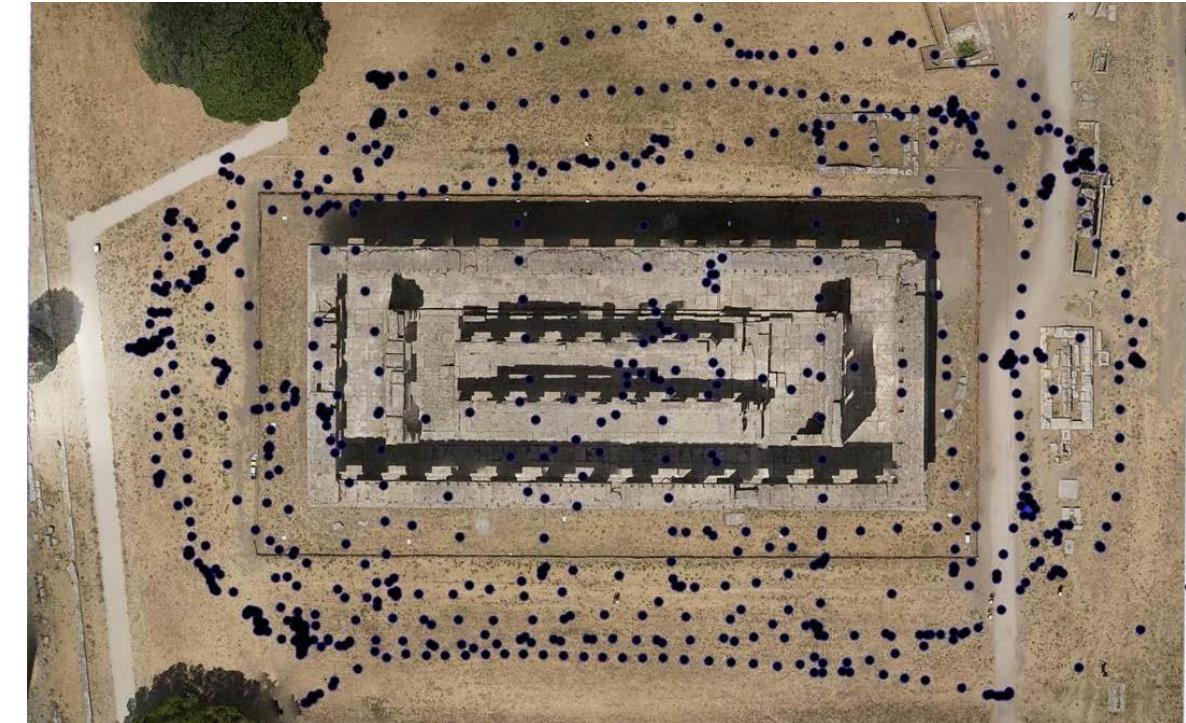
Si possono unire anche le prese nadirali



SCATTI FOTOGRAMMETRICI

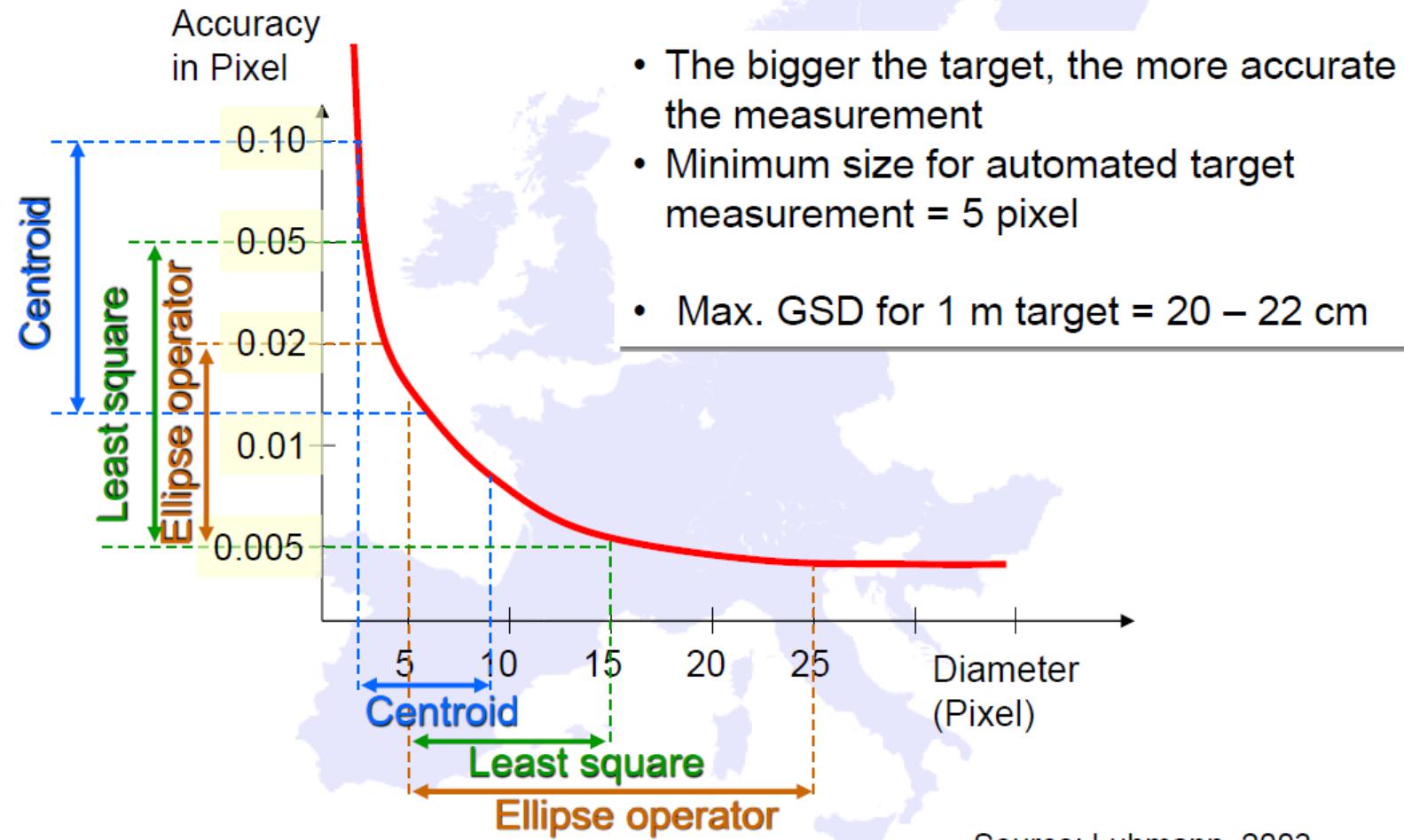


Vista Prospettica



Vista dall'alto

SCATTI FOTOGRAMMETRICI



Source: Luhmann, 2003

TARGET FOTOGRAMMETRICI

Target (size)	Design	Orig. size	Enlarged	Center	Code
70x70		2	2	2	2
65x65		2	2	2	2
60x60		2	2	2	2
55x55		2	1	0	2
50x50		1	0	0	2
45x45		1	0	0	2
40x40		2	2	2	2
35x35		2	1	2	2
30x30		1	1	1	2
25x25		1	0	1	1
20x20		0	0	0	0
15x15		0	0	0	0
10x10		0	0	0	0



2

Good detectability /
Centroid visible

1

Poor detectability /
Centroid visible

0

Not detectable /
Centroid invisible