



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA

Dipartimento di Architettura

Dottorato di ricerca XXVI ciclo – Settore Architettura  
Pianificazione e Progetto per il Territorio e l'Ambiente

## LE EMERGENZE SANITARIE E GLI SMART HOSPITALS

APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA DI UN PRONTO SOCCORSO  
ASSEMBLABILE PREFABBRICATO IN LEGNO X-LAM



Dottorando: *Dott. Davide Grasso*

Tutor: *Prof. Corrado Fianchino*

Coordinatore del Dottorato: *Prof. Francesco Martinico*



## IMMAGINI IN COPERTINA

In alto da sinistra: *Tende del Campo Base Croce Rossa Italiana ad Haiti (2010)*

*Shelter espandibile MMH*

*Montaggio di una tenda del Campo Base Croce Rossa Italiana ad Haiti (2010)*

In basso: *Immagine del Pronto Soccorso oggetto del seguente studio*



# INDICE

0. PREMESSA.....	1
------------------	---

## **PARTE I: Introduzione all’edilizia ospedaliera ed all’assistenza sanitaria (ordinaria e di emergenza)**

### **1. STORIA DELL’EDILIZIA SANITARIA ATTRAVERSO**

#### **L’INDAGINE TIPOLOGICA**

1.1. L’ospedale dalle origini al medioevo.....	7
1.1.1. I templi come luogo di cura.....	8
1.1.2. La carità cristiana e le chiese - Tipologia a navata.....	12
1.2. Il Rinascimento - Tipologia a crociera.....	17
1.3. L’evoluzione settecentesca - Tipologia a padiglioni .....	21
1.4. L’ospedale di inizio XX secolo.....	29
1.4.1. Tipologia a monoblocco.....	29
1.4.2. Tipologia a poliblocco.....	33
1.4.3. Tipologia a raggiera.....	34
1.4.4. Tipologia piastra torre.....	35
1.5. L’ospedale contemporaneo.....	36
1.5.1. L’ospedale a sviluppo orizzontale.....	40
1.5.2. Il modello Veronesi – Piano.....	43

### **2. L’ASSISTENZA SANITARIA IN ITALIA**

2.1. Il Sistema Sanitario Nazionale (SSN) ed i Livelli Essenziali di Assistenza (LEA).....	49
2.1.1. L’assistenza di base.....	56
2.1.2. L’assistenza specialistica ed ambulatoriale.....	57
2.1.3. L’assistenza ospedaliera.....	59
2.2. La gestione dell’emergenza ordinaria.....	62
2.2.1. Il sistema di allarme sanitario.....	63
2.2.2. Il sistema di accettazione e di emergenza sanitaria.....	67

### **3. LA GESTIONE DELL'EMERGENZA IN CASI DI CALAMITA' NATURALI**

3.1. Emergenze e macroemergenze.....	71
3.2. Principali normative italiane.....	75
3.3. Struttura nazionale di risposta all'emergenza.....	78
3.4. Meccanismo europeo di protezione civile.....	85
3.5. Catena dei soccorsi sanitari.....	89
3.5.1. Posto Medico Avanzato (PMA).....	94
3.5.2. Strutture sanitarie campali.....	99
3.5.3. Shelters.....	106
3.6. Analisi di emergenze realmente accadute.....	111
3.6.1. Il sisma dell'Aquila, Abruzzo, Italia.....	112
3.6.2. Il sisma di Haiti.....	121
3.6.3. Il sisma dell'Emilia Romagna.....	127

## **PARTE II: Smart Hospitals: La sostenibilità nell'edilizia ospedaliera - Stato dell'arte**

### **4. ANALISI DEL CICLO DI VITA**

4.1. L'architettura sostenibile.....	135
4.2. L'LCA: Lyfe Cycle Assesment.....	138
4.2.1. Storia, definizione e metodo.....	138
4.2.2. Analisi del ciclo di vita di un edificio.....	143
4.2.3. LCA di un edificio: applicazione della metodologia.....	148
4.2.4. Scelta dei materiali da costruzione.....	157
4.2.4.1. LCA dei materiali edilizi.....	160

### **5. IL QUINTO PROGRAMMA QUADRO: IL PROGETTO HOSPITALS**

5.1. Il progetto Hospitals.....	173
5.1.1. Nuovo Ospedale Meyer di Firenze, Firenze (Italia).....	181
5.1.2. Deventer Hospital, Deventer (Olanda).....	207
5.1.3. Aaberna hospital, Aaberna (Danimarca).....	221

5.1.4. Fachkrankenhaus nordfriesland, Bredstedt (Germania).....	237
5.1.5. Torun City hospital, Torun (Polonia).....	257

## **6. IL SISTEMA DI CERTIFICAZIONE LEED: Leadership in Energy and Environmental Design**

6.1. Il Sistema di certificazione.....	267
6.1.1. Dell Children's hospital, Austin (USA).....	275
6.1.2. The center for health and healing, Oregon (USA).....	293

## **PARTE III: Studio di un pronto soccorso assemblabile prefabbricato in legno X-LAM**

### **7. L'APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA**

7.1. Introduzione.....	317
7.2. Lo scheletro portante.....	319
7.2.1. Fondazione.....	319
7.2.2. Chiusure verticali portanti.....	321
7.3. Le chiusure verticali.....	336
7.4. Le chiusure orizzontali.....	347
7.4.1. Chiusure orizzontali di base.....	347
7.4.2. Chiusure orizzontali di copertura.....	356
7.5. Le partizioni interne.....	364
7.6. Le cellule spaziali prefabbricate.....	369
7.7. Gli impianti.....	371

### **8. ESEMPIO APPLICATIVO DI UN PRONTO SOCCORSO ASSEMBLABILE PREFABBRICATO IN LEGNO X-LAM**

8.1. Studio funzionale del pronto soccorso.....	377
8.2. Progetto del modulo base.....	384
8.3. Analisi dell'apparecchiatura costruttiva.....	394
8.4. Analisi delle fasi costruttive.....	410
8.5. Principi di sostenibilità applicati.....	416

### **9. CONCLUSIONE E SPUNTI.....433**

## **ALLEGATI**

Allegato 1 – Piante e prospetti scala 1:100.....	I
Allegato 2 – Cronoprogramma.....	IV
Allegato 3 – Schemi di cantiere.....	V
Allegato 4 – Abaco.....	XVII
Allegato 5 – Pianta e sezione scala 1:20.....	XIX





## PREMESSA

L'edilizia ospedaliera ha subito nei secoli continui cambiamenti sulla scorta dei progressi medici e tecnologici. Non è semplice datare la nascita dell'ospedale inteso come luogo di diagnosi e cura, ma è possibile affermare che le tendenze attuali stanno trasformando l'ospedale dedicandolo prevalentemente ai pazienti acuti; in questa visione di ospedale assumono sempre più importanza i reparti dedicati alle cure intensive ed al pronto soccorso, accesso di primaria importanza per i pazienti urgenti. Al pronto soccorso è quindi demandata l'importante funzione di accogliere tutti quei pazienti colpiti da malori improvvisi o incidenti che hanno necessità di assistenza sanitaria in emergenza ordinaria.

Diverso è il caso dell'emergenza straordinaria, ossia l'emergenza che colpisce un grande numero di persone come spesso accade durante eventi naturali disastrosi (terremoti, alluvioni, tsunami, etc.). Anche le strutture sanitarie possono essere compromesse da tali eventi; spesso infatti gli ospedali sono costretti a sfollare i propri pazienti, ad arrestare l'attività delle proprie sale operatorie, o in rari casi, quando la struttura risulta gravemente compromessa, ad chiudere l'intero ospedale. Invece, nell'ipotesi che l'ospedale riesca a garantire la propria funzionalità, durante l'emergenza è spesso necessario implementare il servizio di pronto soccorso che si trova a dover accogliere un numero di pazienti di gran lunga superiore alla media giornaliera ed alle capacità di emergenza ordinaria.

Le emergenze straordinarie vengono gestite in Italia dalla Protezione Civile che coordina i soccorsi in collaborazione con altri enti quali ad esempio la Croce Rossa Italiana (CRI), l'Esercito Italiano (EI), ed altri. Da un punto di vista sanitario la CRI e l'EI svolgono un ruolo di fondamentale importanza garantendo l'invio di personale medico e strutture sanitarie mobili entro poche ore dall'evento. Durante un'emergenza straordinaria le prime 72 ore costituiscono la fase più critica, la fase di ricerca e primo soccorso, ma inevitabilmente l'emergenza continuerà anche dopo le 72 ore, per un tempo

variabile in base alla gravità dell'evento. Molte emergenze sono state risolte, o risolte in parte, solo dopo parecchi mesi o anni, ed in molti casi, durante tutto questo periodo, l'assistenza sanitaria è stata prestata all'intero delle strutture mobili messe a disposizione dai vari enti pubblici, privati, o di volontariato.

Queste strutture mobili, tende e shelter, hanno il vantaggio di essere facilmente trasportabili e facilmente montabili. Nel caso delle tende si tratta spesso di tende pneumatiche, che vanno quindi solamente gonfiate una volta arrivate sul posto; nel caso degli shelter si tratta invece di piccoli container espandibili che, con un sistema di martinetti idraulici, vanno solamente posizionati e messi in funzione.

Però se tali strutture, pensate con carattere di temporaneità, restano in funzione per diversi mesi o addirittura anni, possono creare situazioni di disagio sia per i medici, costretti ad operare in condizioni non paragonabili a quelle di un pronto soccorso ordinario, sia per i pazienti, che si vedono assistiti in strutture con carattere di precarietà.

In questo contesto si colloca l'oggetto del presente studio, un pronto soccorso assemblabile prefabbricato, facilmente trasportabile e velocemente assemblabile, che va ad ampliare il panorama delle strutture sanitarie mobili utilizzate in contesti di emergenza. L'obiettivo di tale pronto soccorso non vuole essere quello di sostituire le strutture mobili quali tende o shelter, che restano certamente la miglior soluzione per la gestione dell'emergenza nelle prime 72 ore. Vuole piuttosto affiancarsi a queste nel post 72 ore, sia con carattere di temporaneità che non; si tratterà quindi di un pronto soccorso temporaneo fin tanto che l'emergenza non sarà rientrata, ma potrà acquisire un ruolo permanente nel caso in cui si voglia implementare l'organizzazione sanitaria locale. Si ritiene infatti che le tende e gli shelter vadano necessariamente smontati dopo l'emergenza, in quanto non possiedono i caratteri di struttura fissa; mentre il pronto soccorso oggetto del presente studio, nonostante possa ritenersi mobile in quanto facilmente trasportabile e velocemente assemblabile, si ritiene abbia tutti i requisiti per permanere sul territorio insieme alle strutture sanitarie ordinarie.

Finita l'emergenza si potrà quindi optare per lasciare sul posto la struttura, perfettamente funzionante, oppure smontarla e riportarla in deposito, oppure ricollocarla in nuove zone soggette ad emergenze, o ancora si potrà optare per donarle a paesi nei quali le condizioni economiche, sociali e tecnologiche non consentono di avere strutture sanitarie all'avanguardia. Appare chiaro che, per avere una tale struttura pronta all'uso, sia necessario dedicare un deposito atto ad ospitare tutti i componenti necessari all'apparato costruttivo del pronto soccorso.

Al fine di ottenere una struttura sanitaria con elevate qualità tecnologiche e comfort ambientale, integrato e rispettoso del territorio e l'ambiente, ossia uno Smart Hospital, il pronto soccorso oggetto del presente studio è stato studiato a valle di una indagine sugli aspetti di sostenibilità, ambientale ed energetica, che vengono maggiormente utilizzati nelle strutture ospedaliere. È stata indagata una casistica di ospedali energeticamente ed ambientalmente sostenibili, italiani ed esteri. In particolare sono stati indagati i principi di sostenibilità utilizzati in 5 ospedali europei, fra cui uno italiano, che sono stati selezionati dall'Unione Europea a partecipare al progetto Hospital, progetto che aveva l'obiettivo di promuovere gli ospedali europei maggiormente ecosostenibili. Inoltre sono stati indagati 2 ospedali statunitensi che sono stati classificati con la medaglia di platino dal sistema di certificazione LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) che rappresenta negli USA il maggior ente certificatore degli edifici sostenibili. Sono quindi stati selezionati alcuni di questi principi che hanno costituito la base di partenza alla progettazione del pronto soccorso studiato. Inoltre sono stati selezionati materiali con basso impatto ambientale e contenuto energetico durante il ciclo di vita (LCA) molto ridotto; sono state utilizzate solamente lavorazioni a secco per evitare l'inquinamento prodotto da cantiere e, attraverso l'uso di elementi prodotti industrialmente si riducono notevolmente gli scarti di cantiere.

## STRUTTURA DELLA RICERCA

Lo studio è stato suddiviso in tre parti che ricalcano i concetti riportati nel titolo della tesi.

Nella prima parte viene indagato il funzionamento dell'assistenza sanitaria italiana, dall'assistenza base all'assistenza in emergenza, e viene inquadrato l'oggetto ospedale mediante indagine tipologica, dalle strutture greche a quelle contemporanee (LE EMERGENZE SANITARIE)

Nella seconda parte l'attenzione viene spostata sugli aspetti di sostenibilità, energetica ed ambientale, dei materiali da costruzione e delle strutture sanitarie che hanno eccelso in Europa e negli USA (GLI SMART HOSPITALS).

La terza parte riguarda invece il progetto del pronto soccorso, che è stato suddiviso in elementi di fabbrica ed elementi costruttivi funzionali, e riassembleto al fine di ottenere un pronto soccorso efficiente ed energeticamente ed ambientalmente sostenibile (APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA DI UN PRONTO SOCCORSO ASSEMBLABILE PREFABBRICATO IN LEGNO X-LAM).

Le prime due parti risultano essere propedeutiche alla terza, difatti il pronto soccorso studiato muove le sue basi sui concetti di ospedale moderno esplicitati nella nel capitolo 1 della prima parte, e va ad affiancarsi alle strutture sanitarie mobili descritte nel capitolo 3 della prima parte. I materiali scelti per l'apparecchiatura costruttiva sono stati selezionati anche sulla base di quanto esplicitato nel capitolo 4 della parte seconda, e la progettazione è sempre stata attenta ai principi di sostenibilità energetica ed ambientale emersi dalle indagini dei capitoli 5 e 6 della parte seconda.

Una lettura lineare della tesi porterà quindi, dal capitolo 1 al capitolo 6, ed attraverso il capitolo 7 sull'apparecchiatura costruttiva, al capitolo 8 sul progetto del pronto soccorso prefabbricato assemblabile in legno X-LAM.





## 1.1 L'OSPEDALE DALLE ORIGINI AL MEDIOEVO

Durante l'evolversi dei secoli l'architettura ospedaliera ha subito innumerevoli modifiche sulla scorta dei cambiamenti avvenuti. L'ospedale inteso come luogo dedicato alla diagnosi e cura è un concetto piuttosto recente, di non facile datazione storica.

L'etimologia del termine ospedale va ricondotta al latino *Hospes*, ospite; in origine si trattava infatti di asili gratuiti ove i pellegrini potevano alloggiare durante i loro viaggi, o dove i bisognosi, la gente senza fissa dimora, i malati potevano sostare gratuitamente. La nozione di ospedale era quindi fortemente legata alla nozione di accoglienza. "Nell'accezione della bassa latinità l'hospitale era l'asilo gratuito. Infirmarii e infirmi erano rispettivamente i soggetti e gli oggetti di una assistenza generica, senza differenziazione o specializzazione di cura."<sup>1</sup>

In origine la malattia era un fenomeno di difficile comprensione, e non esistevano mezzi precisi per la diagnosi e la cura; le uniche soluzioni praticabili consistevano nel pregare le proprie divinità, con l'aiuto dei sacerdoti, ed affidarsi alle mani di questi ultimi, che, con il supporto di qualche cura empirica, potevano alleviare i mali del corpo (estraendo una freccia o bendando una ferita). Il luogo della cura coincideva quindi con il tempio, dove gli infermi si dirigevano nella speranza di poter ricevere l'aiuto divino.

---

<sup>1</sup> Cosmacini, 1987

### 1.1.1 I TEMPLI COME LUOGO DI CURA

In Grecia, seguendo il culto di Asclepio, divinità alla quale ci si poteva rivolgere in caso di malattia, furono fondati più di 200 templi, o Asclepièia (Figura 1.1).

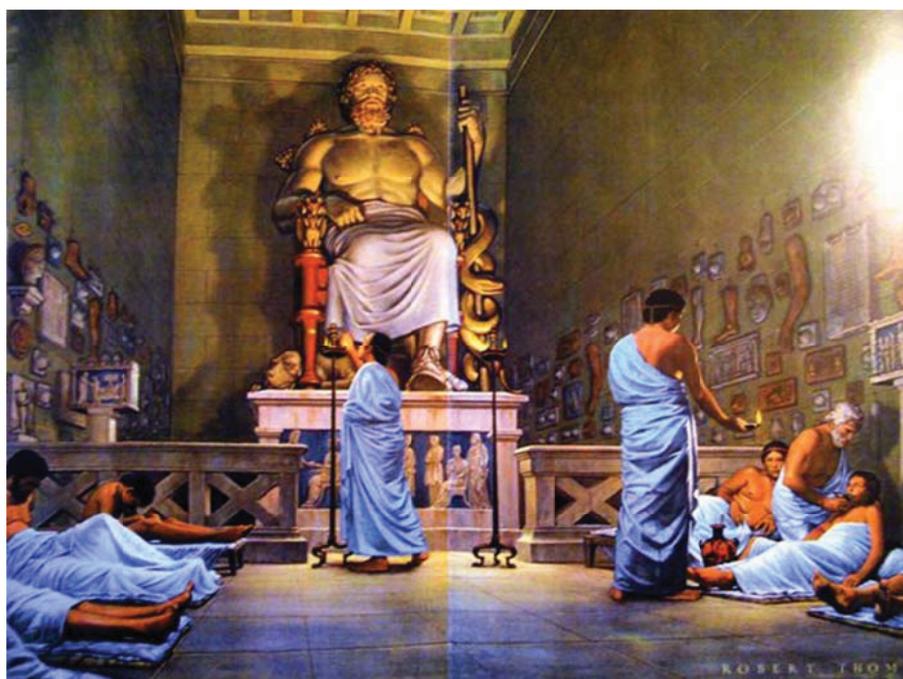


Figura 1.1: Illustrazione di un tempio di Asclepio

Questi sorgevano generalmente vicino fonti termali; i sacerdoti sottoponevano i pazienti ad una cura del sonno detta incubazione, durante la quale, fra sonno e veglia, i più fortunati potevano sognare il dio Asclepio che li guariva o gli suggeriva un iter di guarigione. Accanto al tempio venivano spesso realizzati edifici porticati con semplici celle atte all'accoglienza dei malati. Coloro i quali uscivano dal tempio rigenerati o guariti erano tenuti ad effettuare un'offerta votiva consistente nella donazione di statuette in terracotta delle parti malate che erano state guarite; queste venivano poi registrata ed appese all'interno del tempio.

Fra i più importanti Asclepièion vi erano quello di Atene (Figura 1.2), quello di Epidauro, che fu forse il primo ad essere edificato, quello di Pergamo<sup>2</sup> e quello di Corinto.

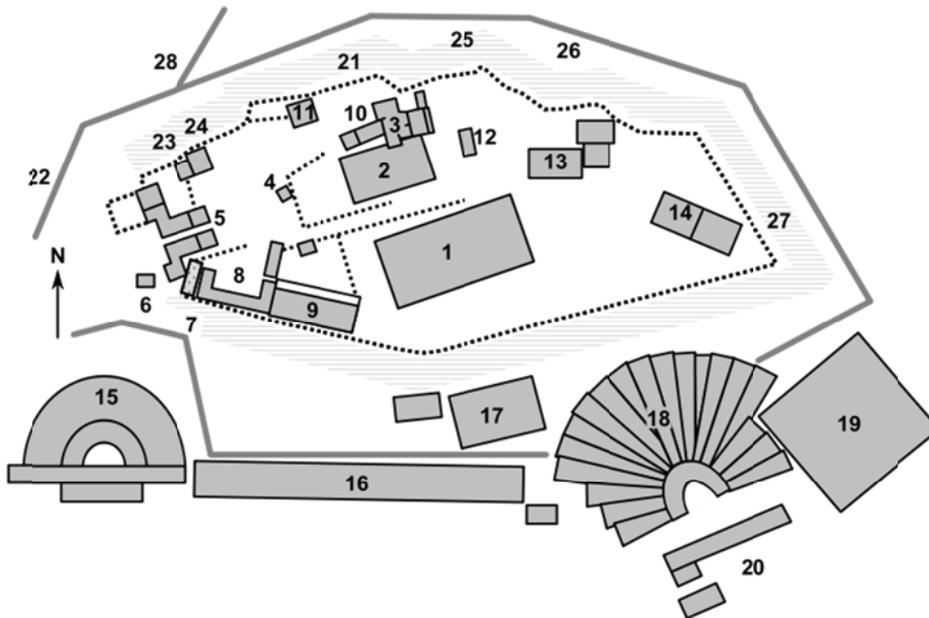


Figura 1.2: Planimetria dell'Acropoli di Atene; al numero 17 l'Asclepièion

- |  |  |
|--|--|
| 1. Partenone                                     | 15. Odeo di Erode Attico                             |
| 2. Antico tempio di Atena Poliàs                 | 16. Stoà di Eumene                                   |
| 3. Eretteo                                       | 17. Santuario di Asclepio o Asclepieion              |
| 4. Statua di Atena Promachos                     | 18. Teatro di Dioniso                                |
| 5. Propilei                                      | 19. Odeo di Pericle                                  |
| 6. Tempio di Atena Nike                          | 20. Santuario di Dioniso                             |
| 7. Santuario di Egeo                             | 21. Fonte micenea                                    |
| 8. Santuario di Artemide Brauronia o Brauroneion | 22. Peripatos  |
| 9. Calcoteca                                     | 23. Fonte Clepshydra                                 |
| 10. Pandroseion                                  | 24. Grotte di Apollo Hypocraius, Zeus Olimpico e Pan |
| 11. Arrephorion                                  | 25. Santuario di Afrodite ed Eros                    |
| 12. Altare di Atena Poliàs                       | 26. Iscrizione del Peripatos                         |
| 13. Santuario di Zeus Polieus                    | 27. Grotta di Aglauro (Aglaureion)                   |
| 14. Santuario di Pandion                         | 28. Via Panatenaica                                  |

<sup>2</sup> Nella odierna città Turca di Bergama

L'Asclepeion di Pergamo (Figura 1.3) appare decisamente più articolato rispetto alla tipologia tipica degli asclepei. Fu costruito in epoca ellenica e successivamente riadattato dai romani. E' suddiviso in spazi funzionali ed è circondato da costruzioni complementari; fra queste si evince la presenza di un edificio termale dotato di vasche rotonde per i trattamenti termali ed una piscina esterna.

La suddivisione dei vari spazi , l'esistenza di scale interne ed esterne e il complesso idraulico per ricambiare l'acqua delle vasche denotano funzionalità, sicurezza ed igiene dei meccanismi adottati.

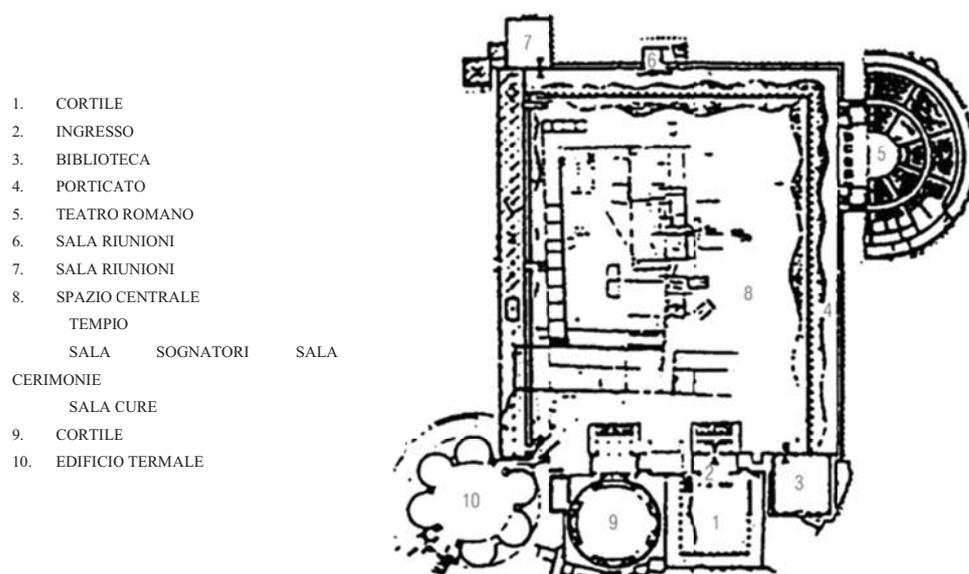


Figura 1.3. Asclepeion di pergamo, epoca ellenica

A partire dal VI secolo a.c Ippocrate diede un forte segnale di innovazione al campo medico, considerando la malattia come una manifestazione naturale che deve essere capita e fronteggiata con opportuni sistemi umani. Lo strumento predominante messo a disposizione del medico diventò l'osservazione, metodo basato sulla visita e l'esame del paziente. Si passò così da una visione religiosa-sacerdotale ad una visione laico-razionale. Il carattere innovativo di una tecnica fondata su un metodo scientifico rendono Ippocrate il fondatore della scienza medica.

Particolare attenzione, oltre all' Asclepeio, meritano anche le infermerie belliche, i cosiddetti valetudinari, ovvero grandi costruzioni destinate ad accogliere i feriti. In questo caso la medicina assume una veste più pratica, mirante a risolvere le difficoltà poste dalla patologia bellica<sup>3</sup>. Il sito archeologico di Dusseldorf, risalente al 100 d.C, mette in luce un ospedale militare progettato esclusivamente a fini sanitari: la progettazione veniva basata sull' ottimizzazione dei percorsi e sulla ripartizione centrale degli spazi comuni.

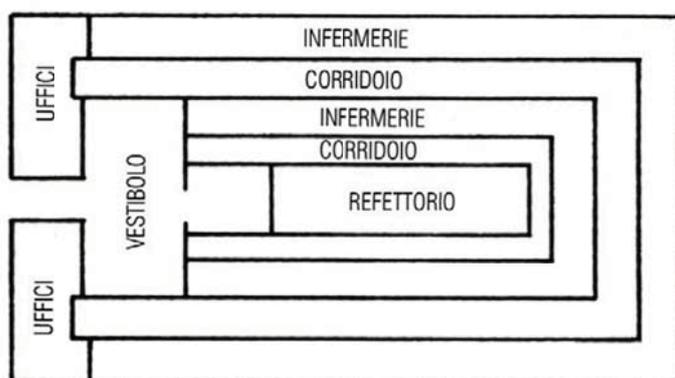


Figura 1.4. Ospedale militare di Novasesum, Dusseldorf, 100 d.C.

<sup>3</sup> Pulizia delle ferite, bendaggio, estrazione di corpi estranei, etc.

### **1.1.2 LA CARITA' CRISTIANA E LE CHIESE – TIPOLOGIA A NAVATA**

Nel Medioevo assistiamo al rafforzamento del culto Cristiano e dell'etica caritativa. Il consiglio di Nicea, tenutosi nel 325 d.C, fu il primo consiglio ecumenico in cui si riunirono tutti i vescovi cristiani, i quali stabilirono che in ogni città doveva essere realizzato un ospizio per poveri, pellegrini e malati; vennero così istituiti questi nuovi organismi "hospitali". Questi luoghi di indistinta e generica ospitalità vennero chiamati Xenodochi. In alcuni di essi però le attitudini sanitarie risultavano maggiormente spiccate, motivo per cui alcuni vennero considerati veri e propri centri sanitari. Furono create strutture di assistenza sanitaria nei monasteri, in prossimità delle sedi episcopali e lungo le principali vie di comunicazione.

#### **TIPOLOGIA A NAVATA**

Il più grande sistema di hospitale del medioevo era quindi quello messo a disposizione dalla Chiesa Cristiana; la maggior parte delle chiese disponevano, in contiguità funzionale con la parte religiosa, di una parte residenziale che rispecchiava l'architettura delle chiese gotiche: grandi aule suddivise in navate con aperture in posizione elevata per l'aerazione e l'illuminazione naturale che spesso risultavano insufficienti (Figura 1.5).

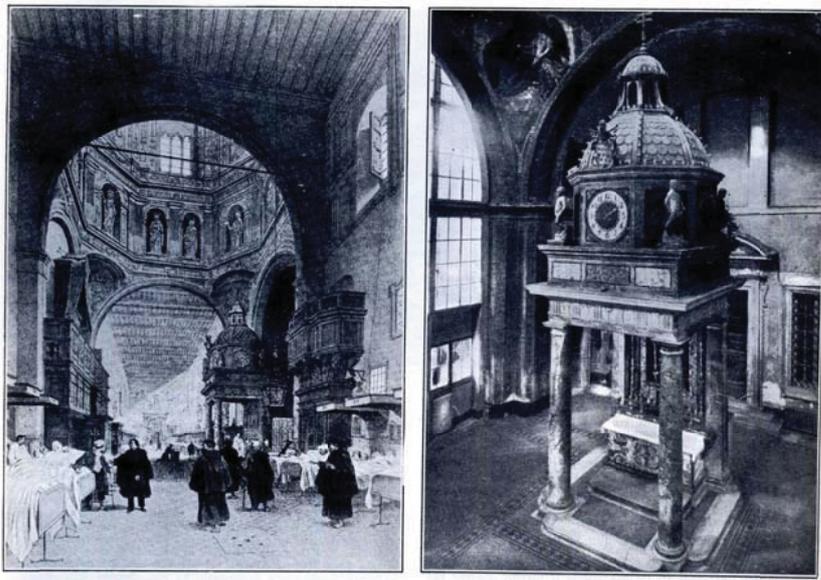


Figura 1.5 Vista dell'Ospedale S. Spirito<sup>4</sup>

Era quindi possibile che in queste aule convivessero per alcuni giorni infermi con malattie differenti, facilitandone così la propagazione.

Scrivere Ronzani nel *“Trattato di igiene e tecnica ospedaliera”*: “ Le infermerie di solito erano allocate in locali umidi e scarsamente illuminati, sprovvisti di locali annessi di servizio, salvo qualche primitiva latrina. Solo talvolta si trovava una sala separata per aggravati. I ricoverati che erano d’ordinario dei poveri diseredati, poiché le famiglie provviste di mezzi solevano curare in casa i loro malati, erano degenti a due, quattro per letto. I letti erano costituiti da enormi pagliericci, montati su cavalletti od altri sostegni spesso chiusi da padiglioni o baldacchini, o anche in alcove. In tali sale erano accolti promiscuamente malati di forme mediche, chirurgiche ed infettive. Molti entrati per infermità leggere, vi contraevano gravi infezioni, e la mortalità, specialmente tra le puerpere ed i feriti era altissima. Tutti i servizi, dai più intimi e delicati ai più malsani, si svolgevano in sala. I cadaveri non di rado restavano a lungo vicino al malato prima di essere rimossi. I teli si lavavano nel vicino corso d’acqua dove talvolta sfociavano i rifiuti “

---

<sup>4</sup> Non si tratta di un ospedale medievale, ma rispecchia i principi delle navate con i degenti uno accanto all’altro

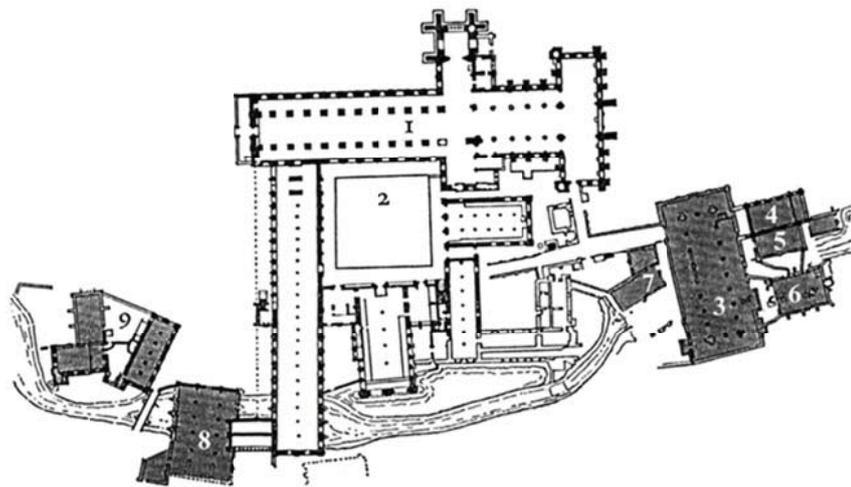
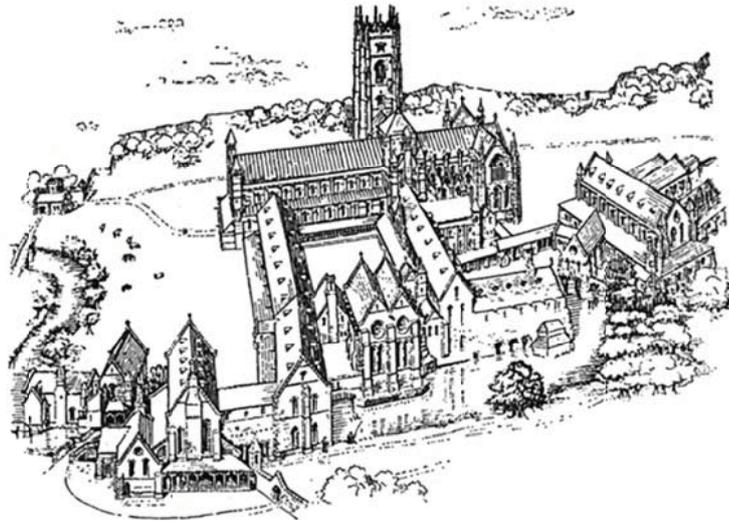


Figura 1.6. Fountains abbey Yorkshire, XIII sec.

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1. CHIESA           | 6. CUCINA            |
| 2. CLAUSURA         | 7. CAPPELLA          |
| 3. INFERMERIA FRATI | 8. INFERMERIA LAICI  |
| 4. DISPENSA         | 9. ABITAZIONE OSPITI |
| 5. CAPPELLA         |                      |

Fra le strutture ospitali della prima epoca cristiana va ricordata la grande infermeria adiacente al Convento di San Gallo del 820 d.C. (Figura 1.7). Intorno l'originario organismo religioso è possibile individuare una serie di edifici aggiunti in fasi successive già dal IX secolo d.C. al presentarsi di nuove esigenze: camerate, refettori, alloggi dei medici, ospizio, farmacia, servizi generali, etc.

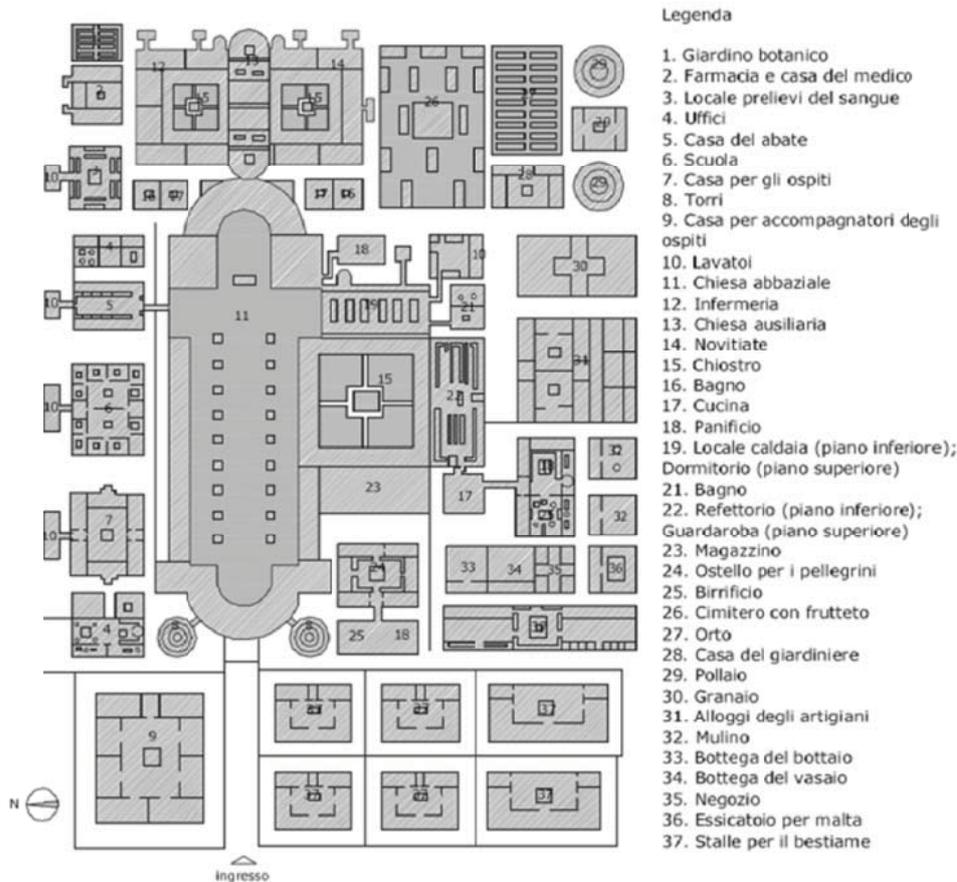


Figura 1.7. Abbazia di San Gallo, Svizzera, configurazione del XIII secolo.

Nel Tardo Medioevo, a metà del XIVsec., si assiste all'avvento della peste, che ebbe un enorme impatto in campo sanitario; le strutture ospedaliere esistenti risultarono inadeguate, ed i medici impreparati e poco competenti per affrontare la gravità e la dimensione di questa malattia. Il sistema di assistenza dell'epoca non fu in grado di reagire tempestivamente, e di fronte al diffondersi di carestia e malattia, lo Stato ed i reggenti dei vari paesi furono costretti ad intervenire. Furono istituiti centri di controllo sanitario: per evitare il contagio avviarono delle procedure di isolamento che prevedevano la distinzione dei malati a seconda della gravità.

L'assistenza sanitaria passò definitivamente dalle mani della Chiesa alle mani dello Stato. Furono costruiti ospedali con funzioni diverse in

base allo stato del malato, ospedali per acuti, ospedali per cronici, lazzeretti per gli infetti.

La peste fu quindi causa e conseguenza di rinnovamento del sistema sanitario.

## 1.2 IL RINASCIMENTO – TIPOLOGIA A CROCIERA

Fra la seconda metà del XIII secolo ed il XVI secolo si assiste ad un'epoca di rinnovamento e di cambiamento politico, religioso e sociale nota con il nome di Rinascimento. In questo periodo si intuì che le strutture sanitarie necessitavano di caratteristiche distintive ed organizzative diverse da tutte le altre strutture edilizie.

Non esistevano ancora delle precise indicazioni progettuali circa la funzionalità dell'Ospedale, per cui il tipo prevalentemente utilizzato nell'edificazione di tali luoghi rispecchiava la monumentalità dei grandi Palazzi dei centri urbani; la maggioranza degli Ospedali di tale epoca segue infatti la tipologia a crociera.

Fra i primi ospedali nati in quest'epoca, intorno la fine del XIII secolo, si colloca l'Ospedale di S. Maria Nuova a Firenze (Figura 1.8), organizzato con la tipica forma a crociera che caratterizzerà il periodo rinascimentale.

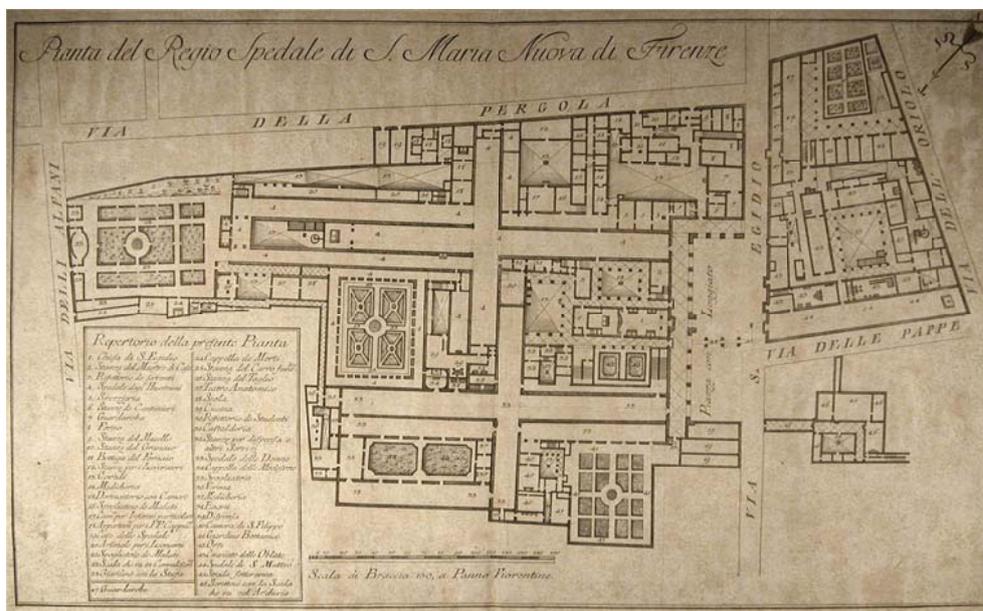


Figura 1.8. Pianta dell' Ospedale S Maria Nuova a Firenze.

Anche la città di Milano necessitava di un sistema sanitario efficiente che potesse contribuire al processo di riorganizzazione della città in epoca rinascimentale. Durante il XV secolo vennero quindi affidate le

opere di progettazione e realizzazione del grande ospedale Cà Grande a Filarete, che studiò l'Ospedale di Santa Maria Nuova e ripropose a sua volta l'organizzazione a crociera.

1. Cortile maggiore
2. Cortili laterali
3. Cappella
4. Crociere dei malati

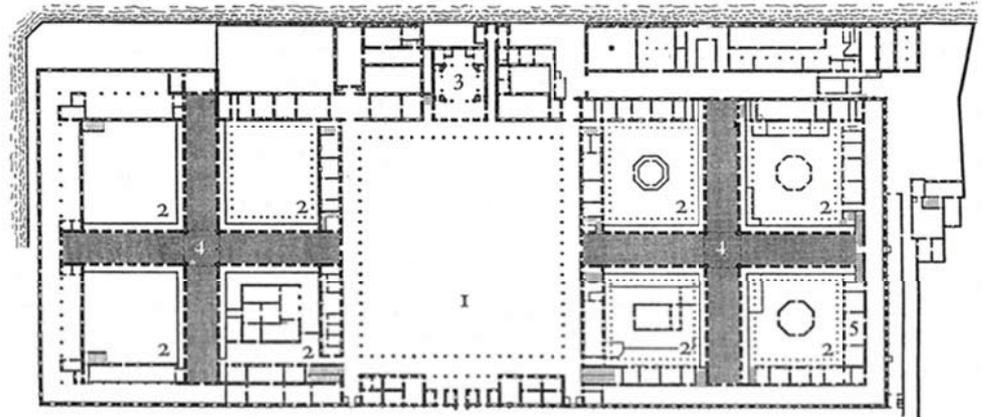


Figura 1.9. Pianta dell'Ospedale Cà Grande, Milano, 1456

Il progetto di Filarete, rispondendo ai canoni di simmetria ed ordine tipici del rinascimento, prevedeva due crociere, separate da un grande cortile centrale il cui asse stabiliva l'asse di simmetria dell'edificio. Nelle crociere erano ospitati separatamente i malati dei due sessi, donne ed uomini; nei quattro cortili laterali, sui quali si affacciavano le croci, erano invece ospitati servizi, botteghe, officine, etc. In asse al cortile maggiore era posta la cappella, che nel rispetto della tradizione occupava il posto centrale. Inoltre tutti i malati potevano assistere alla messa dal proprio letto grazie alla collocazione di un piccolo altare posizionato nel punto di incontro dei quattro bracci della croce.

Da un punto di vista tecnico-costruttivo Filarete dedicò molta attenzione all'igiene del paziente, progettò quindi un corridoio parallelo ai bracci della crociera dove erano collocate le latrine (Figura 1.10).

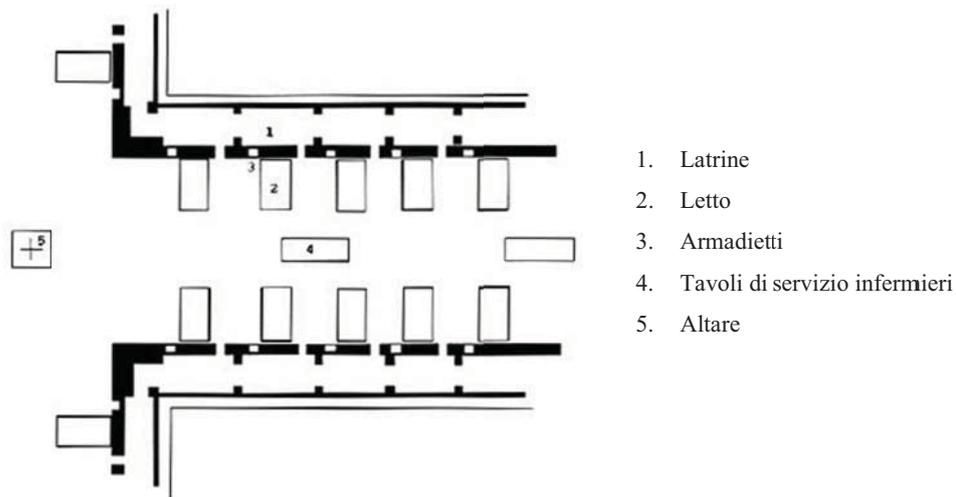


Figura 1.10. Particolare di uno dei bracci dell’Ospedale Cà Grande a Milano, 1456

Era possibile accedere a questo corridoio tramite delle aperture ricavate nelle pareti, ed ogni letto aveva accesso ad una sola latrina. Inoltre lo spazio fra un’apertura e l’altra era tale da consentire il posizionamento di un solo letto e di un solo armadio, in modo tale da evitare che i letti venissero posizionati in adiacenza e venisse facilitato il contagio delle malattie.

Per facilitare la pulizia delle latrine, e quindi l’igiene del paziente, Filarete progetta e costruisce un sistema fognario, scavato a livello delle fondazioni, nel quale venivano convogliate le acque piovane e parte delle acque del Naviglio (Figura 1.11).

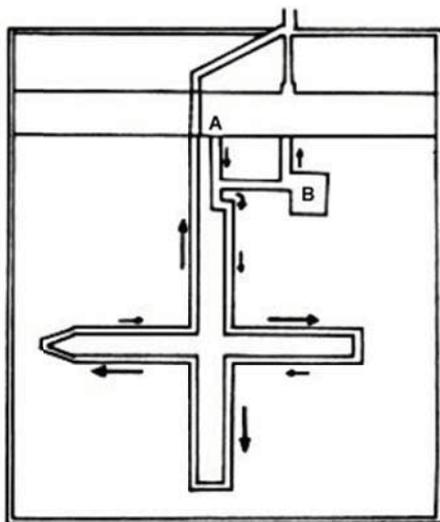


Figura 1.11. Schema fognario dell’Ospedale Cà Grande a Milano, 1456

Altro aspetto attenzionato da Filarete fu il sistema di aerazione nelle infermerie; tale sistema prevedeva delle finestre poste ad un' altezza superiore rispetto all'altezza d'uomo in modo tale da non creare delle correnti d'aria che potessero risultare nocive per il malato, ma allo stesso tempo utili al ricambio dell'aria viziata.

La Cà Grande, nonostante la laboriosità progettuale e le lunghe tempistiche di realizzazione (oltre cinquecento anni), è stata compiuta in modo compatto e coerente con il progetto iniziale realizzato dettagliatamente da Filarete.

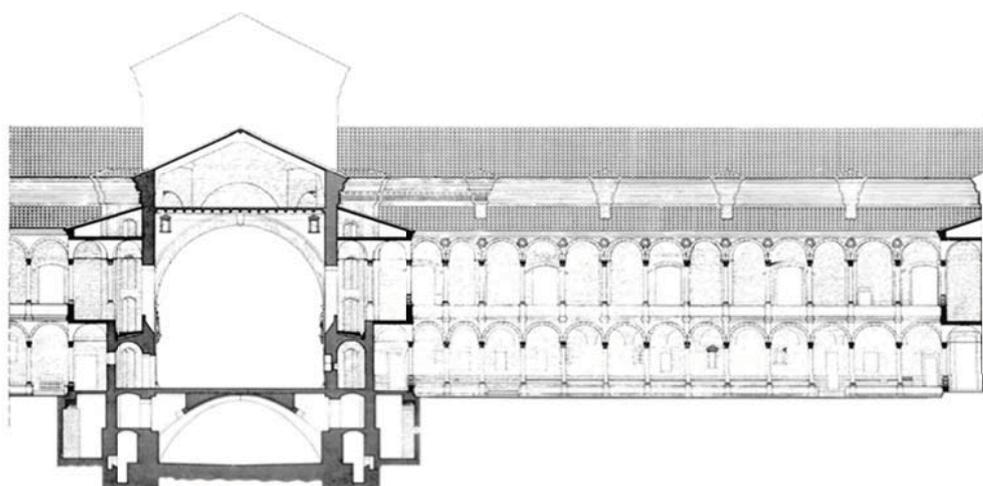


Figura 1.12. Sezione trasversale della Cà Grande, Milano

### **1.3 L'EVOLUZIONE SETTECENTESCA - TIPOLOGIA A PADIGLIONI**

Il progresso scientifico e organizzativo, iniziato nel Seicento, acquistò maggior vigore nel secolo successivo. L'illuminismo e il razionalismo del '700 furono il terreno fertile sul quale la scienza medica poté svilupparsi, i nuovi fermenti intellettuali, sociali e politici che porteranno ai fatti storici di grandissima importanza con i quali si chiuderà il XVIII secolo, fecero fare grandi progressi alla medicina. In questo secolo venne scritto il primo vero trattato di anatomia patologica: il "De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis" di Giovanni Battista Morgagni. Il metodo sperimentale diventò lo strumento indispensabile per raggiungere la conoscenza. I progressi medici portarono ad una nuova attenzione verso il paziente e si accettò l'idea che la salute della popolazione e quella dell'individuo singolo dovessero essere tutelate come un bene della nazione e nella loro difesa si dovessero impegnare iniziative di governo. Tutto il Settecento confermò l'interesse per i temi della salute collettiva e della prevenzione; ciò portò ad importanti evoluzioni anche nella prassi clinica, nel ruolo sociale e professionale del medico, nell'organizzazione dei modelli di cura e di assistenza. Con l'avvento dell'Ottocento l'impulso innovativo fu ancora più forte, strumenti che rendevano possibili imprese che prima non erano immaginabili, macchine che sostituivano la forza dell'uomo, che facilitavano i trasporti e le comunicazioni e un ottimismo fiducioso nelle conquiste del progresso caratterizzavano il nuovo medico. Il medico e il chirurgo, nell'esercizio della loro pratica, non erano più guidati solo dalla conoscenza della materia medica e dell'anatomia, come in passato, non doveva più servirsi solamente della loro intuizione ed esperienza, adesso potevano utilizzare gli strumenti diagnostici offerti dal progresso della tecnica. Tutto ciò necessitava di una nuova organizzazione delle strutture ospedaliere, in quanto la vecchia impostazione strutturale non era più idonea alla nuova medicina.

Venne infatti alla luce proprio in quegli anni un notevole divario tra le conoscenze nel settore diagnostico e l'arretratezza degli spazi terapeutici. Le condizioni igieniche dei luoghi di cura risultavano pessime, a tal punto da diventare esse stesse causa dell'aggravarsi dello stato fisico dei malati. Unico criterio per valutare la qualità degli ospedali era il numero di malati che poteva accogliere; ciò portò quindi ad un sovraffollamento delle strutture nosocomiali senza precedenti. Necessitava, dunque, adottare provvedimenti che miravano a riorganizzare le università, a diffondere le cliniche e ristrutturare il servizio di salute pubblica. Le dimensioni dell'ospedale aumentarono, il suo aspetto assunse valore rappresentativo di Istituzione, l'ospedale acquistò un ruolo centrale nell'assetto urbano.

In Francia, culla dei fermenti politici e sociali di quegli anni, partirono le novità progettuali. Oltre alle questioni di natura sociale, come la Rivoluzione Francese, anche l'incendio nel 1772 dell'Hotel Dieu di Parigi, del quale si decise la ricostruzione, fu determinante per il rinnovamento dell'organizzazione delle strutture sanitarie e per l'invenzione della tipologia a "padiglione".

L'Hôtel-Dieu fu fondato nel 651 a Parigi da san Landerico, vescovo di Parigi. Inizialmente un piccolo ospizio annesso a un convento nei pressi di Notre Dame, costituito da un'unica sala infermieristica, negli anni a seguire fu ampliato svariate volte per soddisfare i bisogni della città.

Due secoli dopo la costruzione della prima sala, l'ospedale era raddoppiato fino a raggiungere la capienza massima di 5000 pazienti. Esaurite le aree limitrofe l'ospedale iniziò ad allargarsi invadendo i ponti che servivano per attraversare la Senna. La situazione igienica era pessima e la sproporzione tra i pochi spazi di servizio e le troppe degenze era massima. Nel 1772 un incendio distrusse tutta la struttura (Figura 1.12). Si decise di ricostruirla e Le Roy, nel 1773, presentò un progetto rivoluzionario che prevedeva una serie di corsie, che

correvano parallele fra loro, attestate su un unico ampio cortile che presenta da un lato la chiesa e dall'altro i servizi (Figura 1.13).

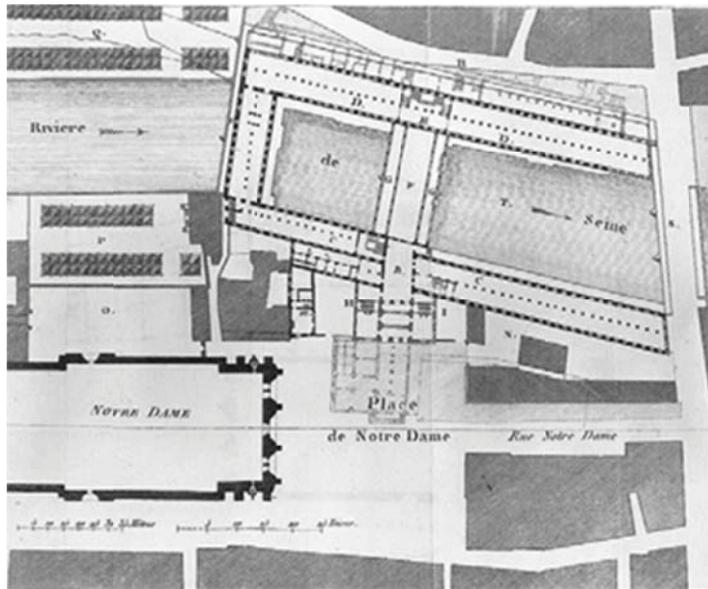


Figura 1.12. Pianta dell' Hotel Dieu prima dell'incendio del 1772, Parigi, 820 d.c.

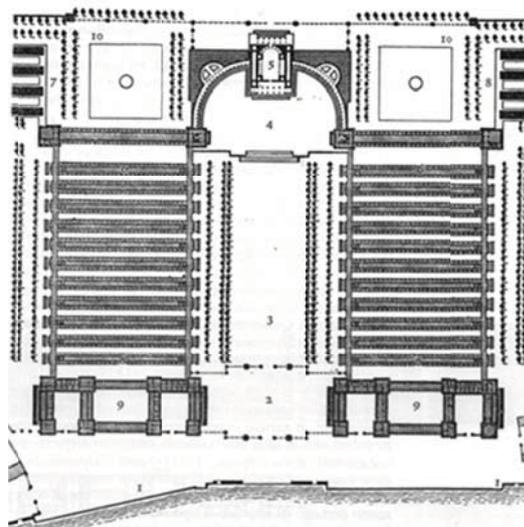


Figura 1.13. Progetto per la ricostruzione dell'Hotel Dieu a cura di Le Roy

Innovativa fu l'introduzione nel tetto di grandi condotti per l'aria per contrastare la possibilità del propagarsi delle malattie; era infatti stato riconosciuto come la mancanza di ventilazione potesse essere responsabile della propagazione delle malattie e dei decessi all'interno degli ospedali. Questo progetto diede vita alla tipologia a Padiglioni che caratterizzerà tutta una serie di Ospedali fino al XX secolo.

L'Hotel Dieu verrà poi costruito secondo il progetto di Poyet e Coquerau che porteranno avanti i principi proposti da Le Roy (Figura 1.14).

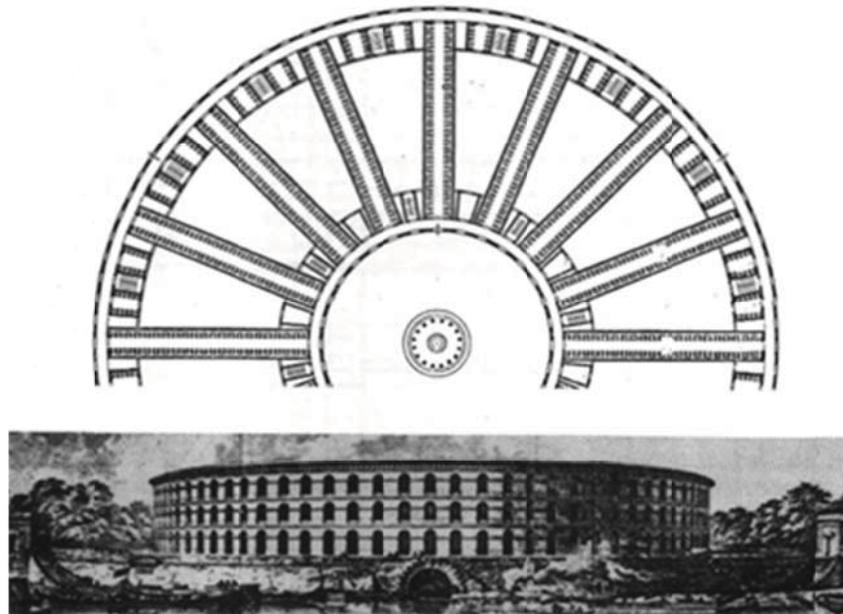


Figura 1.14. Progetto di Poyet e Coqueau per la ricostruzione dell'hotel Dieu, Parigi  
Pianta e veduta esterna

Dalla fine del 1700 la tipologia più utilizzata risulterà, infatti, essere quella a padiglioni, costituita da diversi blocchi collegati fra loro attraverso percorsi di servizio. La principale esigenza a cui questo tipo risponde è la necessità di avere una maggior separazione delle attività sanitarie, ottenuta attraverso la separazione fisica dei blocchi (ad una diversa patologia corrisponde un diverso padiglione e quindi vi è minor probabilità di propagazione).

Furono enunciati criteri progettuali del tutto nuovi: i padiglioni erano generalmente non molto alti, costituiti da due o tre elevazioni fuori terra, ben illuminati da luce naturale con grandi finestre alte fino al tetto così da garantire un completo ricambio d'aria, decentrati rispetto al contesto cittadino; fra di essi veniva garantita una distanza tale da permettere aerazione ed illuminazione naturale, non occludere eccessivamente la vista verso l'esterno ai degenti, e la possibilità di avere spazi verdi fruibili dagli pazienti. Inoltre la capienza massima

doveva essere ridotta, l'orientamento dei corpi di fabbrica verso est o verso sud, per consentire miglior ventilazione e irraggiamento, e i soffitti dovevano essere piani, senza volte. Si abbandona quindi definitivamente la maestosità degli ospedali rinascimentali.

Inizialmente l'organizzazione interna del padiglione era carente di comfort e igiene, con lunghe corsie di degenza e batterie di letti; a seguito degli studi infermieristici, si preferì suddividere questi corridoi posizionando i letti nel fronte meglio illuminato ed aerato e lasciando nel fronte opposto i servizi del reparto, ed inoltre la corsia fu suddivisa in modo tale da avere non più di 4-6 letti consecutivi. La distanza fra i padiglioni, ed i conseguenti lunghi percorsi di servizio rappresentavano però un ostacolo alla funzionalità dell'ospedale, con notevole utilizzo di tempo dedicato agli spostamenti da parte dei medici e difficoltà nel movimentare i pazienti (spesso con percorsi all'esterno).

Anche se la letteratura attribuisce ai Francesi la paternità delle profonde innovazioni in campo ospedaliero che condussero al tipo a "padiglione", occorre ricordare che in altre aree culturali maturarono fermenti autonomi ed originali che portarono nella stessa direzione. In Inghilterra, già un secolo prima rispetto la Francia, un vivace dibattito aveva mirato alla modernizzazione dei nosocomi cittadini.

