

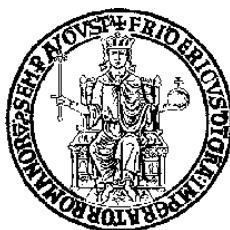
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

**Dipartimento di Ingegneria Industriale**

**Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica**

**Classe di Laurea L 09**



ELABORATO DI LAUREA IN

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICI OSPEDALIERI:

ANALISI PROGETTUALE RELATIVA ALL'EDIFICIO 2  
DELL'AOU "FEDERICO II"

**Relatore:**

Ch.mo Prof. Ing. Adolfo Palombo

**Relatore:**

Ing. Annamaria Buonomano

**Correlatore:**

Ing. Cesare Forzano

**Candidato:**

Vincenzo Caccavale

M65/646

Anno Accademico 2016/2017

QUESTA MANO PUÒ ESSE FERO COME PUÒ ESSE PIUMA:  
ORA È STATA PIUMA!

# Indice

<b>Prefazione</b>	<b>3</b>
<b>1 La prima costruzione del Policlinico</b>	<b>5</b>
L'involucro . . . . .	5
L'impianto . . . . .	9
<b>2 Lo stato attuale</b>	<b>14</b>
2.1 Le modifiche al giorno d'oggi . . . . .	14
2.2 L'edificio 2 . . . . .	15
2.3 L'involucro . . . . .	17
2.4 L'impianto . . . . .	24
2.5 I risultati energetici . . . . .	25
<b>3 La descrizione del bando</b>	<b>28</b>
<b>4 Lo stato di progetto</b>	<b>29</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>30</b>
<b>Elenco delle figure</b>	<b>31</b>
<b>Elenco delle tabelle</b>	<b>32</b>

Questa è la pagina per la prefazione.  
Ciao

Questa è la pagina per i ringraziamenti.  
dthdd

# Capitolo 1

## La prima costruzione del Policlinico

*Con l'inizio dell'anno accademico 1972-73 la seconda Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'**Università di Napoli** ha iniziato la sua attività nella sua nuova sede, all'epoca in parte ultimata ed in parte in corso di ultimazione.*

*Il numero degli studenti supera oggi le 6000 unità ed il numero complessivo dei letti è di 2758.*

*La Facoltà è costituita da un organismo edilizio articolato in ventisei edifici nei quali hanno sede gli Istituti, le Cliniche, i servizi e le attrezzature che sono collegati da gallerie di servizio a due livelli e da una viabilità principale e secondaria, e dotati di ampie superfici a verde e di parcheggi. La superficie complessiva su cui è stata realizzata la Facoltà è di 440.000 m<sup>2</sup> ed il volume costruito è di 11.130.000 m<sup>3</sup> con una superficie totale dei piani pari a 270.000 m<sup>2</sup>.*

*Il costo dell'opera, comprensivo del costo dei suoli, delle attrezzature didattiche, dell'arredo, delle sistemazioni esterne, degli impianti e degli oneri revisionali, è risultato di circa 45 miliardi con un costo quindi a m<sup>3</sup> di 40.000 lire circa.*

*Gli istituti sono inseriti nei vari edifici in funzione delle loro affinità didattiche e di ricerca ed in funzione della prevista organizzazione dipartimentale.*

Le prime righe di questo elaborato di laurea sono state volutamente lasciate alle parole dell'ing. Corrado Beguinot il quale coordinò i lavori di progettazione e costruzione del policlinico.

Questo elaborato di laurea ha come obiettivo lo studio dell'Edificio 2 dell'AOU **Università di Napoli** (allora *Patologia Medica*, ora *Cardiochirurgia*) in vista di una sua riqualificazione energetica: sia per quanto riguarda l'involucro che gli impianti annessi. Volendo usare altre parole e riassumere molto banalmente il tutto, lo scopo di questa tesi è quella di aumentare la classe energetica dell'edifi-

cio stesso. Il raggiungimento di questo obiettivo è iniziato con uno studio delle condizioni attuali dell'edificio. Sono stati effettuati vari sopralluoghi ma soprattutto si è cercato di recuperare materiale disponibile in letteratura. Sono risultati molto utili il terzo volume scritto dall'ingegnere Corrado Beguinot, di cui sono riportati i passi più utili, e l'analisi del prof. Adolfo Palombo nel Giugno 2013 sugli edifici 9A, 9F e 9H. In questo modo è stato possibile ricavare dati preziosi riguardanti l'edificio 2 senza dover ricorrere ad analisi invasive delle pareti o coperture che comportano spese sicuramente economiche ma anche temporali.

Volendo entrare più nello specifico, si riportano gli stralci più importanti del suddetto terzo volume che hanno permesso di semplificare lo studio iniziale dell'edificio di patologia medica dell'AOU **Università di Napoli**.

I primi passi, riportati all'inizio di questo capitolo, sono una spiegazione generica di come è stato concepito l'intero complesso ospedaliero. Andando avanti l'ingegnere si concentra sui corpi alti descrivendo la stratigrafia delle pareti verticali esterne e interne, gli infissi esterni (ovvero l'involucro trasparente) e quelli interni, per poi passare alle coperture. Seguono gli edifici bassi e i tunnel di collegamento. Dopo aver finito con la parte relativa all'architettura e all'edilizia si concentra sugli impianti utilizzati.

Inerentemente all'edificio 2, il Beguinot si esprime così:

*L'edificio di Patologia Medica comprende: laboratori di ricerca e stabulari per una superficie di circa 1200 m<sup>2</sup>; 1 aula da 400 posti, 8 aule da 30 in comune con la Semeiotica Medica, l'Endocrinologia e la Dermatologia; reparti di degenza per un totale di 150 posti-letto, con una superficie di circa 4400 m<sup>2</sup>. La superficie totale dei piani è di 8700 m<sup>2</sup> circa.*

Per quanto riguarda l'involucro opaco e trasparente, invece:

*L'adozione di un sistema modulare generale ha consentito una impostazione unitaria della costruzione dei complessi delle Cliniche, costituiti dai corpi alti delle degenze e dai corpi delle piastre di base degli ambulatori, delle diagnostiche, degli uffici, dei laboratori, delle aule, ecc.*

*La struttura dei corpi di degenza è essenzialmente costituita da una teoria perimetrale di pilastri pressoinflessi, posti ad interasse di 1,90 m, collegati ai piani da un solaio c.a. realizzato con coppie di travi a sezione rettangolare, agganciate lateralmente ai pilastri, e solette piene in calcestruzzo. La rigidità globale del sistema è assicurata da una trave perimetrale parapetto e dai blocchi dei collegamenti verticali, scala principale, scale di servizio e di emergenza, costituiti da pareti portanti in c.a. dello spessore di 40 cm, dalle quali escono a sbalzo i gradini prefabbricati ed i ripiani. Il coronamento dell'edificio è realizzato con elementi modulari prefabbricati in c.a., agganciati al prolungamento dei pilastri.*

[...]

*Le facciate dei corpi degenza sono caratterizzate, oltre che dagli elementi pieni di calcestruzzo armato dei collegamenti verticali, da una alternanza di pieni e vuoti, realizzati con l'adozione di un elemento tipo prefabbricato, di lunghezza modulare, ancorato mediante piastre, perni e bulloni ai pilastri. I suddetti blocchi sono costituiti da un doppio strato di silicalcite pesante e leggera, e sono rifiniti sulla faccia esterna con una superficie granigliata e sul lato interno a stucco. Lo spazio libero, tra la fascia parapetto e l'intradosso del solaio, è modulato in sette parti uguali, che sono occupate da elementi prefabbricati o elementi di infisso in accordo con le esigenze di visibilità e di illuminazione degli ambienti interni e della composizione della superficie esterna.*

[...]

*Allo scopo di attenuare la rumorosità negli ambienti sono stati adottati nei corridoi e nelle altre zone di traffico (atrio al piano, soggiorno pazienti, testate di servizio) pavimenti di gomma; nelle camere di degenza, nei soggiorni per i visitatori, e negli studi si è adottata una pavimentazione resiliente. Sia i pavimenti di gomma che quelli resilienti sono posti in opera su sottofondo di arena e cemento. In tutti i locali di servizio, in quelli soggetti a più frequenti lavaggi e disinfezioni, cioè ambienti per la visita medica, laboratori, ecc., si è adottata una pavimentazione in grés opaco.*

[...]

*Per l'alloggiamento degli impianti sono stati predisposti nelle strutture appositi cavedi, ubicati in posizione tali da servire in maniera omogenea la superficie di ogni piano. Più precisamente sono stati realizzati due grandi cavedi in corrispondenza rispettivamente della scala di sicurezza all'estremità del corpo di fabbrica e del torrino dei servizi, che è anche attraversato verticalmente da altri tre cavedi più piccoli, dei quali due per impianti idrico-sanitari ed uno di forma allungata, riservato esclusivamente agli impianti elettrici. Una serie continua di cavedi attraversa longitudinalmente tutto il corpo della degenza, accogliendo le condotte pluviali, gli scarichi degli impianti idrici annessi alle camere di degenza, le canne di aspirazione delle cappe dei laboratori, nei casi in cui è prevista l'ubicazione di questi ultimi nel piano rialzato del blocco degenza, e le reti di distribuzione dei gas medicali.*

[...]

*I cavedi, grandi e piccoli, ed ogni altra canalizzazione verticale, al piano cantinato, fanno capo alle reti orizzontali, ospitate nella galleria di servizio.*

*L'isolamento termico delle coperture è ottenuto con l'interposizione, tra solaio ed impermeabilizzazione, di uno strato coibente, sul quale è disposto*



*un masso concreto con pendenza verso l'interno del corpo di fabbrica per il raccordo delle pluviali, sistemate nei cavedi precedentemente descritti.*

[...]

*Gli infissi esterni sono realizzati con profilo in lamierino di acciaio verniciato a fuoco e vetro semidoppio; quelli delle camere di degenza, alternati con i blocchi di silicalcite, hanno apertura a vasistas e tenda di oscuramento in tessuto plastico; quelli del torrino dei servizi e dell'atrio di piano realizzano una fascia continua verticale, interrotta solo dallo spessore dei solai e dalla fascia parapetto, ed hanno apertura a battente.*

[...]

*Per quanto riguarda la finitura delle superfici interne ed esterne si ricorda che sono lasciati a vista i getti di calcestruzzo sia all'interno che all'esterno, proteggendoli con vernice idrorepellente ed antipolvere. Le altre pareti ed i soffitti sono dipinti con pittura lavabile. In particolare quelle delle camere di degenza, realizzati, come già detto con solette e travi binate, hanno il calcestruzzo a vista per le travi e l'intradosso delle solette, gettate su cassaforma di compensato marino, semplicemente stuccate e dipinte con pittura lavabile.*

I corpi bassi differiscono di poco dalla struttura modulare di quelli alti. Infatti:

*La struttura portante dei corpi bassi conserva la stessa modulazione dei blocchi degenze.*

[...]

*La trave parete, oltre alla funzione di collegamento e di irrigidimento dell'insieme, ha anche quella di contenimento del terreno per il piano di servizio che corre continuo alle piastre.*

*Le coperture di tali corpi sono realizzate con elementi in cemento armato ad U capovolto, sul modulo tipo di 1,90 m, poggiati su travi portanti longitudinali, ed uscenti a sbalzo per 1,60 m, onde realizzare una zona d'ombra sulle pareti verticali.*

[...]

*Uno strato coibente ed un'impermeabilizzazione a guaina sintetica proteggono le coperture, seguendone il profilo greco.*

[...]

*Le facciate esterne sono costituite dall'alternanza di elementi di compagno e di infissi, suggerita dalla funzionalità esterna.*

*I compagni sono realizzati con doppia fodera: pannello prefabbricato di cemento granigliato all'esterno, e tavolato di mattoni forati intonacato all'interno. Gli infissi sono in lamiera di acciaio verniciato a fuoco di tipo analogo a quelli del corpo di fabbrica delle degenze.*

Per quanto riguarda la parte impiantistica si vogliono riportare ancora stralci de *Ospedali e Cliniche universitarie* scritto dall'Ing. Corrado Beguinot: si tratta in questo caso del secondo capitolo che ha come titolo *Gli Impianti Termofrigoriferi - Centrale Termofrigorifera, Sottocentrali ed Impianti Interni*.