Fin dagli inizi del 1500 l'Inghilterra conobbe un rinnovamento nel campo ospedaliero, questa volta conseguenza della Riforma Religiosa; la soppressione dei monasteri aveva comportato uno sguarnimento del personale che tradizionalmente vi operava e quindi il governo fu costretto ad affrontare con urgenza il problema dei poveri e delle malattie sociali.

Nel 1694 sorge il "Greenwich Royal Naval Hospital", la prima struttura ospedaliera a padiglioni inglese, concepita da Christopher Wren e riservata alla marina britannica. Si tratta di una struttura simmetrica, composta da una serie di blocchi attestati su di un giardino centrale (Figura 1.15).

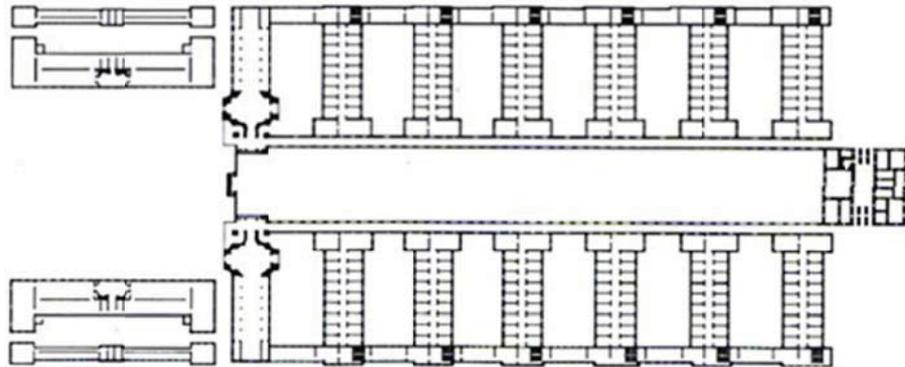


Figura 1.15. Pianta del progetto per il Royal Naval Hospital, Greenwich-Londra,1694

Nel 1764 venne fondato il Naval Hospital di Stonehouse presso Plymouth, progettato da Rowehead. Si presenta con una organizzazione molto più razionale rispetto al passato, con padiglioni separati e di piccole dimensioni disposti attorno ad un cortile e attraversati da un corridoio di collegamento (Figura 1.16).

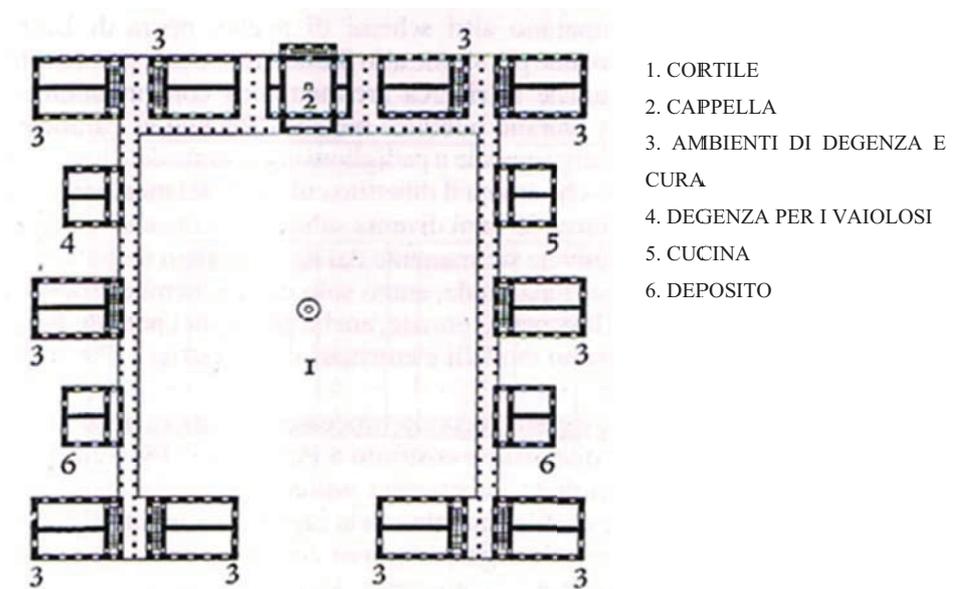


Figura 1.16. Pianta del Royal Naval Hospital, Plymouth, Inghilterra, 1756-64

Tuttavia è in Francia, con la costruzione dell'ospedale Lariboisiere (Figura 1.17), che si ha l'apparizione del tipo moderno di ospedale a

padiglione, con reparti nettamente distinti che garantiscono un'illuminazione e aerazione naturale dei blocchi; si deve però evidenziare un difetto tipico delle tipologie a padiglioni, ossia la lunghezza dei percorsi di collegamento che il personale medico era costretto a percorrere per spostarsi all'interno della struttura ospedaliera.

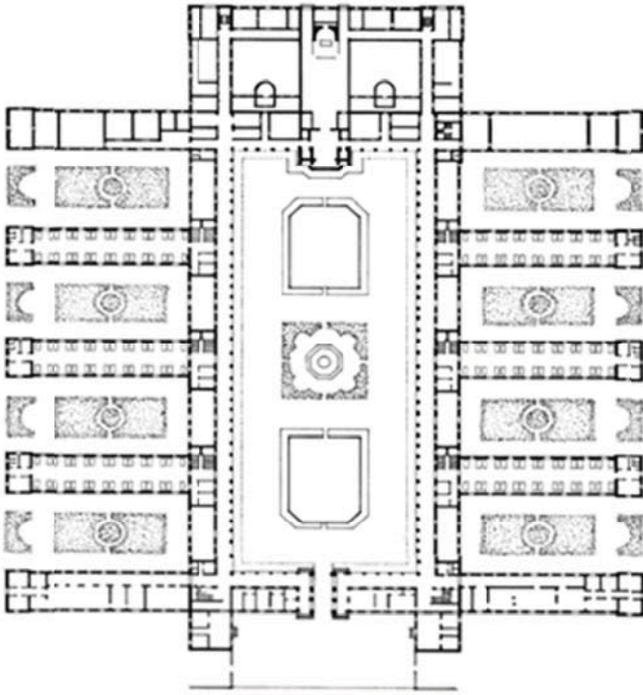


Figura 1.17. Pianta del progetto per l'Ospedale Lariboisier, Parigi, 1839-54

L'organizzazione dell'ospedale era estremamente simmetrica, in continuità con le tipologie rinascimentali, composto da un giardino centrale e sei padiglioni di degenza disposti sui due lati lunghi del giardino. Poteva ospitare un massimo di 900 pazienti ospitati nei sei padiglioni. L'altezza dei padiglioni era di due piani. Il collegamenti dei padiglioni avveniva attraverso un portico al piano terra che era sormontato al primo piano da una serie di locali di servizio. Sui lati corti del giardino rettangolare, vi erano altri due edifici, quello all'ingresso dove c'era all'amministrazione e quello sul lato opposto dedicato alla cappella e alle sale operatorie.

L'ospedale a padiglioni permarrà come tipologia prevalente fino agli inizi del 1900.

## **1.4 L'OSPEDALE DI INIZIO XX SECOLO**

Tra la fine del diciannovesimo secolo e la prima metà del ventesimo secolo si assistette al progressivo abbandono della tipologia a padiglioni. Il modello a padiglioni risultò inadeguato alle costruzioni di grande dimensione, poichè le aree di collegamento tra i vari padiglioni erano dispersive e troppo estese. L'abbandono fu graduale e preceduto da una serie di evoluzioni del modello stesso; si tentò di diminuire le distanze progettando ospedali a T, piuttosto che ad H, con scarsi risultati che portarono allo sviluppo di una nuova tipologia strutturale che prevedeva un monoblocco. Per gli ospedali già esistenti, le opere di modifica risolutiva prevedevano il riempimento delle aree verdi interposte tra gli edifici.

### **1.4.1 TIPOLOGIA A MONOBLOCCO**

Con l'ospedale a monoblocco si tenta di riunificare tutte le funzioni ospedaliere in un unico grande blocco, con collegamenti conseguentemente più rapidi. Tuttavia nei centri abitati vi era un'altissima concentrazione edilizia e risultava difficile trovare gli spazi dimensionali, ma il monoblocco risultò la struttura più adeguata ed efficiente a tali esigenze.

L'ospedale monoblocco, detto anche ospedale grattacielo, nasce negli Stati Uniti d'America intorno gli anni '20 del XX secolo; le esigenze che ne fanno sviluppare i tratti caratteristici vanno ricercate soprattutto negli aspetti economici, sia per l'acquisizione del terreno, sempre più costosa, sia per i costi di costruzione. Con il monoblocco non vi è la necessità di avere grandi distese di terreno, come invece era necessario per il tipo a padiglione, e concentrando tutti i servizi in un unico blocco è sufficiente un'unica fondazione ed un'unica copertura, incrementando il risparmio. Inoltre la diffusione del calcestruzzo

armato permetteva di edificare edifici a molte elevazioni fuori terra senza difficoltà, creando il monoblocco a torre.

Il risparmio era dovuto anche alla possibilità di centralizzare la canalizzazione impiantistiche in cavedi dedicati che distribuivano ai piani le dorsali impiantistiche. Inoltre con tale tipologia ospedaliera i collegamenti fra i vari reparti e fra le varie funzioni era molto più diretta e rapida, grazie soprattutto ai collegamenti verticali.

Seguendo tale tipologia l'ospedale veniva organizzato per livelli: nei primi livelli veniva organizzata l'accettazione, la diagnosi e la cura; nei piani interrati venivano collocati i servizi generali; mentre alle degenze venivano riservati i livelli più alti così da avere maggior soleggiamento ed aerazione.

Uno dei problemi che si presentava con tale organizzazione era la commistione di percorsi e persone dovuta all'intersecarsi delle funzioni fra i livelli (ad esempio per raggiungere le degenze era necessario attraversare, partendo dall'accettazione, i piani dedicati alla diagnosi ed alla cura). Inoltre, nonostante fosse possibile dedicare intere aree alle attività comuni, non era possibile avere delle aree a verde all'aperto fruibili dai pazienti e dai loro cari, facendo così perdere il contatto umano con l'ambiente circostante che può anche risultare terapeutico. Tale perdita di contatto con l'ambiente si affiancava alla perdita del contatto medico/paziente dovuta all'evoluzione tecnologica ed al conseguente affidamento, da parte del medico, al giudizio della macchina.

Ulteriore difficoltà di questa tipologia era costituita dalla quasi impossibilità di future espansioni, se non attraverso l'accostamento di altri corpi.

Negli Stati Uniti, le prime strutture che utilizzarono il modello a monoblocco furono il Columbia Presbyterian Medical Center di New York (Figura 1.18), ed il New York Cornell Medical Center (Figura 1.19).

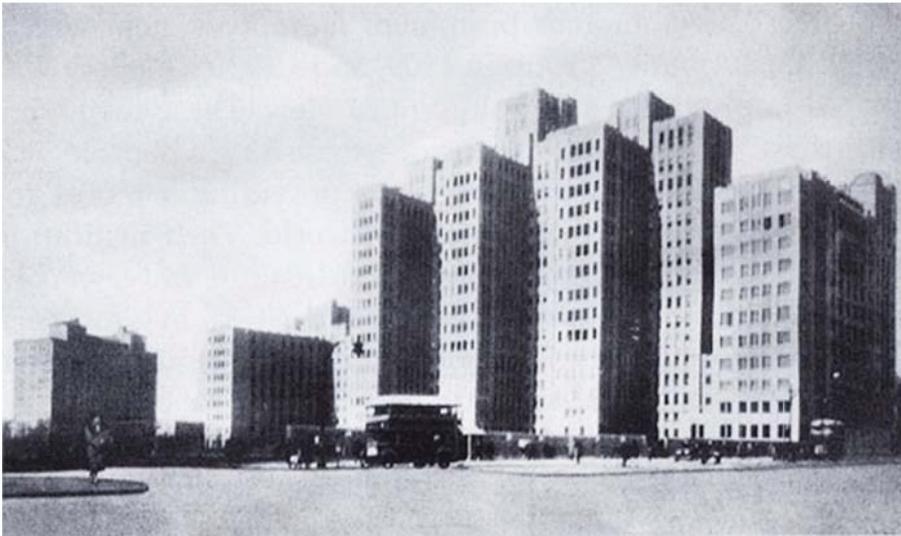


Figura 1.18. Columbia Presbyterian Medical Center, New York.



Figura 1.19. Cornell Medical Center New York

Le strutture americane, raggiungevano fino ai 30 piani di altezza, mentre quelle Europee arrivavano fino a 15 piani; in Italia, secondo il DCG del 20 luglio 1939 “Istruzioni per le costruzioni ospedaliere”, era invece possibile costruire ospedali fino a massimo 7 piani.

Altra differenza sostanziale fra le strutture statunitensi e quelle europee era costituita dal corpo di fabbrica, quintuplo nel caso americano, e generalmente triplo nei casi europei.

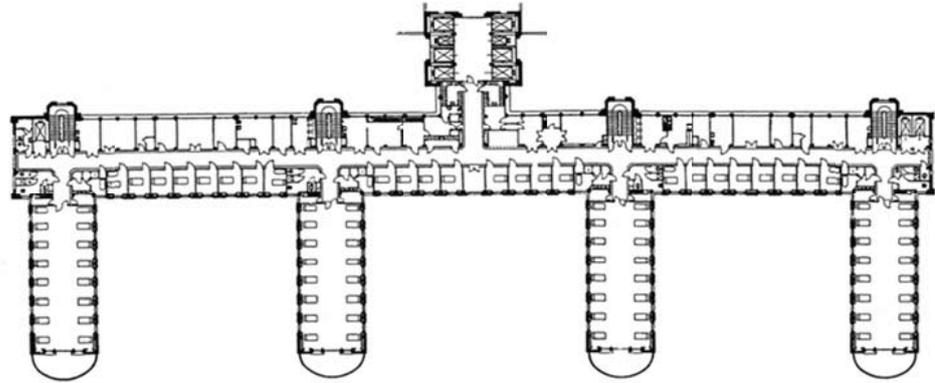


Figura 1.20. Pianta dell' Ospedale Beaujon, Parigi, 1933, corpo triplo.

## **1.4.2 TIPOLOGIA A POLIBLOCCO**

Secondo il decreto legislativo del 1939 che prevedeva strutture ospedaliere di massimo di 7 piani, in Italia si seguì una via intermedia tra la struttura a padiglioni e il monoblocco: il poliblocco.

Il poliblocco è costituito da diversi blocchi accostati, dai 5 ai 7 piani, collegati funzionalmente fra loro. Nasce spesso per necessità di successive espansioni come accostamento di ulteriori corpi ad ospedali a monoblocco esistenti.

Meno rigido rispetto al monoblocco, garantiva maggiore flessibilità, minori costi e maggiore rispondenza alle esigenze che potevano nascere nel tempo, senza limitare le eventuali future espansioni. Inoltre, utilizzando forme a X, o ad Y, o ad E, era possibile separare fisicamente alcune aree dell'ospedale, o garantire la miglior esposizione alle aree di degenza, dedicando ai servizi l'esposizione meno vantaggiosa.

Impiegando forme meno compatte l'ospedale subisce però un aumento dei percorsi interni, con conseguente aumento dei costi di gestione, e diminuzione dell'efficienza dei servizi conseguente all'aumento dei tempi di percorrenza.

### 1.4.3 TIPOLOGIA A RAGGIERA

Nel tentativo di contrarre i lunghi percorsi determinati nel poliblocco dall'accostamento di più blocchi, nella prima metà del '900 si sperimentò l'ospedale a raggiera, che accoglieva i reparti di degenza in dei raggi che convergevano in un fulcro ove erano collocati i servizi comuni. In tal modo non solo i servizi divenivano centralizzati, e quindi più facili da raggiungere e da gestire, ma la distanza fra diversi reparti veniva quasi del tutto annullata, e si annullavano volumi superflui che facevano lievitare i costi in fase di costruzione.

Un esempio noto di struttura a raggiera è il Centro Ospedaliero di Lille, in Francia (1935-1953). Un ulteriore esempio è rappresentato dall'Ospedale a raggiera di Brescia, sempre degli anni '30 (Figura 1.21).

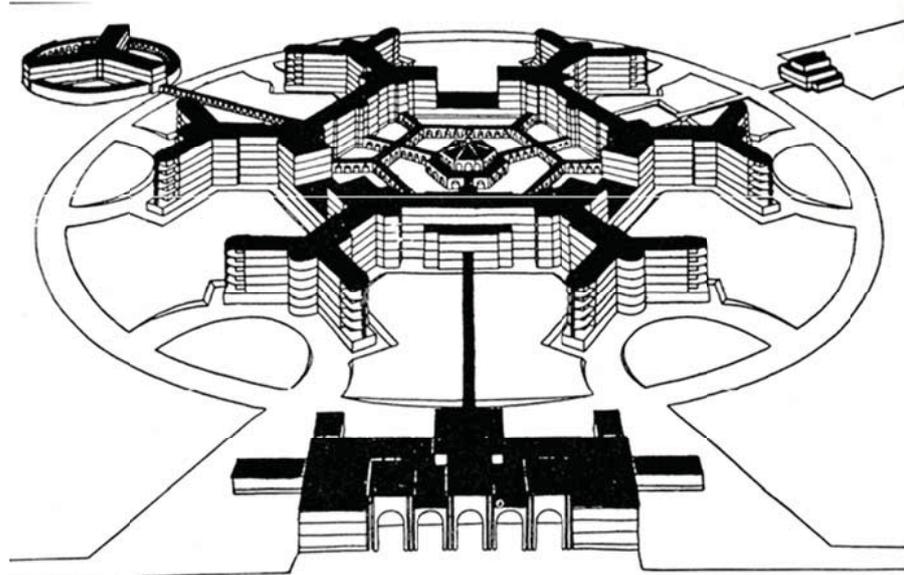


Figura 1.21. Ospedale civile di Brescia, 1935

Di facile individuazione sono i sei rami della raggiera ognuno dei quali costituito da sei elevazioni fuori terra.

#### 1.4.4 TIPOLOGIA PIASTRA TORRE

Sviluppatosi durante la seconda metà del 1900, questa tipologia ospedaliera è costituita da una piastra, corpo a poche elevazioni fuori terra, che si apre sulla città, ed una torre che costituisce la parte più riservata dell'ospedale.

L'idea progettuale che sta alla base dell'ospedale piastra-torre è la suddivisione fra degenze, diagnosi e cura, e servizi. Mentre le prime sono ospitate nella torre, la piastra ospita tutti i servizi generali, il pronto soccorso, gli ambulatori, i centri di riabilitazione, etc.

Di fondamentale importanza diviene lo studio dei percorsi interni e della differenziazione dei flussi. Al vantaggio di dare grande possibilità di fruizione da parte della città circostante, si affianca il grande inconveniente rappresentato dalla scarsa flessibilità.



Figura 1.22. Ospedale di St.lo, Francia - pianta delle degenze.



Figura 1.23. Ospedale di St.lo, Francia -vista aerea.

## 1.5 L'OSPEDALE CONTEMPORANEO

In un contesto medico dove la tecnica e la pratica medica richiedevano alti livelli di adattamento le strutture alte furono presto superate da progetti che garantivano flessibilità alla struttura. Si necessitava di una progettazione che prendesse in considerazione non solo le necessità attuali ma anche le possibili necessità future; si dovevano quindi pianificare le possibili trasformazioni e ampliamenti del complesso ospedaliero nel tempo. Nei primi anni '60 inizia, così, la progettazione di due ospedali, il Northwick Park Hospital<sup>5</sup> e il Greenwich Hospital Design Unit, che rispecchiano rispettivamente la teoria dell' "indeterminatezza" e quella del "contenitore unico".

Il “principio dell'indeterminatezza” è caratterizzato da una progettazione in evoluzione, che consenta l'attuazione dei cambiamenti richiesti dall'evolversi delle tecnologie e degli impianti e dalle esigenze del territorio. Lo sviluppo planimetrico è molto articolato, determinato spesso dalle condizioni locali, ottenuto dalla possibile aggregazione di edifici con pianta e conformazioni geometriche diversificate che venivano collegate mediante una spina di collegamento orizzontale; le diverse funzioni ospedaliere venivano organizzate nei diversi livelli degli edifici; le grandi dorsali impiantistiche venivano alloggiate lungo la spina di collegamento dei vari corpi che diventava così anche asse di smistamento degli impianti. Il Northwick Park Hospital, progettato da John Weeks nel 1961, sviluppa la strategia progettuale dell' "indeterminatezza". La struttura ospedaliera che ospita 800 posti letto presenta, infatti, al suo interno un asse lineare di percorrenza che collega fra loro diversi edifici indipendenti, ciascuno dei quali con la propria funzione. Gli edifici sono collegati all'asse da una sola estremità, mentre l'altra rimane libera in vista di eventuali ampliamenti futuri. L'indipendenza dei volumi consente inoltre di evitare che le eventuali modifiche apportate ad una unità si ripercuotano nei reparti attigui. Nella

---

<sup>5</sup> Progettato da John Weeks nel 1961

struttura ospedaliera, dunque, ogni elemento è stato realizzato tenendo bene in mente la possibilità di eventuali modifiche o estensioni.

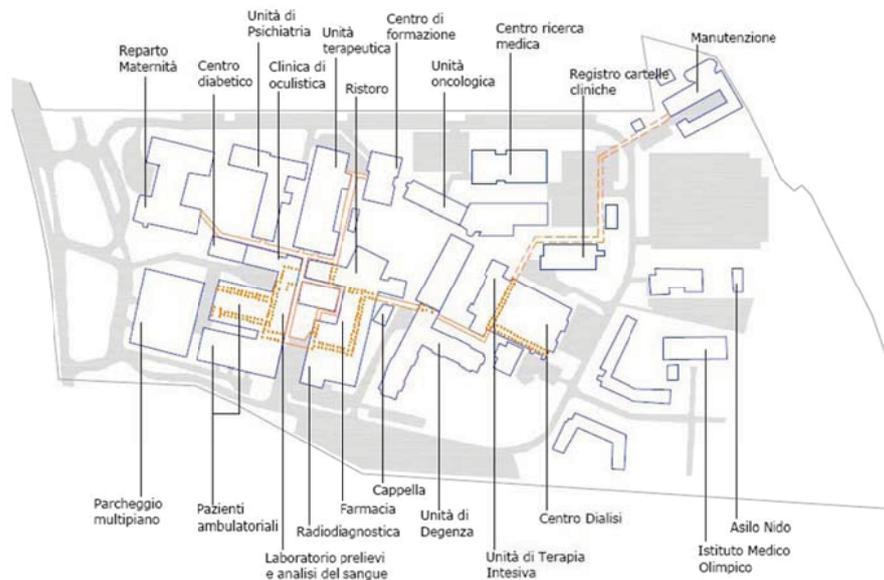


Figura 1.24. Ospedale di Northwick Park Hospital.

La teoria del "contenitore unico" si basa sul criterio di concepire l'organismo edilizio come un "contenitore unico" in grado di permettere intercambiabilità sia funzionale che impiantistica. Per sostenere tale criterio, nasce la necessità di rivedere l'organizzazione del piano, in cui stavolta trovano posto insieme sia le funzioni di Degenza, che quelle di Diagnosi e Terapia. L'asse di percorrenza, non più lineare, diviene quadrangolare in modo da circoscrivere tutti i servizi specialistici (i reparti di diagnostica e trattamento), tranne quelli per i pazienti esterni. Per garantire l'intercambiabilità vengono realizzati tra i vari piani degli interpiani destinati ad ospitare gli impianti tecnici.

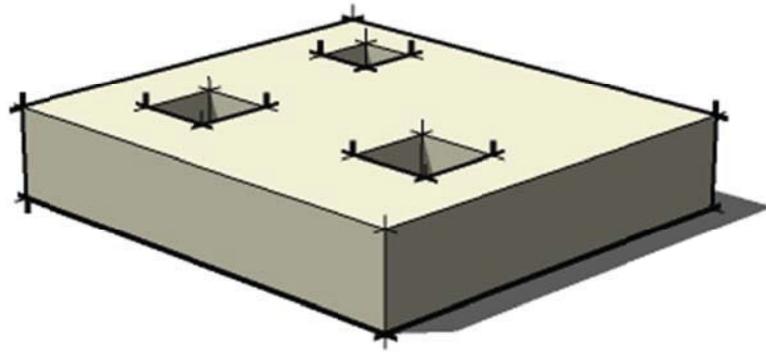


Figura 1.25. Schema dell'approccio progettuale a "contenitore unico".

Il nuovo ospedale di Greenwich, l'Hospital Design Unit, è stato realizzato secondo la teoria del "contenitore unico". L'ospedale, infatti, presenta tre piani di forma rettangolare e di altezza pari a 2,75 m, separati l'uno dall'altro da spazi interstiziali destinati ad accogliere gli impianti. Le corsie sono disposte lungo il perimetro dell'edificio e circoscrivono all'interno del rettangolo i reparti di diagnostica, trattamento e i locali per gli approvvigionamenti. Ogni piano è diviso in quattro settori da corridoi e in ogni piano si trovano tre cortili interni. L'ospedale è dotato di condizionamento d'aria e la comunicazione verticale dei piani avviene per mezzo di ascensori e scale mobili che riducono notevolmente i tempi di attesa.

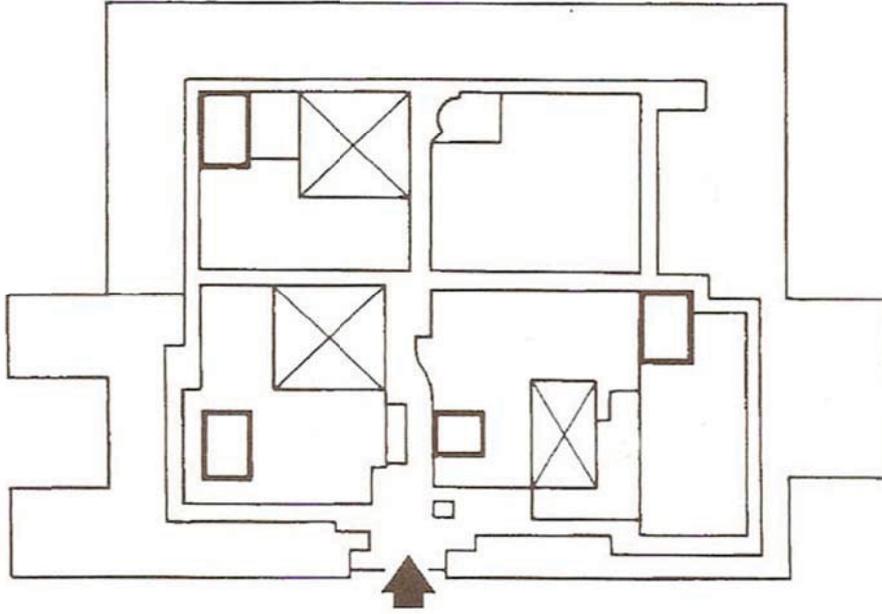


Figura 1.26. Pianta schematica del l'Hospital Design Unit a Greenwich.

### 1.5.1 OSPEDALI A SVILUPPO ORIZZONTALE

In contrapposizione con gli ospedali a torre, intorno gli anni '70 vengono progettati ospedali a minor numero di elevazioni, la cui caratteristica progettuale principale risiede nello scomporre l'ospedale in dipartimenti standard, pre-progettati, e ricomporli in un insieme funzionale. Vengono quindi prestabiliti dei moduli standard sui quali progettare l'insieme funzionale di tali dipartimenti.

Nel sistema Harness, sviluppatosi in Inghilterra nel 1971, il modulo di maglia prestabilito era di 15,00x15,00m, ove accogliere un dipartimento, distante 15m dal blocco successivo, così da garantire illuminazione ed aerazione naturale. Le unità erano allineate lungo un'asse di percorrenza in modo da creare cortili per l'illuminazione e la ventilazione naturale. Quest'ultima eliminava l'esigenza di avere grandi condotti per il trattamento dell'aria, che in questo modo potevano essere distribuiti all'interno delle strutture portanti e resi accessibili attraverso il soffitto del piano sottostante.

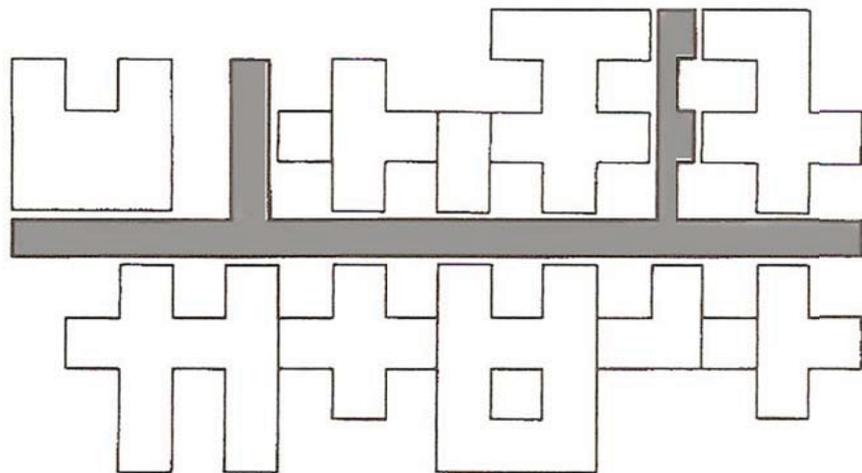


Figura 1.27. Studio d'aggregazione dei moduli "Harness".

Il sistema Nucleus, sviluppatosi sempre in Inghilterra ma a partire del 1973, prevede la costruzione di un primo nucleo ospedaliero con un numero limitato di posto letto, circa 300, dotato solo dei dipartimenti

reputati più importanti, ma passibile di successive espansioni. Ogni unità presentava la forma di una stella. Mettendo assieme tante unità veniva fuori una vera e propria scacchiera con maglia stabilita di 16,20x16,20m per i servizi di diagnosi e cura e degenza, e di 5,40x5,40m per i servizi generali. Ogni blocco cruciforme conteneva corsie per malattie acute dell'adulto (56 posti letto), corsie pediatriche (40 posti letto), sale operatorie, reparti di degenza post-operatoria, reparti di emergenza e clinica ortopedica e traumatologica, unità di terapia intensiva e trattamento centralizzato, radiologia e amministrazione, reparto per i pazienti esterni, archivio medico e dispensario, riabilitazione, farmacia, bar e locali per il personale.

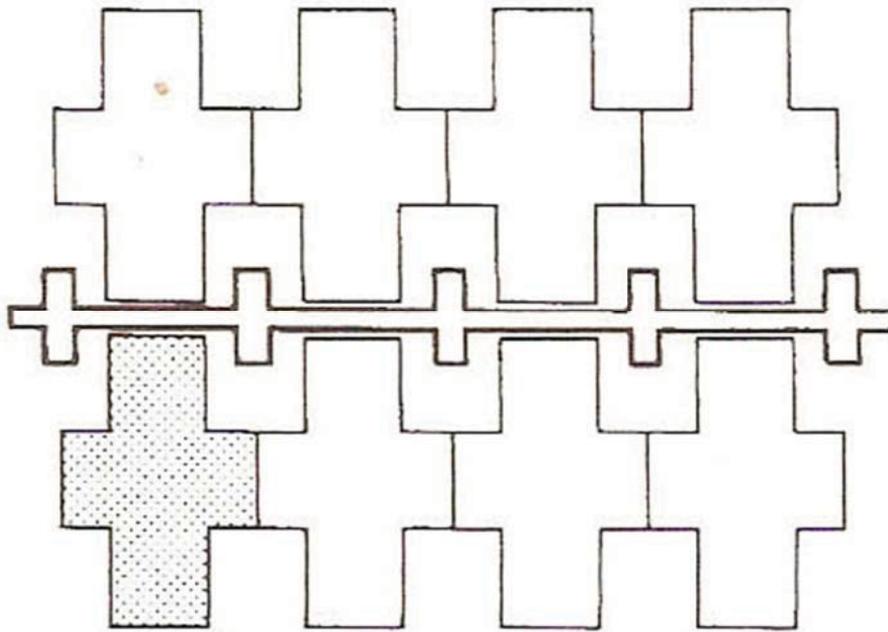


Figura 1.28. Possibile combinazione dei moduli "Nucleus".

Lo sviluppo in orizzontale poteva avvenire con diverse modalità:

- A nastro
- A galleria
- A spina

Nel primo caso le degenze venivano disposte intorno ad un blocco centrale che ospitava i servizi ai piani più bassi, più vicini al pubblico, e la diagnosi e cura nei piani più alti.

Nel modello a galleria invece vi era un grande atrio aperto e coperto sui lati del quale vi erano gli ingressi ai servizi per il pubblico e gli smistamenti ai vari reparti.

Nel modello a spina invece sin dall'ingresso dell'ospedale parte un asse principale che collega e unisce i singoli dipartimenti.

Nei vari casi l'altezza rimane molto contenuta, circa 4 piani, si fa ampio uso di elementi prefabbricati, si tratta di sistemi molto flessibili ed ampliabili.

Il risparmio veniva ottenuto tramite la standardizzazione del modulo ed il conseguente velocizzare i tempi di progettazione e costruzione.

## 1.5.2 IL MODELLO VERONESI-PIANO

Nel marzo 2001 il Ministero della Sanità Italiana ha istituito una Commissione di studio per l'elaborazione di un nuovo modello di ospedale per acuti ad alto contenuto tecnologico e assistenziale. La Commissione, presieduta dall'allora ministro Umberto Veronesi e coordinata dall'architetto Renzo Piano, ha individuato dieci principi informatori, che costituiscono le linee guida per la progettazione e la gestione di ospedali "di alta complessità tecnologica e gestionale e di media dimensione"<sup>6</sup>. Eccone una sintesi:

### 1. UMANIZZAZIONE

L'ospedale viene inteso come luogo dell'accoglienza, della speranza, della lotta al dolore, e non come luogo di dolore, sofferenza e morte. Per tale motivo occorre realizzare ambienti rasserenanti, con arredi, finiture, colori e qualità di materiali che accentuino la familiarità del luogo.

### 2. URBANITA'

L'ospedale perde il carattere di luogo "isolato" e acquista una valenza urbana anche come elemento "fecondante" delle periferie cittadine. Occorre dunque dotare gli ospedali urbani di vaste aree d'intorno, che consentano la realizzazione di servizi (tecnologici, logistici, sociali) e la possibilità di ampliamenti. L'ospedale deve essere sempre "accessibile", sia in condizioni ordinarie sia in caso di emergenza o catastrofe.

### 3. SOCIALITA'

L'ospedale diviene un "ospedale aperto", ossia integrato con il contesto sociale e permeabile alle attività culturali, di intrattenimento e di assistenza espresse dalle associazioni dei cittadini e dalle organizzazioni di volontariato. Tutto questo si traduce nella necessità

---

<sup>6</sup> (Cfr. R. Piano, *op. cit.*, p.8.)

di prevedere delle aree di accoglienza e spazi per attività culturali e di intrattenimento.

#### 4. ORGANIZZAZIONE

Il modello tradizionale, per “funzioni” non è adatto a garantire l’interdisciplinarietà e l’ integrazione indispensabili. Il modello dipartimentale, al contrario, appare idoneo a superare l’odierna suddivisione delle competenze e contribuisce a rendere esplicite e condivise le finalità del lavoro di persone che afferiscono a discipline diverse. Favorisce l’uso ottimale di posti letto, personale e risorse strumentali, la concentrazione spaziale di studi medici, sale riunioni, biblioteche e segreterie.

#### 5. INTERATTIVITA’

L’apertura dell’ospedale alle strutture territoriali porterà a una stretta collaborazione tra il medico di famiglia e l’ospedale, prima, durante e dopo il ricovero del malato. Ciò eviterà il disagio, il disorientamento e le duplicazioni di prestazioni del malato, che godrà invece della presenza contemporanea del suo medico e dello specialista durante tutte le fasi della malattia.

#### 6. APPROPRIATEZZA

Il dimensionamento della struttura ospedaliera non si baserà più sul parametro del numero dei posti letto, bensì sul numero delle prestazioni erogabili, e cioè sulla capacità di prestazioni diagnostiche e terapeutiche del sistema, incentivando forme di ricovero alternativo (alta assistenza, bassa assistenza, day hospital, ecc.) ed organizzando anche forme di ospitalità di tipo alberghiero per pazienti che hanno difficoltà logistiche per il rientro a casa.

#### 7. AFFIDABILITA’

L’ospedale deve possedere un’immagine di affidabilità, attraverso la preparazione, l’aggiornamento e l’impegno continuo di tutti gli

operatori, il controllo e la cura delle apparecchiature e il rispetto e l'organizzazione delle visite e dei percorsi.

## 8. INNOVAZIONE

Occorre prevedere sistemi costruttivi che consentono il montaggio, lo smontaggio, lo spostamento e l'aggiunta degli elementi attraverso lavorazioni a secco, non polverose e non rumorose. Occorre prevedere la possibilità di realizzare “spazi-polmone” da utilizzare nelle fasi di ristrutturazione dell'edificio.

## 9. RICERCA

Si dovrà favorire l'attività di ricerca clinica ed epidemiologica, attraverso la realizzazione di appositi spazi e la presenza di sistemi informatici in grado di supportarla.

## 10. FORMAZIONE

Si dovrà prevedere all'interno delle strutture ospedaliere la presenza di aree destinate alla formazione e all'aggiornamento del personale medico, infermieristico, tecnico e gestionale, alle riunioni scientifiche e ai convegni.

Sulla base del Decalogo è stato redatto un meta-progetto che, come dice lo stesso Renzo Piano, “va interpretato come manifesto di intenti e non come un tipo replicabile”<sup>(7)</sup>.

Per realizzare il meta-progetto del modello di ospedale si è definito un ipotetico programma funzionale basato sull'organizzazione dipartimentale, con un totale di 440 letti, articolati in:

- terapia intensiva (21 letti);
- degenza ad alto grado di assistenza (241 letti);
- degenza a basso grado di assistenza (104 letti);
- degenza diurna (day hospital) (74 letti);
- dialisi (12 letti);
- osservazione nella zona pronto soccorso (12 letti).

Il Meta-progetto presenta un impianto plani-volumetrico compatto, ottenuto dall'unione morfologica di un ospedale a poliblocco con uno a galleria. L'impianto presenta una simmetria assiale, con una galleria vetrata al piano terra che distribuisce le funzioni pubbliche del complesso; trasversalmente a questa si sviluppano quattro distinti corpi di fabbrica, che ospitano da un lato le funzioni ricettivo-alberghiere, e quelle terapeutiche-sanitarie dall'altro. Oltre che dalla vetrata, i diversi volumi sono connessi da due collegamenti orizzontali ad ogni piano, che si sviluppano per tutta la lunghezza del fabbricato.

L'impianto presenta cinque livelli, di cui quattro fuori terra.

Nel primo livello sono presenti servizi logistici e di supporto, depositi, magazzini, archivi, cucina, farmacia, servizi diagnostici di Medicina Nucleare, Radioterapia e Radiologia. Sono presenti inoltre "spazi polmoni" per eventuali espansioni future.

Nel secondo livello sono collocati i tre ingressi; da un lato l'ingresso al pronto soccorso, dall'altro l'ingresso principale e al centro l'ingresso del personale. Dall'ingresso principale, attraversando aree a destinazione servizi per il pubblico e aree destinate alla direzione e gestione dell'ospedale, si raggiunge la zona centrale di accettazione, accoglienza e informazione. A seguire, il blocco di servizi diagnostici con il centro prelievi, la dialisi, il servizio di riabilitazione e l'endoscopia.

Il terzo livello ospita il blocco diagnostico, collegato con la sottostante zona di accoglienza attraverso scale mobili, le degenze di alta assistenza e, in direzione della strada, l'albergo e il residence sanitario.

Nel quarto livello troviamo il blocco diagnostico, le degenze di alta assistenza, tra cui il dipartimento materno-infantile e, in direzione della strada, la degenza a bassa assistenza.

Proseguono al quinto livello i corpi delle degenze ed il blocco diagnostico, che è dedicato in massima parte ai laboratori di analisi e di ricerca.





## **2.1 IL SISTEMA SANITARIO NAZIONALE (SSN) ED I LIVELLI ESSENZIALI DI ASSISTENZA (LEA)**

L'articolo 32 della Costituzione Italiana recita “La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell'individuo e interesse della collettività, e garantisce cure gratuite agli indigenti.”<sup>1</sup>

Il R.D. 20 Marzo 1865 n.2248 individuava nel Ministero dell'Interno, e sotto le sue dipendenze nei Prefetti e nei Sindaci, il responsabile della tutela della salute dei cittadini. Solo nel Marzo del 1958 venne istituito il Ministero della Sanità (oggi Ministero della Salute), allo scopo di dare attuazione all'art. 32 della Costituzione Italiana. Il ministero era costituito, oltre che dal Ministro e dai suoi collaboratori, da diverse Direzioni Generali, dal Consiglio Superiore di Sanità ed altri enti, ma si dovrà attendere la legge 23 Dicembre 1978 n.833 per l'istituzione del Servizio Sanitario Nazionale (SSN) che oggi sta alla base dell'organizzazione sanitaria e dell'assistenza in Italia.

Oggi vengono attribuite al Ministero della Salute principalmente le funzioni di:

- tutela della salute umana
- tutela della sanità veterinaria
- tutela della salute nei luoghi di lavoro
- tutela dell'igiene e sicurezza degli alimenti
- coordinamento del Sistema Sanitario Nazionale (SSN)

---

<sup>1</sup> Costituzione Italiana, edizione Einaudi

Il SSN si basa su tre principi fondamentali: l'universalità, l'uguaglianza e l'equità. Questi principi esprimono il volere dello Stato di garantire la salute a tutti i cittadini, considerando quindi la salute non come bene individuale, ma come risorsa della comunità.

*UNIVERSALITA'*: L'assistenza sanitaria viene garantita a tutta la popolazione dello Stato italiano attraverso una organizzazione capillare che copre l'intero territorio nazionale; il Ssn promuove, mantiene e gestisce tale organizzazione formata dalle Aziende sanitarie locali, dalle Aziende ospedaliere e dalle strutture private convenzionate con il Ssn. Tutte queste strutture hanno l'obbligo di garantire gli stessi livelli di assistenza ai cittadini.

*UGUAGLIANZA*: A prescindere dalle condizioni individuali, sociali ed economiche, il Ssn garantisce l'accesso alle prestazioni necessarie al mantenimento della propria salute. Viene però richiesto il pagamento di un contributo, il ticket, a quelle categorie di persone che non risultino esenti<sup>2</sup>.

*EQUITA'*: Oltre ad accedere alle prestazioni necessarie, al cittadino viene garantito lo stesso livello di prestazione sanitaria, la stessa efficienza, qualità, appropriatezza e trasparenza; è quindi necessario, da parte del personale medico, infermieristico ed operatore sanitario, informare in modo corretto il paziente sulla prestazione sanitaria offerta<sup>3</sup> che il cittadino ha il diritto di rifiutare.

Per far sì che questi principi vengano rispettati sono state catalogate tutte le attività, servizi e prestazioni che devono essere garantite gratuitamente o dietro pagamento di un ticket, indipendentemente dal reddito e dal luogo di residenza; queste prestazioni sono individuate all'interno dei LEA (Livelli

---

<sup>2</sup> L'esenzione può essere ottenuta per ragioni differenti, ad esempio i cittadini che non superano una determinata soglia di reddito hanno diritto alle cure gratuite; così come chi soffre di una patologia cronica o rara ha diritto ad alcune prestazioni gratuite ed alla fornitura di alcuni farmaci gratuiti.

<sup>3</sup> La trasparenza viene spesso riconosciuta come "consenso informato", che spesso può essere sottoposto al paziente sotto forma scritta e deve essere dallo stesso, o da un familiare, firmata.

Essenziali di Assistenza)<sup>4</sup>. È possibile suddividere le prestazioni ed i servizi incluse nei Lea in tre macroaree, in base al tipo di assistenza<sup>5</sup>:

- I. Assistenza sanitaria collettiva in ambiente di vita e di lavoro
  - Profilassi delle malattie infettive e parassitarie
  - Tutela della collettività dai rischi infortunistici connessi con gli ambienti di vita
  - Tutela della collettività dai rischi infortunistici connessi con gli ambienti di lavoro
  - Sanità pubblica veterinaria
  - Servizio medico legale
  - Vaccinazioni obbligatorie
  - Tutela igienico sanitaria degli alimenti
  - Sorveglianza e prevenzione nutrizionale
- II. Assistenza distrettuale (comprende tutte le attività che si trovano nel territorio)
  - Assistenza sanitaria di base (medicina di base, pediatria, guardia medica, etc)
  - Assistenza farmaceutica (anche attraverso le farmacie territoriali)
  - Assistenza integrativa (fornitura di alimenti dietetici a categorie particolari)
  - Assistenza specialistica ambulatoriale (visite specialistiche, prestazioni terapeutiche e riabilitative, diagnostica strumentale e di laboratorio)
  - Assistenza protesica (fornitura di protesi)
  - Assistenza territoriale ambulatoriale e domiciliare (assistenza domiciliare, consultori, assistenza a persone con infezione HIV)
  - Assistenza residenziali e semi-residenziale (a persone anziane non autosufficienti, a pazienti affetti da HIV, etc)
  - Assistenza termale

---

<sup>4</sup> Definiti con DPCM 29 Novembre 2001

<sup>5</sup> Fonte: Ministero della Salute. [www.salute.gov.it](http://www.salute.gov.it)

### III. Assistenza ospedaliera

- Pronto soccorso
- Degenza ordinaria
- Day hospital
- Day surgery
- Riabilitazione
- Interventi ospedalieri a domicilio
- Lungodegenza
- Raccolta, distribuzione, controllo e distribuzione degli emocomponenti e servizi trasfusionali
- Attività di prelievo, conservazione, distribuzione dei tessuti
- Attività di trapianto di organi e tessuti

Il diritto all'assistenza non va però frainteso con la possibilità di usufruire del Sistema sanitario nazionale ad insindacabile giudizio del paziente; vi sono infatti alcune prestazioni escluse dai Lea (ad esempio la chirurgia estetica non conseguente ad incidenti, o le medicine non convenzionali, o ancora la circoncisione rituale) e vi è anche un principio di inappropriatezza: la prestazione viene definita inappropriata quando il paziente può ottenere lo stesso beneficio anche se sottoposto ad un trattamento diverso più economico<sup>6</sup>.

Si evince quindi come il sistema dell'assistenza sia complesso e ramificato nel territorio; per ogni prestazione riconosciuta nei Lea, il Sistema sanitario nazionale riconosce uno o più tipi di strutture pubbliche adeguate allo svolgimento della stessa. Inoltre, per rispettare il principio della libera scelta del luogo di cura, il Ssn riconosce alcune strutture private alle quali il cittadino può rivolgersi gratuitamente, o dietro il pagamento di un ticket, esattamente come farebbe in una struttura pubblica. Per garantire il livello di qualità del servizio tali strutture hanno l'obbligo di ricevere l'accreditamento da parte delle Regioni di appartenenza, che stabiliscono se tale struttura è in

---

<sup>6</sup> Ad esempio se un ricovero sanitario può risultare inappropriato quando le stesse cure possono essere garantite in day hospital, ed il day hospital sarebbe inappropriato se le stesse cure potessero essere garantite in ambulatorio

possesso degli standard qualitativi, organizzativi, strutturali e di professionisti alla pari delle strutture pubbliche. In tal caso i costi delle prestazioni convenzionate verranno addebitati al Ssn, ed il cittadino non è tenuto al pagamento di costi aggiuntivi rispetto a quelli che avrebbe se si rivolgesse ad una struttura pubblica.

Il Ssn gode quindi di risorse proprie che utilizza per finanziare tutti gli enti pubblici di assistenza, nonché quelli privati, ove convenzionati, che operano all'interno dei Lea. Tale finanziamento viene costituito da risorse di diversa provenienza:

- Finanziamento statale: lo stato finanzia il fabbisogno sanitario attraverso il Fondo sanitario nazionale, ma anche attraverso la compartecipazione all'imposta sul valore aggiunto (IVA) e attraverso le accise sui carburanti
- Fiscalità delle Regioni: parte dell'IRAP e dell'IRPEF viene stanziata per finanziare le aziende sanitarie regionali
- Entrate proprie delle aziende: ticket e ricavi derivanti dall'attività intramoenia dei proprio dipendenti
- Partecipazione delle Regioni a statuto speciale e le Province autonome di Trento e Bolzano: tali enti partecipano al finanziamento per la quota rimanente non coperta dai finanziamenti sopra elencati (tranne per la regione Sicilia dove la quota è stata fissata al 49.1%)

Tali finanziamenti vengono distribuiti alle regioni secondo un programma proposto dal Ministero della Salute sui quali si raggiunge un accordo in sede di conferenza stato-regioni.

L'assegnazione delle risorse dalle regioni alle singole aziende viene stabilita in base a diversi parametri, alcuni dei quali tengono conto della virtuosità dell'azienda stessa; se ad esempio un'azienda è capace di attirare pazienti di altre aziende o di altre regioni (mobilità attiva) il suo finanziamento sarà maggiore, viceversa avverrà se si dovesse riscontrare un esodo dei proprio pazienti verso altre aziende o regioni (mobilità passiva). Inoltre alle aziende viene riconosciuto il rimborso degli esami, degli interventi e dei ricoveri

effettuati sulla base dei DRG, Diagnosis Related Group: si tratta di un sistema di classificazione degli interventi da svolgere sulla base della diagnosi del paziente; ad ogni DRG viene associato un costo, che è il costo che viene rimborsato all'azienda. L'ideale sarebbe che ogni azienda riuscisse ad effettuare quanto previsto per una determinata diagnosi ai costi previsti nei corrispettivi Drg; in realtà però vi sono aziende più virtuose che riescono ad effettuare quanto previsto ad un costo inferiore di quello previsto nel Drg, ed aziende meno virtuose che sfiorano anche di molto il budget previsto per determinati interventi.

Vi è poi una quota parte di finanziamento vincolata al raggiungimento di determinati obiettivi, quali ad esempio il riuscire a svolgere determinati prestazioni entro dei tempi prestabiliti (72 ore per le prestazioni ambulatoriali urgenti, 10 giorni per quelle indifferibili, 30 giorni per le visite differibili, 60 giorni per gli accertamenti).

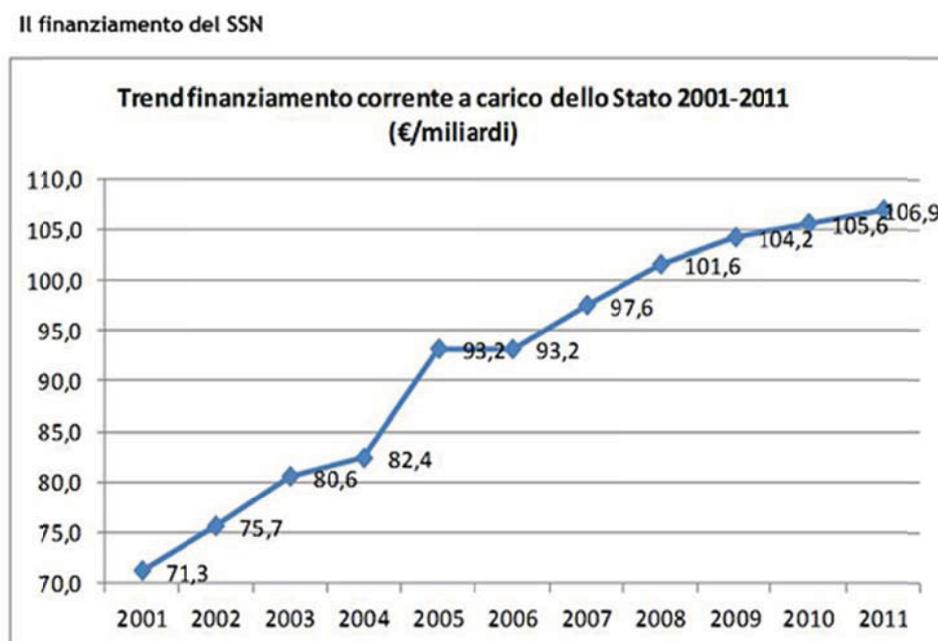


Tabella 1. Il finanziamento del SSN. Fonte: Ministero della Salute

Di seguito si riportano gli importi finali del finanziamento per gli anni 2011-2014, intesi come risultato dello stanziamento iniziale al netto di tutte le manovre intervenute successivamente (compreso il Ddl Stabilità 2013).

Anno	Importo finanziamento (€ mil.)
2011	106.905
2012	107.961
2013	107.008
2014	107.901

*Fonte: Ministero della Salute*

È possibile suddividere il sistema di assistenza italiano in 3 grandi macroaree: assistenza di base, assistenza specialistica ed ambulatoriale, assistenza ospedaliera.

### **2.1.1 L'ASSISTENZA DI BASE**

A tutti i cittadini iscritti al Servizio sanitario nazionale è dato il diritto di ricevere un'assistenza di base, a titolo gratuito, all'interno della provincia in cui risiedono; tale assistenza basilare è fornita in particolare dal medico di base (detto anche medico di famiglia) che il cittadino, compiuti i 14 anni di età, ha facoltà di scegliere fra i medici convenzionati della propria Asl. Il medico di base assiste il cittadino in maniera integrata e continuativa, garantendo visite mediche ambulatoriali e domiciliari, prescrizione di ricette o di visite specialistiche, proposte di ricovero o di cure termali. Conosce il proprio paziente ed il suo percorso sanitario fin dall'adolescenza, per cui risulta di fondamentale importanza per il Ssn in quanto fornisce il primo approccio al cittadino.

Prima dei 14 anni lo stesso tipo di assistenza viene fornito dal pediatra che è altamente specializzato nella cura dei bambini.

Quando il proprio medico non risulta reperibile (ad esempio di notte, o durante i giorni prefestivi e festivi), l'assistenza di base è garantita dal Medico di Guardia Medica (ora chiamata Continuità assistenziale) che ha gli stessi compiti del medico di base, effettuando quindi visite ambulatoriali e domiciliari, prescrivendo ricette o prevedendo ricoveri, ed effettuando eventuali medicazioni.

Anche l'assistenza farmaceutica rientra nella classificazione di assistenza di base.

## **2.1.2 L'ASSISTENZA SPECIALISTICA ED AMBULATORIALE**

L'area dell'assistenza specialistica ambulatoriale comprende tutte le prestazioni finalizzate alla prevenzione, diagnosi, cura e riabilitazione erogate dai medici specialistici che operano negli ambulatori e nei laboratori del Ssn. Laddove il proprio medico di famiglia ne ravveda la necessità, può prescrivere al paziente una visita specialistica; tale visita potrà essere svolta presso lo studio privato di un medico di propria scelta del paziente, oppure da uno specialista afferente ad un ambulatorio distrettuale. Lo specialista, o lo stesso medico di famiglia ove non ravvisi la necessità di ulteriori visite specialistiche, può prescrivere che il paziente effettui specifici esami diagnostici strumentali quali ad esempio i Raggi X, la Risonanza Magnetica, la TAC, l'Ecografia, etc., oppure analisi di laboratorio quali il prelievo di sangue, di urine, etc., per accertarsi delle reali condizioni del paziente.

Tali esami possono essere svolti presso gli ambulatori e centri prelievo del Sistema sanitario nazionale, o presso strutture sanitarie private convenzionate con il Ssn. Spesso è possibile eseguire tali esami presso le strutture ospedaliere, in quanto gli ambulatori possono essere collocati all'interno degli ospedali e possono utilizzare le stesse apparecchiature diagnostiche dei ricoverati presso l'ospedale. Vi sono anche ambulatori dislocati nel territorio che però spesso non hanno la stessa dotazione di apparecchiature degli ospedali, e sono quindi maggiormente indicati per le indagini più comuni (Rx, Tac, Ecografia, etc.) o per prestazioni terapeutiche. Presso gli ambulatori è infatti possibile ricevere cure specialistiche o subire piccoli interventi chirurgici.

Vi sono anche ambulatori attrezzati per effettuare cure riabilitative con palestre e personale altamente specializzato, piscine e vasche terapeutiche, anche se sempre più spesso queste prestazioni vengono svolte da enti privati convenzionati.

Le prestazioni ambulatoriali vengono svolte in base al carattere d'urgenza che deve essere indicato dal medico di base o dallo specialista sulla base

della propria valutazione: se si ritiene che la prestazione debba essere effettuata urgentemente (lettera U della prescrizione) questa dovrà essere eseguita entro 24 ore dal momento della prescrizione; se si ritiene che debba essere effettuata in tempi brevi (lettera B) potrà essere svolta entro 10 giorni, mentre potranno trascorrere 30 giorni lavorativi se si ritiene che la prestazione possa essere differita (lettera D). Nel caso in cui la prestazione non abbia particolare urgente, potrà essere programmata nel tempo (lettera P).

### **2.1.3 L'ASSISTENZA OSPEDALIERA**

Si tratta del più alto grado di assistenza che il Ssn mette a disposizione dei propri pazienti; l'assistenza ospedaliera garantisce i seguenti servizi:

- Pronto soccorso
- Degenza ordinaria
- Day hospital
- Day surgery
- Interventi ospedalieri a domicilio (solo in alcune regioni in base ai propri modelli organizzativi)
- Riabilitazione
- Lungodegenza
- Prelievi, raccolta, lavorazione e distribuzione degli emocomponenti
- Servizi trasfusionali
- Attività di prelievo, conservazione e distribuzione dei tessuti
- Attività di trapianto di organi

In base ai modelli organizzativi regionali è possibile avere diversi tipi di strutture ospedaliere, che differiscono per l'organizzazione funzionale amministrativa interna, e le attività svolte; possiamo individuare:

- Aziende Ospedaliere (AO)
- Presidi Ospedalieri (PO)
- Aziende ospedaliero-universitarie (AOU)
- Policlinici Universitari a gestione diretta
- Istituti di ricovero e cura a carattere scientifico (Irccs)
- Case di cura
- Strutture private accreditate con il Ssn

La rete ospedaliera viene organizzata dalle Regioni sulla base delle direttive nazionali che impongono un determinato numero di posti letto (p.l.) ogni 1000 abitanti: nel Gennaio 2012 questo indice si attestava a 3,82 p.l./1000 ab. per un totale di 231.707 p.l., di cui 195.922 per acuti (3,23 p.l./1000 ab.) e 35.785 per post-acuti (0,59 p.l./1000 ab.).

ANNO	N. POSTI LETTO	P.L./ABITANTE
1936	145.931 <sup>7</sup>	3,6
1955	380.000 <sup>8</sup>	7,7
1975	588.000 <sup>8</sup>	10,5
1985		6,5 <sup>9</sup>
2005		4,5 <sup>8</sup>

La tendenza degli ultimi anni è però quella di tagliare il numero complessivo di posti letto, riservando l'assistenza ospedaliera ai pazienti acuti, demandando quindi ad altre strutture i pazienti meno gravi. La legge 135/2012, nota come "spending review", ha previsto un ulteriore taglio dei posti letto che dovranno essere ridotti a 3,70 ogni 1000 abitanti, di cui 0,7 riservati alla riabilitazione e lungodegenza. Ad oggi le regioni si stanno ancora adeguando.

L'accesso all'assistenza ospedaliera deve essere effettuata tramite il ricovero, che può avvenire o di urgenza o in maniera programmata.

Il ricovero d'urgenza può avvenire tramite prescrizione del Medico di base o pediatra, e dalla Guardia Medica, ove ne ravvedano la necessità; ma è possibile effettuare l'accesso anche senza alcuna prescrizione, direttamente dal Pronto Soccorso, o tramite intervento del 118 che provvede al trasporto del paziente con il mezzo di soccorso più idoneo (ambulanza, elicottero, etc.). In questi casi il ricovero è disposto dal medico di Pronto Soccorso.

Il ricovero programmato viene invece proposto dal Medico di base o pediatra, o anche da uno specialista del Ssn, per tutte quelle patologie che non rivestono carattere di urgenza e che possono quindi essere programmate. Previa presentazione della richiesta, la programmazione viene effettuata dal medico del reparto di pertinenza, che visita il paziente, e, se concorda con quanto indicato dal medico di base, ne programma l'accesso al

---

<sup>7</sup> B. Franco Moretti: Ospedali, Editore Hoepli, Milano, 1951

<sup>8</sup> Elio Guzzanti: l'ospedale del futuro: origini, evoluzioni, prospettive; in "recenti progressi in medicina" pagg. 594-603

<sup>9</sup> Previsione della Legge 595/1985

ricovero secondo una lista d'attesa determinata dalla gravità clinica del paziente e dall'ordine cronologico di prenotazione.