**Centrale Termofrigorifera** – *La Centrale Termofrigorifera, ubicata nell'area delle attrezzature centralizzata, è stata realizzata dalla Marelli Aerotecnica ...*

[...]

*L'edificio della Centrale occupa un'area di 2850 m<sup>2</sup> con un volume entrofuoriterza pari a 21.000 m<sup>3</sup>. È realizzato con strutture in cemento armato a faccia a vista e con tecnologie analoghe a quelle prevalenti nel complesso Policlinico e, in particolare, per gli impianti tecnologici centralizzati.*

*L'opera realizzata dalla Marelli afferma il principio della centralizzazione della produzione del caldo e del freddo per tutte le utenze relative ai molteplici Istituti e Servizi. I vantaggi del sistema adottato possono condensarsi nei seguenti punti: minor potenzialità installata, riserva a costi minori, impiego di combustibili densi ed eventuale utilizzazione futura del gas metano, concentrazione stoccaggio combustibili con minori costi, maggiore durata con rendimenti più alti, minori investimenti con minori costi di manutenzione, minori consumi d'acqua con minori costi di produzione, riduzione delle fonti di inquinamento.*

*Nella Centrale Termofrigorifera sono state installate: 5 caldaie con una potenzialità complessiva di circa  $60 \times 10^6$  kcal/h, 5 gruppi frigoriferi, di cui uno del tipo ad assorbimento avente una capacità di  $3 \times 10^6$  frig/h e 4 di tipo Centrifugo con capacità singola di  $6 \times 10^6$  frig/h. Le caldaie forniscono vapore surriscaldato, sia per la produzione di acqua surriscaldata delle sottocentrali, quanto per l'azionamento delle turbine collegate ai gruppi frigoriferi centrifughi e delle turbopompe di circolazione dei fluidi prodotti dall'impianto frigorifero (acqua refrigerata e acqua raffreddamento condensatori).*

*Le caldaie sono del tipo pressurizzato e collegate ognuna ad un recuperatore per il massimo sfruttamento del calore sensibile dei prodotti della combustione.*

*Ogni caldaia produce vapore alla pressione di 40 kg/cm<sup>2</sup> surriscaldato a circa 360 °C.*

*L'energia termica, sia per il periodo invernale come per il periodo estivo, per il riscaldamento e produzione acqua calda necessaria ai servizi, viene distribuita mediante acqua surriscaldata ad una temperatura di circa 170 °C, non oltre i 180 °C.*

[...]

*La circolazione dell'acqua surriscaldata è assicurata da più pompe elettrocentrifughe che, attraverso un'estesa rete di distribuzione, servono ogni fab-*

*bisogno termico attraverso scambiatori installati nelle varie sottostazioni dislocate negli scantinati dei diversi fabbricati.*

*La Centrale Termica è integrata da un impianto di trattamento di acqua grezza, sia per il riempimento del sistema acqua surriscaldata, sia per il reintegro spurghi caldaie.*

*Affiancata alla Centrale Termica, ma divisa, in rispetto delle norme VV.FF., è stata realizzata la Centrale Frigorifera con una serie di 4 gruppi centrifughi in parallelo ed uno ad assorbimento; i primi, azionati da turbine in contropressione, mentre l'assorbitore utilizza, in parte, il vapore di scarico delle turbopompe di circolazione dell'acqua di condensazione refrigerata.*

*L'adozione della macchina ad assorbimento è stata attuata per potere sfruttare meglio il vapore e poter far funzionare gli impianti primari e secondari in modo soddisfacente anche a bassi carichi continui (funzionamenti notturni, periodo invernale), in modo che possa essere tenuto in funzione il maggior numero di ore/anno in relazione alle fluttuazioni dei carichi dal 100% alle minime percentuali con i più elevati rendimenti, e con semplice regolazione.*

*Il vapore ad alta pressione ed alta temperatura, proveniente dalle caldaie, viene distribuito in parallelo: alle quattro turbine a condensazione, accoppiate direttamente ai quattro compressori centrifughi, ai quattro turboriduttori a contropressione delle pompe di circolazione dell'acqua di raffreddamento dei condensatori e circolazione dell'acqua refrigerata.*

*[...]*

*Data la notevole quantità d'acqua necessaria al raffreddamento dei condensatori dei gruppi centrifughi, dell'assorbitore e condensatori dell'utilizzo vapore al fine di limitare i consumi, l'acqua di raffreddamento è inviata a un complesso di torri di raffreddamento che la riporta ad una temperatura di utilizzo per uno sfruttamento in ciclo chiuso. La torre, che nel suo assieme è costituita da otto torri con otto bacini di raccolta acqua, realizzati in cemento armato, ha una lunghezza di 50 metri, larga 10 metri ed oltre 15 metri in altezza; tratta 6000 m<sup>3</sup>/h di acqua per una potenzialità di scambio pari ad oltre 45 milioni di cal/h.*

Alla fine del capitolo viene riassunto il funzionamento di ogni sottocentrale presente nello scantinato di ogni corpo di fabbrica.

**Sottocentrali** - *Tutte le sottocentrali sono collegate alla rete primaria dell'acqua surriscaldata la quale cede il proprio carico termico al circuito secondario a mezzo di scambiatori di calore di tipo acqua-acqua.*

*I due regimi idraulici dei due fluidi, del primario e del secondario, sono così indipendenti.*

*L'eventuale esclusione del circuito secondario e la sua parzializzazione è permessa by-passando l'acqua attraverso una valvola a tre vie, rimanendo così costante la portata d'acqua nella rete primaria.*

*L'acqua surriscaldata soddisfa pure i fabbisogni termici per i servizi igienici alimentando i collettori; sono previsti tutti gli accorgimenti onde garantire la sicurezza del servizio.*

*Per l'acqua refrigerata invece il circuito primario è collegato direttamente alle reti secondarie attraverso valvole miscelatrici; pertanto i due circuiti, primario e secondario, sono collegati idraulicamente.*

[...]

*Le sottocentrali e gli impianti interni degli istituti clinici comprendono:*

1. Sottostazioni di produzione del calore;
2. Sottostazioni di produzione del freddo;
3. Quadri elettrici e regolazioni automatiche;
4. Distribuzione del calore e del freddo;
5. Condizionamento dell'aria;
6. Riscaldamento a piastre;
7. Estrazione aria viziata servizi degenze;
8. Produzione e distribuzione dell'aria compressa;
9. Produzione e distribuzione del vuoto;
10. Distribuzione del gas illuminante;

### **Sottostazione di produzione del calore**

*Le sottostazioni realizzate sono:*

- Medicina Generale
- Semeiotica Medica
- Patologia Medica
- Medicina del Lavoro
- Ostetrica e Ginecologica
- Radiologia
- Pediatria e Puericultura
- Malattie Nervose e Mentali
- Malattie Infettive
- Ortopedica
- Otorino
- Odontoiatrica
- Neurochirurgica

- Chirurgia Generale

*In ciascuna delle predette sottostazioni sono state installate le apparecchiature di trasformazione del calore costituite, per ognuna, da due scambiatori per la produzione di acqua calda a  $90 + 95^{\circ}\text{C}$  e due scambiatori per la produzione dell'acqua calda a  $60^{\circ}\text{C}$ .*

*Gli scambiatori sono alimentati dal fluido primario costituito da acqua surriscaldata proveniente dai distributori correnti nel cunicolo alla temperatura di circa  $170^{\circ}\text{C}$  e con ritorno di  $110^{\circ}\text{C}$ , con una pressione disponibile tra andata e ritorno di 10 metri di colonna d'acqua.*

*Ogni scambiatore è dotato di propria apparecchiatura di termoregolazione automatica, a funzionamento pneumatico, costituito essenzialmente da valvola deviatrice a tre vie, comandata da termostato posto sulla scia del secondario.*

*Sono state installate nelle stesse sottocentrali i collettori di andata e ritorno dell'acqua calda alle diverse temperature e le relative elettropompe di circolazione; sono stati inoltre installati i dispositivi necessari per mantenere costante la pressione dell'acqua surriscaldata in arrivo alle sottostazioni.*

*Tutte le apparecchiature delle sottostazioni sono state superdimensionate per tener conto di eventuali futuri fabbisogni termici.*

### **Sottostazioni di produzione del freddo**

*Negli stessi locali sono stati portati gli allacciamenti dell'acqua refrigerata di circa  $4^{\circ}\text{C}$  in arrivo e ritorno a  $12^{\circ}\text{C}$ . Per ciascuna sottostazione è stata prevista un'apparecchiatura regolatrice, stabilizzatrice di pressione, ed un contatore di frigorie con totalizzatore settimanale. È stata inoltre posta un'apparecchiatura di regolazione automatica atta a mantenere costante la temperatura di ritorno a  $12^{\circ}\text{C}$ .*

[...]

### **Distribuzione del calore e del freddo**

*Dai collettori posti nelle sottostazioni partono le tubazioni di trasporto dell'acqua calda e fredda per l'alimentazione dei vari impianti di condizionamento e di riscaldamento.*

*Queste reti sono state realizzate in tubi di acciaio trafilato «Mannesmann», posti in opera mediante saldature ossiacetileniche, verniciate antiruggine ed isolate termicamente; completano le reti le saracinesche d'intercettazione.*

## **Condizionamento dell'aria**

*Molteplici sono i tipi d'impianti realizzati nelle varie Cliniche e precisamente: per i locali adibiti ad uffici e laboratori sono stati realizzati impianti «ad induzione» con aria primaria atta ad assicurare un ricambio di circa 2 Vol/h.*

*Altro tipo di impianto è stato quello a doppio condotto ad alta velocità con cassette miscelatrici-attenuatrici e l'alimentazione delle bocchette a bassa velocità; ciascuna cassetta miscelatrice è comandata da termostato in ambiente. Gli ambienti sono condizionati a tutt'aria esterna ed i ricambi di aria sono stati determinati in funzione dei carichi termici e delle necessità di ventilazione dovuta ai particolari usi a cui i locali stessi sono stati adibiti.*

*Ciascun impianto di condizionamento si completa con l'impianto di estrazione dell'aria con smaltimento diretto all'esterno.*

*Gli stabulari ed i locali delle terapie sono stati trattati con impianti indipendenti del tipo convenzionale a tutt'aria esterna.*

*I ricambi assicurati sono pari ad almeno 12 Vol/h.*

[...]

## **Riscaldamento a piastre**

*Nei locali degenze e servizi sono stati realizzati impianti di riscaldamento con termoconvettori in prevalenza in alluminio pressofuso. In questi ambienti la temperatura garantita è di 20 °C, anche in relazione alla minima esterna invernale di 0 °C.*

[...]

*Ciascuna colonna montante o discendente dell'impianto di riscaldamento è dotata di saracinesche d'intercettazione in bronzo pesante con rubinetti di scarico a maschio, con attacco portagomma sul ritorno.*

*Per ogni corpo di fabbrica è stato previsto un circuito diverso intercettabile con saracinesche nella sottostazione.*

## **Estrazione aria viziata dei servizi degenze**

*Per questi impianti sono state installate bocchette di ripresa a portata regolabile in maniera da permettere di regolare perfettamente la portata di aria ripresa nel singolo ambiente. Esse fanno capo ad una canalizzazione verticale in lamiera di ferro zincato prolungata fino alla copertura e collegata ad un collettore di raccolta dell'aria da smaltire, facente capo ad un ventilatore di espulsione dell'aria viziata.*

Inserisci eventualmente foto prese dal Beguinot o foto dal sopralluogo

# Capitolo 2

## Lo stato attuale

### 2.1 Le modifiche al giorno d'oggi

Nel primo capitolo si sono descritti in maniera sommaria l'architettura, l'edilizia e gli impianti presenti nell'intero complesso ospedaliero (al momento della costruzione) riportando le parole dell'ing. Corrado Beguinot. In questo capitolo, invece, si vuole dare ampio spazio alle condizioni attuali del suddetto edificio, riportando i dati di input inseriti all'interno dello studio pre-riqualificazione energetica riferiti, quindi, allo stato di fatto.