In entrambi i casi di ricovero l'assistito può essere ricoverato:

- In “degenza ordinaria”, che prevede la permanenza del paziente per più giorni, durante i quali il paziente sarà sottoposto, previo consenso informato, alle indagini e terapie che i medici del reparto riterranno più opportune.
- In “day hospital”, che prevede uno o più accessi alla struttura ospedaliera della durata inferiore ad un giorno, presso il reparto di day hospital (che spesso si trova all'interno dei reparti stessi). Il paziente sarà sottoposto ad una serie di indagini plurispecialistiche, ove necessario anche attraverso l'utilizzo di apparecchiature elettromedicali della struttura ospedaliera dove il paziente è ricoverato, ed, ove necessario, sarà sottoposto a cure o cicli di cure della durata inferiore ad una giornata.
- In “day surgery” o “one day surgery”, che prevede il ricovero del paziente per mezza giornata nel primo caso ed una giornata intera nel secondo. Con questo tipo di ricovero è possibile effettuare tutti quegli interventi chirurgici per i quali non è necessario il ricovero in degenza ordinaria. A seconda dell'esito dell'intervento, e a discrezione del medico, il ricovero può essere prolungato per consentire il monitoraggio del paziente.

## 2.2 LA GESTIONE DELL'EMERGENZA ORDINARIA

Tra i compiti attribuiti al Sistema sanitario nazionale, vi è anche quello di offrire assistenza in caso di emergenza (incidente o malore improvviso) consistente nel trasporto del paziente, in condizioni di sicurezza, presso la struttura sanitaria più vicina o, in alternativa, presso la struttura più adeguata al trattamento del tipo di trauma/malore.

Il Dpr 27 Marzo 1992, *“Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza”*, stabilisce il complesso di servizi e prestazioni atti a garantire un adeguato livello assistenziale di emergenza con carattere di uniformità su tutto il territorio nazionale. All'articolo 2 stabilisce che *“Le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano organizzano le attività di urgenza e di emergenza sanitaria articolate su:*

- a) Il sistema di allarme sanitario
- b) Il sistema di accettazione e di emergenza sanitaria”

## 2.2.1 IL SISTEMA DI ALLARME SANITARIO

L'articolo 2 comma a) istituisce quindi la nascita del numero di emergenza unico 118, che sostituisce tutti numeri locali precedentemente utilizzati per le richieste di soccorso. Le centrali operative del 118 sono di norma organizzate su base provinciale, i loro operatori sono però tenuti a rispettare degli standard telefonici ed assistenziali in modo tale da avere uniformità di servizio su tutto il territorio nazionale. La centrale operativa è disponibile 24 ore su 24 tutti i giorni dell'anno, e si avvale di personale infermieristico adeguatamente addestrato alla gestione dell'emergenza, che può comunque consultarsi con personale medico di comprovata esperienza nel settore dell'emergenza urgenza che viene nominato a rotazione ed ha l'obbligo di rendersi disponibile, anche telefonicamente, per consultazioni da parte del personale del 118. La responsabilità medico-organizzativa della centrale operativa è affidata, a rotazione, a personale medico con comprovata esperienza nel settore dell'emergenza, preferibilmente anestesista; la responsabilità operativa è invece affidata al personale infermieristico della centrale stessa.

Il sistema operativo del 118 è universalmente codificato, ed all'interno del DM 15 Maggio 1992<sup>10</sup> sono identificate 4 fasi di intervento:

- 1) *“Chiamata dell'utente alla centrale operativa 118*
- 2) *Risposta dell'operatore alla richiesta pervenuta con particolare riguardo alla tipologia del mezzo di soccorso attivato*
- 3) *Intervento degli operatori del mezzo di soccorso*
- 4) *Esito dell'intervento [..]”*

Il tecnico che risponde alla chiamata deve essere in grado *“di gestire il coordinamento delle risorse, l'interfaccia con l'utenza, le comunicazioni telefoniche, la geografia stradale, la sicurezza, i protocolli operativi sanitari ed organizzativi, gli interventi complessi con la partecipazione*

---

<sup>10</sup> DM 15 Maggio 1992: *“Serie Generale Criteri e requisiti per la classificazione degli interventi di emergenza”*

di unità dell'emergenza non sanitaria"<sup>11</sup>; fra i suoi compiti c'è quindi quello di localizzare l'evento e codificarlo secondo una serie di lettere:

- "S": strada. Si definiscono accaduti in strada tutti gli eventi localizzabili sulla viabilità pubblica o privata o che comunque hanno avuto origine da essa;
- "P": uffici ed esercizi pubblici. Si definiscono accaduti in uffici ed esercizi pubblici tutti gli eventi localizzabili in porzioni di edifici adibiti in prevalenza a uffici o attività commerciali (ad es. negozi, uffici postali, alberghi, pensioni);
- "Y": impianti sportivi. Si definiscono accaduti in impianti sportivi tutti gli eventi localizzabili in strutture prevalentemente adibite ad attività sportive, (ad es. palestre);
- "K": casa. Si definiscono accaduti in casa tutti gli eventi localizzabili in edifici prevalentemente adibiti ad abitazioni;
- "L": impianti lavorativi. Si definiscono accaduti in impianti lavorativi tutti gli eventi localizzabili in sedi dove si effettuano in modo esclusivo e organizzato lavori opere (ad es. fabbriche, laboratori, cantieri);
- "Q": scuole. Si definiscono accaduti in scuole tutti gli eventi localizzabili in sedi dove si effettuano prevalentemente attività prescolastiche o scolastiche organizzate per l'insegnamento di una o più discipline, (ad es. asili nido, scuole elementari, università);
- "Z": altri luoghi. Si definiscono accaduti in altri luoghi tutti gli eventi localizzabili in ambienti diversi da quelli precedentemente definitivi. ”<sup>12</sup>

Deve inoltre identificare la chiamata (data ed ora, dati dell'utente, se necessario anche il numero di telefono dell'utente per verificare la veridicità della chiamata e chiedere eventualmente ulteriori informazioni) e l'ubicazione esatta dell'evento, identificare il numero di persone coinvolte nell'evento, e codificare la patologia prevalente:

---

<sup>11</sup> COMUNICATO N. 87 PdCM relativo al DpR 27 Marzo 1992, articolo unico, comma A.4

<sup>12</sup> DM 15 Maggio 1992 "Serie Generale Criteri e requisiti per la classificazione degli interventi di emergenza", Allegato 1, comma 1.2

- "C1": *patologia di origine Traumatica;*
- "C2": *patologia di origine Cardiocircolatoria;*
- "C3": *patologia di origine Respiratoria;*
- "C4": *patologia di origine Neurologica;*
- "C5": *patologia di origine Psichiatrica;*
- "C6": *patologia di origine Neoplastica;*
- "C7": *Intossicazione;*
- "C8": *Altra patologia;*
- "C9": *Patologia non identificata;*
- "C0": *Etilista.*<sup>13</sup>

Sulla base delle informazioni fornite deve inoltre essere in grado di attribuire un codice di urgenza all'evento, secondo la codifica seguente:

- "B": *bianco, non critico. Si definisce non critico un servizio che con ragionevole certezza non ha necessità di essere espletato in tempi brevi;*
- "V": *verde, poco critico. Si definisce poco critico un intervento differibile;*
- "G": *giallo, mediamente critico. Si definisce mediamente critico un intervento indifferibile;*
- "R": *rosso, molto critico. Si definisce molto critico un intervento di emergenza;*<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> DM 15 Maggio 1992 "Serie Generale Criteri e requisiti per la classificazione degli interventi di emergenza", Allegato 1, comma 1.4

<sup>14</sup> DM 15 Maggio 1992 "Serie Generale Criteri e requisiti per la classificazione degli interventi di emergenza", Allegato 1, comma 2.1

L'operatore ha quindi la facoltà di scegliere se inviare un mezzo di soccorso ed eventualmente quale mezzo inviare fra ambulanza, automedica, eliambulanza<sup>15</sup> e compilare infine il modulo di esito dell'intervento indicando se l'intervento è avvenuto o meno, ed eventualmente se è stato seguito da ricovero o meno.

---

<sup>15</sup> L'ambulanza è un mezzo di soccorso base (MSB) che prevede la presenza al suo interno di almeno 2 operatori, molto più spesso 3, con il ruolo di autista, capo-equipaggio e soccorritore. Se l'ambulanza è dotata anche di un infermiere si tratta di un mezzo di soccorso intermedio (MSI), se invece è presente anche un medico, spesso anestesista, si tratta di un mezzo di soccorso avanzato (MSA).

Un altro MSA è l'automedica, automobile non adibita al trasporto dei pazienti, ma utile al trasporto del medico ed infermiere sul luogo dell'incidente per fare da supporto al MSB. Se il luogo dell'incidente risulta poco accessibile, o vi è urgenza di trasportare il paziente in pronto soccorso, si può ricorrere all'eliambulanza che trasporta al suo interno, oltre al pilota ed il tecnico di volo, un infermiere, un medico ed un tecnico del verricello.

## **2.2.2 IL SISTEMA DI ACCETTAZIONE E DI EMERGENZA SANITARIA**

Nel caso in cui sia necessario il ricovero l'operatore è tenuto a stabilire presso quale struttura inviare il paziente. Il Ssn garantisce per l'assistenza in emergenza l'utilizzo delle strutture di Pronto Soccorso e dei Dipartimenti di Emergenza ed Accettazione (DEA). La scelta viene effettuata in base alla distanza dal luogo dell'evento alla struttura di Pronto Soccorso più vicina, tenendo conto della compatibilità del caso con le caratteristiche della struttura, quindi se queste vengono reputate insufficienti, si opterà per una struttura più distante ma in grado di trattare il paziente nel modo più adeguato.

L'ospedale sede di pronto soccorso deve garantire almeno il primo accertamento diagnostico, clinico, strumentale e di laboratorio ed effettuare quegli interventi terapeutici di urgenza compatibili alle specialità di cui è dotato; deve inoltre stabilizzare il paziente ed eventualmente garantirne il trasporto sicuro presso un'altra struttura. L'accesso al pronto soccorso è garantito 24 ore su 24 e 365 giorni l'anno, e vi si può accedere sia attraverso chiamata al 118 sia con mezzo proprio.

L'ospedale sede di DEA (Dipartimento di Emergenza e Accettazione) garantisce invece una serie di prestazioni aggiuntive rispetto il pronto soccorso. Rappresenta infatti una aggregazione di Unità Operative che, pur mantenendo la propria autonomia funzionale, riconoscono una interdipendenza atta ad assicurare una risposta rapida e completa.

Il DEA può essere di primo livello o di secondo livello in base alle prestazioni che può garantire:

DEA di I livello:

Deve garantire i servizi di osservazione e breve degenza, di rianimazione e deve assicurare interventi diagnostico-terapeutici di medicina generale, chirurgia generale, ortopedia e traumatologia, cardiologia con UTIC (Unità di Terapia Intensiva Cardiologia). Sono

inoltre assicurate le prestazioni di laboratorio di analisi chimico-cliniche e microbiologiche, di diagnostica per immagini, e trasfusionali.

DEA di II livello:

Assicura, oltre alle prestazioni fornite dal DEA I livello, le funzioni di più alta qualificazione legate all'emergenza, tra cui la cardiocirurgia, la neurochirurgia, la terapia intensiva neonatale, la chirurgia vascolare, la chirurgia toracica, secondo le indicazioni stabilite dalla programmazione regionale. Altre componenti di particolare qualificazione, quali le unità per grandi ustionati, le unità spinali ove rientranti nella programmazione regionale, sono collocati nei DEA di II livello, garantendone in tal modo una equilibrata distribuzione sul territorio nazionale ed una stretta interrelazione con le centrali operative delle regioni.

In Italia sono presenti 742 Ospedali pubblici, suddivisi come segue:

- 427 Ospedali sede di Pronto Soccorso
- 196 Ospedali sede di D.E.A. di I livello
- 119 Ospedali sede di D.E.A. II livello

All'ingresso il paziente viene sottoposto al Triage, ossia alla prima valutazione delle condizioni cliniche e l'assegnazione di un codice urgenza (con uguale codifica di quello dato dal personale del 118). Se il caso non viene ritenuto urgente il paziente può aspettare in sala d'attesa il proprio turno, viceversa, se viene ritenuto critico, verrà accompagnato direttamente ad effettuare la visita e gli accertamenti ritenuti necessari.





### 3.1 EMERGENZE E MACROEMERGENZE

Un'emergenza è una situazione imprevista di potenziale pericolo che si genera quando le persone, i beni, le strutture, l'ambiente sono esposti agli effetti dannosi generati da un evento avverso ed a causa di questi hanno subito dei danni per far fronte ai quali sono necessari interventi che escono dall'ordinarietà.

In una situazione di emergenza gli obiettivi sono innanzitutto la salvaguardia dell'incolumità e della vita delle persone ed in secondo luogo la salvaguardia dei beni<sup>1</sup>.

Ci possono essere emergenze di diverso tipo quali conseguenza di vari eventi avversi e dei loro effetti dannosi. Ogni tipo di emergenza va riconosciuta ed affrontata in modo appropriato gestendo lo squilibrio tra la necessità e le risorse disponibili per salvaguardare il più alto numero di vittime possibile.

Le emergenze possono essere suddivise, secondo il grado di gravità, in:

- *evento di tipo "A"*: emergenza locale che potrà essere risolta dal Comune interessato, con le strutture messe a disposizione del Sindaco
- *evento di tipo "B"*: emergenza che per natura ed estensione richiede risorse su scala provinciale o regionale. Il Sindaco, dunque, segnala l'evento alla Prefettura, alla Provincia ed alla Regione

---

<sup>1</sup> Università degli Studi di Udine, EMERGENZA: CHE FARE?, Foglio Informativo del Servizio di Prevenzione e Protezione, Settembre 2004.

- *evento* più complesso, di tipo “C”: emergenza di rilievo che per estensione e/o gravità deve essere fronteggiato con mezzi e poteri straordinari. Il Prefetto richiede l'intervento del Dipartimento di Protezione Civile.<sup>(17)</sup>

Oltre le emergenze di tipo “A”, “B” e “C”, vi sono anche le macroemergenze, o catastrofi, che sono eventi dannosi che colpiscono le comunità umane sovvertendo il normale ordine delle cose e causando un elevato numero di vittime (non solo morti e feriti, ma anche coloro che sono stati danneggiati negli affetti e nelle proprie risorse economiche) e un improvviso squilibrio tra le richieste delle popolazioni coinvolte e gli aiuti immediatamente disponibili.<sup>(2)</sup>

Le macroemergenze si distinguono in due tipologie:

- “Evento catastrofico ad effetto limitato;
- Evento catastrofico che travalica le potenzialità di risposta delle strutture locali”<sup>2</sup>

La macroemergenza viene definita ad effetto limitato quando si tratta di un “evento che coinvolge un numero elevato di vittime ma non le infrastrutture di un determinato territorio, producendo una temporanea, ancorché improvvisa e grave, sproporzione tra richieste di soccorso e risorse disponibili”<sup>2</sup> (ad es. crollo di edificio, incidente stradale, incidente ferroviario od aereo, etc) (Figura 3.1).

Nella macroemergenza o catastrofe vera e propria si assiste invece alla compromissione delle infrastrutture principali<sup>3</sup> e/o delle vie di comunicazione. L’evento “coinvolge un numero elevato di vittime e le infrastrutture di un determinato territorio, producendo una improvvisa e

---

<sup>2</sup> Presidente del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Servizio Emergenza sanitaria, COMUNICATO RELATIVO AL DECRETO DEL MINISTRO DELL’INTERNO DELEGATO PER IL COORDINAMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE 13 FEBBRAIO 2001, CONCERNENTE: ADOZIONE DEI “CRITERI MASSIMA PER L’ORGANIZZAZIONE DEI SOCCORSI SANITARI NELLE CATASTROFI” n. 116, Pubblicato nella Gazz. Uff. 6 aprile 2001, n.81.

<sup>3</sup> Ad esempio delle strutture sanitarie, delle strutture istituzionali, dei corpi delle forze armate, etc.

grave sproporzione tra le richieste di soccorso e le risorse disponibili, destinata a perdurare nel tempo (oltre 12 ore)<sup>2</sup> (ad es. terremoti, alluvioni, etc) (Figura 3.2 e Figura 3.3).



Figura 3.1 – Macroemergenza ad effetto limitato – Incidente ferroviario a Santiago di Compostela (2013).



Figura 3.2 – Macroemergenza vera e propria – Sisma dell’Abruzzo (2009).

La prima risposta all’emergenza, qualunque sia la natura e l’estensione dell’evento, deve essere garantita a livello locale, a partire dalle strutture

comunali (l'istituzione più vicina al cittadino). Il primo responsabile della protezione civile in ogni Comune è infatti il Sindaco. Quando però l'evento non può essere fronteggiato con i mezzi a disposizione del Comune, si mobilitano i livelli superiori attraverso un'azione integrata e coordinata: la Provincia, la Prefettura, la Regione, fino al coinvolgimento dello Stato in caso di emergenza nazionale.

Questo complesso sistema di competenze trova il suo punto di raccordo nelle funzioni di indirizzo e coordinamento affidate al Presidente del Consiglio dei Ministri, che si avvale del Dipartimento della Protezione Civile.



Figura 3.3 – Macroemergenza vera e propria – Alluvione della Liguria (2011),  
(sopra). Sisma dell'Emilia Romagna (2012), (sotto).

### 3.2 PRINCIPALI NORMATIVE ITALIANE

Prima della costituzione del servizio statale di protezione civile, la legislazione non prevedeva nessun servizio di soccorso pubblico, ma era l'esercito che forniva il primo intervento nelle aree interessate da eventi catastrofici.

Una delle prime norme che diede indicazioni sulla risposta all'emergenza fu il regio decreto legge 2 settembre 1919 n. 1915; in esso veniva individuata nel Ministero dell'Interno l'autorità responsabile della direzione e del coordinamento dei soccorsi delle vittime provocate dai soli terremoti; da esso dipendevano tutte le autorità civili, militari e locali<sup>4</sup>.

Con la legge 17 aprile 1925 n. 473 il soccorso alle popolazioni colpite da tutte le tipologie di eventi calamitosi venne delegato al Ministero dei Lavori Pubblici, agente a livello periferico tramite il Genio Civile, con il concorso delle strutture sanitarie<sup>5</sup>.

La prima vera svolta si ebbe nel 1970, quando venne promulgata la legge 8 dicembre 1970 n. 996 (*"Norme sul soccorso e l'assistenza alle popolazioni colpite da calamità"*). Con tale legge iniziarono a comparire le prime disposizioni di carattere generale che prevedono un'articolata organizzazione di protezione civile. La direzione ed il coordinamento di tutte le attività vennero affidate al Ministero dell'Interno e non più al Ministero dei Lavori Pubblici. Fu prevista la nomina di un commissario per le emergenze, che sul luogo del disastro dirige e coordina i soccorsi. Vennero creati i Centri Assistenziali di Pronto Intervento (C.A.P.I.) per assistere la popolazione dalla prima emergenza al ritorno alla normalità. Per un miglior coordinamento dell'attività dei vari ministeri venne istituito il Comitato Interministeriale della Protezione Civile. Per la prima volta venne riconosciuta l'attività del volontariato di protezione civile. E' il Ministero

---

<sup>4</sup> D.L. N. 1915 DEL 2 SETTEMBRE 1919 - ORDINAMENTO DEI SERVIZI DI PRONTO SOCCORSO IN OCCASIONE DI TERREMOTI, Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 ottobre 1919, n. 255

<sup>5</sup> LEGGE 17 APRILE 1925, N.473, Pubblicato nella Gazz. Uff. 05 maggio 1925, n.104

dell'Interno, insieme ai Vigili del Fuoco, ad istruire, addestrare ed equipaggiare i cittadini che volontariamente offrono il loro aiuto<sup>6</sup>.

A seguito dei terremoti che devastarono il Friuli-Venezia Giulia nel 1976, e vaste zone della Campania e della Basilicata nel 1980, ed a seguito della tragedia di Vermicino in cui perse la vita Alfredo Rampi (un bambino di soli sei anni) caduto in un pozzo artesiano, l'allora Presidente della Repubblica, Sandro Pertini, decise di istituire il Ministero della Protezione Civile<sup>7</sup>.

Con il decreto legge 27 febbraio 1982 n. 57 (convertito in legge 29 aprile 1982 n. 187) venne istituito il nuovo Ministero per il Coordinamento della Protezione Civile per regolamentare l'attività commissariale nelle zone della Campania e della Basilicata. Il Ministero per il Coordinamento della Protezione Civile nella sua attività si avvarrà poi dell'aiuto del Dipartimento della Protezione Civile, istituito con DPCM del 22 giugno 1982<sup>8</sup>.

Nei primi anni '90 l'allora Presidente della Repubblica Francesco Cossiga sostenne la necessità di prevedere una disciplina di gestione delle emergenze ed un fondamento legislativo alla struttura amministrativa creata. Dopo diversi passaggi parlamentari, con la legge n. 225 del 24 febbraio 1992, nasce il Servizio Nazionale della Protezione Civile con la cui istituzione la struttura di protezione civile del paese subisce una profonda riorganizzazione, divenendo un sistema coordinato di competenze tra le amministrazioni dello Stato, le Regioni, le Province, i Comuni, gli enti locali, gli enti pubblici ed ogni altra istituzione anche privata. La legge 225/1992 sancì la competenza della Presidenza del Consiglio dei Ministri in merito al coordinamento e la promozione delle attività di protezione civile, stabilendo inoltre la possibilità di avvalersi, per tali finalità, del

---

<sup>6</sup> LEGGE 8 DICEMBRE 1970 N. 996 - NORME SUL SOCCORSO E L'ASSISTENZA ALLE POPOLAZIONI COLPITE DA CALAMITÀ, Pubblicato nella Gazz. Uff. 16 dicembre 1970, n.317

<sup>7</sup> Tg1 online "LA MAMMA DI ALFREDINO RAMPI: "MOLTI ERRORI NEI SOCCORSI - IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA PERTINI ERA D'ACCORDO E DOPO DUE MESI ISTITUÌ LA PROTEZIONE CIVILE", Giugno 2011, tratto dal sito <http://www.tg1.rai.it>

<sup>8</sup> D.L. 27 FEBBRAIO 1982 N. 57 - DISCIPLINA PER LA GESTIONE STRALCIO DELL'ATTIVITA' DEL COMMISSARIO PER LE ZONE TERREMOTATE DELLA CAMPANIA E DELLA BASILICATA, Pubblicato nella Gazz. Uff. 02 marzo 1982, n.59

Dipartimento della Protezione Civile, istituito presso la presidenza medesima, sottraendo in questo modo la competenza in materia al Ministero dell'Interno<sup>9</sup>.

Con il decreto legge 15 maggio 2012 n. 59 (convertito in legge 23 luglio 2012 n. 118), il potere di dichiarare lo stato d'emergenza venne sottratto al Dipartimento della Protezione Civile e riattribuito al Ministro dell'Interno ed al Segretario alla Presidenza del Consiglio dei Ministri. Rispetto alla precedente legge 225/1992, venne introdotto l'obbligo di accordo con la Regione per la proclamazione dello stato d'emergenza<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> LEGGE 24 FEBBRAIO 1992 N. 225 – ISTITUZIONE DEL SERVIZIO NAZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE, Pubblicato nella Gazz. Uff. 17 marzo 1992, n.64

<sup>10</sup> D. L. 15 MAGGIO 2012 N. 59 – DISPOSIZIONI URGENTI PER IL RIORDINO DELLA PROTEZIONE CIVILE, Pubblicato nella Gazz. Uff. 16 maggio 2012, n.113

### 3.3 STRUTTURA NAZIONALE DI RISPOSTA ALL'EMERGENZA

Mentre nella maggioranza dei Paesi Europei la protezione civile è assegnata ad una sola istituzione o a poche strutture pubbliche, in Italia in questa funzione è coinvolta tutta l'organizzazione dello Stato (centrale e periferica), l'intero sistema degli enti locali ed anche la società civile attraverso le organizzazioni di volontariato. Questo permette di garantire un livello di coordinamento centrale unito ad una forte flessibilità operativa sul territorio, e permette un coinvolgimento esplicito degli enti locali che già gestiscono il territorio anche in tempi di normalità. La forte enfasi sul volontariato permette, inoltre, di ridirigere nel comparto della protezione civile, in caso di necessità, molte risorse professionali e umane della società civile.

L'organismo che coordina la protezione civile in Italia è il *Dipartimento della Protezione Civile*, alle dirette dipendenze della Presidenza del Consiglio dei Ministri, facilitando così il coordinamento delle risorse dello Stato e di tutti gli altri Ministeri in caso di emergenza.

Le strutture operative di cui si avvale il Dipartimento della Protezione Civile sono<sup>9</sup>:

- il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (V.V.F.);
- l'Aeronautica militare;
- la Marina militare;
- i reparti volontari (PC);
- la Croce Rossa Italiana (CRI);
- le Forze Armate Italiane (FFAA);
- i Carabinieri;
- la Polizia di Stato;
- la Guardia di Finanza;
- il Corpo Forestale dello Stato;
- la Capitaneria di Porto;
- il Corpo Nazionale Soccorso Alpino;
- il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR);

- i Servizi Tecnici Nazionali;
- i Gruppi Nazionali di Ricerca Scientifica (Università), l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e altre istituzioni di ricerca;
- le Strutture del Servizio Sanitario Nazionale (SSN).

A livello locale, ogni Comune italiano può dotarsi di una struttura operativa di protezione civile ed è il sindaco che assume la direzione ed il coordinamento degli interventi a soccorso ed assistenza della popolazione<sup>9</sup>.

La Protezione Civile non si limita ad intervenire solo in caso di disastri e calamità per portare soccorso, ma buona parte delle sue attività è destinata alle attività di previsione e prevenzione. La legge 225/1992 prevede infatti, espressamente, che le competenze della Protezione Civile si articolino in maniera complessa: non solo nella semplice gestione del dopo emergenza, ma in una serie integrata di attività che coprono tutte le fasi del "prima e del dopo", secondo le quattro attività di protezione, ovvero: *Previsione - Prevenzione - Soccorso - Superamento dell'emergenza*.

- *Previsione*: “attività dirette allo studio ed alla determinazione delle cause dei fenomeni calamitosi, alla identificazione dei rischi ed alla individuazione delle zone del territorio soggette ai rischi stessi”;
- *Prevenzione*: “attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi di cui all'articolo 2 anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto delle attività di previsione”;
- *Soccorso*: “attuazione degli interventi diretti ad assicurare alle popolazioni colpite dagli eventi di cui all'articolo 2 ogni forma di prima assistenza”;
- *Superamento dell'emergenza*: “attuazione, coordinata con gli organi istituzionali competenti, delle iniziative necessarie ed indilazionabili volte a rimuovere gli ostacoli alla ripresa delle normali condizioni di vita”<sup>9</sup>.

Quando un ente locale non è in grado di far fronte ai problemi che si sono presentati a causa di un evento catastrofico, ed ha bisogno delle risorse dell'ordinamento territoriale superiore, chiede al Governo la dichiarazione dello Stato di Emergenza o di Grande Evento. Ottenuto lo Stato di Emergenza, il Commissario Straordinario (nominato dal Governo) che gestisce i fondi per l'emergenza, agisce in deroga alle normative comunitarie ed alla legge italiana in materia d'appalto, ed emette, ove necessario, ordinanze straordinarie sempre nel rispetto dei principi generali dell'ordinamento giuridico. Il Commissario può affidare i lavori necessari ad affrontare l'emergenza a ditte scelte a sua discrezione. Secondo la legge 225/1992, infatti, in caso di Stato di Emergenza vengono sospese tutte le procedure di aggiudicazione delle opere pubbliche mediante gara d'appalto, che richiedono tempi di attesa troppo lunghe. Questa facoltà si può però esercitare solo nel caso delle *Emergenze di tipo C*, le più gravi<sup>9</sup>. La dichiarazione dello Stato di Emergenza comporta solitamente anche lo stanziamento di fondi speciali da parte del Governo, che vengono gestiti in gran parte dalla Protezione Civile.

Il coordinamento tra le diverse strutture operative ai vari livelli territoriali e funzionali avviene attraverso il cosiddetto metodo Augustus, che permette ai rappresentanti di ogni struttura operativa (sanitaria, di volontariato, etc.) di interagire direttamente tra loro, avviando così in tempo reale processi decisionali collaborativi.

Il metodo si chiama così in memoria dell'Imperatore Augusto che è stato il primo ad aver costituito "tavoli consultivi" tra i suoi collaboratori e che più di 2000 anni fa già sosteneva che: «Il valore della pianificazione diminuisce con l'aumentare della complessità degli eventi»<sup>11</sup>. E' proprio con questo spirito che nasce il metodo Augustus, sulla semplicità e flessibilità.

In fase di progettazione preventiva di protezione civile il metodo promuove la raccolta di notizie (tempo di ricorrenza di un evento, conformazione geologica, tessuto produttivo, tessuto urbano ecc.), procede con esami di

---

<sup>11</sup> D.F.Bignam, PROTEZIONE CIVILE E RIDUZIONE DEL RISCHIO DISASTRI, Politecnica, Maggio 2010, p. 212

base (analisi di pericolosità, di vulnerabilità ecc.) ed infine redige una prima diagnosi (ovvero cosa ci si aspetta e cosa potrebbe accadere) sulla base della quale predispone dei presidi (reti di monitoraggio, pulizie degli alvei dei fiumi, adeguamento sismico delle strutture ecc.).

In emergenza conclamata, invece, la procedura è di area critica. Si dispongono cioè dei presidi di fronteggiamento, si applicano protocolli definiti e condivisi (come i Piani Nazionali d'Emergenza o di Soccorso, quando esistenti). In assenza o nella impossibilità di attivare tali protocolli, si adottano misure minime di fronteggiamento.

I centri operativi di emergenza possono essere di vario livello, a seconda del tipo di estensione geografica dell'emergenza.

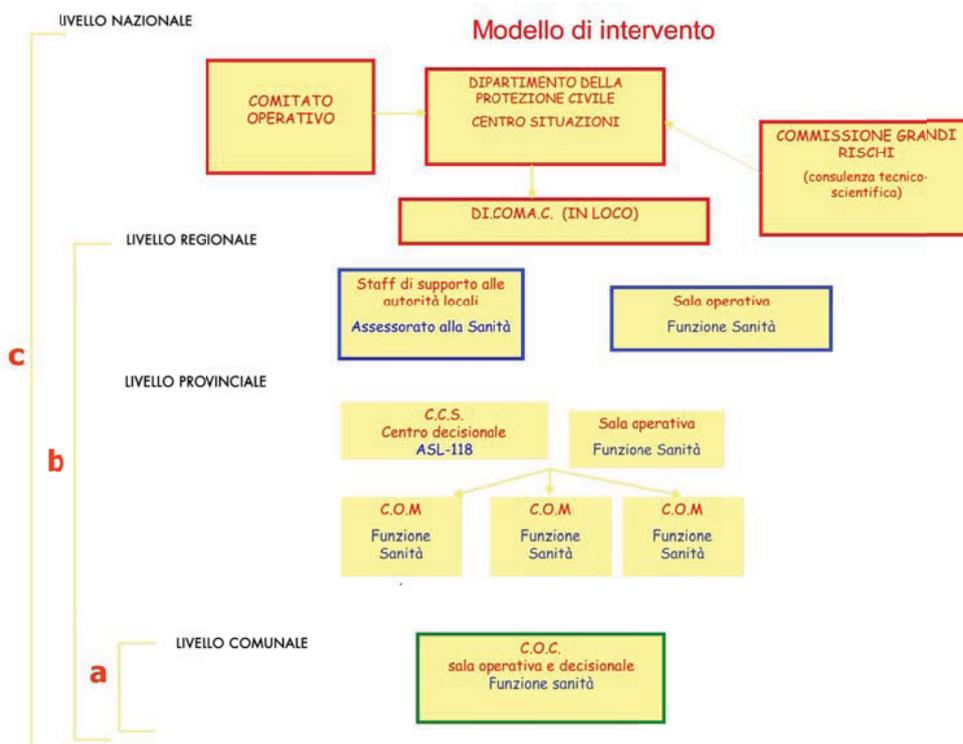


Figura 3.4 – Centri operativi di emergenza.

A livello comunale (emergenza locale), verrà attivato un C.O.C. (Figura 3.4), Centro Operativo Comunale, presieduto dal Sindaco o suo delegato (massima autorità di protezione civile a livello comunale). Al verificarsi di un'emergenza locale il Sindaco deve dunque attivare immediatamente il

C.O.C. e quindi provvede all'Assistenza Sanitaria predisponendo l'allestimento delle aree di emergenza.

A livello provinciale verranno attivate due strutture operative: il Centro Coordinamento Soccorsi (C.C.S.), che ha sede presso la Prefettura della Provincia, ed uno o più Centri Operativi Misti (C.O.M). Questi ultimi hanno la peculiarità di essere presenti il più vicino possibile al luogo dell'evento ed essere così occhio e braccio operativo del C.C.S. (Figura 3.4).

A livello regionale, per emergenze che coinvolgono più province, verrà attivato un Centro Operativo Regionale (C.O.R.), la cui autorità superiore è il Presidente della Regione (Figura 3.4).

A livello nazionale è operativa 24 h su 24 tutti i giorni dell'anno la Sala Situazioni Italia che ha l'obiettivo di allertare tempestivamente tutte le componenti del sistema in caso di emergenza; il suo lavoro consiste nella raccolta, la verifica e la diffusione delle informazioni. È inoltre presente il Comitato Operativo, che assicura la direzione unitaria ed è composto dai rappresentanti delle strutture operative del sistema ed è presieduto dal Capo del Dipartimento della Protezione Civile (Figura 3.4).

In caso di emergenza nazionale il Dipartimento di Protezione Civile può attivare una Di.Coma.C, Direzione di Comando e Controllo, (Figura 3.4), direzione a carattere temporaneo attivata in loco (Figura 3.5). La Di.Coma.C si occupa del coordinamento delle componenti e delle strutture operative in loco.



Figura 3.5 – Direzione di Comando e Controllo Di.Coma.C. presso la Scuola Sottufficiali della Guardia di Finanza di Coppito, Sisma dell'Aquila.

A livello intermedio, fra le COM/CCS e la DICOMAC, sono presenti varie Sale Operative (Figura 3.6). Ogni sala operativa, ai vari livelli, è solitamente costituita da una sezione "Strategia" (con i responsabili di funzione) e da una sezione "Operativa" (con operatori e supporti logistici necessari per garantire i collegamenti, la continuità operativa, il supporto alle funzioni decisionali, ecc.) (figura 3.4).



Figura 3.6 – Sala Operativa regionale della Protezione Civile del Friuli Venezia Giulia.

Le funzioni di supporto costituiscono l'organizzazione delle risposte, distinte per settori di attività e di intervento, che occorre dare alle diverse esigenze operative. Per ogni funzione di supporto si individua un responsabile che, relativamente al proprio settore, in situazione ordinaria provvede all'aggiornamento dei dati e delle procedure e in situazione di emergenza coordina gli interventi dalla Sala Operativa.

Le funzioni di supporto da attuare, sono 14:

1. Tecnico scientifico – Pianificazione;
2. Sanità, assistenza sociale e veterinaria;
3. Mass-media e informazione;
4. Volontariato;
5. Materiali e mezzi;
6. Trasporto - circolazione e viabilità;
7. Telecomunicazioni;
8. Servizi essenziali;
9. Censimento danni, persone, cose;
10. Strutture operative S.a.R.;
11. Enti locali;
12. Materiali pericolosi;
13. Logistica evacuati-zone ospitanti;
14. Coordinamento centri operativi.

In particolare, la funzione di supporto Sanità, assistenza sociale e veterinaria deve offrire:

- primo soccorso ed assistenza sanitaria;
- interventi di sanità pubblica;
- attività di assistenza psicologica e di assistenza sociale alla popolazione.

### 3.4 MECCANISMO EUROPEO DI PROTEZIONE CIVILE

Il Meccanismo Europeo di Protezione Civile è uno strumento dell'Unione Europea nato per rispondere tempestivamente ed in maniera efficace alle emergenze che si verificano in un territorio interno o esterno all'Unione Europea, attraverso la condivisione delle risorse di tutti gli Stati Membri. Fanno parte del Meccanismo Europeo di Protezione Civile i 28 Paesi membri dell'Unione Europea e i tre Paesi appartenenti all'Area Economica Europea: Norvegia, Islanda e Liechtenstein. A partire dal 31 gennaio 2012 la Ex Repubblica Yugoslava di Macedonia (FYROM) è divenuta il 32° Stato partecipante al Meccanismo Europeo di Protezione Civile.

All'interno del Meccanismo operano tre strumenti istituiti per facilitare un'adeguata risposta in caso di calamità a livello comunitario:

- il Centro di Coordinamento di Risposta all'Emergenza (ERCC);
- il Sistema Comune Comunicazione Informazione in Emergenza (CECIS);
- il Programma di Formazione.

*Il Centro di Coordinamento di Risposta all'Emergenza (Emergency Response and Coordination Centre - ERCC) rappresenta la componente operativa in grado di reagire immediatamente 24 ore su 24. E' il cuore operativo del Meccanismo ed è collocato fisicamente all'interno dell'Unità di Protezione Civile – Risposta alle Emergenze incardinato nella Direzione Generale per gli Aiuti Umanitari e Protezione Civile della Commissione Europea (DG-ECHO).*

Il Centro è funzionante 24 ore su 24 e fornisce ai Paesi partecipanti:

- lo sviluppo di sistemi di rilevamento e di allerta rapida per le catastrofi che possono colpire il territorio degli Stati Membri al fine di permettere ai Paesi di rispondere rapidamente;
- il sostegno per ottenere l'accesso alle risorse di attrezzature e di trasporto;

- il sostegno all’assistenza consolare per i cittadini dell’UE in situazioni di emergenza grave in Paesi terzi, ove le autorità consolari degli Stati Membri ne facciano richiesta;
- l’integrazione del trasporto fornito dagli Stati Membri finanziando risorse di trasporto supplementari necessarie per garantire una risposta rapida alle emergenze gravi;
- lo sviluppo di moduli di protezione civile, ovvero unità specializzate di intervento composte da personale, mezzi e attrezzature messi a disposizione dai Paesi Membri e confezionati secondo la funzione da svolgere e secondo specifici criteri.

*Il CECIS (Common Emergency Communication and Information Centre) ha il compito invece di facilitare le comunicazioni tra le Autorità Nazionali e l’ERCC.*

Si tratta di un sistema informatico, gestito direttamente dall’ERCC a Bruxelles, che permette un dialogo immediato ed efficace tra i Centri Operativi h24 degli Stati Membri. All’interno di questo sistema, compaiono le richieste dello Stato colpito e le relative offerte di assistenza da parte dei Paesi Membri che decidono di intervenire. Attraverso il CECIS tutti gli Stati membri sono sempre informati ed aggiornati sull’andamento dell’emergenza fino alla conclusione.

Per coordinare al meglio gli interventi di protezione civile europea in caso di disastri naturali e antropici, assicurando compatibilità e complementarità tra i differenti team degli Stati partecipanti, è stato istituito nell’ambito del Meccanismo un *Programma di Formazione* che prevede tre tipi di misure:

- corsi di formazione;
- programma di formazione protezione civile europea;
- le esercitazioni.

Dal 2004 la Commissione europea offre la possibilità agli esperti di protezione civile dei Paesi partecipanti di frequentare alcuni corsi di formazione organizzati in Europa dal network dei centri europei di formazione di protezione civile. I corsi mirano a formare gli esperti che

potranno partecipare agli interventi di assistenza del Meccanismo Europeo di Protezione Civile sia in Europa che in Paesi terzi. La formazione si articola in corsi di livello diverso che prevedono lezioni teoriche e pratiche, alternando lezioni frontali con lavori di gruppo. Sono inoltre previste delle esercitazioni attraverso le quali gli esperti esercitano le proprie capacità, competenze e conoscenze simulando di lavorare in un team europeo di protezione civile. Al fine di rafforzare la reciproca conoscenza e collaborazione sul campo durante le emergenze, è prevista inoltre la partecipazione ad alcuni dei corsi di esperti provenienti da altri settori della Commissione europea, dalle Agenzie delle Nazioni Unite, Movimento di Croce Rossa.

Nell'ambito del Programma di Formazione del Meccanismo Europeo di Protezione Civile, l'Italia è entrata a far parte del network dei centri europei di formazione di protezione civile. Dal 2009 al 2012, si è svolta l'iniziativa di formazione europea costituita dal Joint Italian Civil Protection Training centre, costituito dal Dipartimento della protezione civile, la Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, capofila del progetto e il Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile. Dal giugno 2012, l'Italia attraverso il Dipartimento della Protezione Civile è leader del consorzio costituito dall' Emergency Planning College Uk Cabinet Office, dalla protezione civile della Croazia e dalla Scuola Superiore Sant'Anna e dalla Società Studiare Sviluppo. Il consorzio è impegnato nello sviluppo e nell'organizzazione dei "Community Mechanism Introduction Course" che si svolgono in Italia, in Croazia e in Inghilterra. Per ogni ciclo della durata di 1 anno, 5 sono i corsi che si svolgono in Italia presso la Scuola Superiore dell'Amministrazione dell'Interno, 3 i corsi realizzati nel Regno Unito - a York presso l'Emergency Planning College Uk Cabinet Office - e altri 3 in Croazia - a Spalato presso la protezione civile croata. Gli appuntamenti formativi hanno durata di 4 giorni, sono residenziali e si concludono con un'esercitazione.

Le esercitazioni che vengono organizzate a livello comunitario hanno lo scopo di testare la cooperazione e l'efficienza nella gestione delle operazioni di soccorso delle squadre dei Paesi partecipanti. Durante lo svolgimento

delle esercitazioni vengono inoltre valutate l'efficacia e la validità di un modello di intervento per fronteggiare un'emergenza grave, i piani, le procedure decisionali e la gestione dell'informazione. Consente, inoltre, agli esperti che sono chiamati ad intervenire in un'emergenza reale, di misurare le proprie capacità, di acquisire esperienza e la giusta dimestichezza ad operare sul campo. L'esercitazione diventa un momento fondamentale in quanto permette la sperimentazione di forme collaborative tra i vari sistemi nazionali di protezione civile, chiamati a cooperare in caso di disastri in un Paese europeo o in Paesi terzi.

### 3.5 CATENA DEI SOCCORSI SANITARI

Ogni tipologia di evento calamitoso presenta un andamento bifasico di risposta alle esigenze di soccorso sanitario:

- *risposta rapida*, data dagli organi territoriali sulla base delle risorse locali immediatamente disponibili;
- *risposta differita*, che si andrà ad articolare nelle ore successive all'evento con l'apporto degli aiuti che giungeranno dall'esterno dell'area interessata.

Entrambe le risposte prevedono in ogni evento indipendentemente dal tipo di catastrofe una:

- *Fase di allarme*: nel corso della quale si cercheranno di acquisire tutti quegli elementi che possono essere utili a dimensionare l'evento sia sotto il profilo qualitativo che quantitativo. Tale fase, qualora ci si trovi di fronte ad un evento prevedibile, può essere preceduta dalle *Fasi di Attenzione e di Preallarme*; queste ultime possono ovviamente mancare per l'imprevedibilità degli eventi o per la loro rapida evoluzione. Nel caso in cui vi sia la possibilità che una situazione, inizialmente stabile, evolva in un evento potenzialmente disastroso, è compito delle Autorità competenti dichiarare lo stato di attenzione e pre-allarme, mettendo quindi in atto tutte le misure preventive e le azioni di salvataggio della popolazione e di mitigazione degli effetti (Figura 3.7)

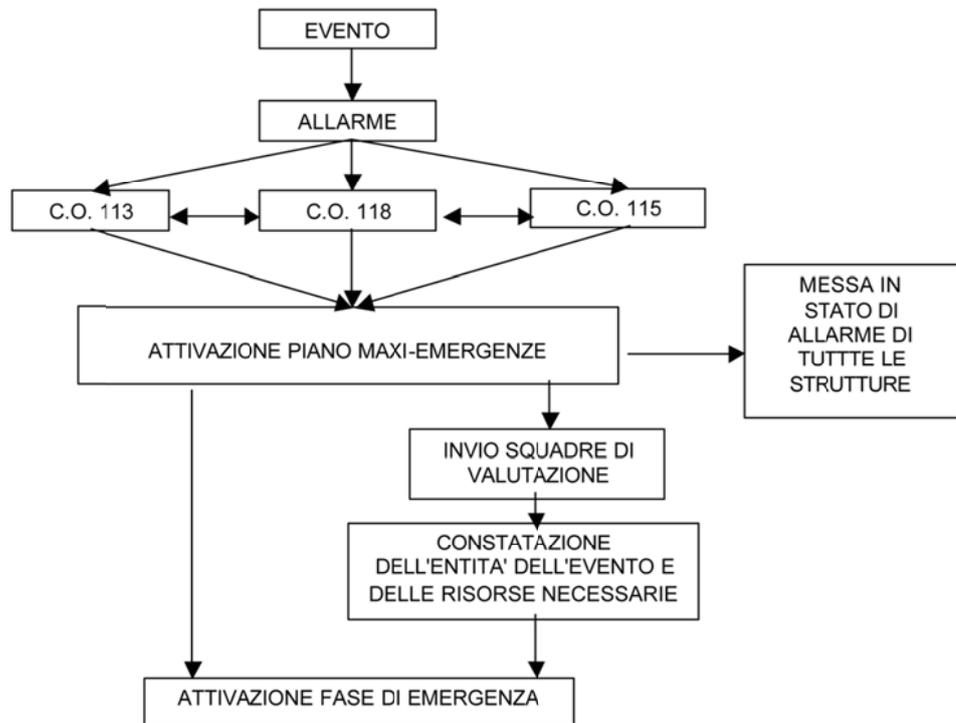


Figura 3.7 – Sequenza degli eventi nella fase di allarme

- *Fase dell'improvvisazione:* da ridurre quanto possibile. Infatti in questa fase l'unico soccorso proviene dagli stessi scampati all'evento.
- *Fase della ricognizione:* fase di raccolta delle notizie ed informazioni da parte dei Centri Operativi dei vari Enti coinvolti nella gestione dell'emergenza. Tali notizie consentono di organizzare al meglio le operazioni sul posto e le risorse da mobilitare. Questa fase viene effettuata entro i primi minuti dopo l'attivazione del dispositivo di risposta all'emergenza, da parte del primo mezzo di soccorso che arriva sul posto. La ricognizione permette di riportare informazioni essenziali come la dinamica dell'evento, il numero stimato di feriti o vittime, il tipo di risorse occorrenti ed il loro dimensionamento ipotetico, la stima del tempo di permanenza dei soccorsi sul posto per risolvere la maxiemergenza, la valutazione della configurazione del territorio ed estensione geografica dell'area colpita, la valutazione della sicurezza del luogo e le condizioni meteo.

- *Fase della settorializzazione*: ripartizione in aree funzionali di lavoro allo scopo di razionalizzare le risorse disponibili sul campo (figura 3.8).

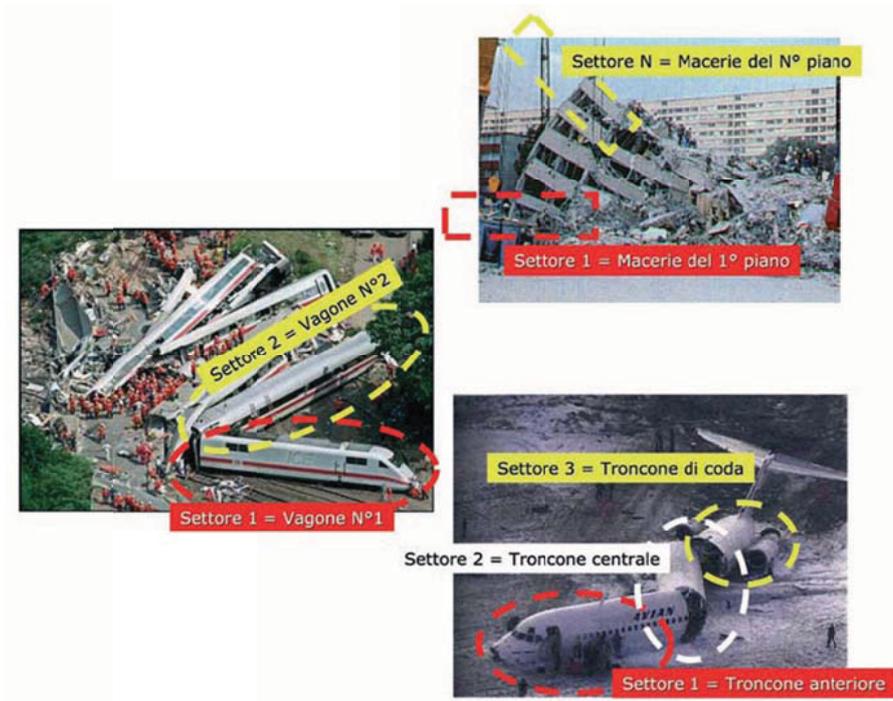


Figura 3.8 –Fase di settorializzazione.

- *Fase del salvataggio o recupero*: comprende l'insieme delle operazioni finalizzate allo spostamento delle vittime in luogo sicuro. Una volta acquisite le informazioni necessarie, la Centrale Operativa 118 (C.O.118) competente territorialmente provvederà all'allertamento di tutte le strutture sanitarie del territorio interessato, in particolar modo dei dipartimenti ospedalieri di emergenza, ed al collegamento con le Autorità competenti e con le altre strutture di protezione civile secondo quanto previsto dalla Pianificazione comunale, provinciale e regionale. Nel frattempo la C.O.118 provvederà ad inviare personale e mezzi per allestire, al di fuori dell'area interessata (precedentemente perimetrata e sorvegliata dalle forze di polizia) il Posto Medico Avanzato (P.M.A.)<sup>12</sup> con compiti di accoglienza, triage secondario, stabilizzazione ed evacuazione delle vittime precedentemente recuperate. La C.O.118 dovrà, inoltre,

<sup>12</sup> Vedere paragrafo 3.5.1

organizzare una postazione di comando (Posto di Comando Mobile, P.C.M.) presieduta dal Direttore dei Soccorsi Sanitari, il quale operando insieme agli operatori impegnati nel recupero delle vittime, il P.M.A., la C.O.118 ed i responsabili degli altri servizi (V.V.F, forze di Polizia, ecc.), avrà la responsabilità gestionale in loco di tutto il dispositivo dell'intervento sanitario (figura 3.9).

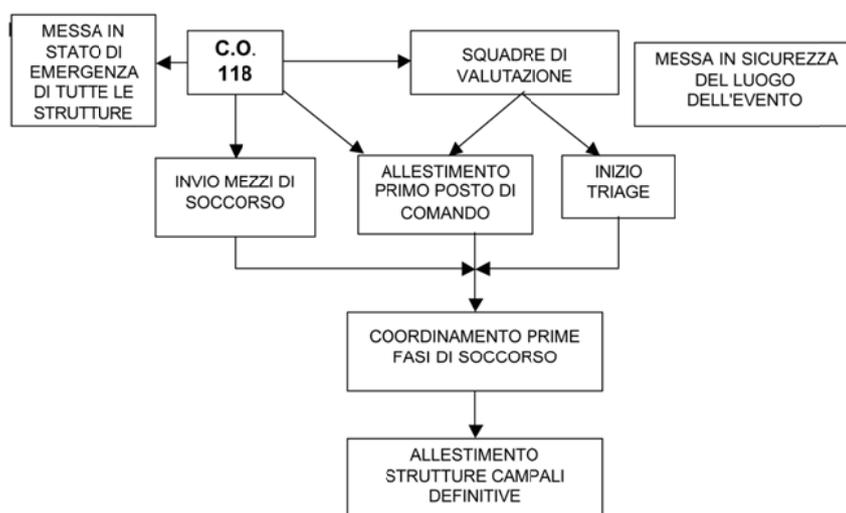


Figura 3.9 – Sequenza di eventi nella fase di emergenza.

- *Fase della medicalizzazione*: garantire agli infortunati le condizioni migliori per affrontare il trasporto verso gli ospedali.
- *Fase dell'evacuazione*: circuito ininterrotto dei mezzi dal Posto Medico Avanzato ai luoghi di cura definitivi, denominato anche: “noria”, vocabolo arabo-spagnolo che identifica la ruota dei mulini ad acqua.
- *Fase dell'ospedalizzazione*: compresa la predisposizione di piani di emergenza per un gran numero di vittime.

La sequenza cronologica di fasi che caratterizzano la gestione ideale di una maxiemergenza prende il nome di “catena dei soccorsi”. (figura 3.10).

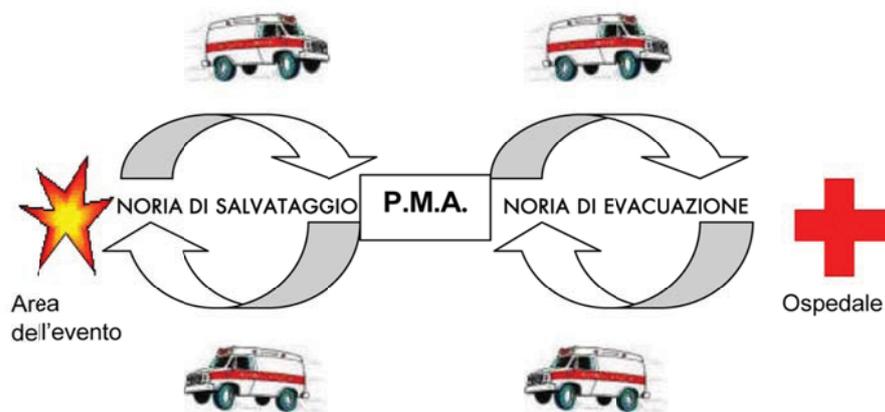


Figura 3.10 – Catena dei soccorsi.

Se l'evento interessa una zona ristretta di territorio, è sufficiente un unico posto d'accoglienza e di comando delle forze a disposizione. Nel caso in cui l'estensione sia maggiore, la zona interessata sarà invece suddivisa in più settori che potranno far riferimento a più Posti Medici Avanzati (P.M.A.) o a strutture sanitarie campali di maggiore complessità quali le Unità Mobili Medico-Chirurgiche (U.M.M.C.) o gli Ospedali da Campo<sup>13</sup>.

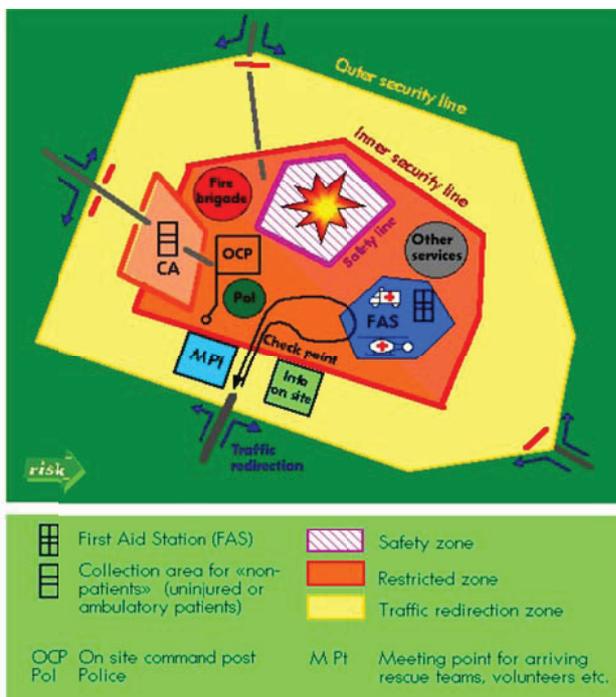


Figura 3.12 – Esempio di modello operativo territoriale: schematizzazione di un Settore di intervento e delle strutture coinvolte nel soccorso in un'area disastrosa. Il First Aid Station (FAS) è analogo al Posto Medico Avanzato (PMA). (Hersche B. e Wenker O., 1997).

<sup>13</sup> Vedere paragrafo 3.5.2

### 3.5.1 POSTO MEDICO AVANZATO (P.M.A.)

Il Posto Medico Avanzato (P.M.A.) viene definito nei “Criteri di massima per l’organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi”<sup>14</sup> come “un dispositivo di selezione e trattamento sanitario delle vittime, localizzato ai margini esterni dell’area di sicurezza o in una zona centrale rispetto al fronte dell’evento.”<sup>15</sup> (Figura 3.13)



Figura 3.13 – Posto Medico Avanzato (P.M.A.).

Il P.M.A. deve rispondere alle seguenti caratteristiche:

- deve essere installato il più vicino possibile al luogo dell'evento;
- deve trovarsi in una zona non soggetta a pericoli ambientali o secondari all'evento;
- deve essere facilmente accessibile ai mezzi di soccorso sia terrestri che aerei.

<sup>14</sup> Approvati nel corso della Conferenza Stato - Regioni e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 12 maggio 2001 n.116

<sup>15</sup> Presidente del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Servizio Emergenza sanitaria, COMUNICATO RELATIVO AL DECRETO DEL MINISTRO DELL’INTERNO DELEGATO PER IL COORDINAMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE 13 FEBBRAIO 2001, CONCERNENTE: ADOZIONE DEI “CRITERI MASSIMA PER L’ORGANIZZAZIONE DEI SOCCORSI SANITARI NELLE CATASTROFI” n. 116, Pubblicato nella Gazz. Uff. 6 aprile 2001, n.81

Può essere allestito in edifici preesistenti che non sono stati coinvolti dall'evento o in strutture campali appositamente dedicate a questa funzione (tende gonfiabili, containers, ecc.)

Le funzioni del P.M.A. sono:

- la riunione di tutte le vittime in un unico luogo;
- la presa in carico delle vittime;
- le operazioni di Triage (processo di suddivisione dei pazienti in classi di gravità in base alle lesioni riportate ed alle priorità di trattamento e/o di evacuazione.
- la ricerca delle destinazioni ospedaliere più appropriate per ogni patologia;
- l'evacuazione delle vittime (via terra o aria) nei centri ospedalieri più idonei.



Figura 3.14 – Posto Medico Avanzato Regione Lombardia.

Generalmente il P.M.A. è suddiviso in tre zone:

- Area di Triage;
- Area di Trattamento;
- Area di Evacuazione.

L'Area di Trattamento può a sua volta essere suddivisa in altri due settori:

- Settore terapeutico: nel quale vengono eseguiti gli interventi di emergenza al fine di stabilizzare la vittime e renderle idonee al trasporto;

- Settore di attesa: nel quale vengono raccolti i pazienti con ferite ambulatoriali.

L'Area di Evacuazione deve essere costituita da una postazione in cui stazionano per breve tempo i pazienti in attesa della presa in carico da parte degli equipaggi delle ambulanze e degli elicotteri.

Deve essere infine prevista un'area di raccolta per le vittime decedute. Questa deve trovarsi in un luogo vicino alla P.M.A., ma accessibile soltanto al personale che gestisce l'emergenza. In tale area verranno svolte tutte le attività di riconoscimento delle vittime e di intervento per evitare problemi di salute pubblica.

Il P.M.A. è una struttura complessa che necessita di una buona organizzazione per poter funzionare adeguatamente. E' per questo che deve essere prevista un'entrata, che corrisponde all'area di Triage, ed una uscita che corrisponde a quella di evacuazione.

All'interno del P.M.A. il flusso dei feriti deve essere obbligatoriamente unidirezionale (Area di Triage→ Area di Trattamento→ Area di Evacuazione)<sup>16</sup> (figura 3.15).



Figura 3.15 – Struttura organizzativa di un Posto Medico Avanzato.

<sup>16</sup> Associazione Italiana Medicina della Catastrofi Bologna, Consulta del Volontariato per la Protezione Civile di Bologna, Croce Rossa Italiana Comitato Provinciale di Bologna, GESTIONE TECNICO SANITARIA NELLE MACRO EMERGENZE, Febbraio 2008

I posti medici avanzati possono essere distinti in P.M.A di 1° livello e P.M.A. di 2° livello (Figure 3.16 e 3.17) sulla base della complessità di interventi che riescono ad effettuare, e sono studiati per essere impiegati nelle emergenze di tipo C, cioè in quelle situazioni che travalicano le possibilità di risposta delle strutture locali<sup>17</sup>.

Tali strutture dovranno:

- essere pronte all’impiego nel più breve tempo possibile dall’allarme ( 3-4 h.);
- essere in grado di trattare 50 pazienti con codice di gravità rosso-giallo nell’arco di 24 ore e per tre giorni;
- avere 72 ore di autonomia operativa.

Il documento “Criteri di massima per l’organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi” recita inoltre che: “è auspicabile che ogni Regione, a seconda delle caratteristiche e dei rischi del territorio, sia dotata di una o più strutture mobili, con funzioni di P.M.A., di immediata mobilitazione, rapidamente attrezzabili, che possano offrire un riparo dagli agenti atmosferici e costituiscano un punto materiale di riferimento per la catena dei soccorsi consentendo di applicare, per quanto è realisticamente possibile, tecniche di supporto avanzato delle funzioni vitali per la sopravvivenza a breve termine dei feriti”.