Prima di procedere con suddetto elenco particolareggiato sull'edificio 2, però, si vogliono riportare le modifiche effettuate su tutto l'impianto ospedaliero del policlinico.

In questi anni, infatti, nella centrale termica, le caldaie vengono fatte funzionare per inviare acqua calda nella rete di teleriscaldamento non più a 170 °C ma a 130 °C. Per quanto riguarda il teleriscaldamento. Il cogeneratore è stato modificato. Sono stati aggiunti questi gruppi frigoriferi di cui tot ad assorbimento.

## 2.2 L'edificio 2

Tutto il corpo di fabbrica è destinato alla *Cardiochirurgia*.

Esso è costituito da 5 edifici:

- Corpo A: è l'edificio principale. Di sviluppo longitudinale lungo un asse orientato lungo la direttrice N-E – S-O, è alto 5 piani oltre il piano terra. Contiene le degenze, gli ambulatori, l'Emodinamica al piano terra, l'UTIC (Unità di Terapia Intensiva Coronarica) e il blocco operatorio al quinto piano. La sua superficie in pianta è di ... per un totale di ... per i 6 piani.
- Corpo B: contiene ... di pianta quadrata ed è alto solo 1 piano. Estensione
- Corpo C: contiene laboratori e ambulatori. E' di pianta rettangolare e alto solo 1 piano. Estensione
- Corpo D: contiene ... di pianta quadrata ed è alto solo 1 piano. Estensione
- Corpo E: contiene ... di pianta quadrata ed è alto solo 1 piano. Estensione

I livelli dell'edificio 2 (che sono comunque in comune con quasi tutti gli edifici del Policlinico) sono 8 di cui 2 sotterranei. Infatti, è presente una rete di cunicoli al di sotto del Policlinico che unisce in modo diretto e senza ostacoli (in quanto non è permesso il traffico veicolare al pubblico) i vari edifici. I livelli dei cunicoli sono due: uno è quello *del pulito* (-1) mentre l'altro è quello *dello sporco* (-2).

**Questa parte mettila dopo aver parlato dell'involucro opaco e trasparente** Il suddetto edificio è stato suddiviso per questioni di comodità e calcolo in 5 strutture:

- l'*UTIC* è presente al primo piano dell'edificio alto. Comprende le sale operatorie e le relative degenze.
- *Emodinamica* situata al piano terra dell'edificio alto. Comprende la sala operatoria, una sala operatoria minore e le relative sale controllo.
- il *Quinto Piano* dell'edificio alto. Qui è presente la *Terapia Intensiva*.
- il *Corpo Alto* coincide con l'edificio alto escluse le 3 suddette strutture già menzionate. Sono presenti le degenze, le cucine, i servizi e gli uffici.
- il *Corpo Basso* collegato a quello alto tramite un doppio tunnel di cui solo uno è oggetto di studio: sono presenti i laboratori di *Patologia Immunitaria*.





Si riporta in Fig. 2.1 nella pagina precedente la planimetria del Piano Terra con i contorni colorati che evidenziano le zone di intervento.

L'edificio 2 preserva tutte le opere edili e impiantistiche realizzate all'epoca della sua costruzione. Non è difficile dedurre, quindi, che allo stato attuale sia i comportamenti estivi e invernali dell'involucro come le efficienze termomeccaniche dell'impianto idro-aeraulico siano quantomeno inferiori a quelli consigliati dalla norma attuale vigente.

## 2.3 L'involucro

L'involucro dell'Edificio 2, sia quello opaco che quello trasparente, non è cambiato in questi anni quindi non ci sono differenze con le stratigrafie indicate dall'Ing. Corrado Beguinot.

Si passa ora a descrivere i componenti (opachi e trasparenti) utilizzati come dati di input per il calcolo del fabbisogno energetico e del carico termico (estivo e invernale) dell'edificio stesso.

### 2.3.1 Componenti opachi

#### MURO EXT

È il componente esterno delle facciate maggiori del Corpo A.

È caratterizzato esternamente da blocchi di silicalcite alternati dagli infissi.

Questa tipologia di muro è fittizia poiché si è modellato un componente che nella realtà è caratterizzata da una diversa stratigrafia in senso verticale. Dal punto di vista numerico, quindi, si è effettuata una media ponderale delle varie caratteristiche termo-fisiche in modo tale che il risultato finale sia quanto più possibile veritiero. La parte inferiore è costituita semplicemente da un mattone forato da 10 cm intonacato internamente ed esternamente; la parte superiore, invece, è caratterizzata dai blocchi di silicalcite.

La stratigrafia della parte superiore è (dall'interno verso l'esterno):

Componente	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]
Acciao	0,01	50,0
Intercapedine d'aria	0,05	-
CLS	0,35	1,06

Questi i risultati del componente modellato (a valle della media ponderale):

Spessore	0,43	m
Trasmittanza	1,423	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica periodica	0,190	W/m <sup>2</sup> K

### MURO EXT 200

È il componente esterno delle scale e del torrino.

Componente	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]
Malta di calce-cemento	0,01	0,90
CLS	0,18	1,48
Malta di calce-cemento	0,01	0,90

Questi i risultati del componente modellato:

Spessore	0,20	m
Trasmittanza	3,29	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica periodica	1,71	W/m <sup>2</sup> K

### MURO EXT Corpo Basso

È il componente esterno dei corpi bassi ovvero del Corpo B, C, D ed E.

Componente	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]
Malta di calce-cemento	0,01	0,90
Mattone forato	0,08	-
Intercapedine d'aria	0,05	-
CLS	0,1	1,91

Questi i risultati del componente modellato:

Spessore	0,24	m
Trasmittanza	1,63	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica periodica	1,06	W/m <sup>2</sup> K

### COPERTURA 1

È la copertura del Corpo A.

Già oggetto di interventi passati, le sue caratteristiche termo-fisiche sono così riassunte:

Spessore	0,38	m
Trasmittanza	0,36	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica periodica	0,10	W/m <sup>2</sup> K

## COPERTURA 2

È la copertura dei Corpi B, C, D ed E.