---

<sup>17</sup> (Art. 2 Legge n. 225 del 24 febbraio 1992)

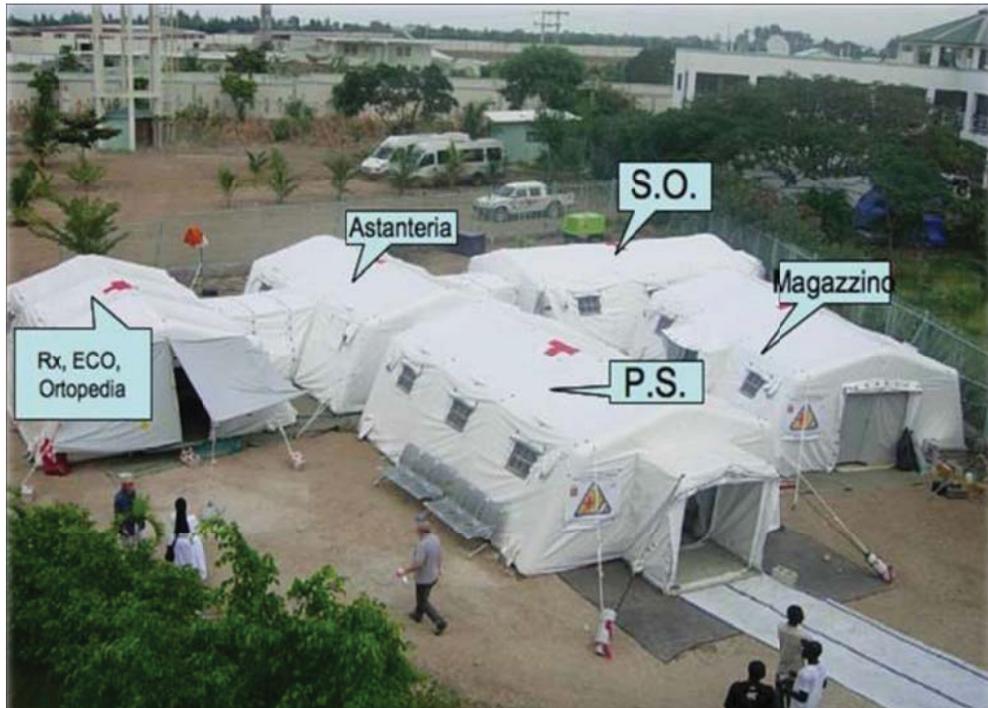


Figura 3.16 – Posto Medico Avanzato di secondo livello Regione Lombardia.



Figura 3.17 – Posto Medico Avanzato con modulo chirurgico – GCU Pisa.

### 3.5.2 STRUTTURE SANITARIE CAMPALI

Le strutture sanitarie campali sono delle strutture provvisorie per il soccorso e l'assistenza sanitaria. Vengono installate per fare da filtro alle strutture ospedaliere durante i soccorsi e per prestare assistenza ove altrimenti non sarebbe disponibile.

Sono strutture sanitarie campali:

- I Posti di Assistenza Socio Sanitaria (P.A.S.S.);
- Le Unità Mobili Medico-Chirurgiche (U.M.M.C.);
- Gli Ospedali da campo;

I Posti di Assistenza Socio Sanitaria (P.A.S.S) (Figura 3.18) sono strutture campali tipo “poliambulatoriale” che offrono assistenza sanitaria non urgentistica. Ai P.A.S.S. è affidato il perseguimento delle seguenti finalità:

- dotare il Servizio Sanitario di una Regione colpita da catastrofe di una struttura ove, in caso di inagibilità o insufficienza delle strutture preposte in via ordinaria, il personale sanitario possa espletare l'assistenza sanitaria di base e socio sanitaria;
- integrare i servizi territoriali con personale sanitario qualificato per l'assistenza sanitaria di base e l'assistenza sociosanitaria.

L'ordinaria configurazione del P.A.S.S. prevede l'attivazione di aree adibite a servizi di segreteria, di accoglienza e di registrazione, nonché di ambulatori per l'attività di Medicina Generale, Pediatria, Infermieristica e fisioterapia, Psicologi e Assistenza Sociale. Può essere implementata anche da ambulatori di Ginecologia e ostetricia consultoriale o di altre aree specialistiche.

Il P.A.S.S. garantisce un'attività ambulatoriale giornaliera e un servizio di Guardia Medica fino al ripristino dei servizi ordinari.

Per la realizzazione di P.A.S.S. possono essere utilizzate tende, shelter<sup>18</sup> o combinazione delle due tipologie<sup>19</sup>.



Figura 3.18 – Posto di Assistenza Socio Sanitaria (P.A.S.S.).

L'unità Mobile Medico-Chirurgica (U.M.M.C.) (Figure 3.19 e 3.20), struttura intermedia tra la zona del disastro e gli ospedali da campo, in un contesto di vasto interessamento del territorio con coinvolgimento delle strutture ospedaliere fisse, è in linea di massima dotata di un'area accettazione, triage, sala operatoria, PS, astanteria e deve avere autosufficienza sotto il profilo sanitario e logistico di almeno 48 ore<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> Per la definizione di Shelter vedere capitolo 3.5.3

<sup>19</sup> Presidente del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, "DISPOSIZIONI PER LA REALIZZAZIONE DI STRUTTURE SANITARIE CAMPALI, DENOMINATE PASS, POSTO DI ASSISTENZA SOCIO SANITARIA, PREPOSTE ALL'ASSISTENZA SANITARIA DI BASE E SOCIO SANITARIA ALLA POPOLAZIONE COLPITA DA CATASTROFE", 11 gennaio 2013

<sup>20</sup> Presidente del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Servizio Emergenza sanitaria, COMUNICATO RELATIVO AL DECRETO DEL MINISTRO DELL'INTERNO DELEGATO PER IL COORDINAMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE 13 FEBBRAIO 2001, CONCERNENTE: ADOZIONE DEI "CRITERI MASSIMA PER L'ORGANIZZAZIONE DEI SOCCORSI SANITARI NELLE CATASTROFI" n. 116, Pubblicato nella Gazz. Uff. 6 aprile 2001, n.81



Figura 3.19 –Unità Mobili Medico-Chirurgiche (U.M.M.C.).

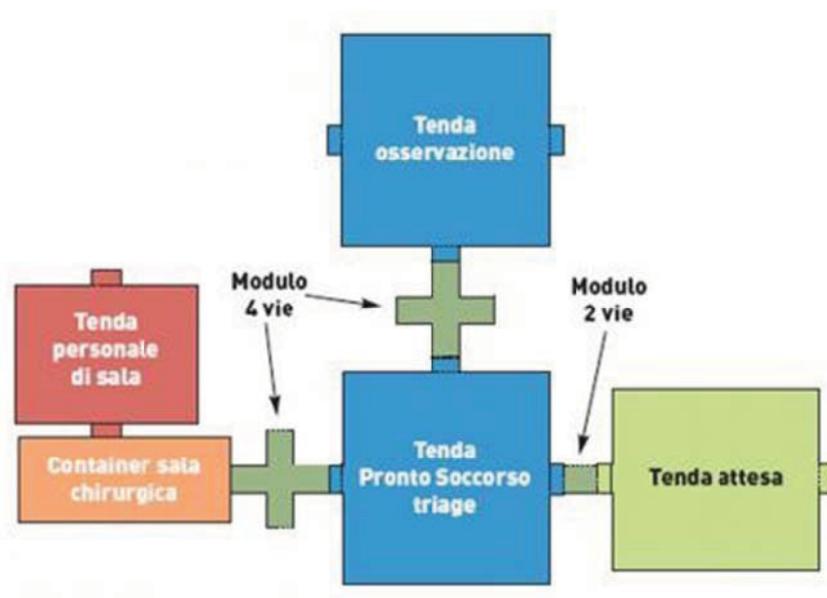


Figura 3.20 –Struttura organizzativa di un'unità Mobili Medico-Chirurgiche (U.M.M.C.).

Gli ospedali da campo (Figura 3.21) sono dispositivi di intervento composti da uomini e mezzi in grado di assicurare alle vittime della catastrofe un livello di cure intermedio tra il primo soccorso ed il trattamento definitivo. Offrono la possibilità di effettuare interventi chirurgici di urgenza, assistenza intensivistica protratta per più ore e degenza di osservazione clinica. Sono sinonimi di Centro Medico di Evacuazione.



Figura 3.21 –Campo Base Croce Rossa Italiana ad Haiti (2010).

A Talca, nella regione del Maule, è stato, ad esempio, allestito un ospedale modulare (ospedale AFMAL) che rimarrà operativo per i quattro anni necessari alla ricostruzione dell'ospedale di Talca, distrutto dal terremoto del 27 febbraio 2010. La struttura, del valore di oltre 5 milioni di euro, è stata realizzata dalla ditta MMH, Mobile Modular Hospital, di Siena con il contributo della Fondazione "Monte dei Paschi di Siena" ed è stata donata dall'Associazione Fatebenefratelli. Il Dipartimento della Protezione Civile ha organizzato il trasporto in Cile dell'ospedale da campo e ha coordinato le operazioni per il suo allestimento.

L'ospedale è in parte sviluppato su tende (Figura 3.22), per i collegamenti e le degenze, in parte su shelter (Figura 3.23), per le aree di attività sanitaria. È dotato di:

- due sale operatorie;
- una sala preparazione chirurgici;
- una sala sterilizzazione;
- una sala rianimazione da 4 posti;
- una radiologia;
- un laboratorio analisi;

- un pronto soccorso medico;
- un pronto soccorso chirurgico, attrezzato anche per chirurgia ambulatoriale;
- una farmacia;
- uno shelter di servizio;
- due servizi igienici per il personale sanitario;
- sei tende di degenza con 10 posti letto ciascuna;
- sei tende di collegamento, di cui una molto grande usata per l'entrata.



Figura 3.22 –Ospedale modulare AFMAL a Talca (2010). L'ingresso (sopra) e la sala d'attesa (sotto).

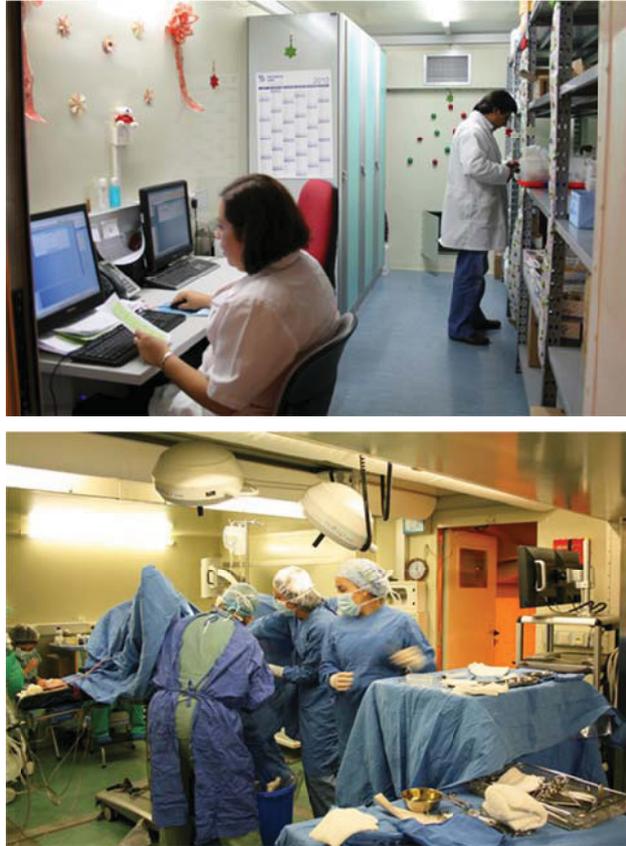


Figura 3.22 –Ospedale modulare AFMAL a Talca (2010). La farmacia (sopra) e la sala operatoria (sotto).

Il team dei sanitari Afmal che ha operato in Cile era composto da:

- quattro anestesisti, tra cui due primari;
- due chirurghi;
- quattro infermieri;
- due tecnici.

Il team sanitario ha lavorato per garantire un passaggio di consegne sicuro. In un primo tempo ha verificato il funzionamento di tutte le macchine che sono arrivate a Talca dopo un viaggio di circa un mese per terra e per mare; in una seconda fase ha incontrato i colleghi tecnici, medici e infermieri per provare insieme a loro le apparecchiature dell'ospedale e per istruirli sulle attività. Inoltre tre medici ed un infermiere del team hanno lavorato

nell'ospedale di Talca dove hanno potuto condividere pratiche e scambiare conoscenze tecniche con il personale cileno<sup>21</sup>.

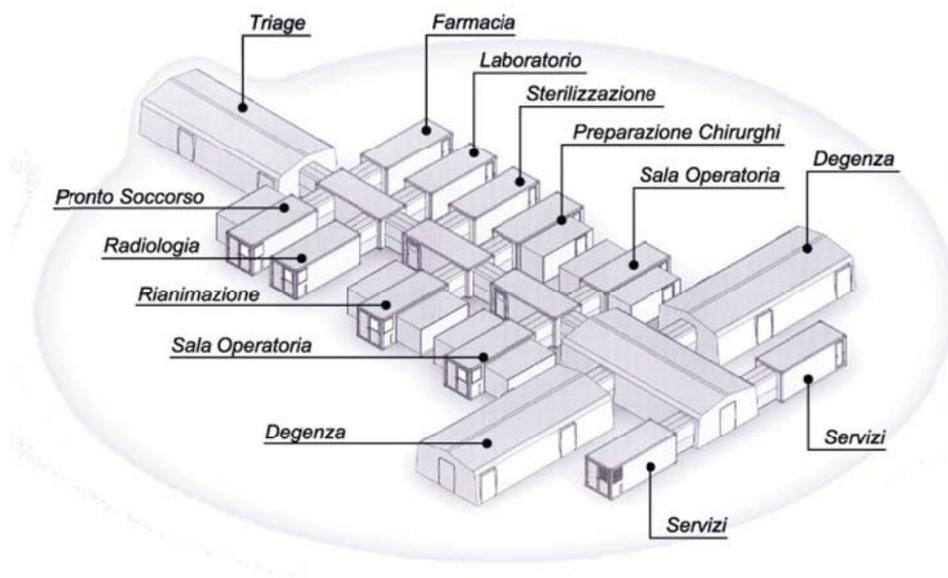


Figura 3.24 –Allestimento di un ospedale modulare da campo della ditta MMH, Mobile Modular Hospital.

<sup>21</sup> DELIBERA CONSIGLIO REGIONALE DELL'EMILIA ROMAGNA N. 1435/03

### 3.5.3 SHELTERS

Gli shelters sono unità mobili prefabbricate idonee all'installazione e protezione di apparecchiature elettroniche ad elevato contenuto tecnologico e particolarmente adatte per l'impiego campale da parte di organizzazioni istituzionali, militari, civili, umanitarie e sanitarie. Ogni unità si distingue per il ridotto peso, per una struttura idonea a resistere alle più severe condizioni atmosferiche, per una efficiente schermatura contro le interferenze elettromagnetiche, per la facilità di spostamento e posa in opera e lunga durata operativa. Per le loro peculiari caratteristiche sono in grado di ospitare apparecchiature elettromedicali quali TAC, RM, RX, etc, ma anche sale operatorie pronte all'uso.

Gli shelters trovano applicazione in una vasta gamma di impieghi: centri di ricezione e trasmissione dati, stazioni di energia, postazioni di comando e controllo, stazioni per il controllo della navigazione aerea, centri di monitoraggio geologico e stazioni di supporto logistico.

Nei casi di emergenza o catastrofi naturali gli shelters possono costituire anche un ottimo ricovero temporaneo per le persone sfollate, che possono ivi permanere per tutta la durata del processo di ricostruzione degli alloggi, e come presidi sanitari mobili allestiti con apparecchiature mediche per lo svolgimento di attività sanitarie e operatorie (MMU) (Figura 3.25 e 3.26).



Figura 3.25 – Shelter utilizzato come presidio sanitario per attività operatorie in fase di allestimento



Figura 3.26 – Shelter utilizzato come presidio sanitario per attività operatorie.

Nei casi di ricovero temporaneo per le persone sfollate gli shelters sono costituiti da: una camera da letto con letti a castello e cassetti; una sala da pranzo/salotto con tavolo e armadi; una cucina completa di lavello, piano cottura, forno a microonde, frigorifero e freezer; bagno con lavabo e cabina doccia (figura 3.26).

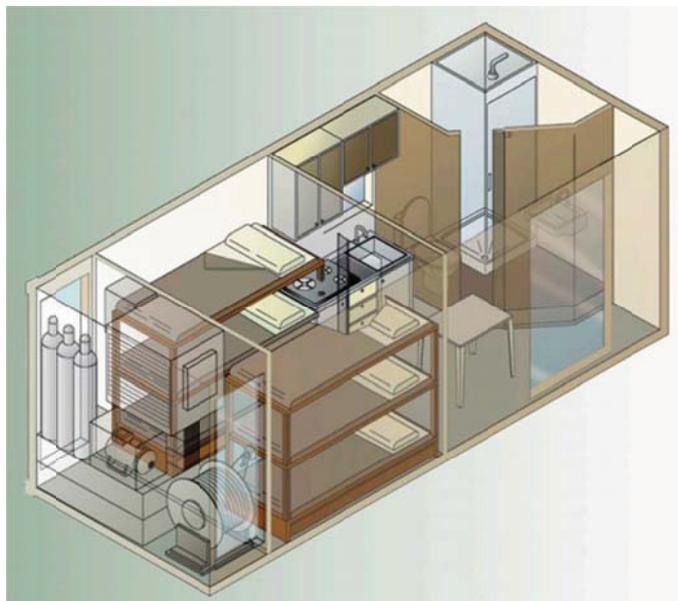


Figura 3.26 – Shelter per il ricovero temporaneo per le persone sfollate.

Le “Mobil Medical Units” (MMU) consentono, in condizioni di emergenza, modalità di impiego e funzionalità molto più efficaci dei sistemi tradizionali, soprattutto in relazione alla facilità di movimentazione ed insediamento su tutti i tipi di terreno, la disponibilità immediata di utilizzo, l’elevata protezione delle apparecchiature contenute, la maggiore durata operativa anche in severe condizioni ambientali e i costi operativi e di manutenzione più contenuti. Le tipologie funzionali fondamentali per un dispositivo sanitario mobile sono: laboratorio clinico di analisi, unità radiologica, ambulatorio dentistico, stomatologico, ginecologico, epidemiologico, oftalmico e pronto soccorso, farmacia, sala chirurgica e unità di servizio (figura 3.26).



Figura 3.26 – Shelter per sala operatoria.

Gli shelters, realizzati in lega leggera, possono essere di molteplici tipologie dimensionali in funzione alle diverse destinazioni d’uso. Possono essere assemblati fra loro attraverso pannelli di connessioni e sono dotati di porte, finestre e suddivisioni interne. Gli shelters possono essere costruiti anche con materiale misto (acciaio e lega leggera) composti da un telaio strutturale principale, realizzato con tubolari e lamierati in acciaio saldati, e da una pannellatura di tamponamento realizzata con pannelli a sandwich costituiti da due lamiere con all’interno coibente espanso in lastra termo stabilizzata. Gli shelters presentano un climatizzatore per la regolazione ed il controllo

della temperatura; un impianto elettrico completo di illuminazione e quadro elettrico di controllo e di comando.

Una tipologia di shelter molto utilizzato in campo medico è lo shelter espandibile; presenta dimensioni limitate in fase di trasporto, ma ha la possibilità di essere ampliato tramite lo scorrimento dei moduli che sono contenuti all'interno del modulo base (Figura 3.28). Gli shelter presentano inoltre un impianto aria compressa ed un sistema di sollevatori che consentono il livellamento (Figura 3.29).



Figura 3.28 – Shelter espandibile



Figura 3.29 - Sistema di livellamento



Figura 3.30 – Shelter della Croce Rossa Italiana

### **3.6 ANALISI DEGLI INTERVENTI IN EMERGENE REALMENTE ACCADUTE**

Nei paragrafi precedenti è stato descritto il meccanismo di intervento che viene messo in moto nel momento in cui si attiva lo stato di emergenza. È emerso che una fase di fondamentale importanza è la fase di primo intervento, ossia le prime 72 ore dall'inizio dell'emergenza. Dopo le 72 ore inizia la fase di stabilizzazione, nella quale si creano le condizioni operative per soccorrere la popolazione nei tempi successivi. È auspicabile che questi tempi siano il più breve possibile, nell'ordine delle settimane o di pochi mesi, ma è chiaro che la catena dei soccorsi non si può interrompere finché l'emergenza non sia del tutto rientrata. Per questo il dispiegamento della struttura di assistenza può protrarsi anche per molti mesi dopo l'inizio dell'emergenza.

Sulla base della gravità dell'emergenza, le forze che vengono dispiegate possono essere molto variabili, soprattutto in termini numerici; nei paragrafi precedenti sono invece state analizzate le forze che possono essere dispiegate in termini di mezzi. Tali mezzi devono contrastare diversi tipi di emergenze, prime fra tutte l'assistenza sanitaria e l'accoglienza agli sfollati. Dovendo quindi realizzare grandi spazi di accoglienza in poco tempo, il mezzo più comunemente utilizzato risulta essere quello delle tende pneumatiche (vedi le PMA, le Strutture sanitarie campali, i campi sfollati, etc.). Più raramente vengono utilizzati gli shelter per l'accoglienza agli sfollati, che invece vengono preferiti, nella versione espandibile, per l'assistenza interventistica agli infortunati.

Nonostante questi mezzi possano essere ritenuti sufficienti per l'assistenza nella fase subito successiva all'emergenza, vengono spesso utilizzati per molti mesi dopo l'emergenza in quanto la ricostruzione tende a protrarsi molto più a lungo del previsto. Risulterebbe allora auspicabile possedere dei mezzi, pur sempre temporanei, che possano affiancarsi a tende e shelter per offrire ugual grado di comfort delle strutture sanitarie regolari.

### 3.6.1 IL SISMA DELL'AQUILA, ABRUZZO, ITALIA

Il 6 aprile 2009 alle 03:30 del mattino un devastante terremoto di magnitudo 6.3 della scala Richter colpisce la Regione dell'Abruzzo provocando 308 morti, più di 1.500 feriti e quasi 70.000 sfollati da assistere ed alloggiare. L'evento ha causato ingenti danni alle strutture pubbliche e private, al patrimonio artistico e culturale della parte settentrionale della provincia dell'Aquila, capoluogo della regione, ha causato la devastazione di decine di piccoli centri abitati, fra cui Onna, Tempera e Paganica, e la distruzione del centro storico del capoluogo. La stima dei danni è superiore ai 10 miliardi di Euro<sup>22</sup>.

Il Governo Italiano ha immediatamente reagito dichiarando lo stato d'emergenza nazionale e attivando sin dalle prime ore il Servizio Nazionale della Protezione Civile, organizzando tempestivamente i soccorsi con la mobilitazione di migliaia di persone inquadrato nelle diverse strutture operative che fanno parte della Protezione Civile. La macchina dei soccorsi messa in campo ha consentito di avere in Abruzzo, a 48 ore dal sisma, oltre diecimila soccorritori appartenenti al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Forze Armate, Forze di Polizia, Croce Rossa Italiana e volontari<sup>23</sup>(Tabella 3.1).

---

<sup>22</sup> REPORT EMERGENZE 2009-2012, tratto dal sito [www.cri.it](http://www.cri.it)

<sup>23</sup> Protezione civile nazionale, EMERGENZA SISMA ABRUZZO, RELAZIONE DI ESECUZIONE DELLE SPESE SOSTENUTE A VALERE SUL CONTRIBUTO DEL FONDO DI SOLIDARIETA' DELL'UNIONE EUROPEA (FSUE)

	<b>PRIME 48 ORE</b>	<b>VALORE MASSIMO RAGGIUNTO</b>
Vigili del fuoco	2400	2471
Forze armate	1825	1825
Forze di polizia	1586	3487
Croce rossa italiana	816	835
Volontari	4300	9000
<b>TOTALE</b>	<b>10927</b>	<b>17618</b>

Tabella 3.1 – Soccorritori delle diverse strutture operative del sistema di protezione civile  
(23).

A 48 ore dal sisma sono state organizzate 30 aree di accoglienza, 2.962 tende, 10 cucine da campo e 13 presidi sanitari<sup>(23)</sup> (Tabella 3.2).

<b>ASSISTENZA ALLE PERSONE</b>	<b>A 48H DAL SISMA</b>	<b>VALORE MAX RAGGIUNTO</b>	<b>AL 29 GENNAIO 2010</b>	<b>AL 7 OTTOBRE 2010</b>
<b>POPOLAZIONE ASSISTITA</b>	<b>27.772</b> TENDOPOLI → 17.772 HOTEL → 10.000	<b>67.459</b> TENDOPOLI → 35.690 HOTEL → 31.769	<b>10.028</b> TENDOPOLI (*) → 0 HOTEL/CASERME → 10.028 <small>(*) DAL 1° DICEMBRE 2009</small>	<b>3.065</b> TENDOPOLI (*) → 0 HOTEL/CASERME → 3.065 <small>(*) DAL 1° DICEMBRE 2009</small>
<b>AREE DI ACCOGLIENZA</b>	<b>30</b>	<b>171</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TENDE</b>	<b>2.962</b>	<b>5.957</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>CUCINE DA CAMPO</b>	<b>10</b>	<b>107</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>PRESIDI SANITARI</b>	<b>13</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>COSTO TOTALE</b>		<b>430.629.760,64</b>		

Tabella 3.2 – Attrezzature dispiegate durante il sisma dell'Abruzzo (2009)<sup>(23)</sup>.

I campi attendati di accoglienza sono stati allestiti nei giorni immediatamente successivi all'evento ed hanno proseguito l'attività per altri sette mesi, ovvero sino al mese di novembre<sup>24</sup> (Tabella 3.3) (Figura 3.31)

<sup>24</sup> REPORT EMERGENZE 2009-2012, tratto dal sito [www.cri.it](http://www.cri.it)



Figura 3.31 – Campo base CRI sisma dell’Abruzzo (2009).

Nei campi sono state garantite attività di supporto sanitario e di distribuzione dei farmaci, attività psico-sociali dirette ai gruppi vulnerabili ed in supporto ai bambini ed alle famiglie.

<i>Campo - Località</i>	<i>Data di inizio attività</i>	<i>Data di fine attività</i>	<i>assistiti/giorno</i>
ASSERGI	07/04/2009	12/09/2009	300
AVEZZANO	07/04/2009		150
CASERMA ROSSI	07/04/2009	30/05/2009	100
CAMPO BASE CRI	07/04/2009	23/12/2009	250
CENTI COLELLA	07/04/2009	12/11/2009	500
COLLEMAGGIO	07/04/2009	22/11/2009	500
SAN GREGORIO	07/07/2009	08/11/2009	600
ACCIANO	20/04/2009	21/06/2009	250
CAGNANO	20/04/2009	20/09/2009	300
S. BENEDETTO DI BAGNO	30/04/2009	02/10/2009	100
MASCIONI	01/05/2009	30/08/2009	70
PESCOMAGGIORE	12/05/2009	08/10/2009	100
ITALTEL 2	01/06/2009	22/11/2009	500
CAMPOTOSTO	10/09/2009	30/09/2009	300
		<b>Totale</b>	<b>4020</b>

Tabella 3.3 – Campi di accoglienza organizzati per il sisma dell’Abruzzo (2009)<sup>(24)</sup>.

Le cucine da campo allestite e gestite completamente dal personale della Croce Rossa hanno permesso di erogare fino a 22.000 pasti al giorno distribuiti con modalità diretta e di catering (tabella 3.4). Nei campi erano presenti alloggi familiari, ovvero tende familiari da 20 mq fornite di attrezzature per il riscaldamento ed effetti lettereci.

POSTAZIONI	PASTI INTERNI	PASTI
ACCIANO	6925	4313
AVEZZANO	47378	0
CAGNANO	21179	4176
CAMPO BASE	99110	83626
CASERMA ROSSI	116585	17742
ITALTEL2	50780	0
ASSERGI	33802	1594
PAGANICA	0	0
COLLEMAGGIO	160878	33807
CENTI COLELLA	152721	77505
PIAZZA D'ARMI PMA	0	0
POGGIO PICENZE	0	0
SAN GREGORIO	131434	3444
COPPITO	0	0
LUCOLI	0	0
SAN BENEDETTO	0	0
SCOPPITO	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>820792</b>	<b>226207</b>
<b>TOTALE</b>		<b>1.046.999</b>

Tabella 3.4 – Numero dei pasti distribuiti durante il sisma dell’Abruzzo (2009) <sup>(24)</sup>.

72 ore dopo l’evento è iniziata la fase di “stabilizzazione” dell’emergenza, ovvero la preparazione del “dopo” evento attraverso:

- attività logistiche su larga scala;
- attività socio sanitaria su larga scala.

Le attività logistiche su larga scala riguardavano il mantenimento ordinario dei campi con la fornitura di beni primari o servizi immediati che rispondessero ai bisogni primari delle persone colpite dal sisma, quali l'erogazione del vitto (pasti), di abbigliamento, la fornitura di alloggi (tende), la fornitura di servizi igienici (docce, WC). Tale attività è stata svolta attraverso l’allestimento del Centro Logistico di Smistamento Unificato di Avezzano, dove è stata gestita la raccolta delle donazioni giunte a livello nazionale, l’immagazzinamento e lo smistamento presso i campi dove avveniva la distribuzione alla popolazione colpita in base alle necessità riferite dal personale presso i campi stessi.

L’attività socio sanitaria su larga scala è stata caratterizzata da numerose iniziative e progetti rivolti sia ai campi attendati, che a favore della popolazione comunitaria colpita ed alle strutture sanitarie e socio

assistenziali del territorio. Le attività socio sanitarie più rilevanti svolte sono state:

- Censimento della Popolazione colpita dal sisma, in particolare nei campi tendati;
- Front office di raccolta delle esigenze della popolazione;
- Reinserimento nelle normali attività quotidiane;
- Servizio di recapito e consegna della Posta;
- Attività ludiche: karaoke, concerti bandistici, sagre varie, concerti di vario genere musicale (liscio, classica, pop), feste di compleanno, battesimi e corsi di ballo;
- Progetto "CINETV TENDE": n. 3 tende cinema donate da NBC UNIVERSAL;
- Attività di animazione socio-culturale;
- Redazione del giornalino di campo;
- Attività di supporto nei ricongiungimenti familiari;
- Coordinamento attività gruppi di ascolto della Caritas;
- Attività di ascolto (ASA, Dottor Clown, SSEP);
- Pet therapy.



Figura 3.32 – Assistenza sanitaria sisma dell’Abruzzo (2009).

Le attività logistiche e socio sanitarie sono proseguite per oltre sette mesi, sino al mese di ottobre 2009. Nei primi giorni di dicembre è stato chiuso il Campo Base dell’Aquila ed i mezzi ed i materiali sono stati trasferiti nel Centro Logistico di Avezzano. Le attività di supporto alla ricostruzione sono ad oggi ancora in essere.

La notte del 6 aprile 2009 crollarono a causa del sisma anche alcune parti della struttura dell’ospedale San Salvatore dell’Aquila. L’ospedale, progettato nel 1967, occupava una superficie di 180 mila metri quadrati ed aveva circa 460 posti letto. Ci sono voluti 33 anni per costruirlo, l’ospedale infatti è stato inaugurato nel 2000. Nel crollo non ci furono gravi vittime, ma numerosi furono i disagi per i malati ricoverati che inizialmente furono sistemati nel piazzale all’esterno dell’ospedale. Il sisma ha reso inagibili molte sale operatorie e molti reparti come: il pronto soccorso pediatrico, la cardiologia, l’Utic, la nefrologia, l’oculistica, l’endoscopia, anatomia patologica, centro trasfusionale, l’otorino, la maxillofacciale, l’ambulatorio dei trapianti e il dipartimento di Chirurgia e di Medicina che sono stati spostati all’interno di strutture provvisorie e containers. I lavori per il ripristino strutturale e funzionale dell’ospedale San Salvatore sono iniziati

da subito. Nell'aprile del 2011, a due anni dal sisma, la situazione era la seguente: le sale operatorie erano state tutte riattivate; i reparti di cardiologia, di pronto soccorso pediatrico, l'utic, la nefrologia erano stati tutti collocati in reparti completamente ristrutturati, mentre quelli di oculistica, otorino, maxillofaciale, endoscopia e l'ambulatorio dei trapianti erano ancora collocati all'interno della struttura prefabbricata ereditata dal G8, mentre i reparti di anatomia patologica e il centro trasfusionale erano ancora nei containers. Il numero dei posti letto disponibili era di 330, contro i 460 posti letto della condizione iniziale ante sisma. Nelle ale della struttura, conosciuti come i "Delta", sede dei dipartimenti di Chirurgia e di Medicina non era stata apportata alcuna modifica<sup>25</sup>. Oggi rimangono da completare i lavori del reparto di Chirurgia, che saranno ultimati entro la fine di gennaio 2014. Rimane inoltre da effettuare l'affidamento dei lavori per l'edificio che ospiterà il dipartimento di Medicina, la cui costruzione è prevista entro la fine 2014<sup>26</sup>.

Il Governo Italiano, nei giorni immediatamente successivi alla catastrofe, ha emanato il Decreto-Legge 28 aprile 2009, n.39, seguito da 36 ordinanze e da un secondo atto normativo primario, il Decreto Legge 30 dicembre 2009, n. 195. La normativa primaria e le ordinanze emanate hanno consentito di affrontare e gestire da subito gli interventi immediati, e di definire le linee strutturali degli interventi futuri per la ricostruzione vera e propria.

Il 20 novembre 2009 è stato siglato l'Accordo che ha confermato la concessione di aiuti per l'emergenza "Sisma Abruzzo" dal Fondo di solidarietà dell'Unione Europea (FSUE), istituito nel 2002 con l'obiettivo di permettere alla Comunità di affrontare situazioni di emergenza in maniera rapida. L'Accordo prevedeva il finanziamento dei seguenti tipi di interventi:

---

<sup>25</sup> La sanità a l'aquila a due anni dal terremoto, l'ospedale san salvatore ancora al 70%, articolo online tratto dal sito [www.quotidianosanita.it](http://www.quotidianosanita.it)

<sup>26</sup> Silveri: "ospedale completamente recuperato, ultimati i reparti di chirurgia e appaltati i lavori delle medicine", articolo online tratto dal sito [www.aquilatv.it](http://www.aquilatv.it)

- Realizzazione di misure provvisorie di alloggio ed organizzazione dei servizi di soccorso destinati a soddisfare le necessità immediate della popolazione (sovvenzione di Euro 50.000.000);
- Realizzazione di strutture temporanee per la sistemazione alloggiativa della popolazione sfollata (sovvenzione di Euro 350.000.000);
- Realizzazione di moduli abitativi e ad uso scolastico (sovvenzione di Euro 93.771.159).

Dal 2009 al 2012 i fondi complessivi stanziati per l'emergenza sono stati di circa 14 Miliardi di euro, di cui 6 miliardi per il 2009 ed 8 miliardi per il triennio successivo (Figura 3.33). Di questi fondi il 3,5% è provenuto dal Fondo di Solidarietà dell'Unione Europea (FSUE) e la restante parte (il 96,5%) dai Fondi del Bilancio Statale e da donazioni private. I fondi del bilancio statale ammontano quindi a circa 13 miliardi e mezzo, di cui circa 1 miliardo e 800 milioni sono stati destinati al Dipartimento della Protezione Civile mentre i restanti alla Regione Abruzzo ed altre Pubbliche Amministrazioni (figura 3.33)<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Protezione civile nazionale, EMERGENZA SISMA ABRUZZO, RELAZIONE DI ESECUZIONE DELLE SPESE SOSTENUTE A VALERE SUL CONTRIBUTO DEL FONDO DI SOLIDARIETA' DELL'UNIONE EUROPEA (FSUE).

Anni 2009 e 2012



FONTI DI FINANZIAMENTO EMERGENZA TERREMOTO ABRUZZO	
	Fondi assegnati
<b>Fondi Bilancio Statale</b>	<b>13.500.500.000</b>
<i>Dipartimento Protezione Civile</i>	1.380.000.000
<i>Regione Abruzzo ed altre Pubbliche Amministrazioni</i>	12.120.500.000
<b>Fondo di Solidarietà - Unione Europea</b>	<b>493.771.159</b>
<i>Dipartimento Protezione Civile</i>	493.771.159
<b>Donazioni private</b>	<b>68.139.192</b>
<b>TOTALE</b>	<b>14.062.410.351</b>

Figura 3.33 – Fondi di finanziamento emergenza sisma dell’Abruzzo (2009)<sup>(25)</sup>.

In particolare, le spese sostenute per la prima emergenza sono state di circa 141 milioni di Euro così suddivise:

<i>GESTIONE TENDOPOLI</i>	21.857.262,95
<i>SPESE TIPOLOGIE DIVERSE</i>	42.666.334,36
<i>RIMBORSO SPESE MINISTERO DELL’INTERNO CORPO NAZIONALE VIGILI DEL FUOCO</i>	76.844.184,86
<b>TOTALE</b>	<b>141.367.782,17</b>

Tabella 3.5 – Spese sostenute per la prima emergenza sisma dell’Abruzzo (2009)

<sup>(25)</sup>.

### 3.6.2 IL SISMA DI HAITI

Il 12 gennaio 2010 alle 16:53 ore locali, un terremoto catastrofico di magnitudo 7.0 Mw ha colpito Port-au-Prince, capitale dello Stato caraibico di Haiti, provocando 222.517 morti, 310.900 feriti e oltre 1,5 milioni di sinistrati<sup>28</sup>. Lo United States Geological Survey (USGS) ha registrato una lunga serie di repliche nelle prime ore successive al sisma, quattordici delle quali di magnitudo compresa tra 5,0 e 5,9 Mw<sup>29</sup>.

Sono state distrutte circa il 75% delle abitazioni, il 90% delle scuole è risultato inagibile e il 25% delle strade è risultato impraticabile. Le uniche vie di accesso per la maggior parte degli aiuti umanitari sono state la frontiera con Santo Domingo, l'aeroporto e il porto che è riuscito a gestire solo il 10% del traffico marittimo, essendo andate distrutte le principali strutture<sup>30</sup>.

Tutte le strutture sanitarie sono divenute sature, senza riuscire a rispondere alle necessità di soccorso ed assistenza dei feriti che attendevano in aree di assistenza improvvisate in varie parti della città con la presenza sul posto di medici ed infermieri. I corpi delle vittime giacevano sulle strade ed agli ingressi degli ospedali.

Il sistema che assicurava l'approvvigionamento di acqua potabile e di energia elettrica è andato distrutto e l'acqua mancava in alcune aree dove le comunicazioni possibili avvenivano solo via radio.

La Federazione Internazionale Croce Rossa (IFRC), all'interno della quale ogni Società Nazionale assolve competenze ed attività specifiche, insieme a molte ONLUS si è immediatamente mobilitata, cercando di soccorrere feriti e terremotati. Il dispiegamento di aiuti umanitari è stato tra i più ingenti nella storia. Se in Abruzzo, infatti, la sola Croce Rossa Italiana ha assistito

---

<sup>28</sup> ANSA.IT, HAITI: NUOVO BILANCIO SISMA, 222.517 MORTI

<sup>29</sup> USGS Earthquake Center, LATEST EARTHQUAKES M5.0 IN THE WORLD – PAST 7 DAYS IN «EARTHQUAKE HAZARDS PROGRAM», United States Geological Survey.

<sup>30</sup> REPORT EMERGENZE 2009-2012, tratto dal sito [www.cri.it](http://www.cri.it)

4.000 persone al giorno, ad Haiti la complessiva macchina della IFRC ha assistito, solamente sotto il profilo sanitario, oltre 55.000 persone al giorno<sup>(28)</sup>.

Le esigenze di aiuto umanitario hanno riguardato prioritariamente la necessità di squadre di ricerca e soccorso (SAR), l'approvvigionamento di materiale e servizi medici di emergenza, la sanificazione dell'acqua, strutture per la gestione dell'emergenza sanitaria, l'accoglienza di oltre 600.000 sfollati, la distribuzione di cibo e beni di prima necessità ( coperte, tuniche, kit igienici, set per la preparazione dei pasti, zanzariere, shelter kit, teli plastificati, cibo), supporto psicologico, supporto logistico e ripristino delle telecomunicazioni.



Figura 3.34 –Attività logistiche sisma di Haiti (2010).

In particolare, la Croce Rossa Italiana ha contribuito dispiegando una ERU Base Campo (Figura 3.35) ed una Cucina da Campo per la distribuzione dei pasti agli operatori umanitari impiegati presso il campo. Per circa 13 mesi, infatti, il ERU Base Campo, con 70 tende, ha ospitato quotidianamente circa 250 operatori umanitari del sistema IFRC e delle Società Nazionali, garantendo tutti i servizi igienici, di ristorazione e di potabilizzazione dell'acqua per la popolazione civile. Croce Rossa Italiana ha infatti garantito assistenza diretta alla popolazione colpita dal terremoto attraverso l'attivazione di un impianto per la potabilizzazione dell'acqua che ha permesso di distribuire alla popolazione circa 8.000 m<sup>3</sup> di acqua potabile, pari a circa 7.300.000 litri di acqua distribuiti alla popolazione haitiana tra

gennaio e dicembre 2010. Sono state inviate due unità mobili di potabilizzazione.

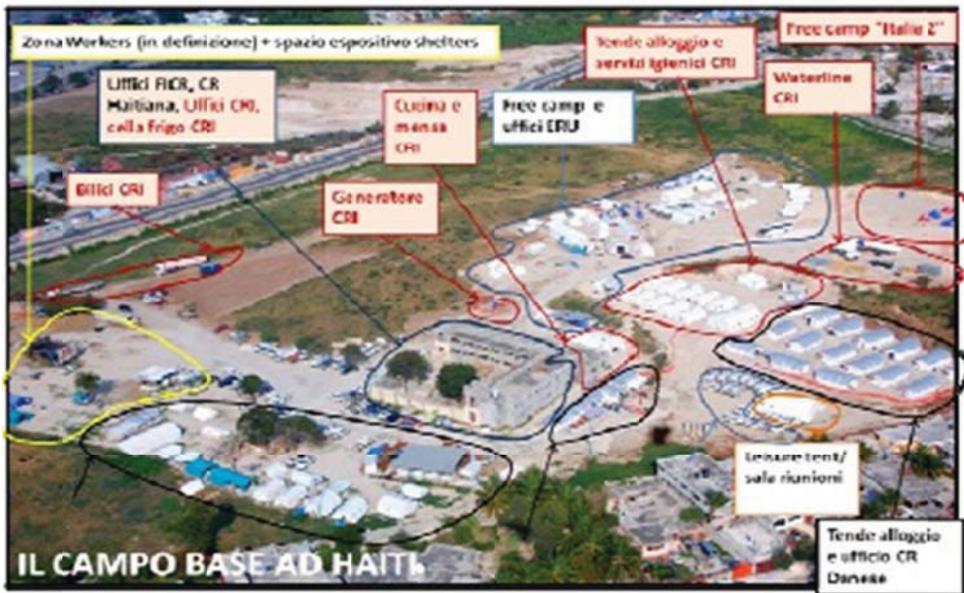


Figura 3.35 –Campo Base CRI sisma di Haiti (2010).

Una di esse, con funzione di rinforzo ed impiego d'emergenza, ed una WaterLine con la capacità di produrre 40.000 litri di acqua potabile al giorno e di imbustarla per la distribuzione. Complessivamente il sistema di potabilizzazione era in grado di garantire 80.000 litri di acqua in 12 ore. L'attività di potabilizzazione dell'acqua è inoltre stata funzionale a limitare le conseguenze ed il dilagare dell'epidemia di colera che dal mese di aprile – maggio ha interessato Haiti, garantendo il prosieguo delle attività di soccorso e aiuto umanitario. Sono stati, inoltre, complessivamente forniti 800.000 pasti, acquistando sempre il materiale per l'approvvigionamento da fornitori locali.

La risposta al sisma di Haiti ha rappresentato il più grande spiegamento di ERU (Unità di Risposta alle Emergenze), ben 20 contro le 17 dispiegate durante lo tsunami che ha colpito lo Sri Lanka nel 2006 (Tabella 3.6).

21 Società Nazionali hanno dispiegato ERU. Circa 280 tra operatori delle Società Nazionali di Croce Rossa e Mezza Luna Rossa e delegati internazionali di IFRC e CICR (Comité International de la Croix-Rouge) sono stati costantemente presenti dalle 24 ore successive la tragedia sino a

gennaio 2001 e successivamente per i progetti di ricostruzione. La Croce Rossa Italiana ha assicurato la presenza di 136 operatori tra personale tecnico specializzato ed Emergency Manager, presenti sul campo per periodi di circa 45 giorni. L'attività di gestione del Campo Base si è protratta per 12 mesi circa, concludendosi alla fine del mese di gennaio 2012 <sup>(28)</sup>.

TIPO ERU	OPER.	SOCIETA' NAZIONALE
Field Hospital (inclusa Wat/San)	85	Germania/Finlandia
Rapid Deployment Hospital	55	Norvegia/Canada
Basic Health Care	15	Giappone
Basic Health Care	32	Finlandia/Francia/svezia
Basic Health Care	18	Germania/Swiss
Basic Health Care	19	Francia/Quatar
Relief/Shelter	19	America
Relief/Shelter	19	Benelux/Francia
Relief/Shelter	12	Francia/Finlandia
Relief	6	Danish
Logistica	18	Gran Bretagna/Spagna
Logistica	27	Svizzera
Wat San M15	19	Francia
Wat San M15	12	Spagna
IT/Telecom	7	Spagna
IT/Telecom	10	Danimarca/America
Mass Sanitation	13	Austria
Mass Sanitation	19	Gran Bretagna
Mass Sanitation	12	Spagna
<b>Campo Base</b>	<b>14/30</b>	<b>ITALIA</b>
Campo Base	8	Danimarca
<b>21 ERU</b>	<b>454</b>	<b>16 Società Nazionali</b>

Tabella 3.6 – Unità di Risposta alle Emergenze dispiegate per il sisma di Haiti (2010) <sup>(28)</sup>.

A quasi quattro anni dal disastroso evento circa 360 mila abitanti dell'isola vivono ancora nei campi di emergenza in attesa di case permanenti.

Croce Rossa Italiana continua ad essere presente ad Haiti per il supporto alla gestione dei progetti relativi alla fase di riabilitazione e ricostruzione, pianificati sull'analisi delle necessità della comunità locale. Gli interventi sociali riguardano l'area del sostegno psico-sociale, ed in particolare l'alimentazione, il supporto psicologico e socio assistenziale, la

scolarizzazione, l'inserimento occupazionale e professionale. Croce Rossa Italiana continua oggi a fornire il suo supporto per la realizzazione di 53 unità abitative e la ricostruzione dei quartieri della capitale, attraverso la realizzazione di scuole, biblioteche, sale informatiche, centri culturali e sportivi e laboratori per 1.500 bambini.

Il sisma ha provocato anche il crollo dell'ospedale traumatologico La Trinité a Port-au-Prince. L'ospedale aperto nel 2006 e gestito dai Medici senza frontiera era l'unico centro specializzato nella cura delle ustioni grave di Haiti<sup>31</sup>. Il sisma ha determinato la scomparsa del primo dei tre piani che costituivano l'edificio, quello ove erano ubicati il pronto soccorso, la sala d'aspetto, la terapia intensiva e la banca del sangue. Al momento del crollo erano molti i pazienti e i medici che si trovavano all'interno della struttura. Dopo il terremoto è stato subito necessario riaprire un'unità specializzata nella cura delle ustioni gravi con una sala operatoria, che è stata installata all'interno di una tenda nei pressi dell'ospedale Sant-Louis di Medici senza frontiera a Port-au-Prince.

A seguito del terremoto le strutture sanitarie pubbliche non sono riuscite a rispondere ai bisogni della maggior parte dei cittadini. Per tale motivo nel febbraio del 2012 si è conclusa nella zona industriale di Tabarre, dopo due anni dal terremoto, la costruzione del centro "Nap Kenbe". L'ospedale, con una capacità di 107 posti letto, è la terza struttura per le cure mediche d'emergenza aperta a Port-au-Prince da Medici senza frontiera dopo il terremoto. La struttura è stata realizzata in container per colmare il vuoto tra la risposta all'emergenza causata dal terremoto e offrendo assistenza gratuita nell'ambito della traumatologia, dell'ortopedia e della chirurgia viscerale<sup>32</sup>.

---

<sup>31</sup> HAITI: "CURARE LE VITTIME DI GRAVI USTIONI DOPO IL TERREMOTO, articolo online tratto dal sito <http://www.medicisenzafrontiere.it>

<sup>32</sup> HAITI: APRE IL NUOVO OSPEDALE A TABARRE, articolo online tratto dal sito <http://www.medicisenzafrontiere.it>



Figura 3.34 –Sistemazione dei containers per il nuovo Centro di Nap Kenbe.



Figura 3.35 –Nuovo Centro di Nap Kenbe a Tabarre.

### 3.6.3 SISMA DELL'EMILIA ROMAGNA

Il 20 maggio 2012 alle ore 02:03 un terremoto di magnitudo 5,9 e profondità 6,5 km ha colpito i territori dell'Italia del Nord, in una zona classificata a bassa pericolosità sismica. Nei giorni successivi si sono susseguite altre scosse con epicentro compreso tra i comuni di Finale Emilia, San Felice sul Panaro e Sermidei. Il 29 maggio 2012 alle ore 07:07 si è verificata una seconda scossa di maggiore intensità (magnitudo 5.8 e profondità 10 km) con epicentro a pochi chilometri di distanza da quello del primo evento sismico, ovvero a Mirandola<sup>33</sup>.

L'evento ha causato ingenti danni alle strutture pubbliche e private, al patrimonio artistico e culturale della regione provocando 26 morti, più di 400 feriti e quasi 12.000 sfollati. Circa 45.000 sono state le richieste di assistenza giunte nelle ore successive al disastro e di queste 16.000 hanno avuto risposta immediata e diretta dal sistema di Protezione Civile<sup>(29)</sup>(Figura 3.36).



Figura 3.36 – Sisma dell'Emilia Romagna (2012).

---

<sup>33</sup> REPORT EMERGENZE 2009-2012, tratto dal sito [www.cri.it](http://www.cri.it)

Alla tragedia delle vittime e delle persone sfollate con la necessità di accoglienza e di un alloggio, si è aggiunta la rovina delle aree produttive più importanti del paese. Il terremoto ha annientato il patrimonio emiliano costringendo alla cassa integrazione circa 40 mila lavoratori e obbligando la sospensione delle attività di oltre 3.200 unità produttive: circa 7000 aziende agroalimentari sono state danneggiate, di queste 2000 gravemente. La stima dei danni nel settore è stata stimata di 705 milioni di Euro <sup>(29)</sup>.

Gravi sono stati i danni subiti dagli edifici pubblici. Su circa 40 mila edifici sottoposti a controllo con sopralluogo di verifica sull'agibilità post-sismica, oltre 34 mila sono stati dichiarati inagibili <sup>(29)</sup>.



Figura 3.37 – Sisma dell'Emilia Romagna (2012).

Il supporto al personale del territorio emiliano è stato assicurato sia dal personale della regione facente riferimento all'Agenzia Regionale di Protezione Civile, che dal supporto del personale della colonna nazionale presente con risorse logistiche e figure specializzate. Anche la Croce Rossa Italiana ha contribuito agli interventi di risposta, impiegando quotidianamente sul campo dai 400 operatori ai 156 operatori nel periodo

compreso tra il 1 giugno ed il 25 settembre 2012. In particolare, nel primo mese di attività la presenza dei volontari della Croce Rossa Italiana ha rappresentato sino al 33% della complessiva presenza di personale afferente al sistema di volontariato della Protezione Civile, e nella fase finale dal mese di settembre a novembre circa il 40%. Questo vuol dire che la Croce Rossa Italiana è riuscita ad offrire circa 1/4 ed 1/3 delle risorse necessarie a fronteggiare una emergenza di livello nazionale <sup>(29)</sup>.

L'immediatezza e la rapidità del dispiegamento è stata molto rilevante: il 20 maggio 2012 in uno dei centri maggiormente colpiti, Finale Emilia, il primo posto di Comando Avanzato è stato dispiegato dalla Croce Rossa Italiana, solamente in 1 ora e 20 minuti dopo l'evento maggiore, avvenuto alle 05:23 <sup>(29)</sup>. Il 29 Maggio, a seguito del secondo evento sismico a Cavezzo, il primo Posto di Comando Avanzato, sempre gestito dalla Croce Rossa Italiana, è stato dispiegato in soli venti minuti dopo il verificarsi dell'evento.

Nelle prime ore sono stati evacuati oltre 600 pazienti dagli ospedali e oltre 2.500 anziani e disabili sono stati assistiti anche a domicilio o trasferiti in altre strutture sanitarie disponibili nella Regione. Nelle ore seguenti all'evento del 20 maggio 2012 le necessità primarie hanno riguardato l'attività di ricerca e di primo soccorso e la predisposizione di strutture e moduli per l'assistenza sanitaria di emergenza. L'assistenza diretta alla popolazione ha necessitato l'allestimento di aree di accoglienza per circa 12.000 persone e la predisposizione di postazioni di assistenza socio - sanitaria temporanei per il medio termine <sup>(29)</sup>.

Ogni giorno per 5 mesi il sistema della Protezione Civile insieme alla Croce Rossa Italiana è intervenuta assistendo sino a 1.100 persone al giorno, offrendo loro:

- attività di accoglienza;
- supporto psico-sociale;
- assistenza sanitaria;
- clownerie;
- supporto socio-assistenziale alle categorie vulnerabili (anziani, minori e disabili);

- distribuzione di beni di prima necessità.

Circa 12.000 sfollati sono stati accolti ed alloggiati in 37 campi attendati di accoglienza ed in 61 strutture attrezzate coperte, come scuole, palestre, caserme ecc. Le aree sono state allestite nei giorni immediatamente successivi all'evento ed hanno proseguito l'attività per altri sei mesi, ovvero sino al mese di novembre. Oltre alle strutture campali ed alle aree di accoglienza sono stati allestiti per ospitare la popolazione sfollata 2 treni, messi a disposizione da Ferrovie dello Stato e Genio Ferroviario e 226 alberghi convenzionati dove sono state trasferite circa 3.000 persone delle 12.000 inizialmente alloggiate nei campi. La Croce Rossa Italiana ha gestito 5 campi, ovvero i Campi di Concordia sulla Secchia, Reggiolo e Finale Emilia 2 e le strutture di ristorazione campale di Rovereto e Carpi <sup>(29)</sup> (Figura 3.38)



Figura 3.38 – Aree di accoglienza dispiegate sisma dell'Emilia Romagna (2012).

Nel Campo di Concordia sulla Secchia sono stati allestiti 2 Cucine da Campo, 1 mensa, 4 torri faro, 9 container bagno, 1 container lavatrici, 33 tende pneumatiche, la segreteria e un magazzino per la distribuzione dei beni di prima necessità.



Figura 3.39 – Campo delle Concordia sulla Secchia (2012).

Il campo ha ospitato sino a 500 persone e ha garantito l'erogazione di circa 1.600 pasti al giorno, parte dei quali distribuiti esternamente o a domicilio in favore degli appartenenti a gruppi vulnerabili, quali anziani o disabili. Presso il campo è stato allestito anche un ambulatorio per le attività sanitarie che ha erogato circa 2.225 prestazioni sanitarie e psico-sociali per gestire le patologie da stress post traumatico ed il supporto al piano di rientro nelle abitazioni <sup>(29)</sup>. Oltre alle attività formative rivolte ai volontari, sono state realizzate attività socio assistenziali per il supporto alle minoranze etniche, ricreative e di intrattenimento per i minori ed anziani e attività formative ed informative alla popolazione. Il campo ha, inoltre, supportato le attività veterinarie, così da permettere che la popolazione sfollata presso il campo potesse tenere con se i familiari a quattro zampe.

DATA	NUMERO CAMPI ATTIVI	CAMPI GESTITI DALLA CRI
20 maggio	12	1
01 giugno	32	2
18 giugno	37	3,5
01 luglio	33	5
26 luglio	29	5
30 agosto	21	4
25 settembre	18	3
26 ottobre	1	1

Tabella 3.6 – Numero dei campi dispiegati durante il sisma dell’Emilia Romagna (2012)

(19)



Figura 3.40 – Struttura di ristorazione campale a Carpi.

La presenza delle persone nelle aree di accoglienza è decresciuta nel tempo. Il rientro nelle abitazioni è avvenuto, infatti, in maniera costante e graduale. Dal 20 ottobre circa 2.500 persone hanno lasciato gli ultimi sei campi di

accoglienza che erano rimasti aperti nel modenese a Finale Emilia, Mirandola, Novi, Bomporto e Concordia sulla Secchia per essere accolti in strutture alberghiere della regione e in moduli abitativi provvisori <sup>(20)</sup>. Gli interventi della fase di riabilitazione e ricostruzione sono ad oggi in essere.



#### 4.1 L'ARCHITETTURA SOSTENIBILE

Secondo l'EPA, Environmental Protection Agency, agenzia statunitense per la protezione ambientale, gli edifici hanno un forte impatto naturale e sulla salute pubblica. Si stima infatti, che, negli USA, essi siano responsabili per:

- il 39% delle emissioni di anidride carbonica
- il 72% del consumo di energia elettrica
- il 39% del consumo di energia
- il 13% del consumo d'acqua<sup>1</sup>

In Europa, secondo il Rapporto Rifiuti 2003<sup>2</sup>, degli 1,3 miliardi di tonnellate di rifiuti solidi prodotti in Europa ogni anno, ben 286 milioni di tonnellate, il 22%, provengono dall'attività di costruzione e demolizione degli edifici. In Italia, secondo il Rapporto rifiuti speciali redatto dall'ISPRA e pubblicato nel Febbraio 2012, sono 56,7 le tonnellate di rifiuti da prodotti di costruzione e demolizione<sup>3</sup>.

Il settore delle costruzioni assorbe più del 40% delle risorse energetiche, ed i prodotti per l'edilizia consumano quantità sempre maggiori di risorse territoriali, prima fra tutte il suolo. Un edificio, infatti, consuma energia durante tutto il suo ciclo di vita, dalla fase di reperimento delle materie prime per la produzione dei materiali edilizi, fino al momento della sua dismissione<sup>4</sup>. La fase più critica coincide con l'utilizzo dell'edificio: su un orizzonte di 50 anni la climatizzazione estiva, il riscaldamento,

<sup>1</sup> Buildings and their impact on the environment: a statistic summary

<sup>2</sup> Rapporto rifiuti 2003, tratto dal sito [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

<sup>3</sup> Rapporto rifiuti speciali 2012, dati relativi al 2009, tratto dal sito [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

<sup>4</sup> Verso un nuovo orizzonte: la bioarchitettura. Pubblicato on-line su [www.casamix.it](http://www.casamix.it)

l'illuminazione e la produzione di acqua calda, incidono per oltre il 90% sul consumo complessivo di energia durante l'intero ciclo di vita<sup>5</sup>.

Considerato che l'aspetto gestionale di una costruzione edilizia influisce notevolmente sull'impatto che essa ha sull'ambiente e, quindi, sui costi diretti e indiretti (Figura 4.1), l'architettura sostenibile, "Green building", ha come obiettivo la progettazione "consapevole" degli edifici, in grado di risolvere l'eventuale divario tra la concezione estetico - formale e quella energetico - funzionale, sulla base di un approccio progettuale integrato che garantisca la qualità del risultato anche sotto il profilo prestazionale, economico ed ambientale.

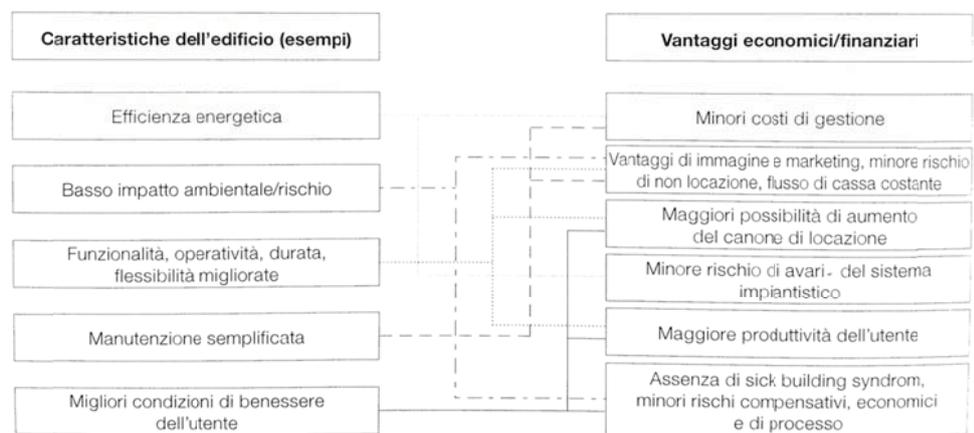


Figura 4.1 – Caratteristiche dell'edificio e vantaggi economici collegati<sup>5</sup>.