Componente	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]
Intonaco di Calce e Gesso	0,02	1,61
CLS SC	0,09	1,48
CLS SA	0,10	0,58
Bitume su carta e cartone	0,0050	0,23

Questi i risultati del componente modellato:

Spessore	0,22	m
Trasmittanza	2,39	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica periodica	1,07	W/m <sup>2</sup> K

## PAVIMENTO

È il componente opaco utilizzato per modellare il pavimento dell'Edificio 2 (quindi in comune a tutti i corpi). È bene precisare che questo componente non è a contatto con il terreno in quanto vi sono i locali della sottocentrale nel piano -1.

Questi i risultati:

Componente	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]
Piastrelle di Ceramica	0,01	1,30
CLS SC	0,08	1,61
Blocco da solaio	0,22	-

Spessore	0,31	m
Trasmittanza	1,38	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica periodica	0,35	W/m <sup>2</sup> K

### 2.3.2 Componenti trasparenti

Come è già stato ampiamente detto, tutti gli infissi risultano essere ancora quelli originali.

Per la loro modellazione sono stati usati gli stessi dati termo-fisici ( $U_g$ ,  $U_f$  e  $U_w$ ) mentre sono stati differenziati solo geometricamente. Il telaio è metallico senza taglio termico con un unico vetro (spessore di 4 mm senza alcun trattamento superficiale).

Questi i risultati:

$U_g$	5,747	W/m <sup>2</sup> K
$U_f$	5,800	
$U_g$	5,760	

Si elencano ora i vari infissi utilizzati all'interno del modello dell'edificio:

- **PICCOLA** 1,60 m × 0,33 m.  
È il componente trasparente facente parte delle facciate maggiori del Corpo A.
- **GRANDE** 1,60 m × 0,67 m.  
È la variante alta della **FINESTRA P**.
- **LUCERNARIO** 1,45 m × 0,39 m.  
Questo è il lucernario presente nella parte superiore di ogni modulo delle due facciate maggiori del Corpo A.
- **QUADRA** 0,75 m × 0,75 m.
- **LUNGA** 0,75 m × 1,70 m.  
Presente al di sotto della finestra **QUADRA**, insieme a quest'ultima crea un unico infisso che percorre tutta l'altezza del Corpo A nelle scanalature del muro **MURO EXT 200**.
- **FIN-160** 1,60 m × 3,00 m.  
Presente nel corridoio antistante la *medicheria* in ogni piano. Anche questo infisso, come **FINESTRA LUNGA** e **FINESTRA QUADRA**, genera un'unica finestra che percorre tutta l'altezza del corpo A.
- **PT-160** 1,60 m × 2,00 m.  
È la finestra dei Corpi B, C, D ed E.
- **PT-Alta Corpo Basso** 1,60 m × 0,35 m.  
È il lucernario di ogni modulo caratterizzante i Corpi B, C, D ed E.

### 2.3.3 Definizione locali (norma 10339)

Il carico termico di un edificio non tiene conto solamente dell'ambiente esterno (temperatura e umidità tutto l'anno mentre la radiazione solare solo in estate). È molto importante considerare la destinazione d'uso del locale che si intende climatizzare. Pertanto sono stati individuati le tipologie di locali e per ognuno di essi si sono definiti i seguenti parametri:

- *Temperatura e umidità relativa* di progetto nella stagione estiva e invernale. Una loro adeguata scelta in fase progettuale e poi un loro mantenimento ad impianto ultimato e perfettamente funzionante è alla base del benessere di una persona che vive in un locale;
- La *portata di rinnovo* dalla norma UNI - 10339. Rappresenta la quantità di aria esterna che si suppone essere priva di agenti nocivi per l'uomo e che è necessario introdurre all'interno dell'ambiente da climatizzare per mantenere entro certi limiti la qualità, appunto, dell'aria;
- Gli *apporti interni di calore*:
  - *L'occupazione*, ovvero il numero di persone che affollano il locale con i conseguenti apporti di calore sensibile e latente. In assenza di dati certi (ovvero nell'impossibilità di conoscere le persone che effettivamente affollano un locale - contando il numero di posti a sedere in una sala di un cinema, per esempio) si procede utilizzando i valori di occupazione fissati dalla UNI - 10339;
  - *Apparati interni*, ovvero i carichi dovuti a macchinari/fonti di calore sensibile e latente presenti all'interno del locale;
  - *L'illuminazione*, ovvero la quantità di calore sensibile (trasmesso per convezione e irraggiamento) dovuto all'illuminazione;

È molto importante notare che per alcuni di questi apporti interni di calore sono stati definiti dei profili d'uso temporali su base oraria. *L'occupazione* dello Studio Medico, per esempio, ha un profilo d'uso del tipo:

Dalle 00:00 alle 08:00	0%
Dalle 08:00 alle 17:00	100%
Dalle 17:00 alle 00:00	0%

Ovvero all'interno degli studi medici vi sarà il massimo dell'occupazione (calcolata considerando l'indice di affollamento  $n_s$  che in questo caso è pari a 0,05 pers/m<sup>2</sup> tratto sempre dalla UNI - 10339) dalle 8:00 alle 17:00 ogni giorno dell'anno.

Si vogliono descrivere in maniera dettagliata alcune tipologie di locali che sono stati maggiormente utilizzati per la modellazione dell'edificio.

### Degenza

Inserisci una foto esterna per far vedere dove stanno le degenze.

	Raffrescamento	Riscaldamento
Temperatura interna di progetto	24,0 °C	21,0 °C
Umidità interna di progetto	50,0 %	30,0 %
Ventilazione	11 l/s per persona	
	5 m <sup>2</sup> /pers	
Occupazione	75 W/pers	sensibile
	70 W/pers	latente
Apparati interni	15 W/m <sup>2</sup>	sensibile
Illuminazione	11,3 W/m <sup>2</sup>	
Altri carichi	-	

### Laboratorio

Inserisci una foto esterna per far vedere dove stanno i laboratori.

	Raffrescamento	Riscaldamento
Temperatura interna di progetto	25,0 °C	21,0 °C
Umidità interna di progetto	50,0 %	50,0 %
Ventilazione	6 vol/h	
	20 m <sup>2</sup> /pers	
Occupazione	75 W/pers	sensibile
	55 W/pers	latente
Apparati interni	40 W/m <sup>2</sup>	sensibile
Illuminazione	11,3 W/m <sup>2</sup>	
Altri carichi	1000 W	sensibile

### Studio Medico

Inserisci una foto esterna per far vedere dove stanno gli studi medici.

	Raffrescamento	Riscaldamento
Temperatura interna di progetto	25,0 °C	22,0 °C
Umidità interna di progetto	50,0 %	40,0 %
Ventilazione	11 l/s per persona	
Occupazione	75 W/pers 55 W/pers	4 pers sensibile latente
Apparati interni	–	
Illuminazione	11,3 W/m <sup>2</sup>	
Altri carichi	–	

### Cucina

Inserisci una foto esterna per far vedere dove stanno le cucine.

	Raffrescamento	Riscaldamento
Temperatura interna di progetto	28,0 °C	20,0 °C
Umidità interna di progetto	50,0 %	30,0 %
Ventilazione	16,5 l/s per m <sup>2</sup>	
Occupazione	75 W/pers 70 W/pers	5 m <sup>2</sup> /pers sensibile latente
Apparati interni	5,40 W/m <sup>2</sup>	sensibile
Illuminazione	11,3 W/m <sup>2</sup>	
Altri carichi	1500 W 500 W	sensibile latente

### Ufficio

Inserisci una foto esterna per far vedere dove stanno gli uffici.



	Raffrescamento	Riscaldamento
Temperatura interna di progetto	25,0 °C	21,0 °C
Umidità interna di progetto	50,0 %	40,0 %
Ventilazione	11 l/s per persona	
	10 m <sup>2</sup> /pers	
Occupazione	75 W/pers	sensibile
	70 W/pers	latente
Apparati interni	15 W/m <sup>2</sup>	sensibile
Illuminazione	11,3 W/m <sup>2</sup>	
Altri carichi	-	

## 2.4 L'impianto

L'impianto dell'Edificio 2 è attualmente caratterizzato da una sottocentrale, presente nel piano -1, la quale alimenta varie unità locali (radiatori e fancoil) e UTA.

Nel primo capitolo è già stato ampiamente detto che i vari edifici del Policlinico sfruttano la rete di presidio di acqua surriscaldata e refrigerata.

Partendo dal lato utenza, il carico sensibile invernale viene coperto da radiatori (INSERISCI FOTO) e fancoil presenti all'interno di ogni piano. Il carico estivo (sia sensibile che latente) invece viene coperto da monosplit e fancoil ad acqua montati negli ultimi anni durante varie ristrutturazioni (come nel caso del terzo e quarto piano). In questi due piani vi è anche una rete aeraulica per il rinnovo dell'aria. Nonostante la presenza di questi impianti non vengono garantiti l'adeguato recupero energetico dall'impianto di ventilazione e il controllo termo-igrometrico dai fancoil e radiatori. Queste carenze sono evidenti nell'eccessivo ricorso a split per il controllo della temperatura (e in modo indiretto dell'umidità) durante la stagione estiva. È evidente la necessità di una riqualificazione. Negli altri 3 piani la ventilazione è garantita tramite infiltrazione naturale (ovvero apertura delle finestre di piano) mentre è assente del tutto il controllo termo-igrometrico nella stagione estiva.

Il quinto piano (in cui è presente il blocco operatorio di cardiocirurgia) è gestito da un adeguato impianto a tutt'aria presente in copertura.

In una porzione del primo piano vi è l'UTIC (*Unità di Terapia Intensiva Coronarica*) che è trattata da un altro impianto a tutt'aria montato in un locale dello stesso piano. L'UTA dell'Emodinamica (Piano Terra) con la relativa centrale termo-frigorifera è presente all'esterno.

Queste tre unità (UTIC, Emodinamica e Blocco Operatorio) sono esenti dall'intervento di riqualificazione energetica.

## 2.5 I risultati energetici

L'analisi di carichi e fabbisogni energetici è stata effettuata con l'ausilio di software basati sulla tecnologia **BIM**.

Il **BIM** (*Building Information Modelling*) è un metodo che, citando da *Wikipedia.it*, permette:

...l'ottimizzazione della pianificazione, realizzazione e gestione di costruzioni tramite aiuto di un software. Tramite esso tutti i dati rilevanti di una costruzione possono essere raccolti, combinati e collegati digitalmente. La costruzione virtuale è visualizzabile inoltre come un modello geometrico tridimensionale.

Si sta lavorando a livello Europeo affinché questa metodologia di progettazione possa avere una sua definizione. Al giorno d'oggi, infatti, il BIM viene frainteso con una qualche sorta di tecnologia o addirittura software: niente di più sbagliato. Gli applicativi basati sulla *filosofia del BIM* hanno delle peculiarità che li differenziano in modo marcato dagli altri. Infatti in un programma BIM un oggetto (per esempio un edificio) viene rappresentato tridimensionalmente perché disegnato da un architetto ma ogni parte di questo edificio contiene delle informazioni utili ad uno strutturista (ovvero tipologia del materiale usato per un muro o anche le sue caratteristiche fisiche). Continuando in questa direzione, altre informazioni che è possibile inserire in questo edificio (o file) sono le caratteristiche termiche dell'involucro (opaco e trasparente), il disegno/progettazione dei vari impianti (idraulici, aeraulici e elettrici). Una volta inserite tutte queste informazioni è possibile ricavare dei dati molto preziosi. Per esempio il carico termico nella stagione estiva/invernale, il computo metrico del materiale utilizzato, etc...

Tutte queste informazioni sono presenti all'interno di un unico file. E siccome il file è unico, viene incentivata la cooperazione tra i diversi professionisti. Addirittura è possibile lavorare contemporaneamente su quest'unico file in modo tale che una modifica di una parte del progetto si ripercuote automaticamente sugli altri aspetti progettuali in cosicché le altre figure professionali vengono automaticamente avvertite di suddetta modifica. Questo si traduce in una maggiore velocità di esecuzione, una sostanziale diminuzione di errori e costi di progettazione.