L'architettura sostenibile è quindi architettura di edifici "verdi" in cui tutti gli elementi sfruttano le reciproche sinergie al fine di minimizzare gli impatti ambientali dei singoli sistemi, rispondendo pienamente alle esigenze degli utenti nel migliore modo possibile. Ecco, quindi, che i prodotti, i sistemi e le tecnologie adottate dovranno concorrere a ridurre l'impronta edilizia, a contenere l'inquinamento, a migliorare il consumo energetico, ad evitare le emissioni nocive, ad incrementare il confort degli spazi<sup>6</sup>. Tutto questo affinché il prodotto edilizio risulti: gradevole, durevole, funzionale, accessibile, comodo e sano; efficiente dal punto di vista dei consumi di

<sup>5</sup> M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumer, Atlante della sostenibilità", UTET scienze tecniche, 2008.

<sup>6</sup> Admnetwork, Green Building: elementi per un'architettura della sostenibilità. Atti del seminario A+D+M academy.

risorse naturali ed energetiche; rispettoso dell'ambiente circostante e della cultura locale; competitivo in termini di costi di gestione e di manutenzione.

Negli anni '70 – '80, la Comunità Internazionale ha definito il concetto di "edilizia sostenibile" promuovendo, all'interno del processo edilizio, un approccio metodologico che si basa sull'intero ciclo di vita dell'edificio, ("*...dalla culla alla tomba*")<sup>(5)</sup> e cioè dall'individuazione del sito, alla costruzione, gestione e manutenzione, fino alla dismissione e al recupero dei materiali (Figura 4.2).



Figura 4.2 – LCA applicata a un edificio<sup>7</sup>.

Infatti, solo attraverso il controllo di tutte le fasi del processo è possibile ottenere un prodotto edilizio che esprima la compatibilità tra le finalità estetico - funzionali, le prescrizioni normative, i controlli di qualità e di prestazione, le esigenze organizzative, i condizionamenti socio - economici ed ambientali, conseguendo una vita utile programmata ed un invecchiamento controllato dei manufatti, dei prodotti e dei materiali impiegati.

Proprio di questo metodo si parlerà nei paragrafi a seguire; del metodo che prende il nome di "analisi del ciclo di vita" e che rappresenta il cuore della progettazione sostenibile.

<sup>7</sup> G. Baldinelli, Il contributo dell'analisi del ciclo di vita (LCA) alla progettazione di edifici sostenibili, Università degli Studi di Perugia.

## **4.2 L'LCA: ANALISI DEL CICLO DI VITA**

### **4.2.1 STORIA, DEFINIZIONE E METODO**

LCA, acronimo di Life Cycle Assessment, viene tradotto in italiano l'espressione "valutazione del ciclo di vita". L'obiettivo di questo strumento è quello di monitorare un prodotto, un processo, un'attività o una gestione durante tutte le fasi della sua esistenza, con lo scopo di identificare gli effetti che produce sull'ambiente. Gli effetti ambientali vengono misurati con indicatori scientifici, in modo da rendere immediatamente intellegibili le potenzialità di un determinato impatto, che alimenta uno o più effetti sull'ambiente (es. effetto serra, assottigliamento della fascia di ozono, acidificazione, eutrofizzazione etc.).

L'obiettivo finale è quello di individuare, e quindi privilegiare, la produzione e l'utilizzo di prodotti e materiali che presentano un carico energetico il più limitato possibile nei processi produttivi, di trasporto, di messa in opera, di dismissione, etc.

Le origini della Life Cycle Assessment possono essere rintracciate agli inizi degli anni '60, quando furono redatti i primi bilanci energetici e di massa, spinti dalla crescente preoccupazione per l'esauribilità delle risorse fossili.

Lo studio, che si ritiene abbia gettato le basi dell'attuale metodologia, venne pubblicato nel 1974 dal Midwest Research Institute ed era uno studio comparativo su 9 diversi contenitori per bevande; si passò per la prima volta ad uno studio di prodotti e non più a singoli processi industriali ai quali era stata fino ad allora applicata la metodologia.

Un nuovo impulso a questo genere di lavori si è avuto negli anni '80, quando su scala mondiale si iniziò ad affrontare il problema dei rifiuti solidi. In questo contesto, tra gli anni '80 e '90, l'LCA si è messa un luce come strumento idoneo anche all'analisi dei problemi ambientali; contemporaneamente si è sviluppato l'interesse per la valutazione dei potenziali impatti legati allo sfruttamento delle risorse ed alle emissioni

nell'ambiente, andando oltre alla mera contabilizzazione dei consumi e delle emissioni.

Con gli anni '90 si è avviato un processo di standardizzazione, concretizzatosi sia nella pubblicazione di manuali da parte di diversi gruppi di ricerca, sia nella pubblicazione nel 1997 delle ISO 14040.

Una definizione di LCA si trova infatti nelle ISO 14040 che recita: "*l'LCA è un processo di valutazione degli aspetti ambientali associati ad un prodotto o ad un servizio*"; *l'LCA considera gli impatti ambientali lungo la durata del ciclo di vita del prodotto (dalla culla alla tomba) dall'acquisizione delle materie prime alla produzione, all'uso fino allo smaltimento*"<sup>8</sup>.

Sembra opportuno riportare, in quanto maggiormente esplicativa, la definizione proposta da SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), che descrive la LCA come "*un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connessi con un prodotto, processo o attività, condotto attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia e dei materiali impiegati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente, per valutare l'impatto di questi usi di energia e materiali e rilasci nell'ambiente, e per vagliare e realizzare le opportunità di miglioramento ambientale. La valutazione include l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, includendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto e la distribuzione, l'uso, il riuso, la manutenzione, il riciclo e lo smaltimento finale*"<sup>9</sup>

L'LCA, dunque, si propone di stimare l'impatto che l'utilizzo di un materiale ha sull'ambiente, dei consumi delle risorse necessarie, e delle emissioni nei vari comparti ambientali (acqua, aria, suolo) e di valutare l'importanza di questi impatti, soprattutto per comparare tra loro diverse alternative. Scopo di una LCA è identificare tra le possibili alternative le soluzioni più opportune per una riduzione dei carichi ambientali.

---

<sup>8</sup> Norma UNI EN ISO 14040:1998 – Gestione Ambientale – Valutazione Del Ciclo Di Vita.

<sup>9</sup>Lca:Analisi del ciclo di vita, Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica, Università degli Studi di Padova.

La valutazione del ciclo di vita è strutturata come una matrice input e output che, sulle righe, riporta tutti i fattori d'impatto sull'ambiente (quali le emissioni atmosferiche, le materie prime consumate, gli scarichi idrici, i rifiuti prodotti, etc.) e, sulle colonne, riporta tutte le fasi e sottofasi (estrazione e trasporto delle materie prime, produzione e trasporto dei prodotti intermedi, produzione, trasporto, distribuzione, uso, riuso e smaltimento del prodotto/servizio analizzato) che compongono il ciclo di vita. Ogni cella di questa matrice mostra il contributo delle singole fasi alla formazione di un dato fattore d'impatto ambientale. In questo modo si evidenziano i "punti deboli" (le fasi con maggiore impatto) e i "punti forti", da un punto di vista ambientale, del ciclo di vita.

Quando si effettua la valutazione del ciclo di vita, la possibilità di incorrere in equivoci terminologici è assai elevata. Il rischio è che diversi soggetti, pubblici o privati, imprese, associazioni o autorità pubbliche, definiscano con gli stessi termini strumenti di analisi e di valutazione del tutto differenti.

Per superare queste difficoltà, nel 1993-1994, la Setac, il Csa (Canadian Standard Association) e l'Afnor (Association Francaise de Normalization) hanno redatto dei criteri guida nel campo della valutazione del ciclo di vita.

Proprio a partire da questi documenti, l'ISO (International Organization for Standardization) ha iniziato un lavoro, conclusosi all'inizio degli anni '80, che prevede la redazione di un set di raccomandazioni, la definizione degli standard metodologici della valutazione del ciclo di vita e l'elaborazione di linee guida sulla qualità dei dati utilizzati nella LCA e sulle informazioni che devono essere contenute in un report.

Le norme ISO della serie 14040 sono:

- UNI EN ISO 14040 (1998) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi di riferimento;
- UNI EN ISO 14041 (1999) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi d'inventario;

- UNI EN ISO 14042 (2000) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Valutazione dell'impatto del ciclo di vita;
- UNI EN ISO 14043 (2000) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Interpretazione del ciclo di vita.

La standardizzazione introdotta dalla norma ISO 14040 permette di poter eseguire, e certificare, uno studio LCA secondo uno schema prestabilito che consenta, in particolare, di evidenziare le caratteristiche di completezza, affidabilità e riproducibilità dell'analisi. Una grande novità sta nel fatto che la norma prevede la possibilità di un controllo da parte di revisori interni ed esterni ed eventualmente una certificazione da parte di un ente di certificazione riconosciuto.

Quanto detto dimostra come l'intento principale sia stato quello di dotare uno studio di LCA di requisiti essenziali, che ne permettano un utilizzo come riferimento per gli eventuali miglioramenti che si intendono apportare al sistema oggetto dello studio.

Ai sensi della ISO 14040, la procedura di LCA si articola tecnicamente in quattro fasi distinte e consecutive (Figura 4.3), ovvero<sup>(8)</sup>:

- **Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio** (*goal and scope definition*): è la fase preliminare in cui sono definiti gli obiettivi e il campo di applicazione dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti, chi esegue e a chi è indirizzato lo studio, quale funzioni o prodotti si studiano e i requisiti di qualità dei dati;
- **Analisi d'inventario** (*inventory analysis*): consiste nella raccolta di dati e nelle procedure di calcolo volte a quantificare i flussi in entrata e in uscita rilevanti di un sistema di prodotto, in accordo all'obiettivo e al campo di applicazione;
- **Valutazione degli impatti** (*impact assessment*): la valutazione dell'impatto del ciclo di vita ha lo scopo di valutare la portata dei potenziali impatti ambientali, utilizzando i risultati dell'analisi di inventario del ciclo di vita;

- **Interpretazione** (*interpretation*): è un procedimento sistematico volto all'identificazione, qualifica, verifica e valutazione dei risultati delle fasi di inventario e di valutazione degli impatti, al fine di presentarli in forma tale da soddisfare i requisiti dell'applicazione descritti nell'obiettivo e nel campo di applicazione, nonché di trarre conclusioni e raccomandazioni.

Dalla figura 4.3 si vede che l'LCA non sia un processo lineare, che inizia con la prima fase e finisce con l'ultima, ma è un metodo iterativo in cui i livelli di dettaglio incrementano ad ogni successiva iterazione.

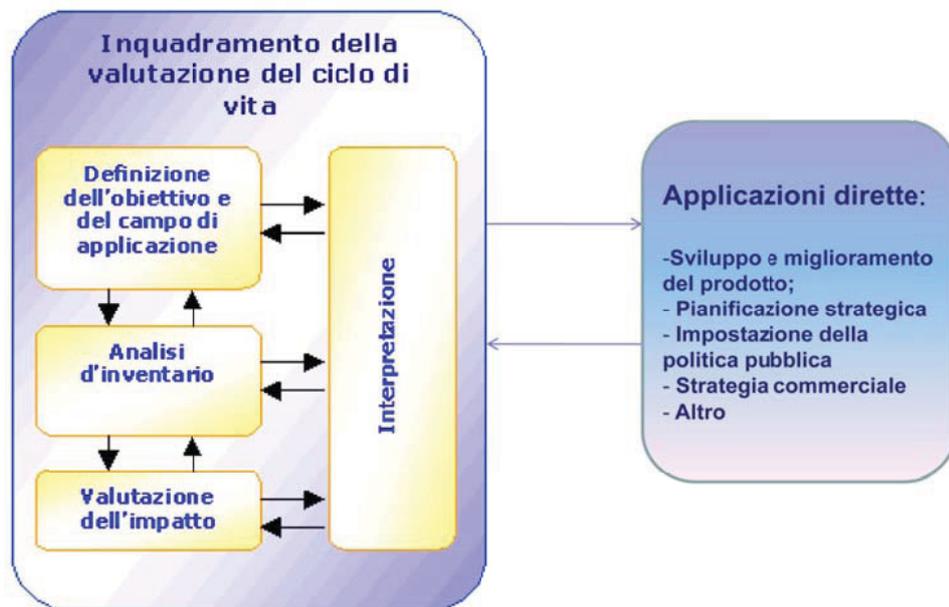


Figura 4.3 – Fasi dell'Analisi del Ciclo di Vita.

#### 4.2.2 ANALISI DEL CICLO DI VITA DI UN EDIFICIO

Altro settore che ha influenzato positivamente lo sviluppo dell’LCA è proprio il settore delle costruzioni. Conoscere le dinamiche energetiche di un sistema edilizio consente di individuare le scelte opportune volte a ridurre l’impatto ambientale ed a migliorarne l’efficienza energetica. L’LCA consente, infatti, di compiere una valutazione ambientale accurata, in quanto tiene conto di aspetti che vanno dall’estrazione delle materie prime allo smaltimento del prodotto/sistema alla fine della sua vita utile. Considerando quindi l’intera vita utile dell’edificio, le giuste scelte sui materiali/processi orientate verso una analisi LCA possono comportare elevate potenzialità di risparmio nei costi di gestione, che possono raggiungere valori di gran lunga superiori ai costi di costruzione.

Un’analisi orientata al ciclo di vita di un edificio permette, quindi, di trarre vantaggio da una serie di potenzialità sia economiche che energetiche, e permette inoltre di fornire risposte a problemi quali:

- la progettazione ecologicamente integrata;
- la selezione dei materiali a minore impatto ambientale;
- l’individuazione del sistema corretto di gestione dei rifiuti;
- la scelta delle tecniche di uso efficiente dell’energia;
- la strategia di conservazione delle risorse idriche;
- la gestione del fine vita dei manufatti;
- identificazione delle tipologie di impianti di servizio a “basso consumo di risorse”.

Nel ciclo di vita di un edificio è possibile distinguere cinque fasi, ovvero:

- ideazione;
- progettazione;
- realizzazione;
- utilizzo;
- dismissione.

Solo nel momento in cui si conoscono le reciproche dipendenze ed i rapporti causali, e questi ultimi vengono considerati nell’osservazione del ciclo di

vita, è possibile progettare, costruire e gestire in modo mirato alla sostenibilità. È auspicabile, in fase di progettazione, prevedere quelle che potranno essere le modifiche da apportare in futuro ad un edificio, in modo tale da evitare future demolizioni parziali con conseguente aumento dell'impatto energetico ed ambientale.

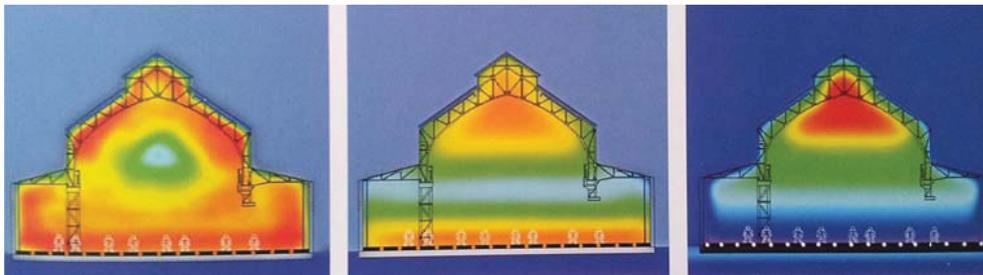
È difficile tuttavia prevedere gli sviluppi futuri relativi al contesto dell'edificio ed alla sua possibile utenza, le variazioni del tipo di uso, della sua entità e durata. La difficoltà nelle previsioni deriva dalle possibili evoluzioni dei prezzi nel lungo termine. Per tale motivo per prendere le giuste decisioni, occorre fare in modo che quanto stabilito nelle prime fasi del ciclo di vita (ideazione/progettazione) sia il più possibile flessibile alle ipotetiche evoluzioni future. Occorre elaborare un progetto *d'uso flessibile*, in grado di garantire un uso adeguato al contesto temporale, ma orientato all'evoluzione futura. L'edificio deve poter essere sottoposto ad interventi di adattamento ed a cambi di destinazioni d'uso, senza compromettere i suoi componenti prima della scadenza del loro ciclo di vita tecnico.

Un esempio di conversione con processo di metamorfosi riguarda la trasformazione della Jahrhunderthalle di Bochum nella cosiddetta Montagehalle per l'arte (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Riqualificazione della Jahrhunderthalle, Bochum, Germania, 2003, Petzinka Pink Architekten.

Progettato per un evento fieristico previsto a Düsseldorf nel 1902, il complesso fu trasportato a Bochum un anno più tardi per ospitare impianti industriali; dismesso nel 1968, l'edificio venne poi adibito a deposito fino al 2002, ed in seguito convertito in uno spazio per eventi teatrali e musicali con largo impiego di un'innovativo apparato tecnologico. Questa conversione è stata possibile perché l'edificio era stato concepito in modo flessibile nel progetto originario. Per assicurare nei padiglioni un comfort termico all'insegna dell'efficienza e della sostenibilità, l'edificio è stato dotato di un sistema di ventilazione stratificata che funziona secondo un principio di reazione inversa alle condizioni meteorologiche esterne (Figura 4.5). Grazie a un sistema tecnologico intelligente, è stato possibile adibire a nuovo utilizzo un edificio che è stato così avviato al suo terzo ciclo di vita.



a)

b)

c)

Figura 4.5 – Progetto climatico per la Jahrhunderthalle di Bochum: a) rappresentazione del principio della ventilazione a strati in inverno; b) rappresentazione del principio della ventilazione a strati nella fase di transizione; c) rappresentazione dello status quo in inverno<sup>(5)</sup>.

Una progettazione che tenga conto dei cicli di vita di un edificio e dei parametri di flessibilità (“*soft – skill*”) apre nuove opportunità, che permetteranno in futuro di concepire, costruire e gestire edifici in modo più economico, energeticamente efficiente e sostenibile.

Una delle condizioni fondamentali per una progettazione sostenibile è la possibilità di prevedere una durata di utilizzo possibilmente lunga, considerando che il trasporto dei materiali per la costruzione *ex-novo* è sempre connesso ad un alto consumo di risorse e di energia. L'edificio al termine del suo ciclo di vita deve poter *riciclare* i suoi materiali. La conservazione e la conversione dei materiali di un edificio hanno la netta

priorità sulla demolizione e sulla successiva ricostruzione. Per tale motivo in un edificio, dovrebbero essere impiegati materiali che richiedano poca manutenzione e che durino a lungo. Riparazioni, potenziamenti dell'apparato tecnologico e migliorie costituiscono inevitabili cesure nel ciclo di vita di un edificio; le componenti ed i materiali dovrebbero perciò essere facilmente asportabili per riparazioni e sostituzioni, oppure riutilizzabili nel caso di rinaturalizzazione o smantellamenti.

Il calcolo dei costi relativi al ciclo di vita di un edificio, il cosiddetto “Life Cycle Costing” (LCC), ha la finalità di effettuare una stima globale dei costi relativi alle fasi di progettazione, costruzione, gestione, funzionamento, mantenimento, demolizione e smaltimento. La procedura LCC si riferisce spesso a singoli componenti dell'edificio. Mediante i software di simulazione presenti sul mercato è possibile attribuire a ciascun elemento una determinata durata di vita e desumere l'ammontare dei costi risultanti per l'immobile. La progettazione dei materiali di superfici, come il rivestimento dei pavimenti, non dovrebbe essere sottovalutata, dato che il costo della loro pulizia e della cura, soprattutto negli edifici amministrativi, può rappresentare oltre il 30% dei costi di esercizio, un fattore di costo che può ripercuotersi in modo rilevante e soprattutto duraturo sull'entità globale degli oneri (Figura 4.64.).

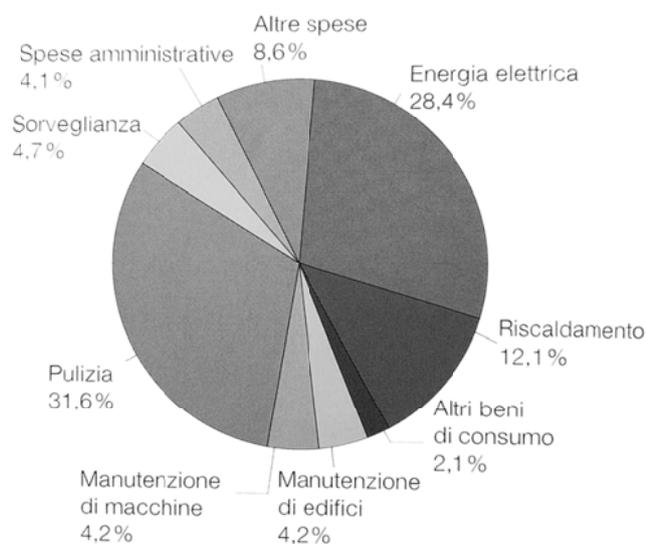


Figura 4.6 – Tipica ripartizione dei costi di un edificio per uffici <sup>(5)</sup>.

La procedura LCC rappresenta dunque un valido strumento per confrontare e valutare contemporaneamente le soluzioni alternative che si possono presentare.

### 4.2.3 LCA DI UN EDIFICIO: APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA

L'approccio LCA applicato ad un edificio si presenta in modo diverso da quello adottato in economia per descrivere i processi industriali che, tradizionalmente, prevede la suddivisione dell'industria in settori (estrattivo, tessile, delle costruzioni, etc.). Nel caso di un edificio, l'approccio LCA è invece concentrato sull'analisi del soddisfacimento delle funzioni proprie di ogni settore.

Nel ciclo di vita di un edificio è possibile distinguere le 4 fasi citate nel paragrafo 4.1. ai sensi della ISO 14040, ovvero<sup>(8)</sup>:

- Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio;
- Analisi d'inventario;
- Valutazione degli impatti;
- Interpretazione.

Di seguito si riporta una descrizione delle singole fasi facendo riferimento, in particolare, al LCA degli edifici.

#### DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI E DEL CAMPO DI APPLICAZIONE DELLO STUDIO

Nella prima fase della procedura di LCA, si precisano le finalità dello studio (oggetto, destinatari, applicazioni). Secondo la norma UNI EN ISO 14040 *“Gli obiettivi e gli scopi dello studio di una LCA devono essere definiti con chiarezza ed essere coerenti con l'applicazione prevista. L'obiettivo di una LCA deve stabilire senza ambiguità quali siano l'applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio)*<sup>(8)</sup>.

In questa fase devono essere descritti e tenuti in considerazione:

- le funzioni e l'unità funzionale;
- i confini del sistema di prodotto;
- i requisiti di qualità dei dati iniziali;
- il tipo e lo schema della relazione richiesta.

Un determinato sistema può avere un gran numero di *funzioni* possibili e la funzione scelta per lo studio dipende dall'obiettivo e dal campo di applicazione.

L'*unità funzionale* è l'unità di misura a cui si rapportano tutti i dati; è il riferimento a cui legare i flussi in entrata ed in uscita. Nel caso di LCA di un edificio, l'unità funzionale che si può scegliere è l'intero edificio, cioè i flussi di materiali ed energia in ingresso e le emissioni in uscita sono quantificati rispetto all'edificio nella sua interezza. Ciò consente di confrontare i risultati relativi alle diverse fasi del ciclo di vita dell'edificio o di paragonare soluzioni differenti.

Nella LCA il sistema è delimitato da appropriati confini fisici rispetto al sistema ambiente e con questo ha rapporti di scambio caratterizzati da una serie di input e output. Definire i *confini del sistema* vuol dire stabilire, in primo luogo, quali *unità di processo* includere nell'analisi del ciclo di vita. Il sistema "prodotto - edificio" viene scomposto in unità di processo, cioè in tutti quegli elementi, materiali e componenti, che costituiscono l'edificio e che sono interessati da flussi di materia ed energia durante la loro vita, cioè durante le fasi di acquisizione delle materie prime, produzione, trasporto, utilizzo, riciclo e gestione dei rifiuti (Figura 4.7).

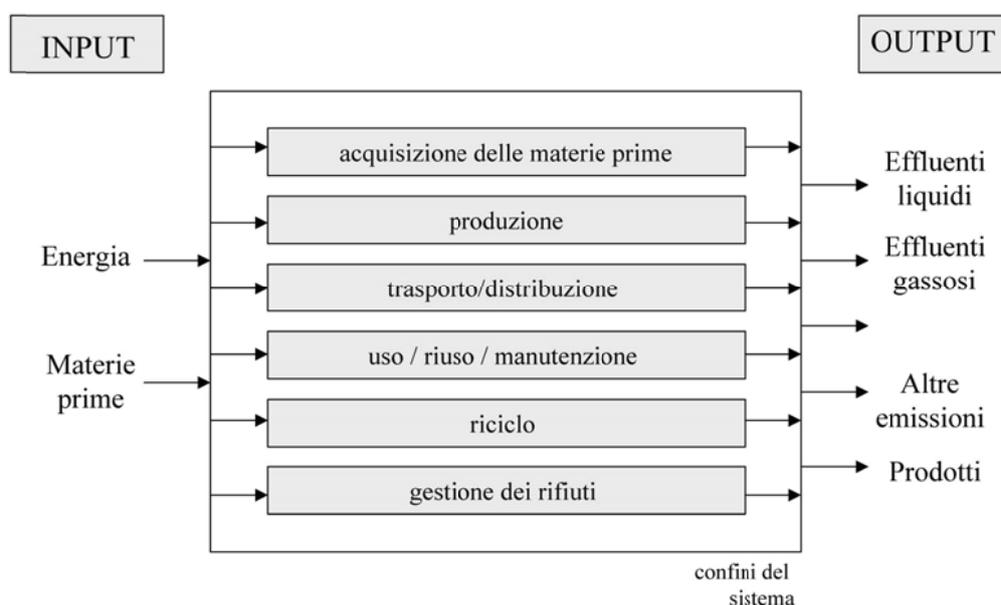


Figura 4.7 – Scomposizione delle fasi dell’analisi di ciclo di vita di un prodotto<sup>(7)</sup>.

Per scomporre l’edificio ed individuare le unità funzionali si può utilizzare la “Classificazione del sistema tecnologico” prevista dalla norma UNI 8290. Questa concepisce la scomposizione del sistema in sei livelli di dettaglio via via crescenti, ovvero:

- **classi di unità tecnologiche** (es.: chiusura, struttura portante, partizione interna, impianti, etc.);
- **unità tecnologiche** (es.: chiusura verticale, chiusura orizzontale inferiore, etc.);
- **classi di elementi tecnici** (pareti perimetrali, infissi esterni verticali, etc.);
- **sub-sistemi** (tamponature verticali, ect.);
- **componenti** (strato di irrigidimento, strato di isolamento termico e acustico);
- **sub-componenti** (mattoni, isolanti di origine sintetica, battiscopa, pitture).

Sono quindi le più piccole parti del sistema prodotto - edificio, cioè le unità di processo, che individuano il livello di dettaglio con cui sono raccolti i dati. Per raggiungere il livello di dettaglio non è sufficiente far ricorso al

solo computo metrico estimativo, fonte principale dei dati, ma è necessario utilizzare anche gli elaborati grafici del progetto esecutivo (strutturali, architettonici, degli impianti, ect.). Ad esempio, nel computo metrico è riportata la quantità, in metri quadrati, di solaio in latero - cemento; questo, con l'ausilio degli elaborati strutturali esecutivi si scompone in diversi sub - sistemi: solaio su spazio areato, su portico, a sbalzo, per coperture inclinate e per coperture piane calpestabili, ect. Dall'elenco voci del computo metrico è quindi possibile individuare i sub - componenti (calcestruzzo, armature, laterizi) e con l'aiuto di dati reperibili in letteratura si calcolano le rispettive quantità.

Questi passaggi, per quanto condotti con accuratezza, comportano inevitabilmente l'introduzione di approssimazioni e ipotesi formulate da chi esegue la valutazione del ciclo di vita. Per eliminare tale arbitrarietà è necessario disporre di uno schema per la realizzazione del computo metrico estimativo, a cui tutti i progettisti possono far riferimento con il livello di dettaglio necessario per realizzare uno studio di LCA. Inoltre, i sub-componenti sono costituiti da prodotti industriali che necessitano a loro volta di un'analisi di ciclo di vita. Per facilitare il compito del valutatore e ridurre l'arbitrarietà delle ipotesi introdotte, è opportuno disporre di un database per l'edilizia, in cui i subcomponenti siano assemblati in componenti; è necessario un database in cui ad esempio compaia la voce "solaio in latero - cemento".

L'Ecoinvent, ad esempio, è un database di origine olandese utile per effettuare questo tipo di analisi, sebbene esso non sia specificamente concepito per il settore edilizio.

Stabilire i confini del sistema non significa definire solamente le unità di processo, ma anche le fasi di vita da includere nello studio. La vita di un edificio si può suddividere in tre fasi fondamentali che sono (Figura 4.8):

- **collocazione del materiale:** in questa fase si considera la produzione dei materiali, quindi l'estrazione o l'eventuale utilizzo di materiale riciclato, il trasporto alle industrie di trattamento e la lavorazione; ma anche la fase di posa in opera che include il trasporto

dall'azienda di produzione al sito di costruzione, l'assemblaggio delle componenti e le loro eventuali sostituzioni durante la fase operativa, nonché l'operazione di scavo;

- **fase operativa:** questa fase corrisponde alla vita utile del sistema edilizio. E' in questa fase che si registrano i consumi di gas naturale per riscaldamento, la produzione di acqua calda e la cottura di cibi, nonché i consumi di energia elettrica per gli elettrodomestici e per l'illuminazione.
- **dismissione:** smontaggio o demolizione delle componenti, trasporto dall'edificio al sito di deposizione o di riciclo o di riutilizzo.

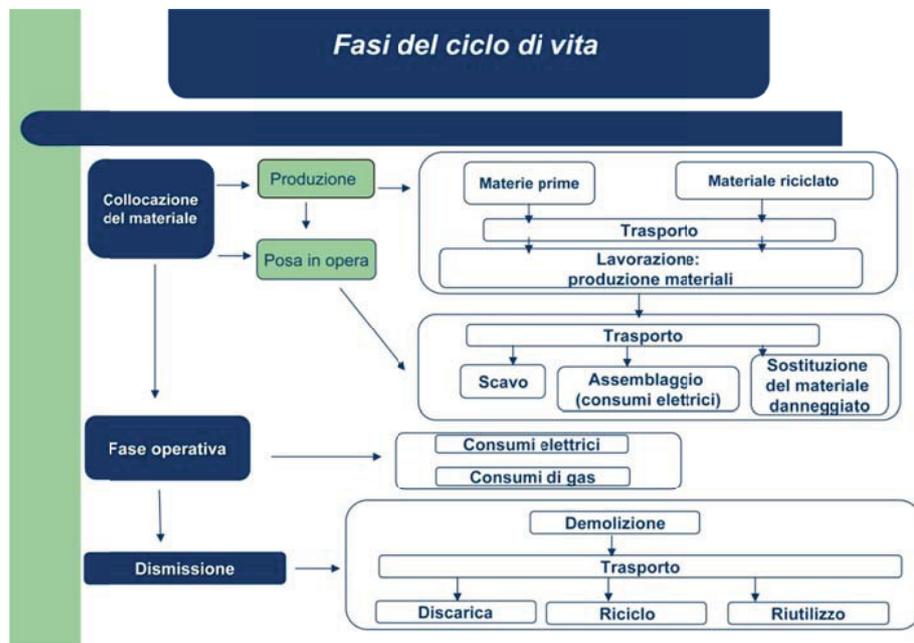


Figura 4.8 – Fasi del ciclo di vita di un edificio<sup>(7)</sup>.

## ANALISI D'INVENTARIO

Nell'analisi d'inventario si raccolgono i dati ed i procedimenti di calcolo che consentono di specificare i flussi in entrata e in uscita dal sistema; nel caso dell'edificio, si descrivono tutte le operazioni necessarie per effettuare la scomposizione dell'edificio sulla base delle indicazioni fornite dalla norma UNI 8290. Per ogni sub - sistema si realizzano delle "tavole" che riportano anche i componenti e sub - componenti; questi a loro volta sono

descritti in delle “tabelle” con le informazioni necessarie per l’attribuzione al materiale scelto dal data - base. Tavole, tabelle e schede tecniche costituiscono quindi gli elaborati prodotti nell’analisi d’inventario, che quindi diviene il momento più importante di una LCA.

È possibile dividere l’inventario in 4 fasi:

- fase di produzione e posa in opera;
- fase d’uso;
- fase di manutenzione;
- fase di demolizione e smaltimento.

Nella *fase di produzione e posa in opera* si analizzano i consumi - impatti che scaturiscono nelle fasi di:

- Produzione;
- Trasporto;
- Edificazione, che a sua volta si suddivide in:
  - a) Scavo (consumi di energia per l’escavatore, impatto dovuto alla occupazione del suolo, impatto dovuto alla trasformazione del suolo);
  - b) Assemblaggio (energia necessaria alla prima fase di collocazione del materiale.

Nella *fase d’uso* si ricavano, attraverso attività di monitoraggio, i consumi energetici da attribuire ai (Figura 4.9):

- Consumi di gas naturale: il gas naturale che viene impiegato per il riscaldamento invernale, per gli usi cucina e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- Consumi di energia elettrica;
- GPL.

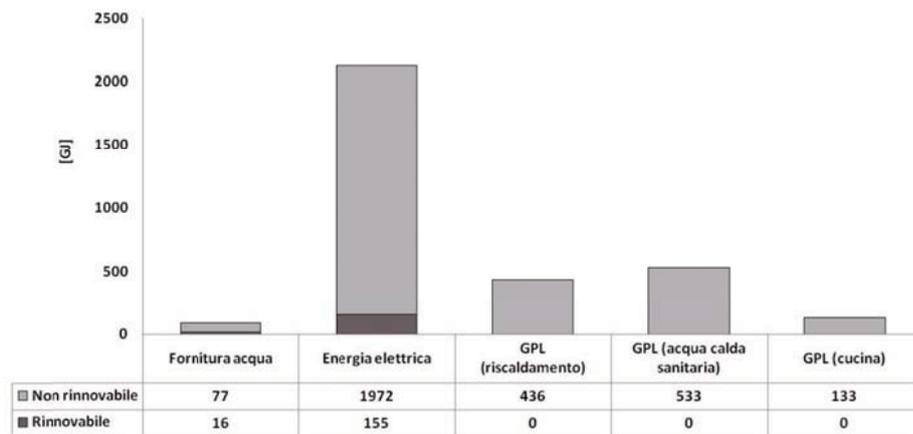


Figura 4 .9 – Consumi di energia riportati nell’inventario per la fase di utilizzo di una LCA di un edificio monofamiliare<sup>10</sup> .

Nell’inventario nella *fase di manutenzione* si stimano i consumi relativi alla manutenzione o alla sostituzione di componenti ed impianti.

Nella *fase di demolizione e smaltimento* si valutano gli scenari di fine di vita.

Ci sono tre alternative per lo smaltimento dei materiali da costruzione:

- Riciclo diretto: Il materiale viene separato dagli altri direttamente presso l’edificio in corso di demolizione e l’energia consumata è soltanto quella necessaria per lo smantellamento dei componenti, mentre l’energia spesa per il trasporto del materiale al sito in cui avviene il riciclaggio è a carico di chi utilizza il materiale riciclato e non del primo utente. Si utilizza questa modalità di riciclaggio per materiali da costruzione come il vetro e l’alluminio.
- Riciclo parziale previa selezione e separazione dei materiali idonei: Si applica se il materiale è mescolato ad altri in maniera tale da non poter essere diviso sul posto, viene quindi trasportato presso un impianto in cui verrà separato e poi trasferito al riciclaggio se idoneo o altrimenti verrà mandato in discarica. Si utilizza questa modalità di riciclaggio per materiali come il cemento armato.

<sup>10</sup> Ardente, G. Beccali, M. Fontana, S. Longo, L’analisi del ciclo di vita applicata agli edifici residenziali, il caso studio di un edificio mono-familiare, La termotecnica, Edilizia & Ecologia, Settembre 2009, pagg. 55 – 59.

- Deposizione in discarica senza riciclo: E' una scelta che si opera per i materiali che non possono essere riciclati per mancanza di qualità (materiali mescolati e inseparabili) mancanza di tempo o per assenza di mercato per il prodotto riciclato.

## VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Il passo successivo all'analisi d'inventario riguarda l'analisi degli impatti (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) che ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modifiche ambientali che si generano a seguito del rilascio nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocato dal sistema in oggetto. L'analisi LCIA è regolata dalla norma ISO 14042.

Eco – Indicator 99 è uno dei metodi di valutazione degli impatti ambientali, che aggrega i risultati di LCA in grandezze o parametri facilmente comprensibili ed utilizzabili, chiamati Eco - indicatori. Esso permette di esprimere le emissioni e le estrazioni di risorse in categorie di impatto. Alcuni indicatori di impatto che si possono utilizzare sono i seguenti:

- Effetto serra;
- Acidificazione;
- Eutrofizzazione;
- Erosione del suolo;
- Impoverimento di risorse idriche;
- Danni al paesaggio;
- Danni alla salute umana;
- Biodiversità.

Le categorie di impatto sono raggruppabili a sua volta in tre categorie di danno, che sono:

- Danni alla salute umana;
- Danni alla qualità dell'ecosistema;
- Danni alle risorse;

La valutazione degli impatti si sviluppa nei momenti qui di seguito descritti:

- **Classificazione:** ciascun impatto (input e output delle fasi del ciclo di vita), quantificato nella fase d'inventario, viene "classificato" sulla base dei problemi ambientali a cui potenzialmente contribuire.
- **Caratterizzazione:** le quantità di ciascun input ed output vengono moltiplicate per un "fattore equivalente (EQ)", che misura l'intensità dell'effetto di una sostanza sul problema ambientale considerato.
- **Normalizzazione:** i valori ottenuti vengono normalizzati, cioè divisi per un valore di riferimento in modo da poter stabilire l'entità di ciascun effetto ambientale.
- **Attribuzione dei pesi:** attraverso un valore numerico si esprime l'impatto ambientale associato ad un prodotto nell'arco del suo ciclo di vita. I valori degli effetti normalizzati vengono quindi moltiplicati per dei "fattori di peso", che esprimono l'importanza intesa come criticità, che viene attribuita a ciascun problema ambientale.

## INTERPRETAZIONE

Quest' ultima fase consiste nell'interpretazione dei risultati delle fasi di inventario e di valutazione degli impatti e nell'eventuale redazione di conclusioni e di raccomandazioni per il miglioramento della performance ambientale dell'edificio; quindi si valutano le opportunità per minimizzare l'impatto. L'analisi del ciclo di vita permette di identificare gli ambiti in cui si potrebbero attuare dei miglioramenti. Si possono così valutare le varie proposte di miglioramento e scegliere l'alternativa più appropriata.

#### 4.2.4 SCELTA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Il mondo costruito è un mondo costituito da un insieme di materiali che al loro interno conservano la maggior parte dell'energia disponibile (rinnovabile e non), sottratta al pianeta per il benessere degli uomini. Oggi la realizzazione ordinaria di un metro cubo di costruzione massiva richiede circa 650 kg di materiale, quella di un metro cubo di costruzione leggera circa 450 kg<sup>5</sup>. Non meraviglia quindi che l'edilizia, in ogni parte del mondo, sia il settore che più di ogni altro è responsabile del consumo delle risorse.

La scelta del materiale più appropriato dipende da molti fattori (Figura 4.10), nella maggior parte dei casi la decisione finale è condizionata da aspetti oggettivamente verificabili, come ad esempio proprietà fisiche e chimiche, dimensioni e costi. La capacità di un materiale di soddisfare in modo effettivo le esigenze ed i requisiti garantendo un uso sicuro e durevole è decretata dall'elenco delle prestazioni tecnico – funzionali.

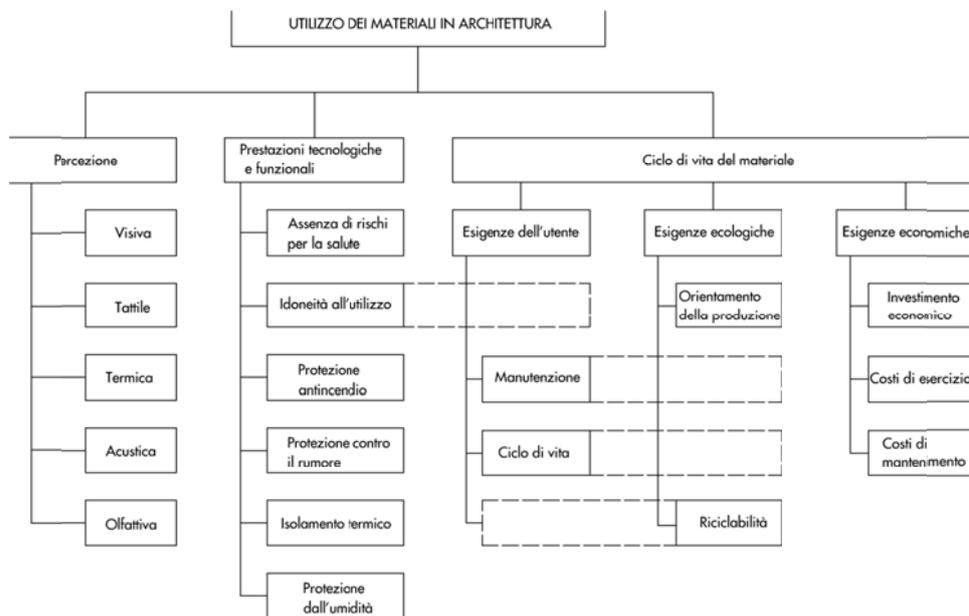


Figura 4.10 – Quadro sinottico degli aspetti relativi alla scelta del materiale<sup>(5)</sup>.

Le caratteristiche essenziali di un materiale da costruzione, per quanto riguarda gli aspetti relativi alla fisica tecnica, derivano a grandi linee dalle esigenze di protezione antincendio, di protezione acustica e dall'umidità, e dalla statica per quanto riguarda la capacità portante delle strutture. Nella maggior parte dei casi un solo materiale non è in grado di soddisfare tutte le

esigenze dell'elemento edilizio a cui appartiene, di conseguenza alcuni vantaggi derivano dalle possibilità offerte dalla stratificazione, dove ogni singolo strato è in grado di assolvere soltanto determinate funzioni.

Nel corso della vita di un edificio possono sopraggiungere nuove esigenze, non prevedibili in corso di progettazione; è inoltre chiaro che ogni scelta nel campo dei materiali contribuisce alla definizione della salubrità ambientale, che ha considerevoli effetti sul fabbisogno energetico e sull'ambiente, e può favorire o rendere più difficile ogni eventuale riutilizzo. Per molte destinazioni d'uso si tratta di non escludere probabili variazioni nel corso della vita dell'edificio e di non ostacolare inutilmente possibili trasformazioni. Sono molti gli architetti che hanno sviluppato una posizione originale su questo punto: Alvar Aalto, Carlo Scarpa o Peter Zumthor, solo per citarne alcuni, hanno saputo caratterizzare in modo determinante il proprio linguaggio architettonico con i materiali.

Nella scelta del materiale si sovrappongono considerazioni di tipo energetico ed ambientali. L'approfondimento relativo ai processi energetici non deve ridursi ad un solo campo specifico, ma deve essere sempre collegato ad una trattazione complessiva del tema della sostenibilità. Attraverso i processi fisici il materiale contribuisce in modo decisivo alla determinazione delle prestazioni energetiche dell'edificio. Gli aspetti fondamentali sono tre:

- I materiali da costruzione riducono il flusso di calore. In questo modo consentono una sostanziale riduzione dei consumi energetici complessivi dell'edificio, permettono un risparmio di energia in esercizio e contribuiscono ad un maggior risparmio energetico. Il consumo di energia è generalmente accompagnato da conseguenze ambientali, ad esempio la produzione di CO<sub>2</sub>, la formazione di piogge acide e l'inquinamento atmosferico estivo. La riduzione dei consumi diminuisce le ricadute sull'ambiente. Il materiale, inoltre, è un regolatore del flusso di calore e trasmette o accumula energia: mantiene l'energia dove serve oppure la allontana quando è in eccesso. Attraverso questo processo è possibile ottenere vantaggi sia

economici che ambientali: minore impatto ambientale può significare migliore efficienza energetica, e quindi costi di gestione più contenuti.

- Produzione, mantenimento o smaltimento del materiale legano a sé una certa quantità di energia, che prende il nome di “energia grigia” ed è quantificata dal contenuto di energia primaria (PEI). In particolar modo la produzione è responsabile di grande quantità di effetti ambientali irreversibili, la riduzione delle conseguenze è possibile attraverso l’uso razionale del materiale e la definizione del ciclo di vita.
- Il materiale, nel corso del suo utilizzo ed in particolar modo attraverso la manutenzione, può dare origine a processi energetici secondari che, se considerati nel periodo di vita complessivo, hanno conseguenze energetiche, ecologiche ed economiche di notevole impatto. L’analisi accurata di queste conseguenze è possibile solo attraverso lo studio accurato del materiale in riferimento all’intero ciclo di vita dell’edificio e non limitatamente al momento della costruzione.

E’ necessaria un’analisi differenziata degli effetti derivanti dall’impiego del materiale, facendo riferimento all’energia, all’ambiente ed alla sostenibilità. Lo studio del ciclo di vita del materiale analizza le catene di trasformazione, rivela gli effetti ambientali ed energetici e crea le premesse per una selezione estremamente responsabile.

#### 4.2.4.1 LCA DEI MATERIALI EDILIZI

Con l'analisi del ciclo di vita dei materiali si entra in un campo nuovo e non ancora completamente definito, basato sulla convergenza di conoscenze provenienti da vari settori dell'economia e delle scienze sociali.

Il profilo ambientale di un prodotto edilizio dipende dagli impatti ambientali che il materiale provoca sull'ambiente durante le fasi di reperimento delle materie prime ed i processi di produzione del materiale stesso.

“La tavola rotonda per l'edilizia sostenibile” promossa in Germania dal Ministero federale dei trasporti, dell'edilizia e dello sviluppo urbano (BMVBS) ha stabilito le categorie generali per l'individuazione degli effetti ambientali dei materiali da costruzione, questi sono:

- Contenuto di energia primaria rinnovabile/non rinnovabile (PEI);
- Potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential –  $GWP_{100}$ );
- Potenziale di distruzione dell'ozono (Ozone Depletion Potential – ODP);
- Potenziale di acidificazione (Acidification Potential – AP);
- Potenziale di eutrofizzazione (Eutrophication Potential – EP);
- Potenziale fotochimico di formazione degli ossidi (Photochemical Ozone Creation Potential – POCP);
- Potere calorifico;
- Durata;
- Potenziale di riciclaggio.

Contenuto di energia primaria: Il contenuto di energia primaria di un materiale è la quantità di “energia grigia” contenuta nel materiale, ovvero la quantità di energia necessaria alla produzione, al trasporto, allo stoccaggio ed allo smaltimento del prodotto. In base alla tipologia delle fonti energetiche utilizzate, viene indicato il PEI relativo a fonti rinnovabili e non rinnovabili. Può essere rapportato al volume ( $m^3$ ) o al peso (kg) del materiale, ma può essere riferito anche al singolo elemento o all'edificio completo. L'unità di misura è il megajoule (MJ), ove 100 MJ corrispondono

al potere calorifico di 2,8 litri di petrolio e 3,6 MJ a quello di un chilowattora. Durante la procedura di selezione dei materiali il progettista, tra tutti i materiali che presentano uguale capacità prestazionale, deve scegliere quello che presenta un basso contenuto di energia primaria non rinnovabile. Un minore contenuto di energia primaria non rinnovabile consente, infatti, una migliore valutazione ecologica del materiale<sup>11</sup>.

Potenziale di riscaldamento globale: A causa dell'effetto serra i raggi infrarossi emessi dalla terra vengono riflessi e in parte trattenuti nell'atmosfera. L'accumulo dei gas serra nella troposfera porta a un aumento della riflessione, quindi al riscaldamento terrestre. Il potenziale di riscaldamento globale (GWP<sub>100</sub> (Kg CO<sub>2</sub>-equivalenti)) esprime quanto un gas contribuisce all'effetto serra, basandosi su una scala relativa che confronta la sostanza considerata con la CO<sub>2</sub>, il cui GWP è per definizione pari a 1. Per esempio, il CH<sub>4</sub> è un gas serra a maggiore impatto della CO<sub>2</sub>, il suo GWP infatti ha un valore pari a 23. Questo vuol dire che 1Kg di CH<sub>4</sub> ha lo stesso impatto di 23 kg di CO<sub>2</sub>. Ogni valore di GWP è calcolato per uno specifico intervallo di tempo indicato a pedice (standard si intende un arco temporale di 100 anni espresso come GWP<sub>100</sub>). Un emissione di 10 kg di CO<sub>2</sub> corrisponde circa alla preparazione e combustione di 3 litri di olio combustibile.

Potenziale di distruzione dell'ozono: Il potenziale di distruzione dell'ozono (ODP (Kg R11-equivalenti)) è un indice che quantifica la capacità da parte di un gas di distruggere lo strato di ozono presente in stratosfera. Viene espresso a parità di massa rilasciata nella troposfera rispetto al gas R11 preso a riferimento e per il quale si assume il valore ODP=1, ovvero il peggiore.

Potenziale di acidificazione: L'acidificazione è l'alterazione chimica dell'ambiente che comporta una produzione di ioni di idrogeno più rapida rispetto alla loro dispersione o neutralizzazione; è dovuta principalmente alla ricaduta di composti di zolfo e azoto dai processi di combustione. Il

---

<sup>11</sup> M. Hegger, V. Auch-Schwelk, M. Fuchs, T. Rosenkranz, Atlante dei materiali, UTET scienze tecniche, 2006.

potenziale di acidificazione (AP (Kg SO<sub>2</sub>-equivalenti)) misura la tendenza di un elemento a diventare acidificante. Per ogni sostanza acidificante viene indicato il valore in rapporto al potenziale acidificante del biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>).

Potenziale di eutrofizzazione: Con il termine iperfertilizzazione o eutrofizzazione si intende l'accumulo di sostanze nutritive. Nelle acque eutrofizzate si può giungere alla morte dei pesci e alla morte biologica del corso d'acqua stesso. Le piante che si trovano in un terreno eutrofizzato mostrano un indebolimento dei tessuti e una minore resistenza contro gli influssi ambientali. Un'elevata somministrazione di sostanze nutritive porta all'accumulo di nitrati nella falda freatica e nell'acqua potabile, dove si possono formare nitrati tossici per l'uomo. Il potenziale di eutrofizzazione (EP (Kg PO<sub>4</sub><sup>3</sup>-equivalenti)) descrive le sostanze in relazione alla produzione di PO<sub>4</sub><sup>3</sup>.

Potenziale di formazione dell'ozono: Sotto l'effetto dei raggi solari, ossido di azoto e idrocarburi generano prodotti di reazione aggressivi, in particolare l'ozono. La formazione fotochimica di ozono (il cosiddetto smog estivo) è sospettata di provocare danni alla vegetazione e ai materiali. Concentrazioni più elevate di ozono sono tossiche per l'uomo. Il potenziale di formazione dell'ozono (POCP (Kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-equivalenti)) viene riferito all'azione dell'etene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).

Potere calorifico: Il potere calorifico (MJ) descrive l'energia rilasciata durante la termovalorizzazione (combustione) del materiale.

Nella tabella 2.1 vengono riportati i parametri del bilancio ecologico di tre materiali comuni nell'edilizia, ovvero il calcestruzzo, il legno e l'acciaio <sup>(11)</sup>. Per questi bilanci è stato utilizzato un software che impiega dati che si basano su esperienze di collaborazioni industriali e letteratura tecnica o di brevetto. I parametri si riferiscono a quanto dichiarato dal produttore per 1 m<sup>3</sup> o 1 Kg del materiale in questione e dunque non sono direttamente comparabili per le diverse grandezze di riferimento. Dalla tabella è possibile osservare che il consumo di energia primaria (PEI) necessaria alla

produzione di un materiale da costruzione, può raggiungere valori estremamente variabili, con differenze, a parità di peso, anche di 2000 volte.

I materiali da costruzione che legano a sé molta energia non rinnovabile (PEI non rinn.) sono i metalli; quelli più poveri, e quindi i migliori dal punto di vista ecologico, sono il calcestruzzo e il legno. Occorre specificare, però, che il legno, rispetto al calcestruzzo, possiede delle qualità energetiche migliori. Questo infatti è un materiale rinnovabile, perché presenta un alto potere calorifico. Infatti, il legno si forma in seguito all'azione combinata di clorofilla ed energia solare, dall'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) presente nell'aria, dall'acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e dagli oligoelementi del terreno. Durante la sua combustione viene liberata l'energia contenuta nei legami chimici delle sostanze che lo compongono, le quali si trasformano essenzialmente in anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ma anche in ceneri e altri composti. Con la combustione del legno, quindi, il rilascio netto di anidride carbonica viene azzerato, in conseguenza del fatto che la quota parte di  $\text{CO}_2$  immessa dalla combustione è la medesima che viene poi fissata dalle piante con la fotosintesi durante la loro crescita e che, quindi, ritorna all'atmosfera senza alterare il ciclo del carbonio. Questo invece non accade con l'acciaio e il calcestruzzo, ove per ridurre le emissioni di  $\text{CO}_2$  è necessario ridurre il loro processo di produzione. La prova che il legno sia un materiale rinnovabile, la riscontriamo anche (Tabella 4.1) dal fatto che il suo PEI è coperto per gran parte dalle energie rinnovabili (il valore del PEI rinnovabile è maggiore del valore del PEI non rinnovabile). Sempre nella tabella 4.1 possiamo ancora vedere che il legno, rispetto al calcestruzzo e all'acciaio, presenta un potenziale di riscaldamento globale (GWP) basso, per questo motivo il legno risulta avere un minore impatto ambientale. Il suo GWP presenta un valore negativo, poiché il legno sottrae  $\text{CO}_2$  all'atmosfera durante il processo di fotosintesi. Il bilancio ecologico del legno, tuttavia, peggiora però a causa dell'imprescindibile costo di energia per il trasporto. Il trasporto dal luogo di origine, infatti, contribuisce in modo consistente e variabile alla definizione del contenuto di energia primaria, come si osserva nella tabella 4.2.

Materiale	Calcestruzzo			Legno da taglio		
	Cls gettato in opera (C25/30), p=2340 kg/m <sup>3</sup>	Cls gettato in opera (C35/45), p=2360 kg/m <sup>3</sup>	Elemento prefabbricato in calcestruzzo, 2% acciaio (FE360B, C35/45), p=2500 kg/m <sup>3</sup>	Pino 12% umidità del legno (HF) (locale), densità di essiccazione 450 kg/m <sup>3</sup>	Western red cedar, 12% HF (nord america), densità di essiccazione 630 kg/m <sup>3</sup>	Teak, 12% HF (brasile), densità di essiccazione 660 kg/m <sup>3</sup>
Unità di rif.	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>
Potere calorifico MJ				8775	12285	12870
PEI non rinn. MJ	1549	1764	4098	609	4485	3217
PEI rinn. MJ	17	23	86	9512	14359	13435
GWP KgCO2 eq	251	320	455	-7921	-9071	-10131
ODP Kgr11 eq	0,000018	0,000016	0,000031	0,000009	0,000049	0,000015
AP KgsO2eq	0,68	0,68	0,96	0,37	6	3,99
EP KgsPO4 eq	0,11	0,1	0,12	0,041	0,61	0,41
POCP KgsC2H4 eq	0,086	0,078	0,12	0,31	0,56	0,37

Tabella 4.1 – Parametri del bilancio ecologico riferiti al calcestruzzo, legno e metalli <sup>(11)</sup>.

	<b>Derivato del legno</b>					
<b>Materiale</b>	Legno lamellare incollato (BSH), 12% HF, densità di essiccazione 465 kg/m <sup>3</sup>	Pannello a tre strati, 12% HF, densità di essiccazione 430 kg/m <sup>3</sup>	Compensato di piallacci per edilizia (BFU), 5% HF, densità di essiccazione 490 kg/m <sup>2</sup>	Pannello di truciolato (P5, V100), 8,5% HF, densità di essiccazione 690 kg/m <sup>3</sup>	Oriented Strand Board (OSB), 4% HF, densità di essiccazione 620 kg/m <sup>3</sup>	Pannello di fibre di media densità (MDF), 7,5% HF, densità di essiccazione 725 kg/m <sup>3</sup>
<b>Unità di rif.</b>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>
<b>Potere calorifico MJ</b>	9300	8618	10175	13998	12555	15843
<b>PEI non rinn. MJ</b>	3578	2617	4729	5818	4593	9767
<b>PEI rinn. MJ</b>	13870	9387	15041	12614	16479	12495
<b>GWP KgCO2 eq</b>	-6621	-6481	-6361	-8211	-8391	-5151
<b>ODP KgR11 eq</b>	0,000053	0,00003	0,00007	0,000086	0,000052	0,000066
<b>AP KgSO2eq</b>	1,57	0,54	1,62	1,22	1,52	1,48
<b>EP KgPO4 eq</b>	0,19	0,065	0,19	0,16	0,19	0,28
<b>POCP KgC2H4 eq</b>	1	0,36	1,3	0,4	1,3	1,4

Tabella 4.1 – Parametri del bilancio ecologico riferiti al calcestruzzo, legno e metalli <sup>(11)</sup>.

<b>Metalli</b>							
<b>Materiale</b>	Acciaio (FE 360 B, 85% primaria)	Acciaio (WT St 37-2, 85% primaria)	Acciaio inox (CrNi 18-10, 25% primaria)	Alluminio (EN AW 7022, 100% primaria)	Piombo	Zinco titanio (65% primaria)	Rame (50% primaria)
<b>Unità di rif.</b>	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg
<b>Potere calorifico MJ</b>							
<b>PEI non rinn. MJ</b>	-12	-13	-13	-177	-21	-29	-18
<b>PEI rinn. MJ</b>	-0,28	-0,25	-1,2	-34	-1,3	-2,9	-4,5
<b>GWP KgCO2 eq</b>	-0,71	-0,77	-0,99	-16	-1,5	-1,7	-1,4
<b>ODP Kgr11 eq</b>	1,65 E <sup>-08</sup>	1,60 E <sup>-08</sup>	-4,30 E <sup>-08</sup>	-0,000003	-1,68 E <sup>-07</sup>	-3,86 E <sup>-07</sup>	-9,97E <sup>-08</sup>
<b>AP KgSO2eq</b>	-0,0031	-0,0034	-0,021	-0,053	-0,036	-0,014	-0,015
<b>EP KgPO4 eq</b>	-0,00024	-0,00025	-0,0071	-0,0041	-0,00043	-0,00075	-0,0021
<b>POCP KgC2H4 eq</b>	-0,0005	-0,00053	-0,0012	-0,0081	-0,0021	-0,00097	-0,0018

Tabella 4.1 – Parametri del bilancio ecologico riferiti al calcestruzzo, legno e metalli <sup>(1)</sup>.

<b>Tipologia di trasporto</b>	<b>PEI non rinnov.</b> MJ/t km	<b>PEI rinnov.</b> MJ/t km
Autocarro, escavatrice mobile fino a 22 t, portata 14,5 t, carico massimo 85%	1,50	0,00031
Battello fluviale, portata lorda 1250 t circa, senza corrente	0,47	0,001
Treno merci	0,40	0,053
Nave portacontainer, portata lorda 27500 t circa, navigazione d'alto mare	0,17	0,00004

Tabella 4.2 – Contenuto di energia primaria di varie tipologie di trasporto<sup>(5)</sup>.

La quantificazione del contenuto di energia primaria di un prodotto è dichiarata nella “Dichiarazioni Ambientali di Prodotto” (Environmental Product Declaration, (EPD)). Nell’EPD, infatti, un’azienda effettua una descrizione completa e tracciabile di tutti gli effetti ambientali più importanti di un prodotto edilizio o non (LCA), sulla base delle norme della serie ISO 14040. La correttezza delle informazioni viene verificata e convalidata da un organismo accreditato indipendente, che garantisce la credibilità e veridicità delle informazioni contenute nello studio LCA e dunque nella dichiarazione. Grazie all’EPD, dunque, è possibile effettuare una classifica dei prodotti in gruppi ben definiti, in modo da poter effettuare confronti tra prodotti funzionalmente equivalenti.

Per la valutazione del materiale nell’intero ciclo di vita è necessario considerare le possibilità di riciclaggio e la sua durata. Questi fattori infatti incidono sostanzialmente sul consumo di energia e di materie prime.