Citando dal sito della ACCA:

Grazie alla metodologia del BIM l'edificio viene "costruito" prima della sua realizzazione fisica, mediante un modello virtuale, attraverso la collaborazione ed i contributi di tutti gli attori coinvolti nel progetto (architetti, ingegneri, progettisti, consulenti, analisti energetici, etc...).

Nello studio di riqualificazione energetica in questione, il programma utilizzato è costituito da una suite di applicativi diversi che si interfacciano in modo tale da realizzare quella che la metodologia BIM impone.

Di **CYPE**, ovvero la suite, sono stati usati i seguenti programmi:

**IFC Builder** permette di disegnare geometricamente l'edificio definendo di volta in volta i suoi elementi (involucro opaco e trasparente, locali e zone termiche). Il file .IFC realizzato permette di essere esportato e utilizzato da qualsiasi altro programma che supporta questo file. Il formato .IFC è aperto, libero e ben documentato. In parole povere: questo file è alla base del BIM in quanto permette la cooperazione tra diversi programmi (ovvero figure professionali);

**CYPETHERM Loads** permette di definire le caratteristiche termo-fisiche dell'involucro e la destinazione d'uso dei locali importati nel file .IFC. Restituisce i carichi termici (annuali, mensili e orari) per ogni locale delle zone termiche. Una volta ottenuti i risultati è possibile esportarli in modo tale che qualsiasi altro programma della suite CYPE possa utilizzarli;

**CYPETHERM HVAC** permette di importare i file realizzati con IFC Builder e Loads e progettare/dimensionare un'adeguata rete aeraulica per la ventilazione;

Per quanto riguarda la parte idronica si è utilizzato un applicativo BIM della software-house *C.A.T.S.* che si appoggia ad *Autodesk Autocad*.

È stato possibile definire inizialmente la tipologia di tubazioni da utilizzare (dimensioni, materiale e coibente), la metodologia di dimensionamento con le velocità minime ammissibili e poi disegnare direttamente in Autocad le tubazioni stesse posizionando le unità locali (radiatori e fancoil). Infine, l'applicativo ha dimensionato le tubazioni, rilasciato il computo metrico e la relazione di calcolo.

L'edificio è stato suddiviso in 5 zone termiche:

- **V Piano;**
- **UTIC;**
- **Emodinamica;**

- **Corpo A** (escluse le zone del V Piano, UTIC e Emodinamica);
- **Corpo C**;
- **Radiatori**: ovvero tutti i servizi igienici del Corpo A.

È necessario spiegare il motivo di questa suddivisione.

Innanzitutto le prime tre zone termiche sono state separate dal resto del Corpo A in quanto era interessante conoscere il carico termico della sola parte del Corpo A stesso oggetto dell'intervento.

Per quanto riguarda la zona *Radiatori*, è effettivamente sbagliato dal punto di vista termico considerarla esclusa dal resto del Corpo A in quanto non sono due zone termiche distinte. Questa forzatura è stata necessaria in quanto dai risultati ottenuti non era possibile scindere i carichi sensibili dei servizi igienici dal resto dell'edificio. Siccome i radiatori verranno posizionati solo nei servizi igienici, era interessante conoscere, quindi, il carico termico dei soli servizi igienici per poi dimensionare adeguatamente l'impianto a suo servizio.

### 2.5.1 Stagione Estiva

I carichi termici dello stato di fatto dell'Edificio 2.

Zona Termica	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Ventilazione [l/s]	Latente [W]	Sensibile [W]	Totale [W/m <sup>2</sup> ]	Totale [W]
Radiatori	291,1	—	—	—	—	—
V Piano	696,7	16.721	—	32.728	46,97	32.728
UTIC	145,7	3496,8	—	8274	63,40	9241
Emodinamica	164,4	4046,4	—	14.520	102,5	14.520
Corpo C	529,2	2438	37.616	106.176	271,7	143.792
Corpo A	2352,2	4107	72.586	246.020	135,5	318.605

### 2.5.2 Stagione Invernale

Zona Termica	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Trasmissione [W]	Ventilazione [l/s]	Totale [kW]
Radiatori	291,1	12,5	—	12,5
V Piano	696,7	38.358	16.721	38,4
UTIC	145,7	2290	3496,8	2,30
Emodinamica	164,4	6486	4046,4	6,49
Corpo C	529,2	24.255	55.548	79,8
Corpo A	2352,2	43.740	79.136	122,9

## Capitolo 3

### La descrizione del bando

Vedi al limite di mettere questo capitolo dopo quello riguardante la storia del policlinico.

Prendi degli stralci del bando, sottolineando le parti in cui si specifica la combinazioni di impianti da realizzare.

Alla fine di questo capitolo metti gli obiettivi della tesi. <- al limite vedi di inserire questa parte anche nel sommario. Siccome questa parte è introduttiva della tesi (in quanto vengono spiegati gli obiettivi etc etc) vedi di usare questo capitolo come introduttivo o una specie di Introduzione alla tesi prima del primo capitolo vero e proprio.

Parla pure dei softwares usati.

## Capitolo 4

### Lo stato di progetto

Inserisci qua le migliorie da realizzare sull'edificio 2 del policlinico. Dividi le migliorie per tipologia:

- componenti opachi
- componenti finestrati
- impianto

Descrivi poi i risultati ottenuti dividendo sempre per i vari casi studio. Alla fine metti una tabella riassuntiva con i risultati ottenuti, con le differenze tra stato attuale e di progetto divisi sempre per caso. Inserisci i costi da sostenere per realizzare il progetto (eventuale).

Inserisci uno schema (al limite sempre in formato A3 da piegare nella tesi) dell'impianto (sia sottocentrale termofrigorifera che aeraulica) spiegandone il funzionamento.

# Bibliografia

- [1] Ing. Beguinot, Corrado, *Ospedali e Cliniche Universitarie – III Volume*

# Elenco delle figure

2.1	Planimetria del Piano Terra dell'Edificio 2. Si notino le due aree di intervento. . . . .	16
-----	---	----

ELENCO FIGURE



# **Elenco delle tabelle**

Elenco delle tabelle

Leave the world a little better than you found it