Potenziale di riciclaggio: Il potenziale di riciclaggio rappresenta la quota di inquinamento ambientale che è possibile evitare in rapporto a una nuova produzione del materiale. Scegliere un materiale totalmente riciclabile vuol dire anche ridurre la quota di inquinamento ambientale che scaturisce dallo smaltimento dei rifiuti delle sostanze chimiche che lo compongono.

L'acciaio è l'unico materiale con un ciclo caratterizzato da una quota di riciclaggio elevata. I metalli, infatti, possono essere reinseriti nel processo produttivo senza alcuna perdita di qualità per il prodotto. La quota di riutilizzo dei metalli raccolti è intorno al 90%, per l'acciaio si raggiunge quasi il 100%.

Teoricamente esiste la possibilità di produrre il calcestruzzo gettato in opera con aggregati minerali riciclati. Per compensare possibili rischi relativi alla resistenza, in considerazione dell'uso di materiali riciclati, è prescritto un aumento della percentuale di cemento nel caso in cui la quota di aggregati di riciclo superi i 35%. A prima vista l'uso di materiali riciclati appare teoricamente sensato. In un caso concreto di progettazione si sono confrontate diverse possibilità:

- Calcestruzzo normale C 25/30 senza aggregati di riciclo;
- Calcestruzzo C 25/30 con il 35% di aggregati di riciclo da zone vicine (fino a 100 Km);
- Calcestruzzo C 25/30 con il 35% di aggregati di riciclo da zone lontane (oltre 100 Km);
- Calcestruzzo C 25/30 con il 100% di aggregati di riciclo da zone vicine e incremento della percentuale di cemento.

Dal momento che gli aggregati di riciclo devono essere per quanto possibile uniformi e provenire, se possibile, da un unico cantiere di demolizione, potrebbe risultare necessario trasportare il materiale per lunghi percorsi fino all'aggitatore, da qui le varianti "trasporto fino a 100 km", e "trasporto oltre 100 km". La tabella 4.3 mostra il risultato: la linea dello zero nel diagramma rappresenta gli effetti in caso di utilizzo di calcestruzzo normale senza aggregati di riciclo; le colonne evidenziano il miglioramento o il peggioramento percentuale dell'effetto. Si può notare come a causa del

trasporto necessario e dell'aumento della percentuale di cemento gli effetti evidenziano un inquinamento ambientale superiore con l'aumento della percentuale di materiali di riciclo. Solo l'indicatore relativo al consumo dei materiali diminuisce. Pertanto, l'impiego del calcestruzzo da riciclo porta a un minore inquinamento ambientale solo se gli aggregati riciclati vengono trasportati da zone vicine, a meno di 100 km, e se nell'area del centro di miscelazione gli aggregati, sotto forma di ghiaia o sabbia, costituiscono una risorsa carente o se sono limitati per il consumo di superfici e paesaggio legato all'attività estrattiva.

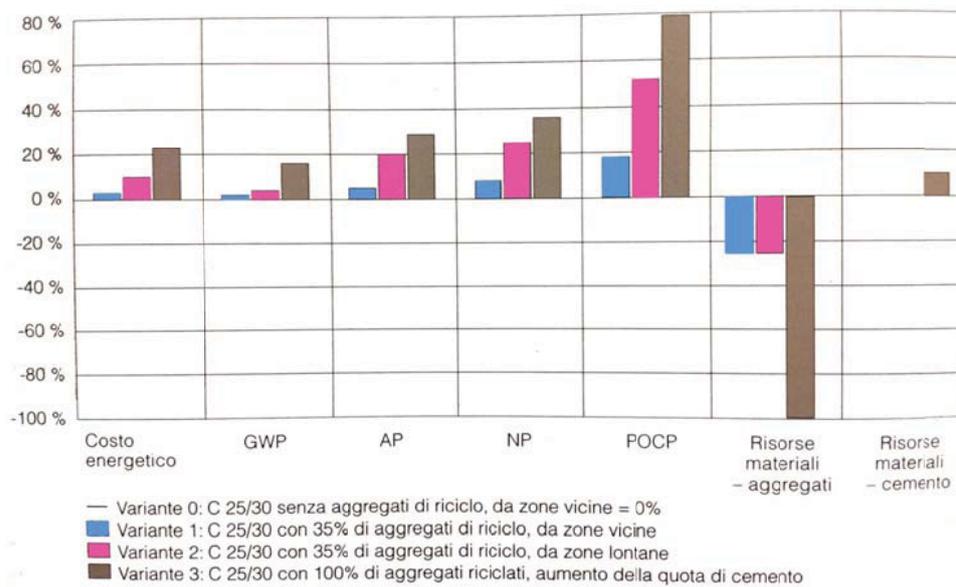


Tabella 4.3 – LCA per il calcestruzzo: varianti con e senza aggregati di riciclo<sup>(11)</sup>.

**Durata:** La durata descrive il periodo potenziale in cui un materiale può mantenere la propria funzione per il compito a esso assegnato. Un valore minore descrive la durata in caso di utilizzo tradizionale, un valore più elevato si riferisce all'ottimizzazione della progettazione. Durante l'esercizio di un edificio, infatti, le necessarie sostituzioni che avvengono comportano sempre un nuovo impiego di energia e di denaro. Quanto più frequentemente l'elemento deve essere sostituito, tanto più esso contribuisce all'incremento dell'energia grigia trattenuta dall'edificio. In linea di principio si può dire che tutti gli elementi con intervalli di rinnovo più brevi

devono essere inseriti nell'edificio in modo da poter essere rinnovati e sostituiti senza dover intervenire sulle parti più durature. Una demolizione non necessaria e la conseguente necessità di ripristinare elementi ancora intatti, solo per poter accedere alle zone dove è necessario intervenire, implicano un inutile spreco di materiale e denaro e contrastano con il principio dell'approccio economico alle risorse.

Diversamente dalla valutazione degli effetti ambientali dei materiali durante l'estrazione della materia prima, la produzione e lo smaltimento, non esiste oggi uno strumento di valutazione per la durata di uso raggiungibile da un elemento strutturale, anche se su questo tema sono in corso numerose ricerche. Per tale motivo nella tabella 4.4 si riportano i dati della durata dei rivestimenti in legno, in calcestruzzo e in metallo di pareti esterne e non i dati riferiti agli elementi strutturali.

<b>Rivestimenti di parete esterna</b>	<b>Durata</b>
Calcestruzzo gettato in opera	≥80
Scandole in legno	40-70
Tavolato sovrapposto	40-70
Pannelli di compensato	40-70
Profilo di lamiera ondulata in alluminio	70-100
Lamiera grecata in acciaio	60-80
Lamiera di rame	80-100
Lamiera di zinco-titanio	70-100
Lamiera di acciaio legato	80-100

Tabella 4.4 – Dati della durata di alcuni rivestimenti di parete esterna <sup>(11)</sup>.

In conclusione, possiamo affermare che anche dopo la redazione di un bilancio ecologico (LCA) completo di un prodotto o materiale edilizio, non è possibile attribuire ai risultati ricavati una validità generale per qualsiasi progetto di costruzione e per qualsiasi regione. Si deve scegliere ogni volta a quali effetti rilevati occorre attribuire un significato particolare. Per questo

motivo non possiamo affermare se in un progetto di costruzione sia meglio utilizzare il legno, piuttosto che il calcestruzzo o l'acciaio; bisogna di volta in volta analizzare quello che è più conveniente nei diversi casi specifici.



### 5.1 IL PROGETTO HOSPITALS

La politica energetica dell'Unione Europea mira a sostenere ed a promuovere la sicurezza dell'approvvigionamento energetico con un servizio di alta qualità a prezzi competitivi ed in modo compatibile con l'ambiente.

L'obiettivo principale è il sostegno e la promozione della Ricerca e dello Sviluppo Tecnologico (RST) attraverso il Quinto Programma Quadro RST, che costituisce lo strumento per l'attuazione della politica comunitaria della ricerca per il periodo 1998 – 2002.

Il Quinto Programma Quadro (The 5° framework programme) agisce su diversi fronti allo scopo di dare risposta a problemi tecnico-scientifici e socio-economico che l'Unione Europea deve affrontare quali:

- mantenere e creare posti di lavoro;
- rafforzare la competitività internazionale dell'industria comunitaria;
- promuovere uno sviluppo sostenibile e migliorare la qualità della vita.

A tale scopo il Quinto Programma Quadro è stato suddiviso in sette Programmi specifici: quattro Programmi tematici e tre Programmi orizzontali.

I Programmi tematici riguardano problemi tecnico – scientifici e attività di ricerca e sviluppo su temi di natura generica e attività per il supporto delle infrastrutture di ricerca. Ogni Programma tematico è suddiviso in “Key-

Actions” (Azioni Chiave), ove ogni Key-Action evidenzia un problema e pone in risalto tutti gli aspetti necessari a risolverlo.

Si evidenzia come quasi tutti i programmi tematici, di seguito elencati, presentino carattere di sostenibilità o miglioramento della qualità della vita, temi molto attuali già affrontati nel Quinto Programma Quadro:

- società dell’informazione di facile uso;
- qualità della vita e gestione delle risorse biologiche;
- crescita competitiva e sostenibile;
- energia, ambiente e sviluppo sostenibile (EESD - Energy, Environment and Sustainable Development).

Gli obiettivi della Comunità, da realizzare indipendentemente dalla categoria di problemi tecnico – scientifici, sono invece trattati nei Programmi Orizzontali, che sono:

- confermare il ruolo internazionale della Ricerca Comunitaria;
- promuovere l’innovazione e incoraggiare la partecipazione delle piccole e medie imprese (PMI);
- accrescere il potenziale umano di ricerca e la base delle conoscenze socioeconomiche.

Richiamando l’ultimo dei programmi tematici elencati, nel 2001 la Commissione Europea ha emesso due bandi per accedere a finanziamenti dedicati agli edifici che volessero effettuare degli interventi a favore dell’efficienza e del risparmio energetico: il progetto REVIVAL (Retrofitting for Environmental Viability Improvement of Valued Architectural Landmarks) ed il progetto HOSPITALS (Exemplar Energy Conscious European Hospital And Healthcare Buildings).

Il progetto REVIVAL, con codice NNE5-2001-597, ha lo scopo di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici esistenti facendoli divenire modelli di edilizia sostenibile, attraverso il miglioramento della resa energetica e la riduzione delle emissioni inquinanti.

Per questo progetto la Commissione Europea ha stanziato 6.398.007 € <sup>1</sup>.

Gli enti selezionati che hanno ricevuto i fondi sono:

- Azienda Ospedaliera Pediatrica Meyer;
- Fabermaunsell - Regno Unito;
- Gaudin Ingenierie Sarl - Francia;
- Institute for Acceleration Systems and Applications, National And Kapodestrian - University Of Athens - Grecia;
- W / E Consultants Sustainable Buildings - Olanda;
- Insiituto Superior Tecnico - Departamento de Eng - Civil e Arquitectura - Portogallo;
- Public Corporation for The Design & Construction of Hospitals S.A - Grecia;
- Stevenage - Borough Council - Regno Unito;
- Centro Inter-universitario di Ricerche per L'Architettura Bioecologica e L'Innovazione -Italia;
- Technische Universiteit Eindhoven - Olanda;
- Dhv Building And Industry - Olanda;
- Region des Pays de La Loire - Francia;
- General Secretariat for Information Systems (Gsis) - Greek Ministry of Economy and Finance - Grecia;
- Royal Dutch Navy - Olanda<sup>2</sup>.

Il progetto HOSPITALS, con codice NNE5-2001-295, è stato dedicato agli edifici ospedalieri di nuova costruzione che, attraverso l'utilizzo di tecnologie innovative e l'impiego di energie ricavate da fonti rinnovabili, riducano significativamente la domanda di energia totale nel settore ospedaliero, garantendo un basso impatto ambientale ed una sostanziale riduzione delle emissioni inquinanti.

Nello specifico gli obiettivi sono:

---

<sup>1</sup> Il Quinto Programma Quadro (The 5th Framework Programme), Finanziamenti europei e nazionali.

<sup>2</sup> <http://cordis.europa.eu/eesd/home.html>

- introdurre l'utilizzo di una progettazione energetica integrata nei casi di ristrutturazione o di nuova costruzione degli ospedali;
- aumentare nel settore ospedaliero l'utilizzo di tecnologie rinnovabili innovative e l'utilizzo razionale dell'energia;
- ottenere una significativa riduzione del consumo di energia primaria, delle emissioni di CO<sub>2</sub> e della domanda di energia elettrica di picco;
- garantire il miglioramento delle condizioni di illuminazione e di comfort termico negli ospedali, in modo da rendere più confortevole il clima interno e rendere più veloce la guarigione dei pazienti;
- effettuare la valutazione e il monitoraggio completo e attento delle cinque strutture ospedaliere;
- riportare le esperienze e i risultati raggiunti negli ospedali, divulgando le tecniche di successo adoperate;
- introdurre l'utilizzo di tecnologie ad efficienza energetica nei futuri programmi di costruzione.

Il progetto Hospitals elenca una serie di strategie di progettazione bioclimatica da applicare fin dalle prime fasi di progettazione delle strutture ospedaliere ed ha finanziato 5 strutture europee progettate e realizzate adoperando tecnologie innovative che riducono il consumo energetico.

Le strutture finanziate sono:

1. Aabenraa Hospital, Danimarca
2. Fachkrankenhaus Frisia settentrionale, Germania
3. Meyer Children Hospital, Italia
4. Torun City Hospital, Polonia
5. Deventer Hospital, Paesi Bassi

Per questi ospedali l'UE ha stanziato un finanziamento pari 2.894.196 €<sup>1</sup>. I costi comprendono la pianificazione, la costruzione, la messa in servizio, il monitoraggio, la valutazione e la diffusione degli elementi innovativi dei 5 ospedali.

Gli elementi innovativi utilizzati nei cinque ospedali sono così riassumibili:

- Facciate a doppia pelle;
- Infissi a taglio termico;
- Isolamento a parete;
- Condizionamento, ventilazione ed aria condizionata ad alta efficienza energetica (HVAC);
- Sistemi di gestione per riscaldamento, raffreddamento, ventilazione;
- Illuminazione naturale;
- Riduzione dell'uso di materiali da costruzione assorbenti, diminuendo il rischio di infezione;
- Camini di luce;
- Riscaldamento solare attivo per uso domestico e acqua calda sanitaria (collettori solari);
- Pannelli fotovoltaici;
- Sistema di ventilazione ibrida;
- Geotermia.

La tabella 5.0<sup>3-4</sup> seguente mette a confronto le diverse domande di energia per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria, la domanda totale di energia elettrica e la riduzione annuale delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) e di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) delle cinque strutture ospedaliere promosse dal progetto EU Hospitals con gli standards europei e americani. Nella tabella si evince che sono più bassi i consumi delle cinque strutture ospedaliere realizzate secondo le tecnologie innovative a basso consumo energetico promosse dal progetto EU Hospitals.

---

<sup>3</sup> Energy conscious european hospitals and health care buildings, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

<sup>4</sup> <http://www.enea.it>

<b>Strutture ospedaliere</b>	<b>Energia termica kWh/mq/anno</b>	<b>Energia elettrica kWh/mq/anno</b>	<b>CO<sub>2</sub> (t/anno)</b>	<b>SO<sub>x</sub> (t/anno)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (t/anno)</b>
Aabenraa Hospital	168 <sup>1</sup>	72 <sup>1</sup>	-974	-0,18	-1,6
Fachkrankenhaus Frisia settentrionale	185	60	-262	-0,23	-0,002
Meyer Children Hospital	112	99	-899	-0,77	-7,91
Torun City Hospital (Edificio esistente ristrutturato)	640	29	-3.537	-116,0	-9,0
Deventer Hospital	208	81	-1.943	-8,71	-3,35
Media Ospedali Canada	960 <sup>1</sup>	295 <sup>1</sup>	n.d.	n.d.	n.d.
Media Ospedali USA	690 <sup>1</sup>	230 <sup>1</sup>	n.d.	n.d.	n.d.
Media Ospedali Inghilterra	500 <sup>1</sup>	105 <sup>1</sup>	n.d.	n.d.	n.d.
Media Ospedali Germania	300 <sup>1</sup>	110 <sup>1</sup>	n.d.	n.d.	n.d.

<sup>1</sup>Dati medi. n.d: Dati non disponibili

Tabella 5.0 – Domande di energia delle strutture ospedaliere.

Nei paragrafi successivi vengono descritte le cinque strutture ospedaliere europee promosse dal progetto EU Hospitals per la loro efficienza energetica.



### 5.1.1 NUOVO OSPEDALE MEYER DI FIRENZE, FIRENZE, ITALIA

Luogo: Firenze	N° posti letto: 150 ca
Committente: Azienda Ospedaliera Meyer	Mc di intervento: 76.598 mc
Progetto: CSPE	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 33.694 mq Nuova costruzione: 21.871 mq Ristrutturazione: 11.823 mq
Tipo di intervento: Nuova costruzione Ristrutturazione di edifici preesistenti	
Anno di realizzazione: 2000 – 2007	Fondi europei ottenuti REVIVAL: € 397.034 HOSPITALS: € 569.6339
Importo complessivo: € 54,5 milioni	

#### Descrizione generale

Nel 1999 fu sottoscritto l'accordo di programma fra la Regione Toscana, Provincia e Comune di Firenze e l' "Aou Meyer e Careggi" che dava il via alla realizzazione del nuovo polo pediatrico Meyer di Firenze.

Il concorso internazionale in due fasi fu vinto dal Centro Studi Progettazione Edilizia (CSPE) che redasse il progetto in collaborazione, tra gli altri, con esperti del settore sanitario e psicologi ambientalisti.

Il sito individuato per l'edificazione del nuovo ospedale era situato sulla collina di Careggi, luogo in contrapposizione con la precedente ubicazione prettamente centrale (vicino la stazione di Firenze). Si decise infatti di inserire il nuovo ospedale all'interno del Parco di Villa Ognissanti, 72.000 mq, dove era ubicata la stessa villa che già nel 1930 ospitava il primo istituto fiorentino per la cura della tubercolosi.

Alla base dell'intera progettazione si pose il rispetto del sito, valorizzando quindi la villa preesistente ed edificando un nuovo corpo di fabbrica integrato nella morfologia della collina.

### Organizzazione funzionale

Il corpo triplo della villa non si prestava facilmente alle nuove esigenze della moderna sanità, si decise quindi di concentrare nella villa tutte le funzioni di supporto e di concentrare nel nuovo edificio, alle spalle della villa, le funzioni prettamente specialistiche. In tal modo si è creato un percorso sanitario la cui complessità cresce con l'addentrarsi nell'edificio:



Figura 5.1.1 – Progetto del nuovo ospedale di Meyer.

nella palazzina d'ingresso sono state concentrate l'accoglienza, le associazioni di volontariato, l'asilo nido per i figli dei dipendenti, il punto prelievi ed il ritiro dei referti; all'interno della retrostante Villa Ognissanti si trovano invece gli ambulatori, il day hospital e l'amministrazione, nonché, nella ali laterali, un albergo sanitario e la sede dell'università. Alle spalle della villa è stato invece edificato il nuovo corpo di fabbrica che ospita il

pronto soccorso, le degenze, la diagnostica, le sale operatorie e tutto quanto di specialistico l'ospedale offre.

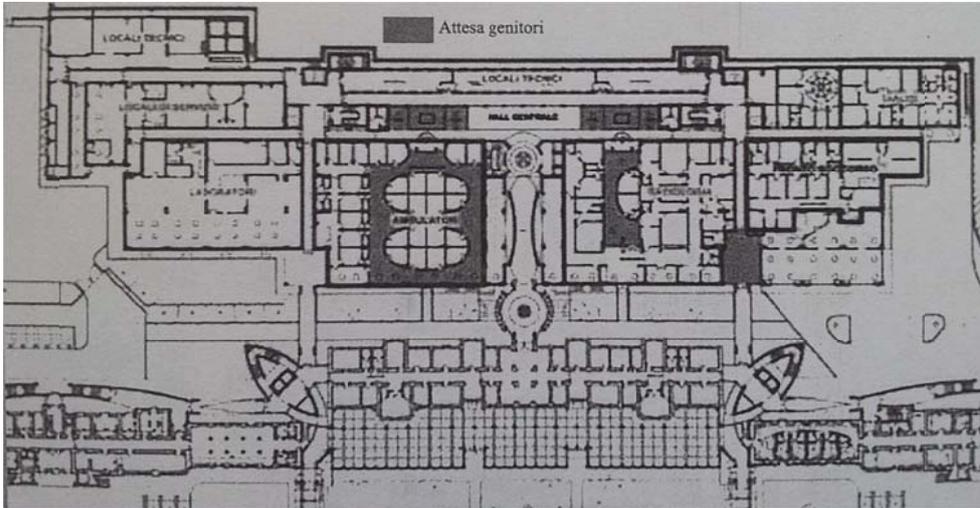


Figura 5.1.2 – Piano terra del nuovo ospedale di Meyer.

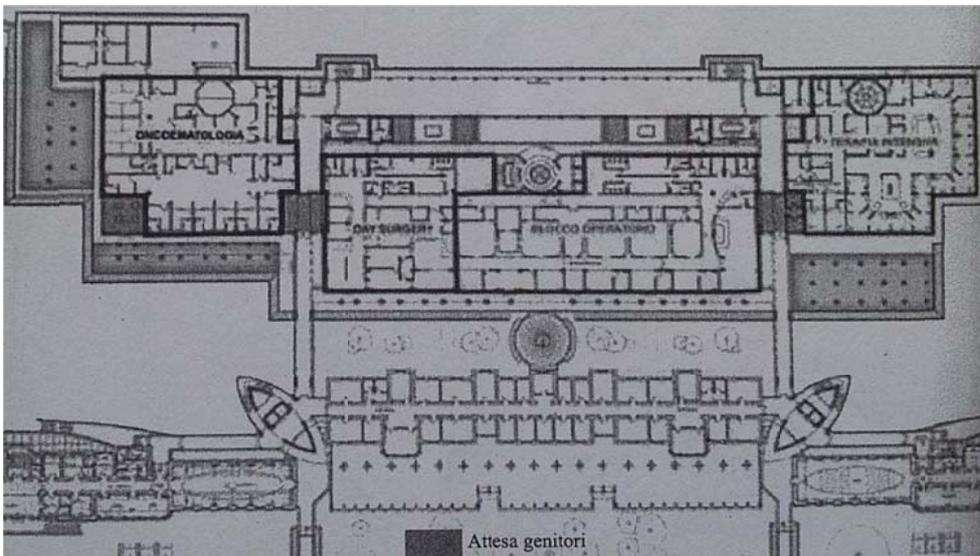


Figura 5.1.3 – Piano primo del nuovo ospedale di Meyer.

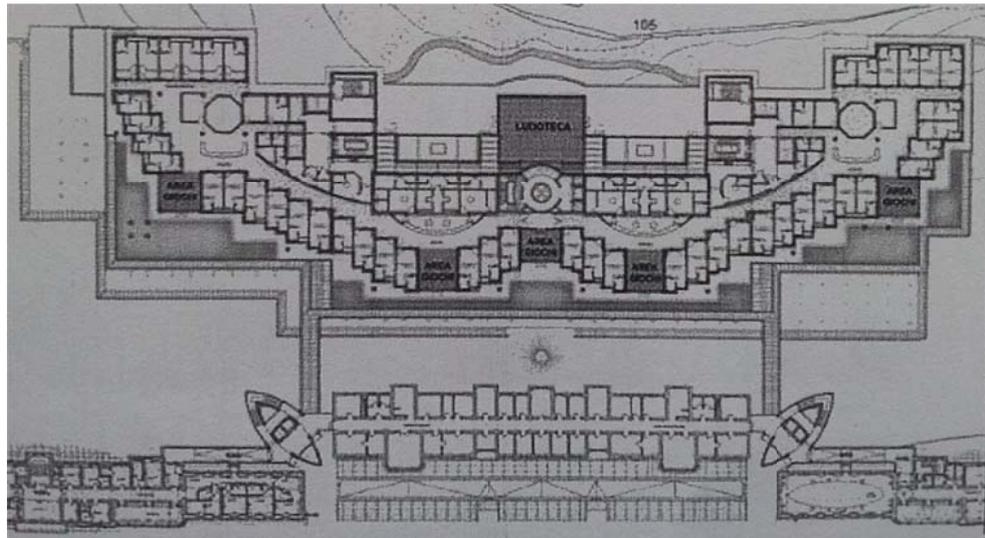


Figura 5.1.4 – Piano secondo del nuovo ospedale di Meyer.

Nel massimo rispetto della morfologia collinare del sito, il nuovo corpo di fabbrica presenta 4 elevazioni, di cui una totalmente interrata, 2 parzialmente ipogee, e solo la più alta totalmente fuoriterra. Vista dall'alto, la planimetria dell'ospedale sembra seguire le naturali curve di livello della collina, trasformando l'ospedale in parte integrante della collina stessa. Il piano interrato ospita le aree tecniche ed i servizi generali; il piano terra ospita l'accoglienza, il pronto soccorso, gli ambulatori e la radiologia; il primo piano ospita le sale operatorie e la terapia intensiva; il secondo ed ultimo piano è invece riservato alle degenze. In questo modo si concede la maggior luce naturale a quei luoghi dove i pazienti trascorrono la maggior parte della loro permanenza.

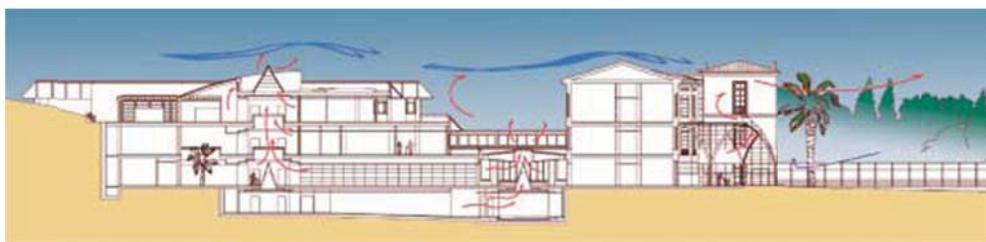


Figura 5.1.5 – Sezione trasversale del nuovo ospedale di Meyer.

La rifunzionalizzazione di Villa Ognissanti non ne ha mutato gli aspetti puramente strutturali: prima dell'intervento si trattava di un corpo di fabbrica triplo, e tale è rimasto dopo la sua ristrutturazione. Lo stesso dicasi per la palazzina di ingresso che ha conservato la sua struttura originaria. Ciò che sicuramente ha cambiato il modo di vivere questi ambienti è il sistema dei collegamenti, orizzontali e verticali. Fra la palazzina di ingresso e la villa vi sono due tipi di collegamento: un camminamento centrale all'aperto attraverso un giardino che permette il contatto con la natura, e due pensiline ai lati del giardino che permettono ai fruitori di raggiungere direttamente il particolare atrio di ingresso alla villa. Grazie allo sfalsamento fra il corpo centrale della villa leggermente più arretrato, e le due ali laterali leggermente più avanzate, è infatti stato possibile ricavare l'atrio di ingresso nello spazio fra i tre corpi, inserendo una serra fotovoltaica, centro di smistamento di tutti i flussi pedonali, che ha permesso di riallineare la facciata della villa e schermarne una parte. Nella zona retrostante la villa lo stesso sfalsamento delle ali ha permesso di incastrare a cerniera due piccoli corpi che servono per i collegamenti verticali del personale. Dalla serra, attraverso un percorso orizzontale che taglia la villa, è possibile raggiungere la hall di ingresso del nuovo padiglione.



Figura 5.1.6 – Padiglioni preesistenti dal 1930 (Villa Ognissanti) all'interno dell'ospedale di Meyer.

Ma ciò che è stata radicalmente mutata è la dotazione impiantistica volta al risparmio di energie non rinnovabili, all'utilizzo di energie rinnovabili, sia degli edifici recuperati quanto di quelli di nuova costruzione: sistema HVAC ad alta efficienza integrato ad un sistema di controllo degli infissi esterni; impianto elettrico integrato ad un sistema di controllo dell'illuminazione e lampade a basso consumo; integrazione di pannelli fotovoltaici alla serra solare, ed altri aspetti tecnologici di seguito esplicitati.



Figura 5.1.7 – Ingresso al nuovo ospedale di Meyer.

## Aspetti di sostenibilità

I progettisti del nuovo Polo Pediatrico Meyer hanno tentato di far convivere il nuovo ospedale con la collina circostante in modo poco impattante ed energeticamente sostenibile. Numerose sono state le soluzioni architettoniche e tecnologiche intraprese al fine di abbattere il fabbisogno energetico dell'ospedale, di diminuirne l'impatto ambientale, e di utilizzare energia ricavata da fonti rinnovabili, ovvero:

- utilizzo della luce naturale;
- utilizzo di sistemi di captazione dell'energia solare;
- controllo delle dispersioni termiche;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento.

Con l'adozione di tali strategie si è assistito a una riduzione annuale delle emissioni di 899,00 tonnellate di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), 0,77 tonnellate di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), e 7,91 tonnellate di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Inoltre si è ottenuto, rispetto allo standard italiano, una riduzione del 35% della domanda di energia per il riscaldamento/raffreddamento e una riduzione del 36% della domanda di energia elettrica. Il risparmio finanziario annuo stimato è di 92.000 Euro/anno, con un costo annuale di manutenzione di 9.000 Euro<sup>1</sup>. Il costo di investimento iniziale è stato di 1.467.518 Euro, di cui 569.339 Euro sono stati finanziati dall'Unione Europea. Questo ha permesso un tempo di ritorno dell'investimento pari a 11,5 anni.

Di seguito si esplicitano alcuni degli interventi, architettonici ed impiantistici, che hanno permesso al Meyer di partecipare ai progetti Revival e Hospitals riservati a quelle strutture ospedaliere eccelse da un punto di vista ambientale ed energetico.

---

<sup>1</sup> Energy conscious european hospitals and health care buildings, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

## UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

- PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico
- TECNOLOGIE APPLICATE: - Doppie finestre nelle degenze
- Condotti di luce
  - Lucernai conici
  - Orientamento degli edifici
  - Ombreggiamento superfici finestrate
  - Sistemi di rilevamento luce interna
  - Electrical ballast
  - Lampade a basso consumo energetico

Ogni stanza di degenza presenta due aperture finestrate, una verso il corridoio, ed una verso l'esterno, chiaramente con funzioni differenti; la prima serve principalmente a permettere all'operatore sanitario di guardare il paziente senza necessariamente entrare in stanza; la seconda ha la funzione principale di consentire l'illuminazione naturale e permettere la veduta dell'esterno dalla stanza, anche restando sdraiati nel proprio letto.

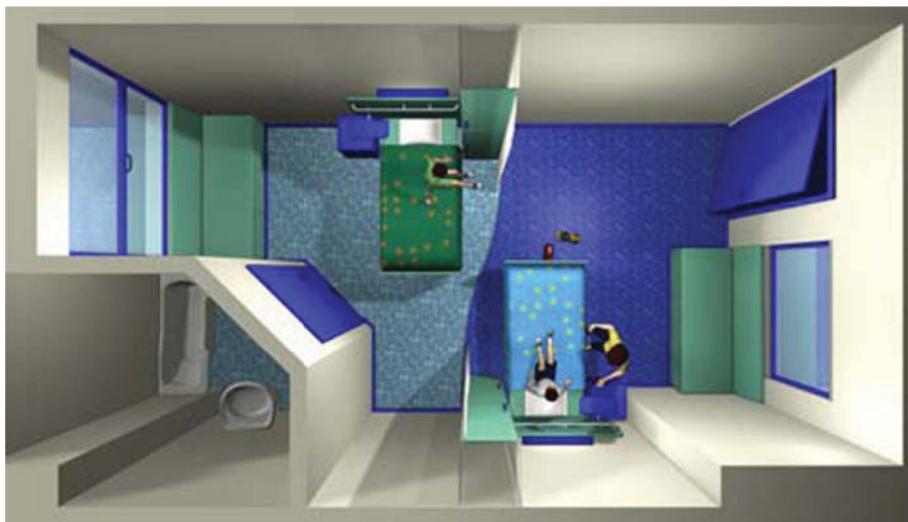


Figura 5.1.8 – Spaccato dall'alto di una camera di degenza del nuovo ospedale di Meyer.

L'associazione di queste due aperture ad un sistema di Condotti di luce (Solatube) posizionati nei corridoi di fronte le stanze di degenza consente di avere una illuminazione più equilibrata all'interno delle stesse, nonché di godere di illuminazione naturale anche nei corridoi. Questi condotti sono costituiti da una parte sommitale in policarbonato che fuoriesce dalla copertura captando la luce solare; una parte intermedia costituita da facce riflettenti e fibre ottiche che vengono attraversate dalla luce naturale convogliata verso il basso attraversando l'intero solaio (i sistemi utilizzati sono il Raybender ed il Light Interceptive Transfer Device LITD, in grado di riflettere la luce fino a circa 20m garantendo una buona illuminazione naturale, tenuto conto delle perdite dovute al maggior numero di rimbalzi della luce); la parte finale, al livello del controsoffitto, è costituita da superfici riflettenti a forma paraboloidale che distribuiscono la luce all'interno dell'ambiente.

L'effetto finale sembra essere leggermente innaturale, come se si trattasse di una lampada. In molti ambienti è stato utilizzato un altro sistema, costituito da coni rovesciati che captano la luce solare e la convogliano ai piani sottostanti allargandone il fascio di luce, che non dà l'effetto "lampada" del precedente sistema.

In questo caso l'effetto prodotto sarà più naturale, e non sarà necessario utilizzare un sistema di elementi riflettenti all'interno del pacchetto solaio, ma sarà sufficiente utilizzare colori chiari che riflettono maggiormente la luce.

Grazie all'utilizzo di questi sistemi è possibile utilizzare molto meno l'illuminazione artificiale, con un conseguente risparmio di energia elettrica. Secondo stime degli studiosi dell'Euleb il risparmio dovuto a questi sistemi può arrivare sino al 60% del consumo giornaliero in buone condizioni climatiche, ed in rapporto all'efficienza dell'attività svolta dal Responsabile Energia ed al comportamento dei singoli utenti.



Figura 5.1.9 – Condotti di luce (Solatube).

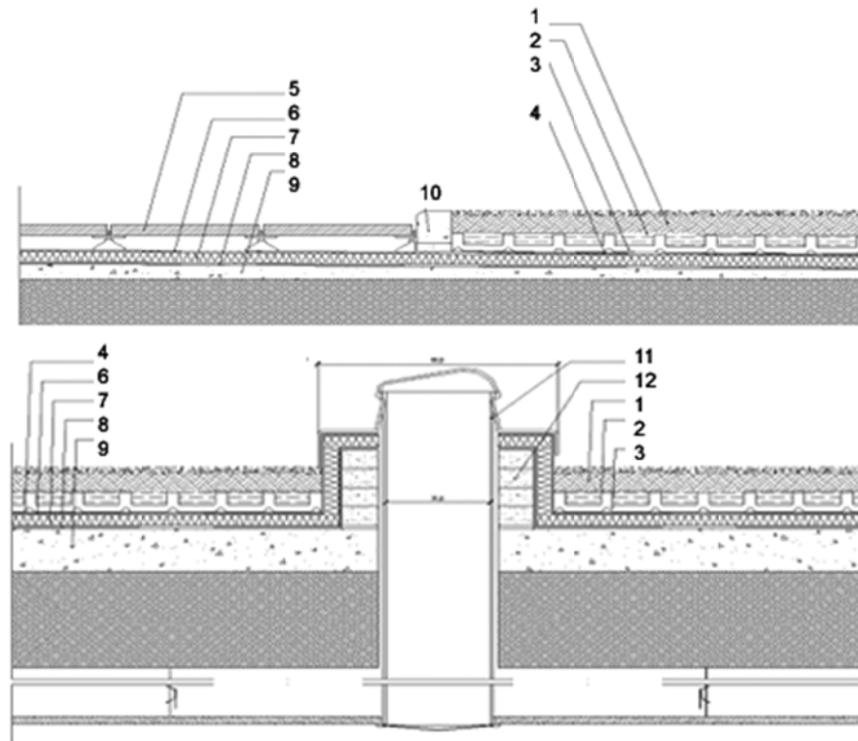


Figura 5.1.10– Stratigrafia del tetto verde e del singolo condotto di luce (Solatube).

- |                               |  |                                |
|-------------------------------|--|--------------------------------|
| 1) strato di terra 8 cm       | 5) pavimento flottante con<br>finitura in ghiaia | 9) massetto con pendenza<br>1% |
| 2) Daku Statilfilter          | 6) impermeabilizzazione                          | 10) cordolo di contenimento    |
| 3) pannello Daku FSD 30, 8 cm | 7) isolamento termico                            | 11) condotto solare            |
| 4) tessuto non tessuto        | 8) barriera al vapore                            | 12) elementi in laterizio      |

L'orientamento dell'ospedale (lungo un asse sud-est/nord-ovest) consente di ottenere un buon irraggiamento delle stanze di degenza, rivolte a sud/sud-ovest e posizionate al secondo ed ultimo livello.

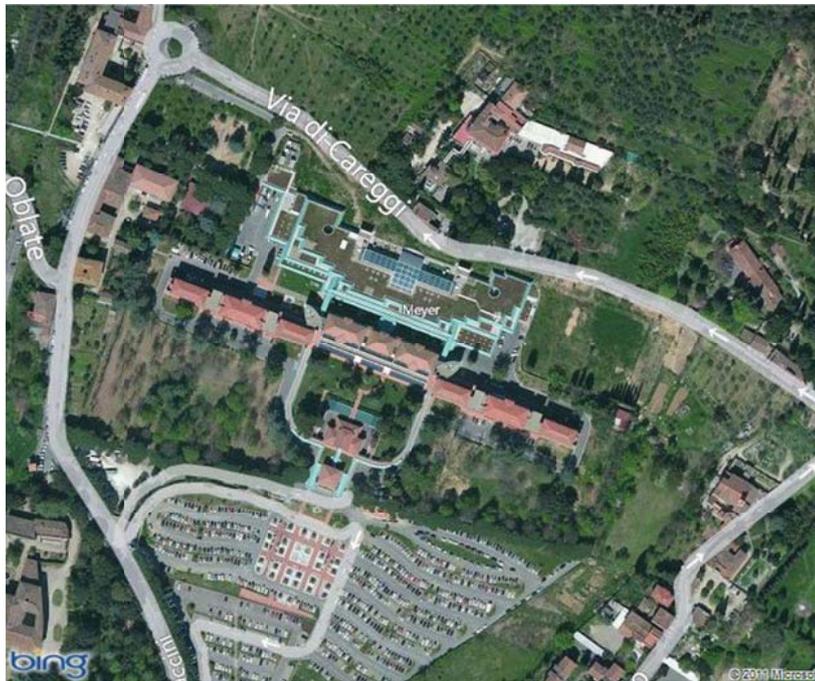


Figura 5.1.11– Vista aerea del sito.

Al fine di evitare l'eccessivo irraggiamento durante la stagione estiva, le pareti finestrate sono state collocate in posizione rientrata rispetto al filo esterno dell'edificio, protette dai raggi solari diretti da una struttura aggettante coperta con pannelli di rame preossidato.



Figura 5.1.12 – Chiusura orizzontale di copertura integrata a un sistema di schermature solari.

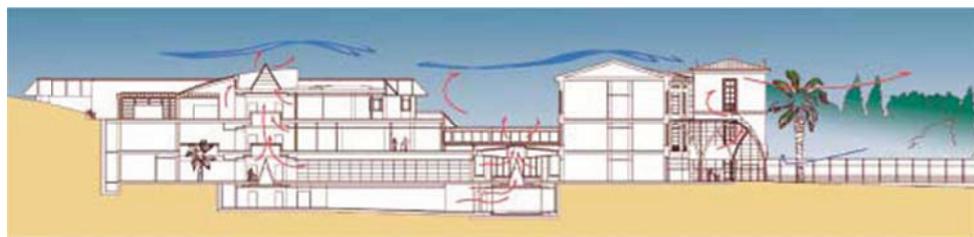


Figura 5.1.13 – Sezione e schema funzionale energetico.

Nella hall di ingresso invece, dove è presente la serra bioclimatica, la schermatura avviene tramite pannelli fotovoltaici posti nella parte più alta della serra con la doppia funzione di bloccare parte dei raggi solari e trasformarli in energia elettrica.

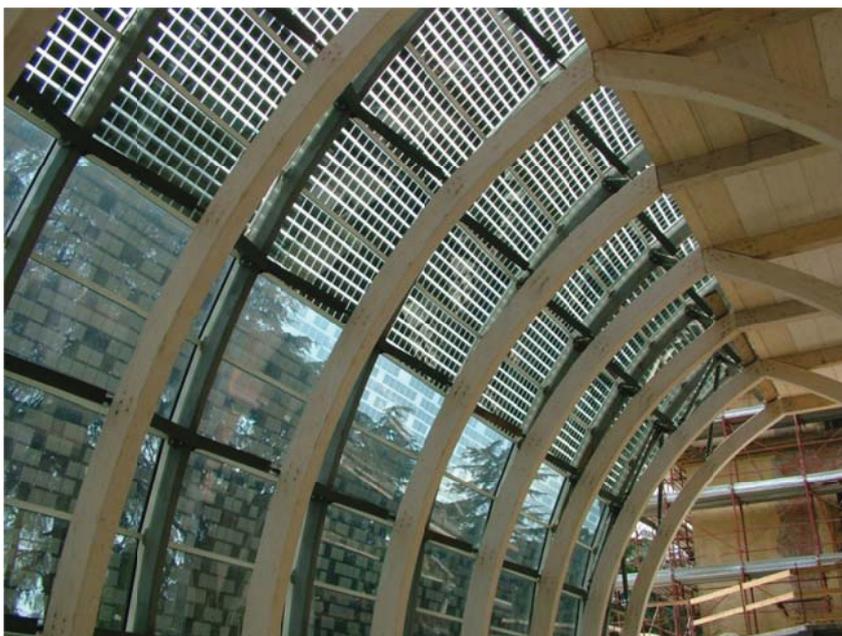


Figura 5.1.14 – Serra solare bioclimatica fotovoltaica.

All'interno dell'edificio per ridurre i consumi energetici, e soprattutto gli sprechi di energia, è stato utilizzato una sistema di rilevamento della luce; tale sistema registra il livello della luce naturale all'interno delle stanze e lo confronta ad una curva di livello preimpostata. In questo modo è possibile stabilire se il grado di illuminazione all'interno della stanza sia sufficiente o se sia necessario integrarlo con l'illuminazione artificiale; nel primo caso il sistema provvederà alla disattivazione dei circuiti elettrici e non renderà possibile l'attivazione dell'illuminazione artificiale, nel secondo invece regolerà automaticamente l'intensità di luce da fornire alla stanza.

Tutte le lampade installate sono ad alta efficienza e basso consumo energetico.



Figura 5.1.15 – Condotti di luce (Solatube).

## UTILIZZO DI SISTEMI DI CAPTAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Pannelli fotovoltaici

Nel Meyer oltre ad utilizzare gli effetti passivi della serra solare, si è scelto di integrare dei pannelli fotovoltaici per la produzione di energia rinnovabile che viene utilizzata all'interno dello stesso complesso ospedaliero. Sono presenti 14.500 celle in silicio installate nella parte curva della serra dove è possibile utilizzare al massimo l'energia solare; la potenza installata è di 32KWp.



Figura 5.1.16 – Serra solare bioclimatica fotovoltaica.

## CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione delle dispersioni termiche
  - Riduzione dei consumi per la climatizzazione/riscaldamento
  - Miglioramento del comfort interno
  - Riduzioni dell'impatto ambientale

- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Coperture verdi
  - Pareti esterne a cassetta con materiale isolante
  - Contatto con il terreno
  - Infissi a taglio termico
  - Materiali a basso impatto ambientale
  - Serra solare bioclimatica fotovoltaica

Negli ambienti sanitari si ritiene necessario garantire condizioni termo-igrometriche favorevoli alla guarigione del paziente. Uno dei fattori che influenza notevolmente la quantità di energia necessaria per ottenere queste condizioni termo-igrometriche è il comportamento termico dell'involucro edilizio (un edificio ben isolato termicamente presenterà minori dispersioni, quindi richiederà un minor apporto termico da parte degli impianti, e di conseguenza una minor quantità di energia utilizzata).

Le coperture del Meyer sono costituite da tetti verdi che, oltre a costituire elemento di benessere psicologico per coloro i quali si affacciano su di essi, garantiscono un ottimo isolamento termico, riuscendo ad abbattere di circa 4 gradi gli sbalzi termici fra interno ed esterno. In inverno limitano la dispersione del calore interno verso l'esterno, mentre in estate limitano il surriscaldamento delle superfici di copertura dovuto ai raggi solari.

Il tetto verde sostituisce la classica copertura a tegole o la semplice terrazza calpestabile creando uno spazio verde fruibile dai pazienti dell'ospedale e visibile dalle stanze di degenza.

Aumentando la massa termica della copertura si migliora il mantenimento della temperatura interna: gli scambi termici, che in inverno avvengono dall'interno verso l'esterno, determinano una perdita di calore sottratto dall'esterno più freddo; questo flusso dovrà però attraversare un pacchetto di copertura che assorbe e trattiene grandi quantità di calore, e verrà quindi notevolmente rallentato.

Nel periodo estivo invece grazie alla presenza della terra, dell'acqua in essa presente, e del prato verrà rallentato il surriscaldamento della copertura determinato dall'irraggiamento solare. Inoltre la terra presente nello strato esterno del pacchetto di copertura assorbe parte delle acque piovane che altrimenti andrebbero introdotte nel sistema fognario.

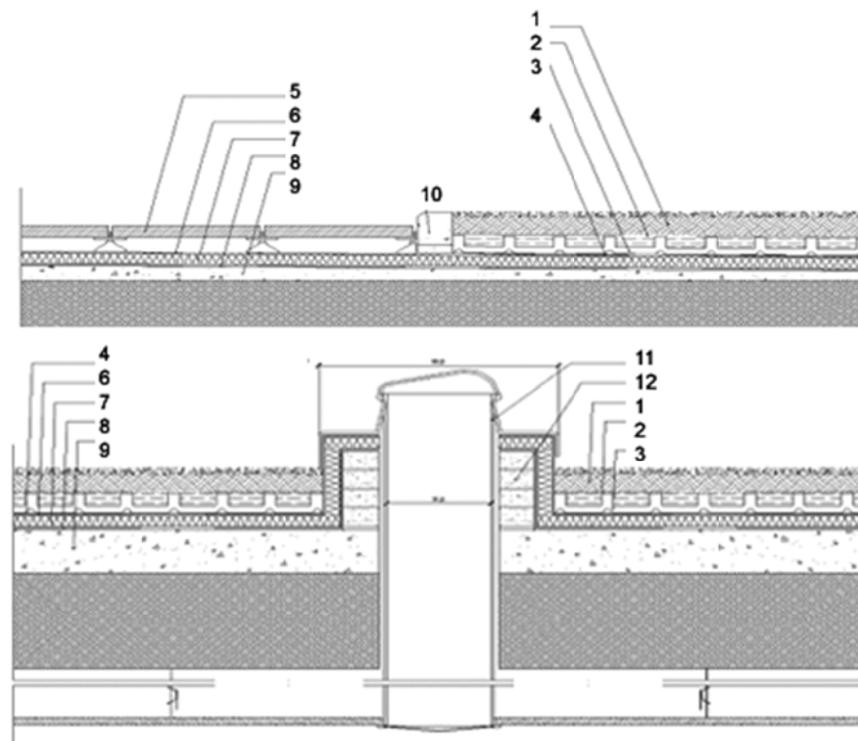


Figura 5.1.17 – Tetto verde.

La pendenza è ottenuta tramite massetto delle pendenze (>1%); al di sopra del massetto è collocata la barriera al vapore che protegge il sovrastante strato di isolamento termico dall'eventuale formazione di condensa dagli strati interni.

Al fine di evitare il contatto dell'isolamento con acqua piovana, quest'ultimo è protetto al di sopra da uno strato impermeabilizzante, a sua volta protetto da un sistema drenante tessuto non tessuto. Al di sopra di quest'ultimo, nello specifico caso dell'ospedale Meyer, sono stati inseriti dei pannelli Daku FSD 30,8cm che costituiscono lo strato resistente che porta il terriccio posto subito al disopra del Daku Stabilfilter.

La copertura a verde realizzata all'Ospedale Meyer è caratterizzata da un valore di trasmittanza termica pari a 0.79 W/m<sup>2</sup>K contro l'1.16 W/m<sup>2</sup>K della classica copertura tradizionale.



- |                               |   |                             |
|-------------------------------|---|-----------------------------|
| 1) strato di terra 8 cm       | 5) pavimento flottante con finitura in ghiaia | 9) massetto con pendenza 1% |
| 2) Daku Statilfilter          | 6) impermeabilizzazione                       | 10) cordolo di contenimento |
| 3) pannello Daku FSD 30, 8 cm | 7) isolamento termico                         | 11) condotto solare         |
| 4) tessuto non tessuto        | 8) barriera al vapore                         | 12) elementi in laterizio   |

Figura 5.1.18 – Stratigrafia del tetto verde.

Le chiusure verticali sono state progettate per garantire un buon isolamento termico in funzione della massima differenza di temperatura che può presentarsi durante l'anno.

La muratura è stata realizzata a cassetta, con una doppia fila di mattoni di laterizio con interposto uno strato di materiale isolante (poliestirene) dello spessore di 6 cm; il valore di trasmittanza termica della parete raggiunge gli  $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valore notevolmente basso paragonato ad una normale muratura tradizionale, perfettamente in linea con la normativa vigente durante la costruzione dell'ospedale (DPR 192/2005 in vigore dal 2006) che prevedeva una massima trasmittanza termica delle pareti di  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  (in zona climatica E secondo, DPR 412/93), ed in linea anche con i valori massimi consentiti dalla stessa normativa a partire dal 2009, data successiva alla ultimazione dei lavori ( $U_{\text{max}}=0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).



Figura 5.1.19 – Pareti esterne a cassetta con materiale isolante.

Il padiglione di nuova edificazione è costituito da 3 livelli di cui solamente il terzo, che ospita le degenze, risulta essere totalmente fuori terra. Gli altri due livelli sono parzialmente addossati al terreno. In questo modo si tenta di mantenere pressoché costante la temperatura delle pareti a contatto con il terreno. Quest'ultimo infatti, grazie alla sua massa termica, riesce a trattenere l'energia immagazzinata durante l'anno che viene rilasciata molto lentamente all'esterno (dagli strati più alti); di conseguenza subito dopo il

periodo invernale il terreno avrà una bassa temperatura che raffrescherà gli ambienti ad esso addossati; dopo che invece si sarà riscaldato nel periodo estivo, rilascerà gradualmente questa energia durante il periodo invernale. La temperatura del terreno dipende dalla sua profondità, quindi gli effetti saranno più evidenti nelle pareti più in basso.

In tal modo l'energia richiesta per climatizzare gli ambienti le cui pareti sono a contatto con il terreno sarà inferiore rispetto agli ambienti le cui pareti sono invece esterne.

Uno dei fattori che determina la quantità di energia necessaria a climatizzare un ambiente, è la capacità di quest'ultimo di mantenere la propria temperatura; le chiusure esterne, siano esse orizzontali che verticali, sono gli elementi di fabbrica maggiormente sottoposti a scambi di temperatura, proprio per il loro contatto con l'esterno che presenta una temperatura differente rispetto a quella interna. Nelle chiusure verticali esterne gli elementi dove il passaggio di temperatura è maggiore sono gli infissi, ed è per questo che la scelta di questi ultimi influenza la quantità di energia necessaria a climatizzare gli ambienti interni.

La scelta adottata nel Meyer è stata di installare finestre a taglio termico con doppi vetri basso-emissivi e camera d'aria. Questo tipo di vetro consente il passaggio dei raggi solari in modo differente nei due versi in entrata ed in uscita: i raggi in entrata possono attraversare il vetro per intero riscaldando così gli ambienti per irraggiamento; i raggi in uscita invece vengono in parte riflessi verso l'interno così da continuare l'azione di riscaldamento per irraggiamento.



Figura 5.1.20 – Pareti esterne a contatto con il terreno.

La presenza del doppio vetro e della camera d'aria contribuisce invece a mantenere le condizioni di temperatura interna riducendo la perdita di energia per conduzione.

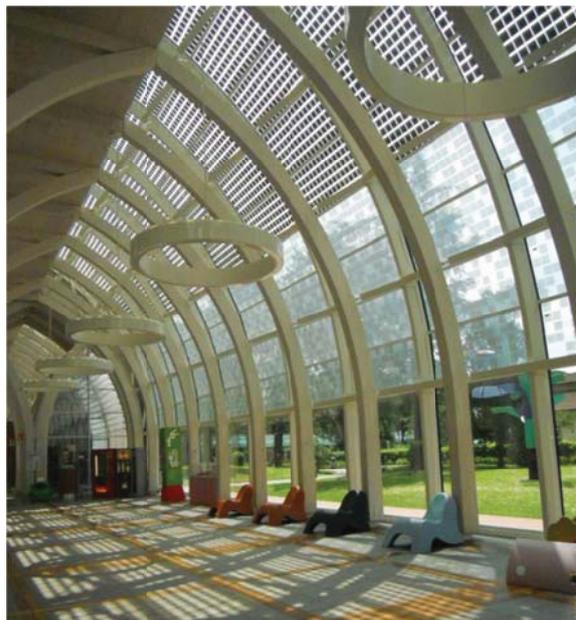


Figura 5.1.21– Serra solare bioclimatica fotovoltaica.

I pannelli vetrati che coprono la serra solare sono invece caratterizzati da valori di trasmittanza molto bassa (circa  $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), in modo tale da mantenere la temperatura interna durante le stagioni fredde ed evitare il surriscaldamento nei periodi caldi.

La scelta dei materiali è stata fatta seguendo i principi cardine della bioarchitettura, in particolare analizzando l'impatto che un materiale ha sull'ambiente durante tutto il suo ciclo di vita (LCA=Life Cycle Assessment). Lo studio dell'energia assorbita da un determinato materiale durante tutto il suo ciclo di vita, dalla pre-produzione alla dismissione e smaltimento, è un processo piuttosto complesso determinato dalla somma di vari fattori; un dato piuttosto obiettivo riguarda la fase di produzione del materiale, per la quale sono noti o ricavabili i dati riguardanti l'approvvigionamento delle materie prime e le quantità necessarie; è nota l'energia necessaria per produrre 1 tonnellata di materiale e le emissioni prodotte durante queste fasi.

Riguardo il trasporto, il montaggio, la dismissione e lo smaltimento è necessario svolgere uno studio caso per caso (in base alla distanza dal cantiere, alle tecniche costruttive utilizzate, alla distanza da discariche, alla possibilità di riciclaggio, etc.)

Fra i materiali a basso impatto energetico-ambientale utilizzati nel Meyer ritroviamo:

EE=Energia incorporata

GWP=Effetto serra

- uso del laterizio (EE=2,50-3,00 MJ; GWP= 0,14-0,22 Kg CO<sub>2</sub>eq)
- travi in legno lamellare (EE=7,8 MJ; GWP= - 1,42 Kg CO<sub>2</sub>eq)
- collanti senza formaldeide
- pietra naturale e cotto per pavimentazioni (EE=7,20-8,20MJ; GWP= 0,20 Kg CO<sub>2</sub>eq)
- pavimenti in legno
- linoleum nelle degenze

- gomma nei pavimenti del blocco operatorio
- intonaci interni in grassello di calce e sabbia
- impiego di isolanti naturali quali il sughero (EE=2,16 MJ; GWP=0,10 Kg CO<sub>2</sub>eq)
- controsoffitti con pannelli di cartongesso monolitici (EE=2,7-7,4 MJ; GWP= 0,78-1,26 Kg CO<sub>2</sub>eq)
- tinteggiature traspiranti con pigmenti naturali e vernici a base d'acqua
- adozione di collanti naturali senza solventi di origine petrolchimica.

L'accesso all'ospedale avviene attraverso una hall costruita in aderenza alla facciata sud di Villa Ognissanti, edificio ristrutturato all'interno del Parco nel quale il complesso ospedaliero è inserito. La ristrutturazione è stata effettuata con interventi mirati a contenere le dispersioni termiche ed i consumi energetici, secondi i principi di bioarchitettura. Uno degli elementi che ha maggiormente caratterizzato la ristrutturazione, è proprio la hall di ingresso; si è infatti scelto di costruire una serra solare con integrato un impianto fotovoltaico.

La serra è costituita da una serie di arcate in legno lamellare sovrastate da una struttura in acciaio che sorregge i pannelli fotovoltaici ed i pannelli vetrati.

La serra solare ha la principale funzione di riscaldare passivamente la hall di ingresso nei periodi freddi; i raggi solari possono infatti oltrepassare la grande parete finestrata riscaldando l'ambiente interno per irraggiamento; la basso emissività dei pannelli vetrati contribuisce a far aumentare tale effetto. Inoltre in tal modo si crea un filtro fra l'ambiente esterno e gli ambienti interni della villa, riducendo così le dispersioni termiche e quindi i consumi necessari per il condizionamento della stessa.

Nei periodi caldi invece non è necessario accumulare energia termica, piuttosto sarà necessario evitare il surriscaldamento della hall. Per tale scopo si è scelto di utilizzare una pavimentazione di colore chiaro; inoltre i

pannelli fotovoltaici sono stati posizionati ad una altezza tale da consentire il passaggio per intero dei raggi solari in inverno (minima inclinazione del sole e raggi più orizzontali), ma da ostacolare i raggi estivi maggiormente inclinati. I pannelli infatti permettono sempre il passaggio della luce, ma catturano, e quindi bloccano, la maggior parte dei raggi solari, creando un ombreggiamento che contribuisce ad evitare il surriscaldamento. Inoltre, per attivare i moti convettivi ascensionali e consentire lo smaltimento dell'aria calda, la parte alta della parete finestrata è costituita da pannelli apribili controllati da computer.

Per di più la presenza di questo filtro diminuisce l'irraggiamento diretto delle pareti della villa, contribuendo nuovamente a ridurre la quantità di energia necessaria alla climatizzazione.



Figura 5.1.22 – Serra solare bioclimatica.



Figura 5.1.23 – Progetto della serra solare bioclimatica.

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sistema HVAC

Le condizioni termo-igrometriche, favorevoli alla guarigione del paziente, sono state raggiunte grazie all'adozione di impianti HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning) che rilevano la temperatura interna dell'aria e l'umidità relativa e la condizionano.

### 5.1.2 DEVENTER HOSPITAL

Luogo: Deventer, Olanda	N° posti letto: 380
Committente: Stichting Deventer Ziekenhuis Groep	
Progetto: DHA e De Jong Gortemaker Algra architetti e ingegneri	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 65.900 mq
Tipo di intervento: Nuova costruzione	
Anno di realizzazione: 2004 – 2008	Fondi europei ottenuti HOSPITALS: € 713.842
Importo complessivo: € 165.000.000	

#### Descrizione generale

Il Deventer Hospital nasce nel 1985 dall'unione del Sint Geertruiden Hospital con il Sint Jozef Hospital. A seguito di questa unione si è deciso di dare una nuova sede e una nuova forma alla struttura ospedaliera, che ha visto iniziare i suoi lavori nel 2004 e terminarli dopo soli quattro anni, ovvero nell'estate del 2008.

L'ospedale si trova sul lato orientale di Deventer, vicino al villaggio di Schalkhaar ed è situato in aperta campagna. Possiede l'aspetto di una vera e propria tenuta, grazie alla presenza di prati verdi e alberati e all'esistenza di uno stagno artificiale realizzato sul confine della proprietà. La costruzione dell'azienda ospedaliera non ha avuto un impatto negativo sull'ambiente circostante, che è rimasto verde anche dopo la realizzazione dell'ospedale.

La struttura, di carattere regionale, ogni anno registra 18.000 pazienti e 290.000 consultazioni negli ambulatori<sup>1</sup>.



Figura 5.2.1 – Vista aerea del Deventer Hospital.

## Organizzazione funzionale

Il Deventer Hospital è costituito da un garage sotterraneo e da un volume centrale circolare di 55.000 m<sup>2</sup>, con ai lati l'Istituto Radioterapico (RISO) di 5.200 m<sup>2</sup> e il Centro Psichiatrico Rielerenk (PCR) di 5.700 m<sup>2</sup>. Il lotto presenta, invece, una superficie totale di 110.000 m<sup>2</sup>.

L'Istituto Radioterapico (RISO) e il Centro Psichiatrico Rielerenk (PCR) sono separati dall'ospedale e presentano ingressi indipendenti.

Sul versante nord del Deventer Hospital, al confine con il villaggio di Schalkhaar, sono posizionati tre volumi perpendicolari alla parte curva dell'ospedale. Questi volumi si estendono, come le dita di una mano, sopra il campo verde.

---

<sup>1</sup> <http://www.dz.nl>



Figura 5.2.2 – Vista aerea del Deventer Hospital.

Il prospetto su questo lato presenta delle pareti realizzati con diversi materiali lapidei. Il versante meridionale del volume centrale, al confine con la città di Deventer, presenta invece una facciata vetrata trasparente protetta da un sistema di schermature inclinati in acciaio (brise - soleil).

Il volume centrale presenta una struttura costituita da pilastri rotondi, travi in acciaio e pannelli rimovibili in facciata. La copertura, a due diverse quote di altezza, presenta delle falde inclinate nella quota superiore e dei giardini pensili e terrazze praticabili nella quota inferiore. Dei lucernai consentono alla luce di illuminare gli ambienti interni.



Figura 5.2.3 – Prospetto con materiali lapidei sul versante nord<sup>2</sup>.



Figura 5.2.4 – Facciata vetrata sul versante sud<sup>2</sup>.

Al piano terra troviamo una central hall, un auditorium/biblioteca, sei aree di attesa per i pazienti e gli accompagnatori, gli ambulatori e diverse sale di consultazione dallo spazio flessibile; le loro pareti, infatti, possono essere facilmente smontate e spostate negli altri piani in modo da dare ulteriore spazio alle sale operatorie, al reparto di terapia intensiva e alle sale di

---

<sup>2</sup> <http://www.ics.ele.tue.nl/~akash/maartje/index.php>

ricerca/trattamento disposti lungo la spina dorsale dell'edificio. Al piano terra la central hall e le piazze ambulatoriali, che collegano le diverse sale d'attesa, si distinguono per la grande quantità di luce naturale che entra dal tetto e per l'esposizione di opera d'arti permanenti, che mettono i pazienti e i visitatori a proprio agio e offrono loro momenti di distrazione. Nell'ospedale, infatti, vengono realizzate regolarmente delle mostre temporanee che richiamano un vasto pubblico.



Figura 5.2.5 – Tetto giardino<sup>2</sup>.



Figura 5.2.6 – Central Hall.

Al primo piano troviamo il reparto di maternità e pediatria, l'asilo nido, gli uffici del personale amministrativo e un centro di meditazione per coloro che desiderano un attimo di silenzio e tranquillità; al secondo le camere di degenza e al terzo i laboratori. Le camere di degenza, singole, doppie e triple, sono situate lontano dagli spazi distributivi e dalle sale d'attesa pubbliche. Le loro finestre basse consentono al paziente di poter godere dal loro letto della bellissima vista di Schalkhaar.



Figura 5.2.7 – Finestre basse in legno.

Il Deventer Hospital distingue il trattamento dei pazienti in quattro livelli di cura: acuta, urgente, elettiva e cronica. In base a questa distinzione ritroviamo nell'ospedale quattro tipi di percorsi con ingressi separati. Le ambulanze raggiungono il pronto soccorso e la reception attraverso una strada situata sul lato orientale della proprietà. Nella parte centrale del complesso ospedaliero vi è una grande piazza con fermate per gli autobus e dei taxi. I parcheggi nel seminterrato presentano 450 posti, quelli sul suolo 500 posti.

## Aspetti di sostenibilità

Deventer Hospital è un esempio di applicazione delle tecnologie a basso consumo energetico nell'edilizia ospedaliera europea, secondo quanto promosso dalla Comunità Europea nel Progetto EU Hospitals (5° framework programme of European Community, 2002).

Le strategie innovative adottate per ridurre la domanda energetica e le emissioni di CO<sub>2</sub> sono:

- utilizzo della luce naturale;
- controllo delle dispersioni termiche;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento.

L'adozione di tali strategie ha permesso una riduzione annuale delle emissioni di 1.943,00 tonnellate di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), 8,71 tonnellate di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), e 3,35 tonnellate di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ovvero a una riduzione totale delle emissioni del 69%. Inoltre sono attesi importantissimi risparmi nella domanda di energia per il riscaldamento/raffreddamento; per la domanda di energia annuale di riscaldamento si stima una riduzione del 73%, mentre per il raffreddamento si attende una riduzione di circa il 50%. Per il consumo di energia elettrica si stima una riduzione di circa il 16% rispetto allo standard ospedaliero. Il risparmio finanziario annuo stimato è di 154.545 Euro/anno. Il costo totale dell'investimento è stato di 2.039.548 Euro, di cui 713.842 Euro sono stati finanziati dall'Unione Europea. Questo ha permesso un tempo di ammortamento pari a 8,7 anni<sup>3</sup>.

Negli ultimi anni la Dutch Care Federation (Nederlandse Zorgfederatie) ha firmato un accordo con il Ministero per l'Economia Olandese, che prevede la riduzione del consumo energetico del 30% rispetto al consumo energetico

---

<sup>3</sup> Energy conscious european hospitals and health care buildings, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

del 1988. La nuova costruzione del Deventer Hospital ha contribuito parecchio all'attuazione di questo piano<sup>4</sup>.

Oltre all'efficienza energetica, il Deventer Hospital presta particolare attenzione al benessere e al comfort dei pazienti, del personale e di altri gruppi di utenza.

### UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo dell'energia elettrica

TECNOLOGIE APPLICATE: - Lucernai

- Dispositivi di schermatura

Nel Deventer Hospital l'uso della luce diurna ha permesso una rilevante riduzione del consumo annuo di energia elettrica destinata all'illuminazione. Ciò è stato permesso grazie alla realizzazione di lucernai che hanno permesso alla luce naturale di penetrare all'interno della central hall e delle piazze ambulatoriali. L'utilizzo dei sistemi di controllo della luce naturale (dispositivi di schermature o brise-soleil) ha garantito l'integrazione funzionale della luce diurna con la luce artificiale.



Figura 5.2.8 – Ambienti interni illuminati dalla luce solare.

---

<sup>4</sup> <http://www.dz.nl>



Figura 5.2.9 – Schermature sul versante meridionale dell'ospedale<sup>5</sup>.

### CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzioni delle dispersioni termiche  
- Miglioramento del comfort interno

TECNOLOGIE APPLICATE: - Coperture verdi  
- Isolamento termico delle pareti esterne  
- Infissi a taglio termico

Per ridurre le dispersioni termiche è necessario isolare tutti gli elementi opachi di un edificio, compreso il tetto. Il tetto verde presente nella copertura del volume centrale del Deventer Hospital permette, attraverso i suoi strati, la riduzione degli scambi termici (che avvengono dall'interno verso l'esterno) in inverno e il surriscaldamento della copertura in estate. Il

---

<sup>5</sup> <http://www.ics.ele.tue.nl/~akash/maartje/index.php>

tetto verde, inoltre, con i suoi bassi livelli di emissioni, riduce l'impatto ambientale dell'edificio e migliora il microclima degli ambienti interni.



Figura 5.2.10 – Tetto giardino <sup>5</sup>.

Le perdite di calore sono normalmente espressi in termini di perdita di flusso di calore attraverso un metro quadro di parete esterna nell'unità di tempo. Le perdite dipendono principalmente dalla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'edificio e dalla resistenza termica di uno o più materiali. Per ridurre le perdite di calore si è aggiunto nella stratificazione delle pareti esterne uno strato di isolamento termico.



Figura 5.2.11 – Finestre basse in legno.

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

- PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico
- TECNOLOGIE APPLICATE: - Impianto di climatizzazione geotermico
- Impianto di condizionamento a tutt'aria a portata variabile
  - Sistema CHP
  - Sistema BMS

È noto che la Terra, intesa come sorgente di energia geotermica, può essere considerata una risorsa energetica illimitata. Il flusso di calore naturale prodotto all'interno della Terra e trasferito alla superficie terrestre è strettamente legato alla natura della crosta terrestre e può variare sensibilmente a seconda del territorio che si considera.

Questa differenza di temperatura tra l'aria ed il sottosuolo può essere considerata una risorsa energetica non solo come fonte di calore da utilizzare in assorbimento, ma anche come possibile serbatoio freddo da utilizzare per raffrescare attraverso l'accoppiamento con una macchina termica (pompa di calore) che consente il trasferimento di calore da e verso il sottosuolo con elevata efficienza energetica. Un sistema che sfrutta queste potenzialità è pertanto in grado di offrire calore (azione riscaldante) nella funzione invernale e di sottrarre calore (azione refrigerante) nella funzione estiva all'edificio asservito da tale sistema. Grazie a tali tecnologie è possibile quindi evitare il ricorso ai combustibili fossili, azzerando le emissioni locali in atmosfera e riducendo le necessità elettriche per il raffrescamento estivo. In totale sono stati realizzati per l'impianto geotermico 16 piccoli fori della profondità di soli 30 m. Generalmente in un impianto di condizionamento geotermico i fori presentano una profondità di 50 – 80 m. Nel Deventer Hospital ciò non si è potuto realizzare a causa della presenza nel terreno di un livello alto di acqua.

L'ospedale adopera un impianto di condizionamento a tutt'aria a portata variabile, ovvero il controllo di tutte le grandezze microclimatiche è effettuato mediante l'impiego di aria, la cui regolazione può avvenire con una variazione della portata dell'aria. L'ingresso e l'uscita dell'aria non richiedono l'utilizzo di radiatori, sono applicati direttamente sul soffitto, permettendo un uso più flessibile dello spazio. I condotti principali sono situati al di sopra degli spazi di circolazione, in modo tale da consentire in futuro delle eventuali estensioni o modifiche. In ogni stanza la temperatura può essere aumentata o abbassata rapidamente, consentendo comunque l'apertura o la chiusura delle finestre durante le stagioni primaverili e autunnali e assicurando ai pazienti e al personale un ambiente interno sano. E' possibile inoltre, se necessario, creare una sovra-pressione nelle stanze per creare un ambiente isolato in caso di rischio.

Il sistema CHP adoperato nel Deventer Hospital è un sistema combinato di calore ed elettricità. Questo, infatti, converte circa il 10%-20% del calore primario in elettricità; gran parte del calore primario rimanente viene riutilizzato per alimentare il sistema di riscaldamento dell'acqua sanitaria.

Il sistema BMS consiste nel controllo meccanico del sistema di riscaldamento/raffreddamento dell'edificio. I dispositivi di controllo misurano, infatti, il livello di umidità e di CO<sub>2</sub> durante l'inverno e la temperatura dell'aria durante l'estate. In base alle diverse combinazioni e condizioni di carico interni ed esterni, il sistema di controllo risponde alle esigenze di comfort in maniera energeticamente efficiente, assicurandosi che l'energia venga efficacemente utilizzata dove e quando necessario.



Figura 5.2.12 – Diverse fasi di costruzione.



### 5.1.3 AABENRAA HOSPITAL

Luogo: Aabenraa, Contea del South Jutland, Danimarca	N° posti letto: 400 (dopo le 2 fasi di ampliamento)
Committente: Liane Timm Schwarz	Mq di intervento: 1° fase: 27.300 mq 2° fase: 16.700 mq
Progetto: Creo Architetti A / S Aarhus Architetti A / S ALECTIA A / S Søren Jensen A / S Balslev A / S Oluf Jørgensen A / S	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 69.600 mq (dopo le due fasi di ampliamento)
Tipo di intervento: Nuova costruzione Ristrutturazione di edificio preesistente	
Anno di realizzazione: 1° fase: 2012 – 2014 2° fase: 2013 – 2018	Fondi europei ottenuti HOSPITALS: € 615.924
Importo complessivo: 1° fase: \$ 550 milioni 2° fase: \$ 700 milioni	

### Descrizione generale

Aabenraa Hospital si trova nella parte meridionale della Danimarca e precisamente nella parte settentrionale di Aabenraa, vicino alla superstrada E45. L'ospedale è stato costruito tra il 1987 e il 1992 ed è costituito da quattro stabilimenti collegati fra loro; tre edifici ospitano i reparti di degenza e il quarto le sezioni di trattamento (chirurgia generale, pronto soccorso, radiologia) e le amministrazioni. Ogni stabilimento è composto da cinque piani fuori terra e da un seminterrato. Sebbene sia il più nuovo ospedale della Danimarca, Aabenraa Hospital ha recentemente subito un rapido sviluppo. Nel 2002, infatti, il Comitato della Salute della Contea del South Jutland ha deciso per ragioni politiche di non ristrutturare Haderslev Hospital, bensì di ristrutturare e ingrandire Aabenraa Hospital. Tutti gli

studi, dunque, effettuati sul sistema di ventilazione ibrida e sulla facciata a doppia pelle promossi dalla Comunità Europea nel Progetto EU Hospital per Haderslev Hospital, sono stati riadattati nel 2010 per Aabenraa Hospital.



Figura 5.3.1 – Vista aerea dell'ospedale prima delle fasi di ampliamento.



Figura 5.3.2 – Ingresso principale dell'ospedale.

## Organizzazione funzionale

Aabenraa Hospital è attraversato per tutta la sua lunghezza da un lungo corridoio centrale dotato di reception, caffetteria, aree informazioni e di sosta. Sul lato orientale del corridoio sono disposti tre volumi che ospitano tre distinti reparti, ognuno con il proprio ingresso e con le proprie stanze di degenza. Sul lato occidentale del corridoio troviamo tutte le unità di trattamento.

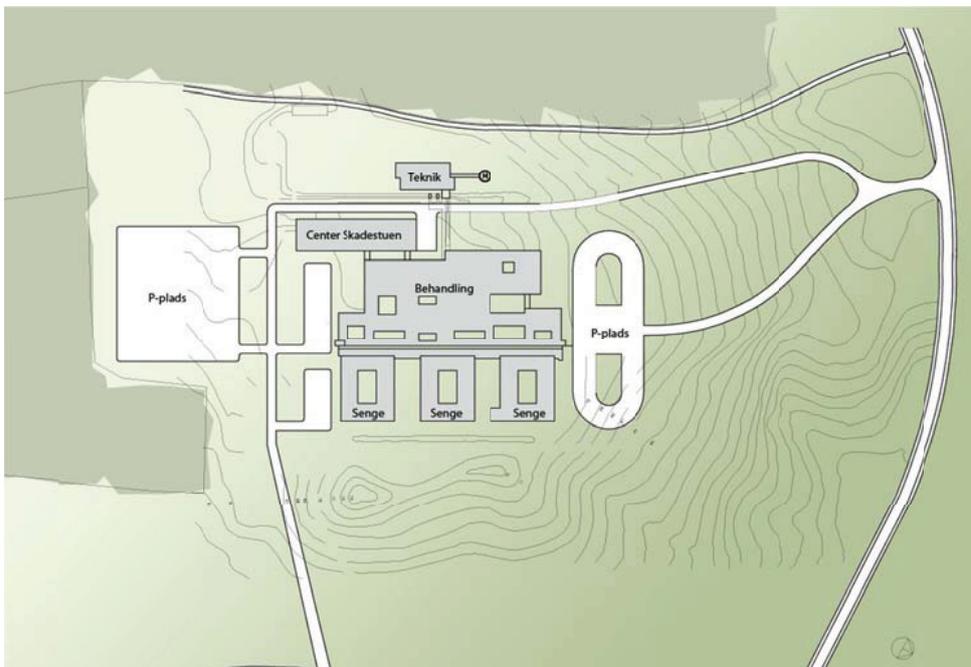


Figura 5.3.3 – Planimetria generale dell'ospedale prima delle fasi di ampliamento.

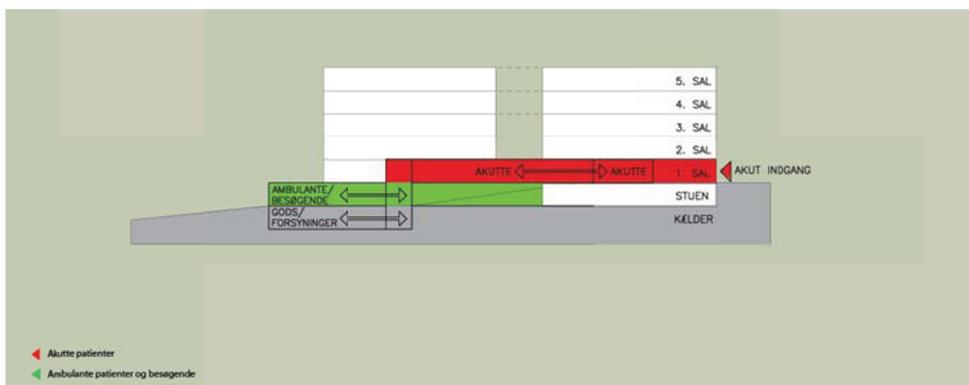


Figura 5.3.4 – Sezione dell'ospedale prima delle fasi di ampliamento.

Il progetto di ampliamento dell'ospedale è stato diviso in due fasi: la prima fase è iniziata nel 2012 e verrà completata nell'estate del 2014, mentre la seconda fase deve ancora avviarsi. In particolare, per la seconda fase la Contea del South Jutland ha emanato nel gennaio del 2013 un concorso di progettazione aperto a studi con dovuta esperienza nel campo della progettazione ospedaliera.

La prima fase prevede la ristrutturazione della vecchia sede e il suo ampliamento di altri 27.300 m<sup>2</sup>. Aabenraa Hospital, nonostante la sua giovane età, è stato costruito con una grave lacuna, ovvero con la carenza di servizi igienici nelle singole camere di degenza. Questa lacuna è stata subito colmata nella prima fase di ristrutturazione dell'ospedale. In questa fase sono state, inoltre, realizzate delle coperture parzialmente vetrate sui cortili interni che hanno permesso alla luce naturale di penetrare nell'edificio e di illuminare le stanze che prima godevano di poca luce.



Figura 5.3.5 – Progetto di ampliamento dell'ospedale (1° fase) .

L'ampliamento di 27.300 m<sup>2</sup> prevede la costruzione di ulteriori edifici nella parte meridionale e occidentale del complesso edilizio che comprenderanno:

- “Familiehuset” (Casa Famiglia) con i reparti di pediatria, neonatologia, ostetricia, ginecologia e maternità. E' posto a sud, in adiacenza all'edificio esistente;



Figura 5.3.6 – Progetto di ampliamento dell’ospedale (1° fase) .

- FAM, blocco indipendente che effettuerà la ricezione di emergenza. FAM si occuperà anche della ricezione acuta per il futuro reparto di psichiatria;
- Reparto e laboratorio di cardiologia, che prenderà il posto dell’attuale reparto di patologia;
- Pronto soccorso psichiatrico;
- Cucina/ristorante;
- Centrale sterile;
- Uffici e strutture di ricerca e insegnamento.

Nella prima fase di ampliamento i nuovi edifici verranno innalzati di soli 3-4 piani, mentre nella seconda fase verranno incrementati di ulteriori piani. L’ingresso principale dell’ospedale, attualmente a Nord, si sposterà a Sud, in prossimità del parcheggio per consentire facile accesso ai pazienti disabili. Il numero dei posti auto nei parcheggi verrà incrementato. Attualmente la struttura ospedaliera possiede:

- Un parcheggio a sud con 335 posti auto;
- Un parcheggio all’ingresso secondario con 50 posti auto;
- Un parcheggio in prossimità del pronto soccorso con 35 posti auto;





Figura 5.3.8 – Foto del cantiere, settembre 2012 <sup>1</sup>.

Nella seconda fase di ampliamento il complesso edilizio verrà incrementato di altri 16.700 m<sup>2</sup>, raggiungerà così una superficie lorda complessiva di 69.600 m<sup>2</sup> con 400 posti letto. In questa fase il nuovo progetto dovrà includere la costruzione di ulteriori reparti, una nuova unità di terapia intensiva, un nuovo laboratorio, diversi ambulatori e una pista di atterraggio

---

<sup>1</sup> [http://quintinlake.photoshelter.com/gallery/-/G0000DuR.qq0w\\_Qs](http://quintinlake.photoshelter.com/gallery/-/G0000DuR.qq0w_Qs)

per gli elicotteri. Per questa seconda fase sono stati finanziati altri 700 milioni di dollari.

Al concorso della seconda fase di ampliamento dell'ospedale hanno partecipato in totale 12 studi di progettazione, di questi solo cinque hanno superato la fase di pre-qualificazione. Questi sono:

- Aarhus Architetti A / S e Creo un / s (consorzio)
- Arkitema K / S
- Ramboll Denmark A / S
- COWI A / S
- CF Møller A / S.

## Aspetti di sostenibilità

Aabenraa Hospital è un esempio di applicazione delle tecnologie a basso consumo energetico nell'edilizia ospedaliera europea, secondo quanto promosso dalla Comunità Europea nel Progetto EU Hospitals (5° framework programme of European Community, 2002).

Le strategie innovative adottate nella fase di ristrutturazione della vecchia sede per ridurre la domanda energetica e le emissioni di CO<sub>2</sub> sono:

- miglioramento della ventilazione naturale;
- utilizzo della luce naturale;
- utilizzo di sistemi di captazione dell'energia solare;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento;

Con l'adozione di tali strategie si è assistito a una riduzione annuale delle emissioni di 974,00 tonnellate di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), 0,18 tonnellate di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), e 1,6 tonnellate di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Inoltre, si è ottenuto, rispetto allo standard danese, una riduzione di 2.700 MWh/anno della domanda di energia per il riscaldamento degli ambienti, dell'acqua sanitaria e per la ventilazione e una riduzione di 200 MWh/anno della domanda di energia elettrica.

Il risparmio finanziario annuo stimato è di 139.719 Euro/anno con costi annuali di manutenzione simili a quelli spesi prima della ristrutturazione. Il costo di investimento iniziale è stato di 1.759.783 Euro, di cui 615.924 Euro sono stati finanziati dall'Unione Europea. Questo ha permesso un tempo di ritorno dell'investimento pari a 12,6 anni e un tempo di ammortamento dei costi di 8,2 anni <sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Energy conscious european hospitals and health care buildings, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

## MIGLIORAMENTO DELLA VENTILAZIONE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione dei consumi di energia per il  
raffreddamento/riscaldamento

- Miglioramento della qualità dell'aria interna

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sistema di ventilazione a dislocamento

- Facciata a doppia pelle

In Aabenraa Hospital per creare una ventilazione naturale e ottenere un'elevata qualità dell'aria viene adottato, oltre il sistema della facciata a doppia pelle, un sistema di ventilazione a dislocamento. La tecnica di ventilazione a dislocamento prevede di far salire i contaminati caldi fino a soffitto, di estrarre l'aria contaminata a livello del soffitto e di immettere aria fresca e pulita a pavimento<sup>3</sup>. In particolare, in Aabenraa Hospital l'aria fresca a temperatura costante di 16° C proveniente dal seminterrato viene aspirata e condotta nei reparti ai piani superiori. Lì attraverso dei convettori di calore raggiunge una temperatura di comfort e successivamente fuoriesce attraverso delle “cappe di vento” installate nella copertura. Ciò comporta un costante ricircolo d'aria, un miglioramento della qualità dell'aria e una riduzione dei consumi di energia destinata al raffrescamento o riscaldamento. Il sistema della ventilazione ibrida ha prodotto un risparmio del 93% del consumo di energia elettrica<sup>2</sup>.

---

<sup>3</sup> Ventilazione a dislocamento in ambienti non industriali, Collana AICARR, 2001, in [www.darioflaccovio.it](http://www.darioflaccovio.it)

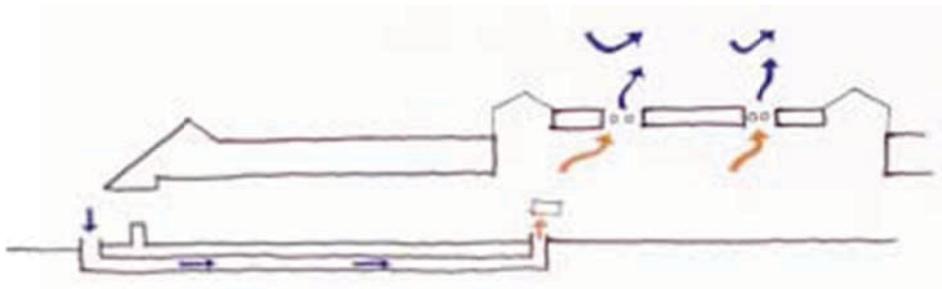


Figura 5.3.9 – Cappe di vento installate in copertura e principio di ventilazione a dislocamento.

## UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo dell'energia elettrica

TECNOLOGIE APPLICATE: - Coperture vetrate nei cortili interni

- Illuminazione artificiale a led

- Dispositivi di schermatura

In Aabenraa Hospital l'uso della luce diurna ha permesso una rilevante riduzione del consumo annuo di energia elettrica destinata all'illuminazione. Ciò è stato permesso grazie alla realizzazione di coperture parzialmente vetrate nei cortili interni dell'ospedale, che ha permesso alla luce naturale di penetrare all'interno dell'edificio. I diagrammi 5.3.12 mostrano la distribuzione della luce in due stanze poste di fronte al cortile; la presenza della copertura vetrata nel cortile non ha ridotto i livelli di luce diurna, al contrario li ha migliorati<sup>4</sup>. L'utilizzo dei sistemi di controllo della luce naturale (dispositivi di schermature o brise-soleil) ha garantito l'integrazione funzionale della luce diurna con la luce artificiale a led. In un anno si è avuto nei cortili un consumo di energia elettrica pari a 11,3 kWh/m<sup>2</sup>, ovvero un risparmio del 67%<sup>5</sup>.



Figura 5.3.10 – Copertura parzialmente vetrata in uno dei cortili interni dell'ospedale.

<sup>4</sup> Niras e Arkitektfirmaet C.F. Møller, Generalplan sygehus sønderjylland, Relazione tecnica, Maggio 2009.

<sup>5</sup> Bioclimatic design concepts, The Hospitals, Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.



Figura 5.3.11 – Dispositivi di schermatura in copertura.

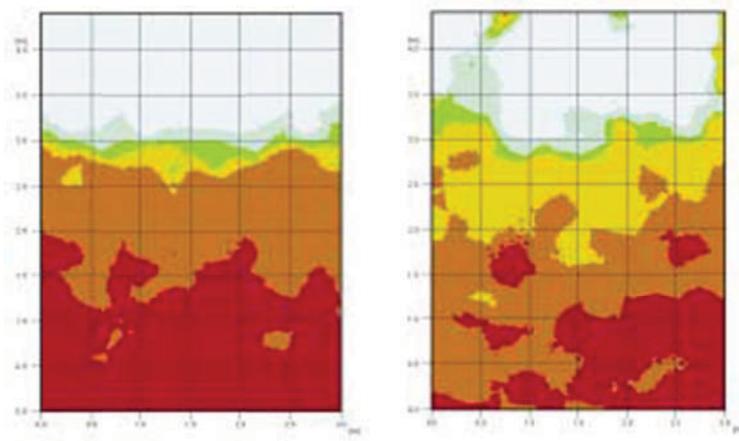


Figura 5.3.12 – Distribuzione della luce in due camere poste di fronte al cortile vetrato.



Figura 5.3.13 – Cortile prima e dopo la realizzazione della copertura parzialmente vetrata.

## UTILIZZO DI SISTEMI DI CAPTAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Pannelli solari termici (collettori solari)

I pannelli solari termici sono dei dispositivi contenenti un fluido che, riscaldato dal sole, trasferisce il calore all'acqua o un altro fluido per produrre acqua calda sanitaria o il riscaldamento dell'abitazione. In Aabenraa Hospital tre sistemi di collettori solari sono stati installati sulla copertura; due per gli edifici che ospitano i reparti di degenza e uno per l'edificio di Chirurgia Generale. I collettori sono stati montati in modo tale che, per ragioni architettoniche o per evitare il fenomeno dell'abbagliamento, non siano visibili dall'esterno della struttura. Ciascun sistema è costituito da 50 m<sup>2</sup> di collettori solari e fornisce un rendimento energetico annuo di circa 27 MWh per sistema, ovvero circa il 60% del fabbisogno annuo di energia necessaria al riscaldamento<sup>5</sup>. Per evitare nell'impianto l'insorgere di batteri gram-negativi aerobi, come la legionella, si utilizza un sistema di backup elettrico che, mantenendo l'acqua a temperature elevate, impedisce la nascita del batterio legionella.



Figura 5.3.14 – Collettori solari in copertura.



## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sistema BMS

Il sistema BMS consiste nel controllo meccanico del sistema di riscaldamento/raffreddamento dell'edificio. I dispositivi di controllo misurano, infatti, il livello di umidità e di CO<sub>2</sub> durante l'inverno e la temperatura dell'aria durante l'estate. In base alle diverse combinazioni e condizioni di carico interni ed esterni, il sistema di controllo risponde alle esigenze di comfort in maniera energeticamente efficiente, assicurandosi che l'energia venga efficacemente utilizzata dove e quando necessario.

#### 5.1.4 FACHKRANKENHAUS NORDFRIESLAND

Luogo: Bredstedt, Frisia settentrionale, Germania	N° posti letto: 120
Committente: Fachkrankenhaus Nordfriesland Gruppe	Mq di intervento: 5800 mq
Progetto: <i>Architetti:</i> Detlefsen, Lundelius <i>Consulenti energetici:</i> Esbensen Consulting Engineers A/S	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 5800 mq
Tipo di intervento: Nuova costruzione Ristrutturazione di edificio preesistente	
Anno di realizzazione: 2007	Fondi europei ottenuti HOSPITALS: € 336.587
Importo complessivo: € 1.467.518	

#### Descrizione generale

Fachkrankenhaus Nordfriesland (FNF) è una struttura ospedaliera vicina al Mare del Nord, ed è stata fondata nel 1975 da una fondazione privata: la Fachkrankenhaus Nordfriesland Gruppe.

Nel febbraio del 2007 la Fachkrankenhaus Nordfriesland Gruppe e la clinica Fachklinik di Beklum fondano la Fachkliniken Nordfriesland gGmbH (FKLNF). Proprio in questa occasione lo stabilimento della Fachkrankenhaus Nordfriesland viene ristrutturato, introducendo nella sua struttura delle strategie innovative che riducono la domanda di energia e le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Fachkliniken Nordfriesland gGmbH è una struttura ospedaliera e ambulatoriale dalle dimensioni medie di circa 400 dipendenti ed è specializzata in psichiatria, disturbi psicosomatici (come ad esempio la *sindrome da stanchezza cronica*), psicoterapia, tossicodipendenza e medicina ambientale. E' costituita da diverse cliniche e ambulatori dislocati

nella Frisia Settentrionale e in particolare a Bredstedt, Breklum/Riddorf, Tarpfeld, Schleswig, Kiel, Husum e Niebüll.

La Fachkliniken Nordfriesland gGmbH è composta da:

- quattro dipartimenti clinici: dipartimento di psichiatria generale, dipartimento di tossicodipendenza, dipartimento di psicosomatica e psicoterapia e il dipartimento di medicina ambientale;
- due riabilitazioni: uno per la tossicodipendenza e l'altro per la psicosomatica;
- molti ambulatori: le istituzioni ambulatori psichiatrici (PIA) e l'ambulatorio Kiel (FAK);
- cinque aree per la post-terapia, il reinserimento, la consulenza e la prevenzione: Isola Husum, Centro assistenza per tossicodipendenti Schleswig, Casa per tossicodipendenti, Casa di cura per malati di mente e Übergangseinrichtung Hof aTarpfeld.

Il dipartimento di psichiatria generale a Riddorf (un quartiere di Breklum) presenta 42 aree per il trattamento dei pazienti. Ogni area è suddivisa in due ali: un'ala protetta con accesso ai giardini e un'ala non protetta con 21 posti di trattamento. In entrambe le ali sono presenti un salone, una sala polifunzionale e diverse aree di sosta con molti posti a sedere. Qui i pazienti possono godere di camere singole o doppie, di una palestra, di un campo da beach-volley, di una pista da jogging, di una caffetteria, di un chiosco e di un parco verde di circa 20.000 ettari.

Il dipartimento di tossicodipendenza si trova a Bredstedt, ma collabora con diverse istituzioni e cooperative sparse nella Frisia Settentrionale. Al suo interno vengono curate uomini e donne di qualunque età che hanno problemi di tossicodipendenza provocata da alcool, droga, gioco d'azzardo e uso patologico di computer ed internet.

Il dipartimento di medicina ambientale a Bredstedt cura malattie provocate dall'inquinamento ambientale. Circa il 10% dei suoi pazienti soffre, infatti, di sensibilità a sostanze chimiche multiple e sensibilità elettromagnetica, per tale motivo in questo stabilimento molta cura e attenzione viene prestata alla

qualità dell'aria interna, al sistema di ventilazione e all'utilizzo di materiali a basso impatto ambientale. Qui i pazienti ricevono ogni giorno alimenti 100% biologici<sup>1</sup>.

Le istituzioni ambulatori psichiatrici (PIA) sono degli ambulatori psichiatrici e psicoterapeutici che si trovano a Husum, Riddorf e Niebüll. Il paziente dopo un ricovero o un trattamento parziale nel dipartimento di psichiatria generale a Riddorf, viene trasferito in questi ambulatori dove vengono forniti ulteriori trattamenti come assistenza medica, consulenza socio-terapeutica e terapia di gruppo. In queste ambulatori vengono curate malattie come la schizofrenia, la psicosi, la demenza, i disturbi depressivi, d'ansia, bipolari, della personalità, ossessivo-compulsivo e dell'identità.



Figura 5.4.1 – Fachkrankenhaus Nordfriesland nel 1975.



Figura 5.4.2 – Frisia Settentrionale.

<sup>1</sup> Akut, Korrespondenzblatt aus den häusern der diako flensburg, n.40 Aprile 2008.

Übergangseinrichtung Hof è un'azienda rurale a Tarpfeld. Qui vengono ricoverati i malati tossicodipendenti per dare loro sostegno durante le crisi di astinenza. La tranquillità, l'isolamento e la calma, infatti, contribuiscono al recupero dei malati. L'azienda è una vera e propria farm, costituita da stalle, fienili e grandi serre in cui vengono coltivate prodotti biologici, che vengono poi venduti nei mercati di Tarp e Schleswig. L'azienda si trova a circa 35 Km da Flensburg e a 35 Km da Bredstedt. Oltre la fattoria biologica troviamo anche i dipartimenti di riabilitazione per la tossicodipendenza con 11 posti letto, un ostello con 8 posti letto.

Il Centro assistenza per tossicodipendenti Schleswig è stato diverse volte riconosciuto Modello Federale dal Ministero Federale della Sanità. Il centro, infatti, offre un'ampio aiuto e supporto a persone che soffrono di disturbi alimentari, come l'anoressia nervosa e la bulimia. Il trattamento dei disturbi alimentari non è, tuttavia, l'unica offerta. Il centro, infatti, si occupa anche della cura e della guarigione di persone che fanno abuso di alcool e droghe (illegali e non).



Figura 5.4.3 – Vista aerea del progetto di ristrutturazione della struttura ospedaliera Fachkrankenhaus Nordfriesland a Bredstedt.

## Aspetti di sostenibilità

Fachkrankenhaus Nordfriesland, insieme ad altri quattro ospedali europei (Meyer Children's Hospital, Aabenraa Hospital, Torun City Hospital e Deventer Hospital), è divenuta un esempio di applicazione delle tecnologie a basso consumo energetico nell'edilizia ospedaliera europea, secondo quanto promosso dalla Comunità Europea nel Progetto EU Hospitals (5° framework programme of European Community, 2002).

Le strategie innovative adottate per ridurre la domanda energetica e le emissioni di CO<sub>2</sub> sono:

- miglioramento della ventilazione naturale;
- utilizzo della luce naturale;
- utilizzo di sistemi di captazione dell'energia solare;
- controllo delle dispersioni termiche;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento;
- l'integrazione con il verde circostante.

Con l'adozione di tali strategie si è assistito a una riduzione annuale delle emissioni di 262,00 tonnellate di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), 0,23 tonnellate di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), e 0,002 tonnellate di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ovvero a una riduzione totale delle emissioni del 46%. Inoltre si è ottenuto, rispetto allo standard tedesco, una riduzione del 56% della domanda di energia per il riscaldamento e una riduzione del 57% della domanda di energia elettrica. Il risparmio finanziario annuo stimato è di 76.500 Euro/anno, con un costo annuale di manutenzione di 6.500 Euro. Il costo di investimento iniziale è stato di 1.467.518 Euro, di cui 336.587 Euro sono stati finanziati dall'Unione Europea. Questo ha permesso un tempo di ritorno dell'investimento pari a 8,9 anni<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Energy conscious european hospitals and health care buildings, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

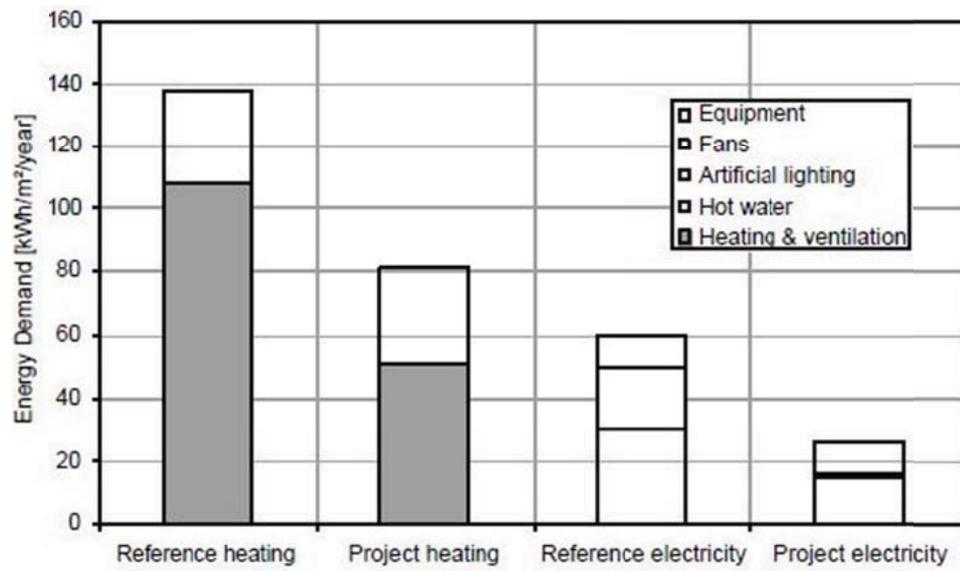


Figura 5.4.4 – Domanda di energia.

## MIGLIORAMENTO DELLA VENTILAZIONE NATURALE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione dei consumi di energia per il riscaldamento/raffreddamento
  - Miglioramento dell'isolamento
  - Miglioramento della qualità dell'aria interna

- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Facciate a doppia pelle
  - Soffitti alti

Nel dipartimento di medicina ambientale il sistema di ventilazione naturale è stato migliorato attraverso la realizzazione di facciate a doppia pelle, che hanno permesso anche il miglioramento del sistema di isolamento e quindi la riduzione della domanda di energia per il raffreddamento e il riscaldamento. Le facciate a doppia pelle, realizzate su alcuni fronti, sono costituite da due superfici in vetro separate da un'intercapedine in cui scorre aria. Il sistema viene creato in modo tale che le vetrate respingono le radiazioni solari in estate grazie a un sistema di schermature, e trattengono l'aria calda all'interno dell'edificio in inverno. Le facciate a doppia pelle creano inoltre all'interno dell'edificio un microclima e una qualità dell'aria in circolo decisamente superiore ai normali involucri. Con le facciate a doppia pelle si assiste anche a un miglioramento delle condizioni di luce naturale e a una riduzione del rumore, ma anche ad un costo di costruzione superiore per la presenza di materiale extra.

Il miglioramento dell'aria interna è stato, inoltre, raggiunto grazie alla realizzazione di soffitti alti nelle stanze singole dei pazienti ampie circa 20 mq. I soffitti alti, infatti, incrementano il volume d'aria per persona e diminuiscono gli agenti inquinanti presenti nell'aria, migliorando la qualità dell'aria interna.



Figura 5.4.5 – Soffitti alti.

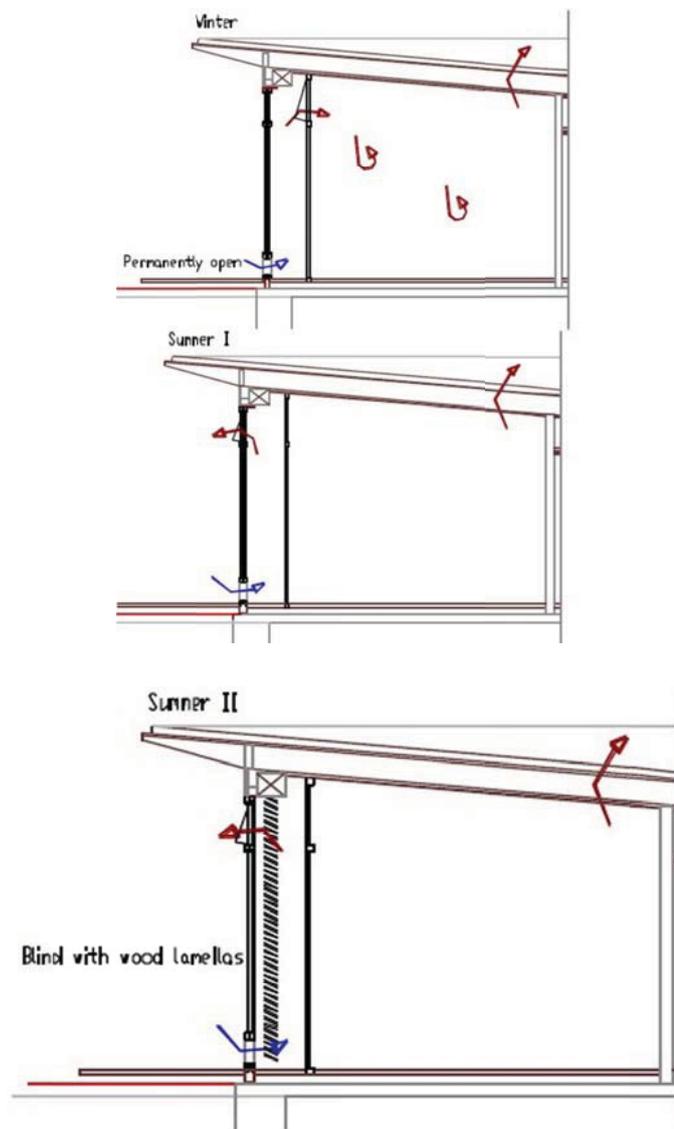


Figura 5.4.6 – Schema funzionale di una facciata a doppia pelle in condizioni invernali ed estive.

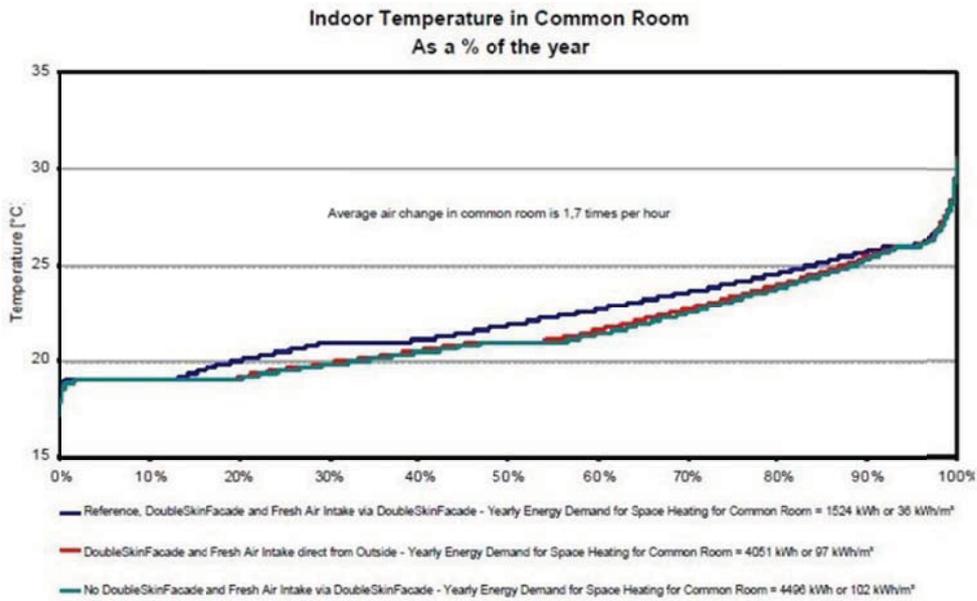


Figura 5.4.7 – Curve di durata della temperatura dell'aria presente all'interno di una stanza con facciata a doppia pelle.

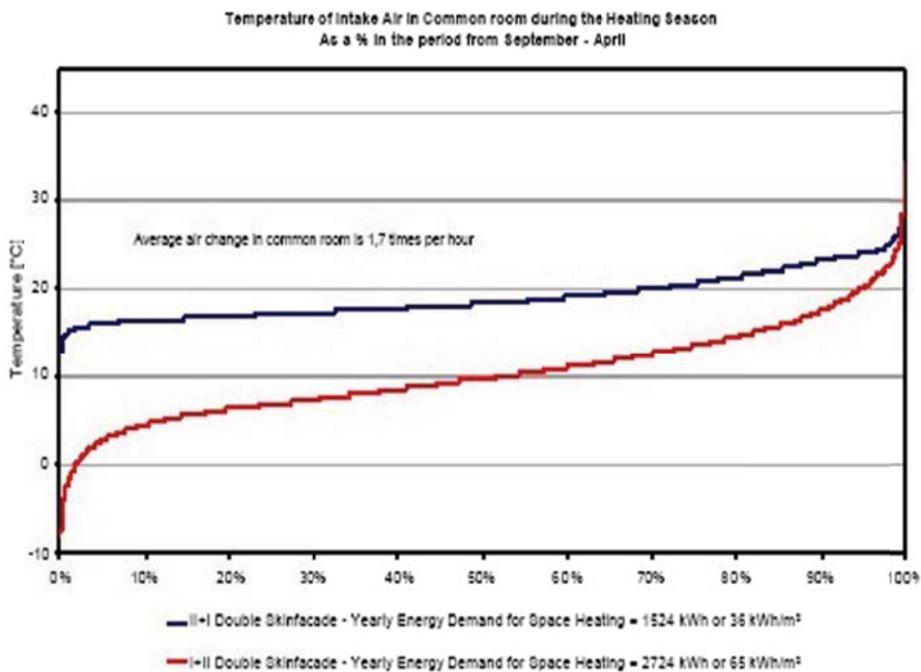


Figura 5.4.8 – Curve di durata della temperatura dell'aria in funzione alla diverse tipologie di vetro adoperati in una facciata a doppia pelle.



Figura 5.4.9 – Facciata a doppia pelle vista dall'interno.

## UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo dell'energia elettrica

TECNOLOGIE APPLICATE: - Copertura vetrata

Nella Fachkrankenhaus Nordfriesland l'uso della luce diurna ha permesso una rilevante riduzione del consumo di energia elettrica destinata all'illuminazione. Ciò è stato permesso grazie alla realizzazione nella hall di una copertura vetrata, che ha permesso l'entrata della luce diurna di una quantità tre volte superiore a quella che si sarebbe acquisita attraverso una semplice finestra.



Figura 5.4.10 – Copertura vetrata della hall.

## UTILIZZO DI SISTEMI DI CAPTAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Pannelli fotovoltaici

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. Uno di questi elementi è il silicio, che compone le celle fotovoltaiche, che a sua volta formano i pannelli fotovoltaici.

La hall della Fachkrankenhaus Nordfriesland presenta una copertura leggermente inclinata a Nord e molto spiovente a Sud. Nella copertura orientata a Sud sono stati inseriti dei pannelli fotovoltaici per la generazione di energia elettrica; in quella vetrata orientata a Nord, invece, sono state installate delle tende bianche regolabili, che impediscono o meno l'entrata delle radiazioni solari all'interno dell'edificio. Inizialmente si era pensato di utilizzare per questa copertura vetrata il vetro fotovoltaico trasparente, successivamente questa idea è stata abbandonata a causa dei costi elevati.



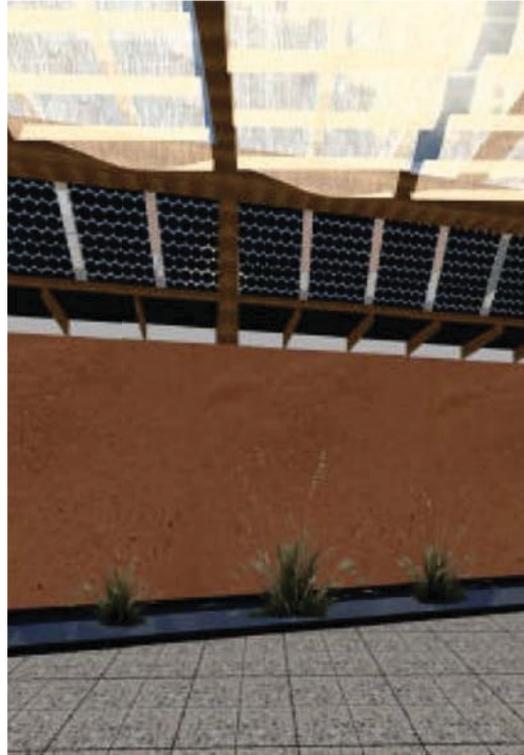


Figura 5.4.11 – Pannelli fotovoltaici e tende bianche nella copertura vetrata della hall.

## CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzioni delle dispersioni termiche

- Miglioramento del comfort interno

- Riduzioni dell'impatto ambientale

TECNOLOGIE APPLICATE: - Coperture verdi

- Isolamento trasparente

- Isolamento termico delle pareti esterne

- Infissi a taglio termico

- Materiali a bassa emissione e a basso assorbimento

Per ridurre le dispersioni termiche è necessario isolare tutti gli elementi opachi di un edificio, compreso il tetto. Il tetto verde presente nelle unità abitative della Fachkrankenhaus Nordfriesland permette, attraverso i suoi strati, la riduzione degli scambi termici (che avvengono dall'interno verso l'esterno) in inverno, e il surriscaldamento della copertura in estate. Il tetto verde, inoltre, con i suoi bassi livelli di emissioni, riduce l'impatto ambientale dell'edificio e migliora il microclima interno.

Le perdite di calore sono normalmente espressi in termini di perdita di flusso di calore attraverso un metro quadro di parete esterna nell'unità di tempo. Le perdite dipendono principalmente dalla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'edificio e dalla resistenza termica di uno o più materiali. Per ridurre le perdite di calore si è aggiunto nella stratificazione delle pareti esterne uno strato di isolamento termico. In particolare nelle finestre orientate a Sud e ad Ovest si è inserito l'isolamento termico trasparente, che aumenta la sensazione di comfort all'interno dell'ospedale e riduce il consumo energetico. L'isolamento termico trasparente, infatti, permette all'infisso di far entrare la luce, garantendo nello stesso tempo una elevata resistenza termica.



Figura 5.4.12 –Vista della copertura verde di un'unità abitativa e sezione trasversale.

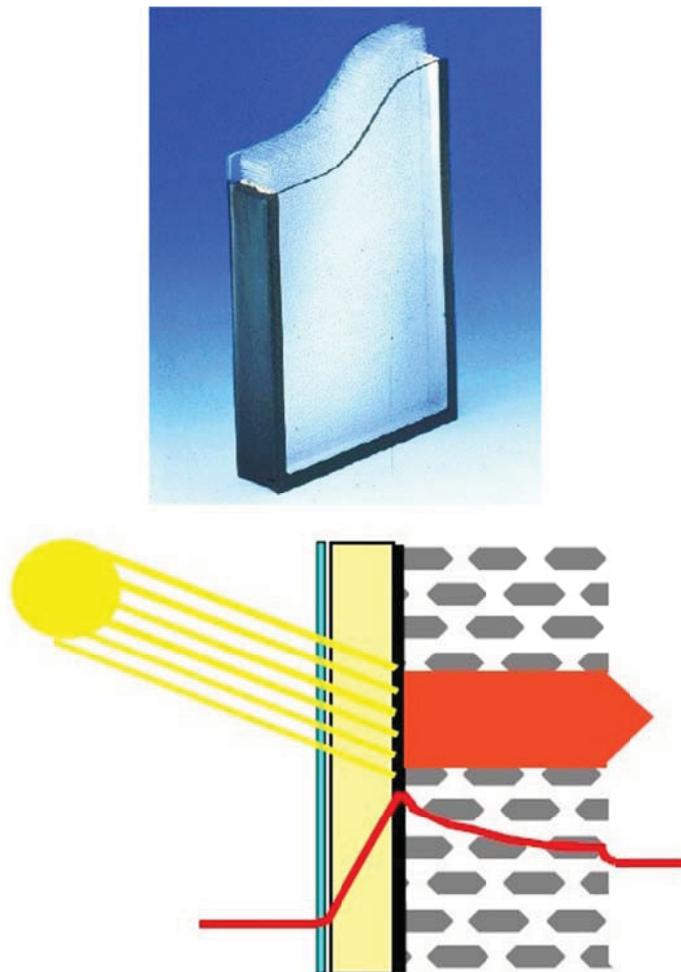


Figura 5.4.13 – Infixo con isolamento trasparente e schema funzionale.

I materiali sono stati selezionati attraverso criteri di emissioni, di assorbimento, di superficie rugosa e di pulizia. In particolare, nelle stanze dei pazienti affetti da sensibilità elettromagnetica sono stati eliminati gli elementi metallici. In tutte le area si è preferito il pavimento in legno alla moquette. Si è eliminato, inoltre, l'impiego dei materiali in PVC.

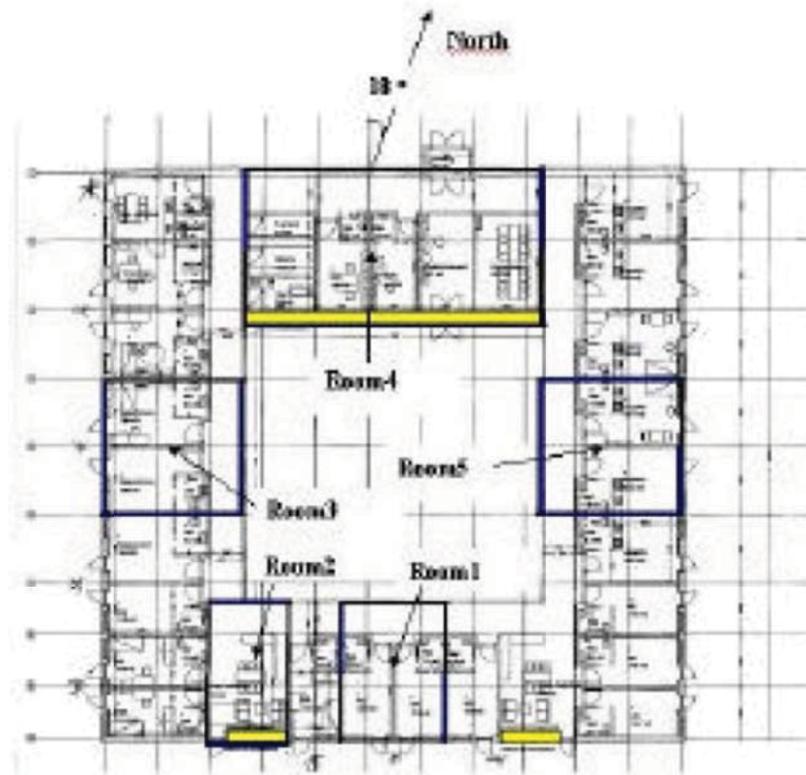


Figura 5.4.14 –Pianta di un'unità abitativa; le facciate a doppia pelle sono evidenziate in giallo, mentre gli asterischi (\*) indicano gli infissi dotati di isolamento trasparente



Figura 5.4.15 – Infisso dotato di isolamento trasparente.

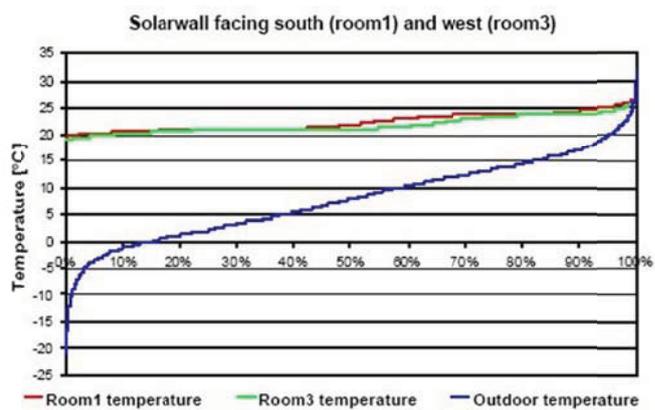


Figura 5.4.16 – Curve di durata della temperature dell'aria all'esterno e nelle stanze 1 e 3 orientate rispettivamente a Sud e a Ovest ed entrambe dotate di infissi con isolamento trasparente .

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sistema CHP

- Sistema BMS

Il sistema CHP, adoperato nella Fachkrankenhaus Nordfriesland, è un sistema combinato di calore ed elettricità. Questo, infatti, converte circa il 10%-20% del calore primario in elettricità; gran parte del calore primario rimanente viene riutilizzato per alimentare il sistema di riscaldamento dell'acqua o delle stanze.

Il sistema BMS consiste nel controllo meccanico del sistema di riscaldamento/raffreddamento dell'edificio. I dispositivi di controllo misurano, infatti, il livello di umidità e di CO<sub>2</sub> durante l'inverno, e la temperatura dell'aria durante l'estate. In base alle diverse combinazioni e condizioni di carico interni ed esterni, il sistema di controllo risponde alle esigenze di comfort in maniera energeticamente efficiente, assicurandosi che l'energia venga efficacemente utilizzata dove e quando necessario.

## L'INTEGRAZIONE CON IL VERDE CIRCOSTANTE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Risparmio delle risorse idriche
  - Miglioramento del microclima interno
  - Contatto del paziente con la natura

- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Sistema di raccolta dell'acqua piovana
  - Inserimento di vegetazione all'interno degli ambienti

L'uso razionale dell'acqua è un tema importante per il risparmio delle risorse idriche. Nella struttura clinica l'acqua piovana viene raccolta e riutilizzata per alimentare la piscina, il lago, lo stagno e le fontane presenti negli atri. Questi elementi architettonici forniscono ai pazienti ampie zone di relax, migliorano il microclima interno e massimizzano il comfort termico durante la stagione estiva. Infatti, l'evaporazione dell'acqua in estate è accompagnata dall'assorbimento di una grande quantità di calore sensibile presente nell'aria, che provoca l'abbassamento delle temperature e l'aumento dell'umidità contenuta nell'aria.

Nella struttura clinica vengono, inoltre, utilizzate particolari tipologie di piante che, oltre a migliorare l'ambiente interno, permettono il costante contatto dei pazienti con la natura.

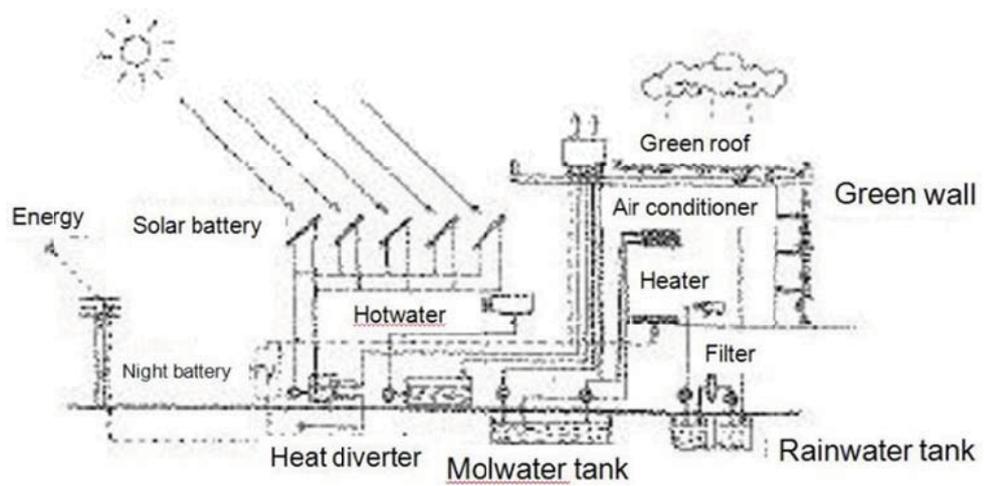


Figura 5.4.17 – Schema funzionale del sistema di raccolta dell'acqua piovana.

## 5.1.5 TORUN CITY HOSPITAL

Luogo: Torun, Polonia	N° posti letto: 249
Committente: Krystyna Zaleska, Roman Nadolny	
Tipo di intervento: Nuova costruzione Ristrutturazione di edificio preesistente	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 35.000 mq
Anno di completamento: 2002	Fondi europei ottenuti HOSPITALS: € 315.211
Importo complessivo: € 900.604	

### Descrizione generale

Il Torun City Hospital è situato sulla riva destra del fiume Vistula, nei pressi del centro storico di Torun. E' stato fondato nel 1910 ed è una delle più antiche strutture sanitarie presenti in Torun. La città appartiene alla "Rete europea delle Città Sane", una delle iniziative promosse dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) che sviluppa programmi sanitari e politiche locali per sviluppare fra i cittadini il concetto di salute pubblica. La città di Torun, con l'adesione al progetto "Città Sane", ha dunque preso l'impegno di cambiare la sua politica, per avviarla verso un nuovo approccio che mira alla risoluzione dei problemi legati alla sanità pubblica. Ed è per tale impegno che nel 2002 la città decise di ingrandire e ristrutturare il City Hospital, migliorando le prestazioni termiche dell'edificio e riducendo, così, i consumi energetici. L'ospedale è costituito da quattro edifici e presenta 9 reparti, 8 laboratori diagnostici e 14 servizi sanitari di base.



Figura 5.5.1 – City Hospital in Torun.

### Aspetti di sostenibilità

Il Torun City Hospital, insieme al Meyer Children's Hospital, l' Aabenraa Hospital, il Deventer Hospital e il Fachkrankenhaus Nordfriesland è divenuto un esempio di applicazione delle tecnologie a basso consumo energetico nell'edilizia ospedaliera europea, secondo quanto promosso dalla Comunità Europea nel Progetto EU Hospitals (5° framework programme of European Community, 2002).

Le strategie innovative adottate durante la ristrutturazione della vecchia sede per ridurre la domanda energetica e le emissioni di CO<sub>2</sub> sono state:

- controllo delle dispersioni termiche;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento.

Con l'adozione di tali strategie si è assistito a una riduzione annuale delle emissioni inquinanti di 3.537,00 tonnellate di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), 116,00 tonnellate di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), e 9,00 tonnellate di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). A seguito del miglioramento dell'isolamento termico della facciata e dell'inserimento nell'impianto di climatizzazione di valvole termostatiche si è stimata una riduzione del 30% del consumo energetico degli edifici esistenti. Per gli edifici di nuova costruzione è invece prevista una riduzione della domanda energetica del 54% rispetto a un ospedale standard di nuova

costruzione. In totale si prevede, dunque, un risparmio finanziario annuo pari a 73.935 euro/anno, con un costo annuale di manutenzione di 14.546 euro per anno. Il costo totale dell'investimento è stato di 900.604 Euro, di cui 315.211 Euro sono stati finanziati dall'Unione Europea. Questo ha permesso un tempo di ritorno dell'investimento pari a 15,2 anni e un tempo di ammortamento pari a 9,9 anni<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Energy conscious european hospitals and health care buildings, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

## CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzioni delle dispersioni termiche
  - Riduzione del fabbisogno di energia termica
  - Miglioramento del comfort termico

TECNOLOGIE APPLICATE:

- Isolamento termico delle pareti esterne e del tetto
- Infissi a taglio termico

Nella ristrutturazione del Torun City Hospital si è prestata particolare attenzione al miglioramento termico dell'involucro edilizio. L'inserimento in facciata di un singolo strato di isolamento termico in lana di roccia dello spessore di 100 mm ha permesso il raggiungimento del valore di isolamento desiderato. Ha, inoltre, migliorato l'aspetto estetico delle facciate e le prestazioni tecniche dell'intera costruzione. Con l'inserimento dello strato di isolamento termico nelle pareti esterne e in copertura e grazie all'impiego di infissi a taglio termico ad alte prestazioni si è stimato un abbassamento della richiesta di energia termica di circa il 25%.

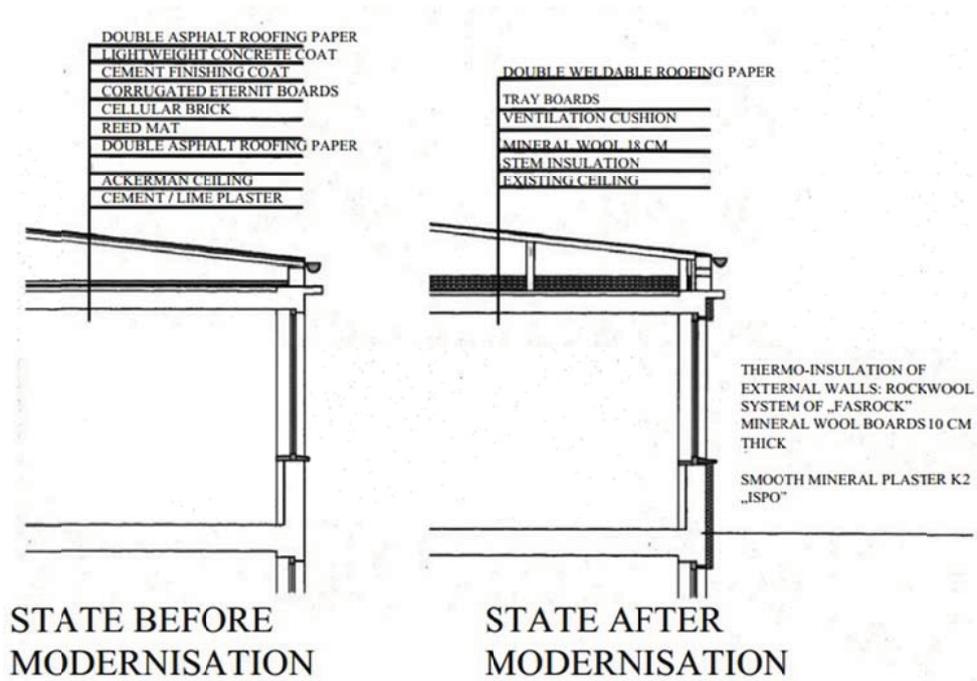


Figura 5.5.2 – Sezione dell’ospedale prima e dopo la ristrutturazione.



Figura 5.5.3 – Inserimento di un unico strato di isolamento termico in facciata.

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione dei consumi energetici

TECNOLOGIE APPLICATE: - Controllo della temperatura degli ambienti

La riduzione dei consumi energetici è stata ricercata anche attraverso il controllo e la gestione della temperatura nei diversi ambienti dell'ospedale. Tale controllo è stato effettuato grazie all'inserimento di valvole termostatiche nell'impianto di riscaldamento/raffreddamento, che hanno permesso, con la loro sensibilità alla variazione di temperatura, di regolare il flusso d'aria. Ad impianto attivo in funzione di raffreddamento, le valvole si trovano in posizione chiusa ad una temperatura prestabilita al di sotto della quale la temperatura ambientale non deve scendere. Raggiunta tale soglia le valvole passano da una posizione di chiusura ad un'apertura graduale in funzione dell'aumento della temperatura. In funzione di riscaldamento il loro funzionamento è inverso; si assiste ad una loro chiusura graduale all'aumentare della temperatura dell'aria presente nella stanza, ed ad una loro apertura in caso di diminuzione.



Figura 5.5.4 – Miglioramento estetico della facciata (prima e dopo la ristrutturazione).



Figura 5.5.5 – Ristrutturazione della copertura (prima e dopo).







## 6.1 IL SISTEMA DI CERTIFICAZIONE

Il sistema statunitense LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) fornisce un insieme di standard di misura per valutare e classificare gli edifici dal punto di vista dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica.

Il sistema di certificazione è stato introdotto nel mercato immobiliare americano nel 1995 dall'U.S. Green Building Council (USGBC) e si è diffuso in maniera rapida anche in Europa e in Asia. Dalla sua prima elaborazione nel 1998, il LEED è cresciuto così tanto da includere più di 14.000 progetti edilizi in più di 50 stati e 91 paesi<sup>1</sup>.

I criteri del LEED vengono sviluppati sin dal 1994 sotto il controllo del NRDC, il programma è stato guidato dallo scienziato Robert K. Watson che, come fondatore e presidente del comitato di coordinamento di LEED fino al 2006, ha messo assieme un'organizzazione senza scopo di lucro costituita da enti governativi, architetti, costruttori, fornitori di prodotti per l'edilizia e altri leader dell'industria. I primi membri del comitato dei LEED erano anche il co-fondatore USGBC Mike Italiano, gli architetti Bill Reed e Sandy Mendler, il costruttore G. Heiber e l'ingegnere R. Bourne. Dal 1994 al 2006 il LEED è cresciuto, e da comitato formato da soli sei volontari è divenuto una associazione che conta più di 20.000 membri<sup>2</sup>.

Gli scopi del sistema di valutazione LEED sono i seguenti:

- Definire uno standard comune di misurazione degli “edifici verdi”;

<sup>1</sup> Green building by the number, USGBC, Aprile 2009.

<sup>2</sup> <http://www.gbceitalia.org>

- Promuovere un sistema integrato di progettazione per l'intero edificio;
- Dare un riconoscimento ai leader dell'industria della costruzione che prestano particolare attenzione al rispetto dell'ambiente;
- Stimolare la competizione nello sviluppo di progetti, materiali e metodi costruttivi “verdi”;
- Aumentare la consapevolezza dei benefici che porta la “costruzione verde”;
- Trasformare il mercato dell'edilizia e il settore delle costruzioni;
- Ottenere maggiore profitto possibile, pur mantenendo l'aspetto di progetto orientato all'ecologia globale;

Gli aspetti del LEED si sono evoluti rispetto alla sua formulazione originale. Infatti nell'agosto del 1998 è stato lanciato il primo programma LEED progetto pilota, indicato come LEED V1.0. Dopo profonde modifiche, nel marzo del 2000, è stato rilasciato il LEED Green Building Rating System versione 2.0, seguito nel 2002 dal LEED V2.1, LEED V2.2 nel 2005 e LEED V3.0 nel 2009.

Nel novembre del 2012 è stato rilasciato LEED V4.0, il nuovo aggiornamento per i sistemi di rating LEED 2009. La versione è ancora in fase di prova e verrà approvata nell'estate del 2013.

Esistono, dunque, diverse versioni del sistema di classifica LEED che sono disponibili per specifiche tipologie edilizie, settori e ambiti di progetto<sup>1-3</sup>.

- LEED for New Construction: per le nuove costruzioni. Rilasciato nel 2000;
- LEED for Existing Buildings: per gli edifici esistenti. Reso disponibile nel 2004;
- LEED for Commercial Interiors: per la progettazione di interni degli edifici commerciali che vengono adeguati dagli affittuari. Questo sistema è stato reso disponibile nel 2004;

---

<sup>3</sup> LEED 2009 FOR HEALTHCARE, USGBC Member, approvato nel Novembre 2010 (Aggiornato nell'Aprile 2013).

- LEED for Core and Shell: per le migliorie apportate all’edificio, meno gli adeguamenti fatti dagli affittuari. Questo sistema è stato reso disponibile nel luglio del 2006;
- LEED for Homes: per le case. Lanciato nel dicembre del 2007;
- LEED for Neighborhood Development: per lo sviluppo di quartieri ecologici. Reso disponibile nel 2009;
- LEED for Schools: per la progettazione e il sistema di costruzione delle scuole;
- LEED for Healthcare: per i progetti di strutture sanitarie. Lanciato nel 2009;
- LEED for Retail: consiste di due sistemi di valutazione, uno basato sulle specifiche per le nuove costruzioni (LEED for New Construction) e l’altro basato sulla progettazione di interni degli edifici commerciali (LEED for Commercial Interiors). Questo sistema è stato reso disponibile nel 2009.

L’obiettivo del sistema di rating LEED for Healthcare è quello di progettare, costruire, gestire ambienti di guarigione ad alte prestazioni. Il LEED for Healthcare valuta, infatti, strutture di assistenza ambulatoriale, studi medici, strutture per la formazione medica e centri di ricerca.

Per le tipologie di progetto sopra elencate il livello di qualificazione finale (livello “certificato”, “argento”, “oro”, “platino”) dipende dal punteggio complessivo, ottenuto sommando i punti attribuiti in base a dei requisiti contenuti nelle sette categorie qui di seguito elencate:

- Sostenibilità del sito;
- Gestione efficiente delle acque;
- Energia e atmosfera;
- Materiali e risorse;
- Qualità degli ambienti interni;
- Innovazione nella progettazione;
- Priorità regionali.

Più alto è il punteggio finale, maggiore è il livello di certificazione guadagnato.

In particolare, nel LEED for Healthcare 2009 l'assegnazione dei punti avviene in questo modo <sup>3</sup>:

<b>SOSTENIBILITÀ DEL SITO</b>	<b>18 punti possibili</b>
Prevenzione dell'inquinamento da attività di cantiere	Requisito obbligatorio
Valutazione ambientale del sito	Requisito obbligatorio
Selezione del sito	1
Densità edilizia e vicinanza ai servizi	1
Recupero e riqualificazione dei siti contaminati	1
Trasporti alternativi: accesso ai trasporti pubblici	3
Trasporti alternativi: portabici e spogliatoi	1
Trasporti alternativi: veicoli a bassa emissione e a carburante alternativo	1
Trasporti alternativi: capacità dell'area di parcheggio	1
Sviluppo del sito: proteggere e ripristinare l'habitat	1
Sviluppo del sito: massimizzazione degli spazi aperti	1
Acque meteoriche: controllo della quantità	1
Acque meteoriche: controllo della qualità	1
Effetto isola di calore: superfici esterne	1
Effetto isola di calore: coperture	1
Riduzione dell'inquinamento luminoso	1
Integrazione con il verde circostante – Luoghi di riposo	1
Integrazione con il verde circostante – Accesso diretto agli ambienti esterni per i pazienti	1
<b>GESTIONE EFFICIENTE DELLE ACQUE</b>	<b>9 punti possibili</b>
Riduzione dell'uso dell'acqua	Requisito obbligatorio
Minimizzare l'uso dell'acqua potabile per gli impianti di raffreddamento sanitario	Requisito obbligatorio
Gestione efficiente delle acque a scopo irriguo	1
Riduzione dell'uso dell'acqua – misurazione e verifica	1-2
Riduzione dell'uso dell'acqua	1-3
Riduzione dell'uso dell'acqua – struttura sanitaria	1
Riduzione dell'uso dell'acqua – torri di raffreddamento	1
Riduzione dell'uso dell'acqua – tecnologie	1

innovative per il riutilizzo delle acque reflue	
<b>ENERGIA E ATMOSFERA</b>	<b>39 punti possibili</b>
Commissioning di base dei sistemi energetici dell'edificio	Requisito obbligatorio
Prestazioni energetiche minime	Requisito obbligatorio
Gestione di base dei fluidi refrigeranti	Requisito obbligatorio
Ottimizzazione delle prestazioni energetiche	1 – 24
Produzione in sito di energie rinnovabili	1 – 8
Commissioning avanzato dei sistemi energetici	1 – 2
Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti	1
Misure e collaudi	2
Energia verde	1
Prevenzione comunitaria dalle sostanze contaminanti rilasciati nell'aria	1
<b>MATERIALI E RISORSE</b>	<b>16 punti possibili</b>
Raccolta e stoccaggio dei materiali riciclabili	Requisito obbligatorio
Riduzione alla fonte di PBT - Mercurio	Requisito obbligatorio
Riutilizzo degli edifici - mantenimento delle murature, solai e coperture esistenti	1 – 3
Riutilizzo degli edifici – mantenimento degli elementi non strutturali interni esistenti	1
Gestione dei rifiuti da costruzione	1 – 2
Materiali e prodotti da fonti sostenibili	1 – 4
Riduzione alla fonte di PBT – Lampada a mercurio	1
Riduzione alla fonte di PBT – Piombo, cadmio e rame	2
Mobili e arredi	1 – 2
Utilizzo delle risorse – flessibilità nel design	1
<b>QUALITÀ DEGLI AMBIENTI INTERNI</b>	<b>18 punti possibili</b>
Prestazioni minime per garantire la qualità dell'aria interna	Requisito obbligatorio
Controllo ambientale del fumo di tabacco (ETS)	Requisito obbligatorio
Rimozione di materiale pericoloso o incapsulamento (solo rinnovazione)	Requisito obbligatorio
Monitoraggio della ventilazione	1
Ambiente acustico	1 – 2
Piano di gestione IAQ: fase costruttiva	1
Piano di gestione IAQ: prima dell'occupazione	1

Materiali basso emissivi	1 – 4
Controllo delle fonti chimiche ed inquinanti indoor	1
Controllo e gestione degli impianti: illuminazione	1
Controllo e gestione degli impianti:comfort termico	1
Comfort termico: progettazione e verifica	1
Luce naturale e visione: luce naturale	2
Luce naturale e visione: visuale esterna	1 - 3
<b>INNOVAZIONE NELLA PROGETTAZIONE</b>	<b>6 punti possibili</b>
Integrated Project Planning and Design	
Innovazione nella Progettazione	
LEED Accredited Professional	
Integrated Project Planning and Design	
<b>PRIORITÀ REGIONALI</b>	<b>4 punti possibili</b>
Priorità regionali	1 - 4

Tabella 6.1: Criteri per l'assegnazione dei punti in LEED for Healthcare 2009.

I quattro livelli di qualificazione finale sono:

- “certificato”: 40 – 49 punti totali;
- “argento”: 50 - 59 punti totali;
- “oro”: 60 - 79 punti totali;
- “platino”: 80 - 110 punti totali.

Il costruttore/proprietario che vuole ottenere il certificato LEED per il proprio edificio deve compiere cinque mosse principali, che consistono:

- Nello scegliere il sistema di classificazione LEED da utilizzare;
- Nell’effettuare una registrazione online;
- Nell’inviare una richiesta di certificazione e pagare una tassa di revisione di certificazione. Le tasse di certificazione sono proporzionali alla superficie degli immobili;
- Attendere la revisione dell’applicazione;
- Ricevere la decisione di certificazione che può essere positiva o meno.

LEED for Homes e LEED for Neighborhood Development seguono un processo leggermente diverso rispetto allo standard sopra citato.

Il certificato viene concesso soltanto dal "Green Building Council", responsabile dell'elaborazione e istituzione del particolare sistema LEED usato nel progetto.

La formazione dei professionisti abilitati per la costruzione di edifici "verdi" accreditati come LEED viene certificata negli USA con il LEED Accredited Professional Exam ("LEED AP Exam"), concesso dal Green Building Certification Institute (GBCI). Questa certificazione permette allo specialista di supportare le aziende nel processo che porta alla costruzione di un edificio che abbia i requisiti per essere certificato LEED. L'istituto GBCI ha elaborato un programma di formazione che fornisce seminari e lezioni per preparare i candidati a superare l'esame "LEED AP Exam". In Italia il corso di formazione è organizzato dal Green Building Council Italia.

Gli edifici certificati LEED rispetto a gli edifici convenzionali presentano un ambiente di vita e di lavoro più sano, che contribuisce ad una maggiore produttività e all'incremento della salute e del comfort degli impiegati. Alcuni studi, infatti, documentano che un ambiente di lavoro che presenta "caratteristiche verdi" (illuminazione diurna, ventilazione naturale e miglioramento della qualità dell'aria interna dell'edificio) producono una maggiore produttività dei lavoratori e degli studenti, così come una riduzione dell'assenteismo e delle malattie<sup>4</sup>.

Per ottenere una certificazione LEED, occorre incrementare i costi iniziali del progetto e della costruzione e quelli burocratici per richiedere la certificazione LEED. Questi costi maggiori iniziali possono però essere bilanciati dai risparmi che si ottengono nel tempo e dall'aumento di produttività degli impiegati che si trovano a lavorare in un ambiente più sano. Alcuni studi infatti hanno suggerito che un investimento iniziale extra pari al 2% del totale permetterà risparmi superiori a dieci volte

---

<sup>4</sup> Greg Kats, Leon Alevantis, Adam Berman, Evan Mills, Jeff Perlman, The costs and financial benefits of green buildings: a report to california's sustainable building task force, USGBC, 2003.

l'investimento iniziale, spalmati sul ciclo di vita produttiva dell'edificio (da 50 a 100 anni)<sup>4</sup>.

Oggi molti governi hanno adottato incentivi al programma LEED per gli edifici, come ad esempio crediti sulle tasse, oppure un loro abbassamento, la riduzione dei canoni, priorità o accelerazioni dei permessi, assistenza tecnica a costo zero o ridotta, sovvenzioni e prestiti a basso interesse. Il 10 luglio del 2007, ad esempio, il Consiglio Comunale di Miami Lakes ha adottato una Ordinanza che istituisce il Programma “Edificio Verde” che richiede alle nuove costruzioni di soddisfare il 50% dei requisiti LEED. Il Consiglio concede delle riduzioni o sconti nelle tasse a tutti i privati che costruiscono secondo gli standard del Programma “Edificio Verde”. La Contea di Baltimora attribuisce, ancora, dei crediti d'imposta per gli edifici di nuova costruzione con certificazione LEED<sup>5</sup>.

Nei paragrafi di seguito si esplicitano due strutture ospedaliere americane, il The Center for Health and Healing (OHSU) e il Dell Children's Hospital, che hanno ricevuto la certificazione LEED con il livello di qualifica più alto, ovvero il livello Platino. Questo traguardo è stato permesso grazie all'adozione di strategie innovative di sostenibilità e di rispetto ambientale.

---

<sup>5</sup> Summary of government leed incentives, USGBC, Marzo 2009.

### 6.1.1 DELL CHILDREN'S HOSPITAL

Luogo: Austin, Texas, Stati Uniti d'America	N° posti letto: 169
Committente: Seton Family of Hospitals	Mq di intervento: 475.000 mq
Progetto: <i>Architetti:</i> Karlsberger Companies <i>Ingegneria MEP:</i> CCRD Patners <i>Ingegneria strutturale:</i> Datum Engineers, Inc. <i>Ingegneria civile:</i> Bury+Partners, Inc. <i>Architetti del paesaggio:</i> TBG Partners <i>Consulenti energetici:</i> Center for Maximum Potential Building Systems <i>Impresa:</i> White Construction Company	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 43.665 mq
Tipo di intervento: Nuova costruzione	
Anno di realizzazione: 2007	Importo complessivo: \$ 115.931.000

#### Descrizione generale

Nei primi anni del 1980, la Comunità Medica Pediatrica della città di Austin decise di realizzare ad un piccolo ospedale dedicato esclusivamente alla cura dei bambini appartenenti alla regione centrale del Texas. L'obiettivo dei medici era quello di creare un centro di riferimento regionale in grado di fornire il più alto livello di assistenza medica per la cura delle più complesse patologie infantili. Fu così che, dopo anni di lavoro, nacque il 14 febbraio del 1988 il nuovo ospedale dei bambini di Austin.

Nel 1995, a seguito di una stretta collaborazione tra la comunità di Austin e la Seton Healthcare Network, l'ospedale iniziò ad avere all'interno della propria struttura medici specialisti di grosso rilievo che una volta erano rintracciabili solo nelle grandi aree metropolitane.

Nel 2003, a causa di un notevole incremento delle nascite , sorse la necessità di dare all'ospedale una sede più ampia. La Seton Family of Hospitals insieme alla Comunità Medica Pediatrica



Figura 6.1.1 – Dell Children's Hospital.

decise allora di sostituire il Robert Mueller Municipal Airport, ormai in disuso, con la nuova sede dell'ospedale. Nasce il 30 giugno 2007, in un'area dismessa di 700 ettari, il Dell Children's Hospital, progettato per curare i bambini senza danneggiare l'ambiente.

La struttura sanitaria, innovativa nel suo design e per il largo rispetto per l'ambiente, è stata realizzata per soddisfare le esigenze mediche della comunità ed offrirle un'opportunità di crescita futura.

Oltre ai servizi e alle cure mediche per i bambini, l'ospedale offre alle famiglie dei pazienti l'intero soggiorno, con accesso ad una vasta gamma di servizi di assistenza sanitaria. I bambini vengono curati con un approccio centrato sulla famiglia, che mantiene i pazienti vicino ai propri cari in ogni momento.

Il Dell Children's Hospital è il primo ospedale al mondo ad aver ricevuto, per l'utilizzo di materiali ecosostenibili e per il suo green design, la prestigiosa ed ambita certificazione LEED Platinum (Leadership in Energy

and Environmental Design)<sup>1</sup> promossa dal US Green Building Council. L'ottenimento di questo certificato è il risultato di un impegno volto a rendere il settore sanitario, noto per l'enorme quantitativo di energia richiesta e produzione di grandi quantità di rifiuti, più responsabile nei confronti dell'ambiente. Dopo il Dell Children's Hospital altri 225 strutture sanitarie sono state certificate e altri 1.176 sono ancora in attesa di essere registrate<sup>2</sup>.

Oltre alla certificazione LEED Platinum, il Dell Children's Hospital ha ricevuto negli anni i seguenti riconoscimenti:

- AIA Columbus 2006 Designing Towards Sustainability Award - Unbuilt Projects;
- Texas Construction Best of 2007 Excellence Award- Health Care;
- Texas Construction Best of 2007 Judges Award - Design;
- AIA Columbus 2008 Designing Towards Sustainability Award - Completed Projects;
- NAFA 2008 Clean Air Award;
- Texas American Society of Landscape Architect Honor Award;
- Westcave Preserve - John Covert Watson Award for Vision<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup>[http://www.architizer.com/en\\_us/projects/view/dell-childrens-hospital-of-central-texas/2891/#.UcMj5\\_nwm8A](http://www.architizer.com/en_us/projects/view/dell-childrens-hospital-of-central-texas/2891/#.UcMj5_nwm8A)

<sup>2</sup> <http://health.usnews.com/best-hospitals/area/tx/dell-childrens-medical-center-of-central-texas-6740147/details>

<sup>3</sup>[http://www.dellchildrens.net/about\\_us/about\\_our\\_green\\_building/what\\_is\\_lead](http://www.dellchildrens.net/about_us/about_our_green_building/what_is_lead)



Figura 6.1.2 – Dell Children's Hospital, prospetto e vista aerea.

## Organizzazione funzionale

Il Dell Children's Hospital è un ospedale allegro e naturale dove i bambini si rilassano e affrontano con maggiore serenità le loro cure e terapie. Per loro, gli architetti della Karlsberger Companies hanno progettato un giardino multilivello ("healing garden") che fornisce una varietà di benefici terapeutici. Il giardino, articolato in spazi attivi e passivi, contiene una piazza multimediale, un labirinto, una meridiana, un giardino delle farfalle ed uno stagno con all'interno una suggestiva fontana. Il labirinto in mosaico è un luogo di meditazione per coloro che desiderano un attimo di silenzio e tranquillità. La meridiana invece è uno spazio più attivo che permette ai bambini di giocare con le proprie ombre insieme allo scorrere del tempo. All'interno del giardino è presente una cascata di acqua su un muro di granito locale riciclato che alimenta un fiume dalla forma sinuosa che termina il suo corso in una piscina.



Figura 6.1.3 – Giardino multilivello "healing garden".

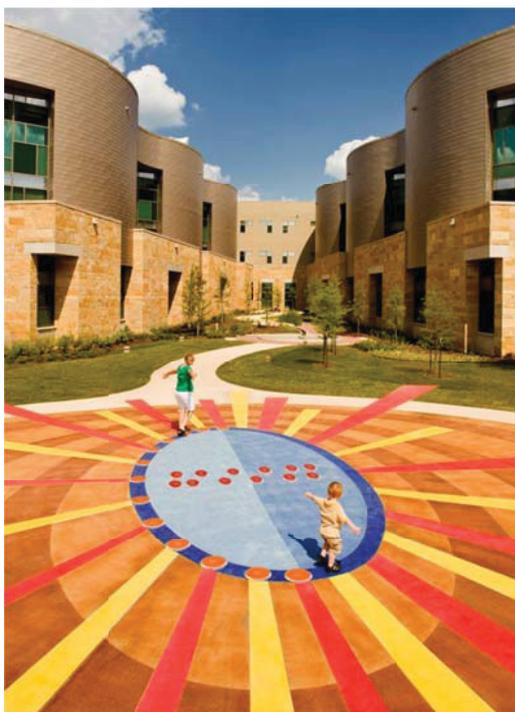


Figura 6.1.4 – Vista della Meridiana nel “healing garden”.

L’ospedale presenta ancora sei cortili che illuminano gli ambienti interni e incorporano tantissime specie vegetali. I cortili, infatti, rappresentano i sei ecosistemi presenti nella regione centrale del Texas con le sue 46 contee. Questi sono:

- coastal plains garden;
- lost pines garden;
- lost maples garden;
- auditorium plaza;
- therapy garden;
- terraced garden.

Nel Dell Children’s Hospital la degenza viene svolta per patologie infettive, oncologiche, cardiologiche, motorie e di terapia intensiva neonatale. Le prestazioni specialistiche ambulatoriali comprendono invece la riabilitazione fisica, la dialisi renale, la chemioterapia, le consultazioni psichiatriche e i servizi di HIV – AIDS.

Al suo interno l’ospedale si distingue per il design e per la grande quantità di opere d’arti originali, che mettono i pazienti ed i visitatori a proprio agio

e offrono loro momenti di distrazione. L'elemento principale in fatto di design è dato dalla creazione di ambienti all'avanguardia dove l'ecologia si sposa con il concetto di guarigione e terapia.

I materiali interni tutti rigorosamente riciclati rievocano il singolare paesaggio circostante, creando una forte connessione tra l'interno e l'esterno della struttura.



Figura 6.1.5 – Planimetria generale con i nomi dei giardini.



Figura 6.1.6 – Render del giardino multilivello “healing garden”.

## ASPETTI DI SOSTENIBILITA'

Il Dell Children's Hospital ha ricevuto il più alto riconoscimento assegnato dal US Green Building Council, la certificazione LEED Platinum, grazie all'adozione delle seguenti strategie innovative:

- miglioramento della ventilazione naturale;
- utilizzo della luce naturale;
- controllo delle dispersioni termiche;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento;
- integrazione con il verde circostante.

## MIGLIORAMENTO DELLA VENTILAZIONE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE:

- Riduzione dei consumi di energia
- Diminuzione degli sbalzi termici
- Miglioramento della qualità dell'aria interna

TECNOLOGIE APPLICATE:

- Sistema di ventilazione UFAD (“distribuzione dell'aria a pavimento”)

Nel Dell Children's Hospital si è voluto ottenere un'elevata qualità dell'aria, ed eliminare così gli effetti indesiderati degli agenti inquinanti atmosferici sulla salute, attraverso un sistema di ventilazione naturale. Il costante ricircolo d'aria viene assicurato dai cortili interni della struttura e da un sistema UFAD (“Underfloor air distribution”) che distribuisce l'aria a pavimento. Nei sistemi UFAD l'aria circola all'interno di un plenum pressurizzato collocato sotto un pavimento galleggiante e fuoriesce nell'ambiente grazie a diffusori installati a pavimento. La ventilazione naturale, oltre a migliorare la qualità dell'aria, permette una riduzione dei consumi di energia destinata al raffreddamento o riscaldamento.

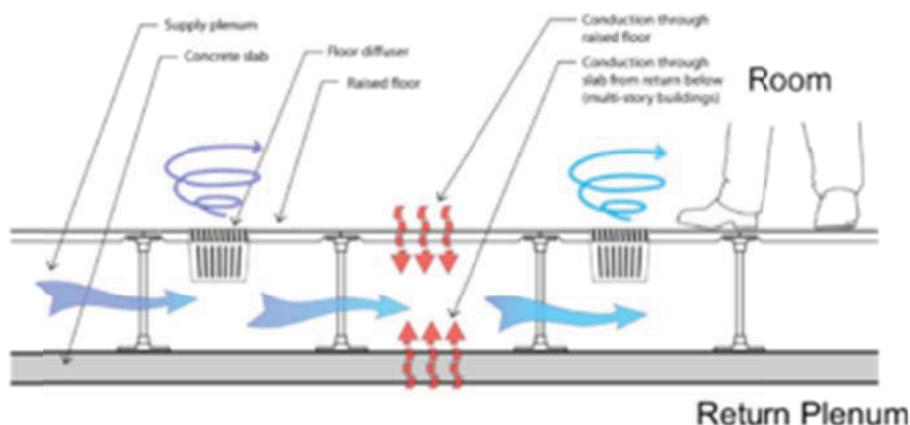


Figura 6.1.7 – Sistema di ventilazione UFAD.



Figura 6.1.8 – Cortile interno.

## UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo dell'energia elettrica

TECNOLOGIE APPLICATE: - Cortili interni

- Finestre

- Corpi illuminanti con sensori di luce e di movimento

Grande rilievo è stato dato all'illuminazione naturale e la riduzione della luce artificiale. Alcuni studi, infatti, affermano e dimostrano che la luce naturale migliora il morale dei pazienti, diminuisce l'uso di analgesici e accelera i tempi di recupero dei malati<sup>4</sup>. Per tale motivo gli spazi più interni dell'ospedale, ad eccezione delle aree di chirurgia, non distano più di 32 metri dalle finestre, e così risulta possibile avere un contatto visivo con l'esterno da ogni ambiente.

L'uso della luce diurna ha inoltre ridotto il consumo annuo di energia elettrica destinata all'illuminazione. Ciò è stato possibile grazie alle numerose finestre di forme, colori e dimensioni diverse, ai cortili che consentono di illuminare gli spazi interni più bui ed ai corpi illuminati con sensori di luce e di movimento che regolano l'accensione e lo spegnimento della luce artificiale.

---

<sup>4</sup>[http://www.dellchildrens.net/about\\_us/about\\_our\\_green\\_building/what\\_is\\_leed](http://www.dellchildrens.net/about_us/about_our_green_building/what_is_leed)



Figura 6.1.9 – Copertura vetrata e finestre colorate.

## CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione delle dispersioni termiche
  - Riduzione dei consumi idrici
  - Riduzione dell'impatto energetico sull'ambiente
  - Riduzioni delle emissioni di anidride carbonica

- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Materiali a basso impatto ambientale
  - Coperture verdi
  - Tubazioni a flusso idrico ridotto
  - Pitture a basso livello di COV
  - Parcheggi per veicoli a carburante alternativo

Il Dell Children's Hospital si distingue per l'elevata percentuale (92%) di materiale riciclato a basso impatto ambientale impiegato nella costruzione dello stabile. Basti pensare che circa 47.000 tonnellate di asfalto rimosso dalle ex piste è stato riutilizzato per costruire le nuove aree di parcheggio ed i garage della clinica.<sup>5</sup> La pietra calcarea bianca, il vetro riciclato e il sughero, invece, sono stati impiegati nella realizzazione della facciata esterna e delle finiture interne dell'ospedale. Il 40% delle ceneri volanti e altri sottoprodotti della combustione del carbone sono stati adoperati, al posto del cemento, nella composizione del calcestruzzo, producendo un calo delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e quindi un minore impatto ambientale.

---

<sup>5</sup> S. Bianchi, Dell Children's Medical Center: l'ospedale pediatrico realizzato con materiali riciclati, da [www.GreenMe.it](http://www.GreenMe.it), 12 Maggio 2012.

Ogni dettaglio non è stato lasciato al caso, come le tubazioni a flusso idrico ridotto che diminuiscono sensibilmente lo spreco di acqua, i tetti verdi, le pitture e le vernici speciali che rilasciano nell'aria un basso livello di composti organici volatili (COV), e nuovi parcheggi per veicoli a carburante alternativo ecologico come l'etanolo E85, bio-diesel, le macchine elettriche e a gas naturale e i parcheggi riservati a chi viaggia in car pooling.

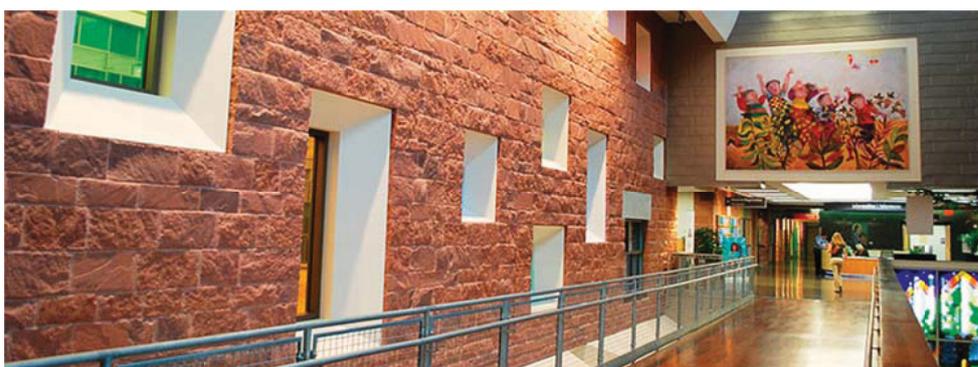


Figura 6.1.10 – Ambiente interno.

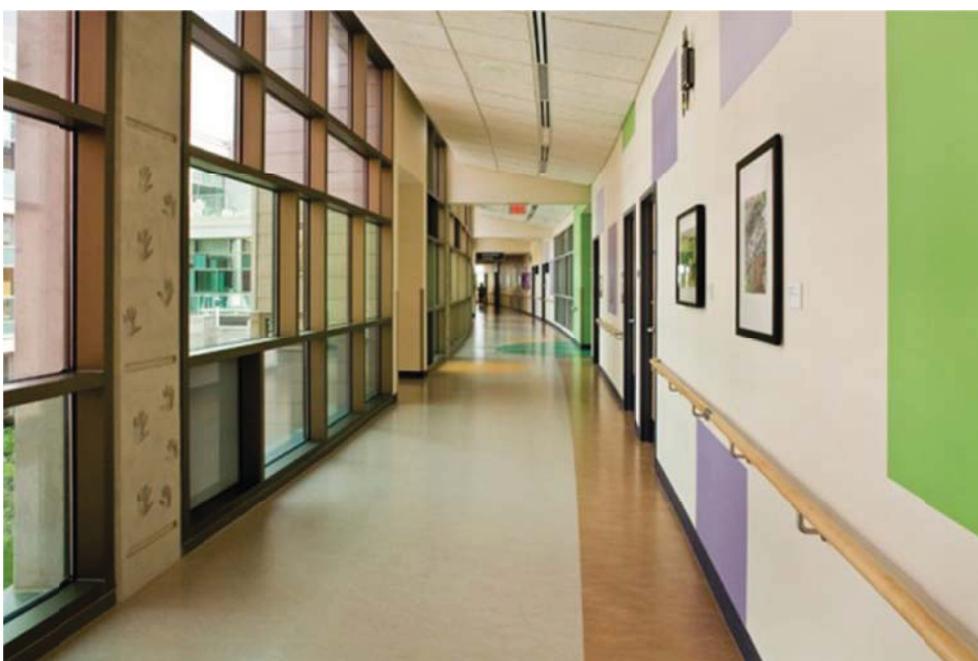


Figura 6.1.11 – Corridoio che distribuisce alle camere di degenza.

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione del consumo energetico
  - Riduzione delle emissioni di anidride carbonica
  - Riduzione dei gas inquinanti

TECNOLOGIE APPLICATE: - Centrale di cogenerazione

La Seton Family of Hospitals in collaborazione con la città di Austin e la Austin Energy ha realizzato all'interno del sito del Dell Children's Hospital una centrale di cogenerazione da 4,3 MW alimentata a gas naturale che, oltre a produrre energia elettrica, produce energia termica per fornire vapore, acqua calda e refrigerata per il riscaldamento e il condizionamento dell'ospedale. La centrale, oltre a produrre la totalità dell'energia necessaria all'ospedale, fornisce anche la rete elettrica municipale. La cogenerazione, dunque, garantisce un risparmio del consumo energetico e delle emissioni di gas inquinanti ed anidride carbonica in atmosfera.

## L'INTEGRAZIONE CON IL VERDE CIRCOSTANTE

- PRESTAZIONI ATTESE
- Risparmio delle risorse idriche
  - Miglioramento del microclima interno
  - Contatto del paziente con la natura

- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Sistema di raccolta dell'acqua piovana
  - Vegetazione all'interno dell'ospedale e nei parcheggi

L'ospedale presenta un sistema di raccolta dell'acqua piovana per il risparmio delle risorse idriche. L'acqua piovana viene, infatti, raccolta e riutilizzata per l'irrigazione delle aree verdi e per alimentare i giochi d'acqua e la cascata presenti nel giardino. Questi elementi architettonici forniscono ai pazienti ampie zone di relax, migliorano il microclima interno e massimizzano il comfort termico durante la stagione estiva.

Nella struttura clinica vengono inoltre utilizzate molte piante che mantengono l'aria pulita e ricca d'ossigeno e offrono ai pazienti un contatto costante con la natura. Le piante e gli alberi collocati in prossimità dei parcheggi riducono, ancora, l'effetto "isola di calore" presente in molte città, ovvero il maggior accumulo di calore presente all'interno delle aree urbane rispetto alle zone periferiche causato dalle emissioni degli autoveicoli, dei sistemi di riscaldamento ad uso domestico, dalla presenza di superfici asfaltate che prevalgono rispetto alle aree verdi.

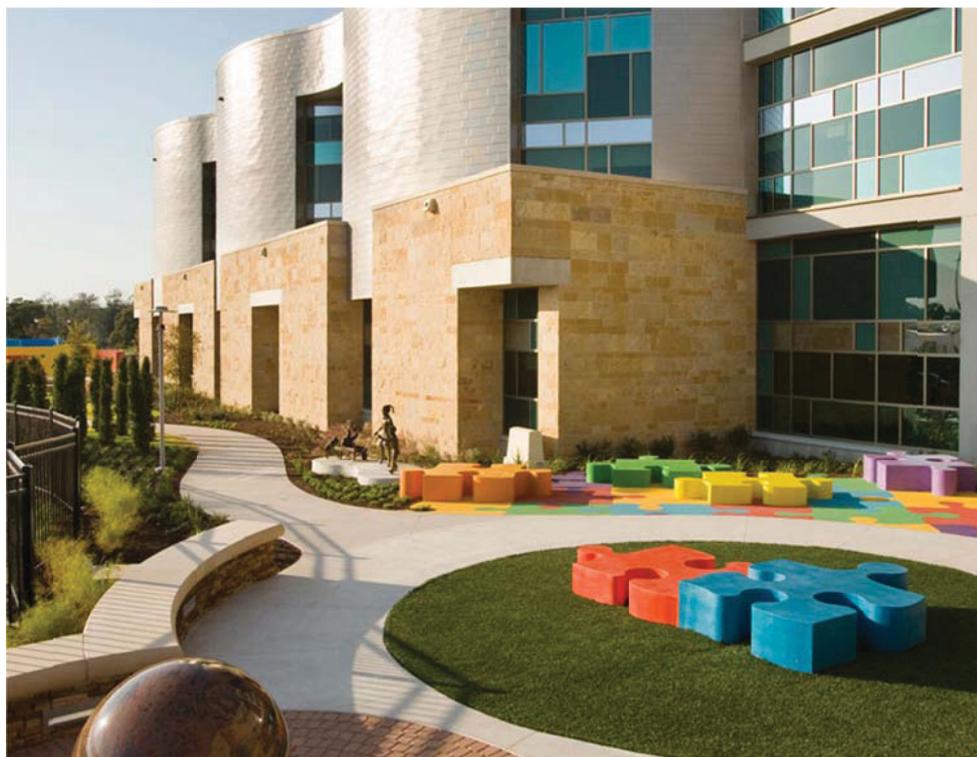


Figura 6.1.12 – Aree verdi al di fuori della struttura sanitaria.

## 6.1.2 THE CENTER FOR HEALTH AND HEALING, OREGON HEALTH & SCIENCE UNIVERSITY (OHSU)

Luogo: Portland, Oregon, Stati Uniti d'America	Mq di intervento: 38.300 mq
Committente: RIMCO e OHSU Medical Group	
Progetto: <i>Architetti:</i> GBD Architects <i>Organizzatori:</i> Gerding Edlen Development Company <i>Ingegneria MEP:</i> Interface Engineering <i>Ingegneria strutturale:</i> KPFF Consulting Engineers <i>Ingegneria civile:</i> OTAK <i>Architetti del paesaggio:</i> Walker Macy <i>Consulenti energetici:</i> Brightworks Northwest, LCC <i>Impresa:</i> Hoffman Construction Co.	Mq superficie ospedaliera: TOTALI: 38.300 mq
Tipo di intervento: Nuova costruzione	
Anno di realizzazione: 2003 - 2006	Importo complessivo: \$ 145.400.000

### Descrizione generale

Il Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione si trova a Portland nel quartiere di South Waterfront ed è stato completato dopo tre anni di lavoro nel mese di ottobre del 2006. Si tratta di una clinica medica, un centro di chirurgia e di ricerca biomedica che si sviluppa su sedici piani e 38.300 m<sup>2</sup> e ospita anche diversi ambulatori medici, uffici e laboratori universitari.

L'edificio, progettato da GBD Architects in stretta collaborazione ad Interface Engineering Company, sfrutta in maniera intelligente le risorse ambientali grazie ad un processo di progettazione integrata. Nella progettazione integrata la definizione degli obiettivi per la progettazione sostenibile inizia durante le fasi di programmazione e progettazione concettuale, in modo tale da poter inserire fin dalla prima stesura del

progetto architettonico quelle tecnologie che possano influenzare positivamente il consumo energetico, idrico e la qualità dell'aria interna, come ad esempio le coperture verdi, i pannelli fotovoltaici, i sistemi di raccolta dell'acqua piovana, etc.

L'edificio, flessibile ad ogni eventuale cambiamento nel tempo, consente con facilità la circolazione negli ambienti interni e presenta un volume dallo stile semplice e moderno caratterizzato da un sistema di facciata continua in vetro.

Il Centro di OHSU per la sua progettazione eco-innovativa ha ricevuto nel febbraio del 2007 la certificazione LEED Platinum (Leadership in Energy and Environmental Design) da parte dell'US Green Building Council. Fra le trenta strutture sanitarie presenti a Portland, il centro di OHSU è stato il solo ad aver ricevuto questo alto grado di riconoscimento.

L'edificio ha inoltre ottenuto nel 2010 il premio “The Outstanding Building of the Year Award” (TOBY)” per la categoria “medical office building” offerto dalla “The Building Owners and Managers Association” (BOMA). Novantaquattro edifici di tutto il mondo hanno gareggiato per avere la possibilità di vincere questo ambito premio, che riconosce l'eccellenza nella gestione degli edifici<sup>1</sup>.

Oggi il Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione è conosciuto in tutta la regione per l'innovazione e la ricerca nel campo della sanità e per l'attenzione e l'interesse nella conservazione dell'ambiente.

---

<sup>1</sup> <http://blog.betterbricks.com/design/2010/07/ohsus-center-for-health-healing-building-wins-toby-award>



Figura 6.2.1 – Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione.

## Organizzazione funzionale

Il Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione presenta sedici piani fuori terra, di cui otto ospitano la clinica medica e il centro di chirurgia, tre il centro wellness e fitness con piscine terapeutiche, quattro gli ambulatori medici, gli uffici universitari e i laboratori di ricerca biomedica. Al piano terra ci sono diversi punti di vendita al dettaglio, come il negozio di ottica Casey Eye Optical Studio, una farmacia, una caffetteria (Daily Cafè), un punto informazione e molti spazi distributivi con vani ascensori che collegano i diversi piani. Nella struttura è presente anche un centro di riabilitazione, un centro congressi e diverse strutture educative. La struttura portante dell'edificio è realizzata in acciaio e l'atrio di ingresso di soli tre piani è totalmente vetrato.

La clinica medica e il centro di chirurgia ospitano i reparti di dermatologia, medicina interna, neurologia, neurochirurgia, cardiologia, oncologia, oncologia chirurgica, ORL (orecchio, naso e gola), chirurgia plastica, terapia fisica, oculistica, urologia e fertilità. I tre piani interrati ospitano i parcheggi che presentano 500 posti auto, gratuiti per tutti i pazienti del Centro OHSU.

In adiacenza alla struttura troviamo la Portland Aerial Tram, una funivia che collega il campus di OHSU, posto su una collina, con il quartiere di South Waterfront. Secondo OHSU, questo mezzo di trasporto dovrebbe eliminare all'anno 2 milioni di veicoli, 93.000 litri di benzina e ridurre le emissioni di gas serra di oltre 1.000 tonnellate<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=889>

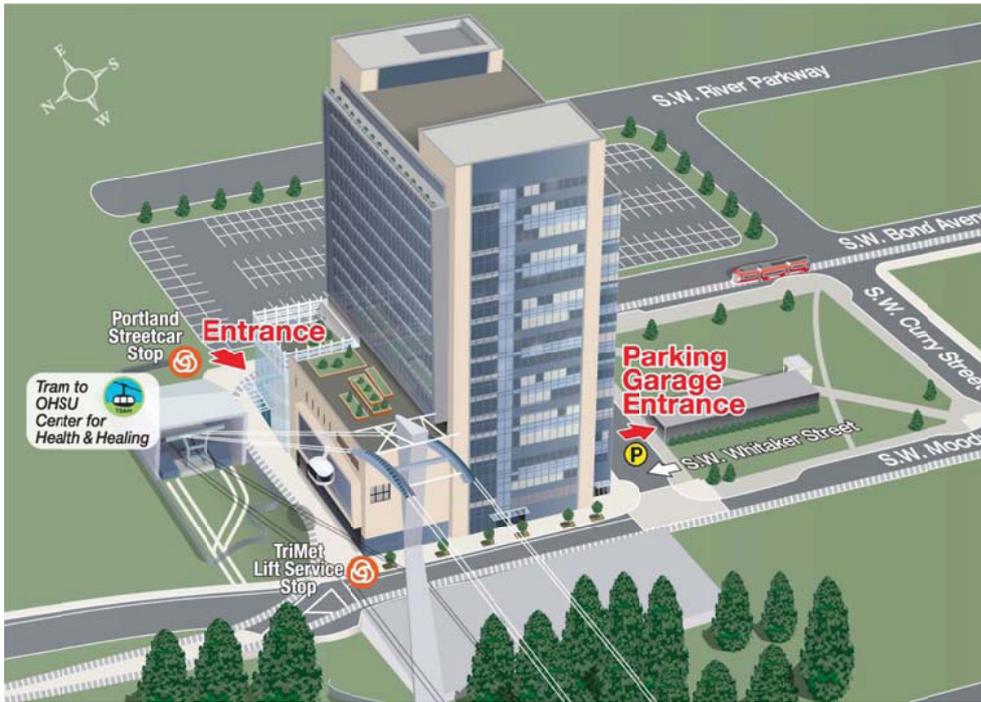


Figura 6.2.2 – Schema distributivo degli spazi esterni.

## ASPETTI DI SOSTENIBILITA'

L'US Green Building Council ha assegnato al Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione la certificazione LEED Platinum per l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale.

Le strategie di sostenibilità adoperate sono le seguenti:

- miglioramento della ventilazione naturale;
- utilizzo della luce naturale;
- utilizzo di sistemi di captazione dell'energia solare;
- controllo delle dispersioni termiche;
- particolare attenzione nella scelta dei circuiti di riscaldamento/raffreddamento;
- l'integrazione con il verde circostante.

Con l'adozione di tali strategie si è assistito a una riduzione annuale del 12% delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), del 38 % delle emissioni di ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), e del 38 % delle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Inoltre, si è ottenuto un risparmio annuo di 40.000 \$ di risorse idriche e di 660.000 \$ di energia elettrica. I costi di costruzione iniziale sono stati di 145.400.000 \$, inclusi i costi per la sistemazione esterna e per i parcheggi sotterranei. Di questi 145.400.000 \$, 27.000 \$ sono stati spesi per i sistemi MEP. I costi destinati agli impianti eco-innovativi sono stati di 1,8 milioni di dollari, di cui 500.000 \$ per l'impianto fotovoltaico e 1,3 milioni di dollari per le apparecchiature ad alta efficienza energetica, inclusi i collettori solari<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Case study: the center for health and healing, oregon health & science university (ohsu), NRDC Building from principle to practice – Natural Resources Defense Council.



Figura 6.2.3 – Vista della hall di ingresso vetrata .

## MIGLIORAMENTO DELLA VENTILAZIONE NATURALE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione dei consumi di energia per il raffreddamento/riscaldamento
  - Miglioramento dell'isolamento
  - Miglioramento della qualità dell'aria interna

TECNOLOGIE APPLICATE: -Ventilazione a dislocamento

Quasi il 50% degli spazi interni del Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione sono occupati da pratiche mediche e un ulteriore 12% è costituito da strutture ambulatoriali di chirurgia. Per tale motivo in questo progetto il mantenimento delle condizioni ottimali della qualità dell'aria è stato un obiettivo di vitale importanza. I progettisti hanno effettuato diversi studi per consentire una ventilazione naturale dell'intera struttura. Con il modello CFD (Computational Fluid Dynamics) si è potuto esaminare la pressione del vento su ciascuna delle quattro facciate dell'edificio. Dal modello si è visto che le facciate a est e a ovest sono soggette, rispettivamente, a delle pressioni di tipo negativo e positivo, che hanno spinto i progettisti a utilizzare i vani scala di est e di ovest per consentire, grazie al cosiddetto "effetto camino", il sistema di ventilazione a dislocamento (per la definizione di ventilazione a dislocamento si veda il paragrafo "miglioramento della ventilazione naturale" in Aabenraa Hospital).

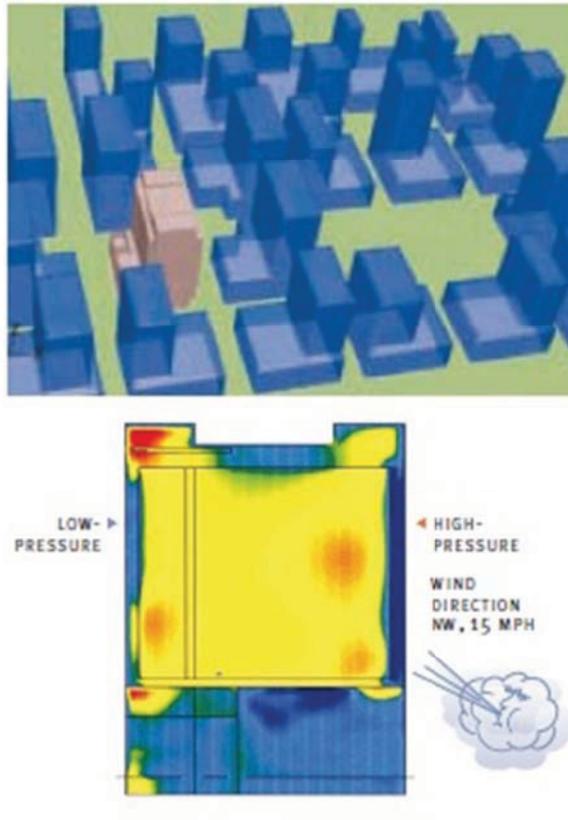


Figura 6.2.4 – Modello CFD (Computational Fluid Dynamics) per esaminare la pressione del vento sull'edificio e valutare la possibile ventilazione naturale.

## UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo dell'energia elettrica

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sensori fotoelettrici

- Schermature solari

I progettisti del Centro di OHSU hanno previsto una riduzione complessiva della domanda di energia elettrica per l'illuminazione del 16% rispetto allo standard tradizionale<sup>3</sup>, grazie all'utilizzo nei vani scala, nei corridoi e negli uffici di corpi illuminanti dotati di sensori fotoelettrici che accendono o spengono la luce artificiale in presenza o meno di movimento e quindi di persone. I sensori regolano anche l'intensità della luce artificiale in funzione della quantità di luce naturale presente negli ambienti, assicurando un consumo energetico intelligente ed efficiente.

L'edificio presenta, inoltre, nella facciata a sud delle schermature solari che consentono alla luce solare di entrare nelle stanze senza creare fenomeni di abbagliamento o presenza di calore indesiderato nei mesi estivi. Diversi studi dimostrano che un'adeguata illuminazione naturale crea ambienti più produttivi e più sani<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Engineering a sustainable world, Design process and engineering innovations for the Center for Health & Healing at Oregon Health & Science University, Interface Engineering.

DAYLIGHTING DESIGN

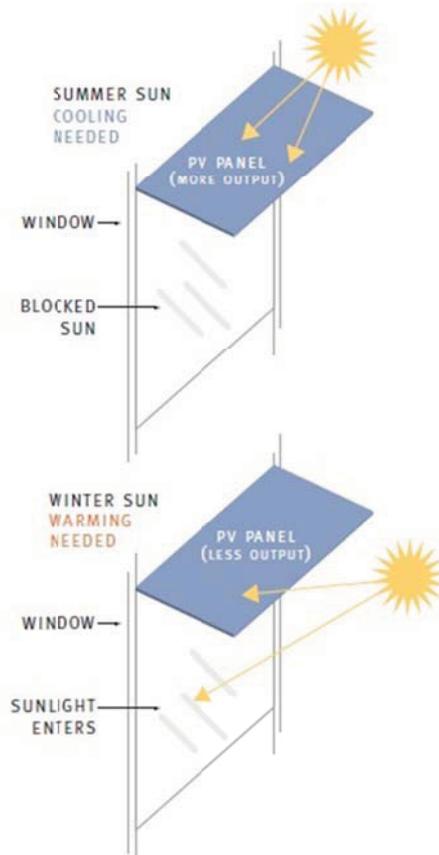
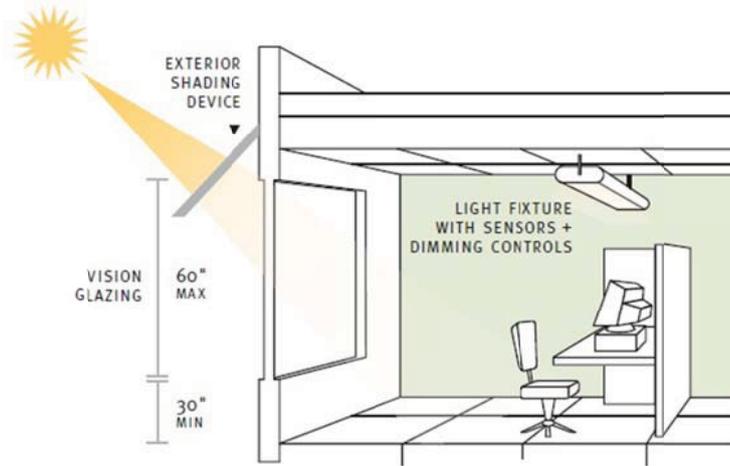


Figura 6.2.5 –Studio sull’orientamento e gradi di inclinazione delle schermature solari.



Figura 6.2.6 – Schermature e pannelli solari nel prospetto sud.

## UTILIZZO DI SISTEMI DI CAPTAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE

PRESTAZIONI ATTESE - Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Pannelli fotovoltaici

- Pannelli solari

- Muro di Trombe

Per ridurre il consumo energetico e le dimensioni dell'impianto HVAC, sono stati installati al di sopra della schermature solari dei pannelli fotovoltaici da 60 kW per la conversione dell'energia solare in energia elettrica e alcuni collettori solari per il riscaldamento dell'acqua sanitaria.

I piani 15 e 16 sono stati collocati, nel prospetto sud, a una posizione più arretrata rispetto ai piani inferiori. Ciò è stato fatto per consentire la realizzazione di un muro di Trombe di 6.000 m<sup>2</sup>. Il muro di Trombe è un gigantesco sistema di riscaldamento solare ad aria, che contribuisce alla riduzione del consumo energetico termico. Il muro di Trombe è costituito da un involucro vetrato posto a pochi centimetri di distanza dalla facciata esterna dell'edificio. L'aria che circola all'interno dei due involucri viene riscaldata dalle radiazioni solari a causa dell'effetto serra e viene riutilizzata per riscaldare gli ambienti interni invernali o come sistema di pre-riscaldamento dell'acqua sanitaria.

## SOLAR AIR HEATER

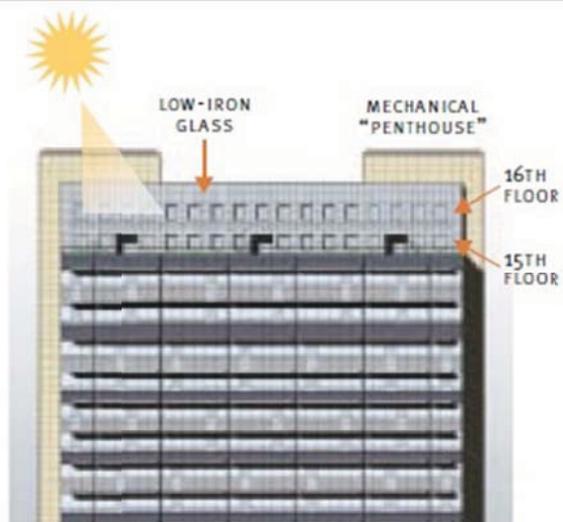


Figura 6.2.7 – Muro di Trombe nel prospetto sud.

## CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

- PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzioni delle dispersioni termiche
- Miglioramento del comfort interno
  - Riduzioni dell'impatto ambientale

TECNOLOGIE APPLICATE: - Coperture verdi

- Utilizzo di materiali sostenibili

Il Centro di OHSU presenta delle coperture verdi destinate ad un uso pubblico e privato al quarto, al quinto, al quindicesimo, al sedicesimo e al diciassettesimo piano. In particolare, i tetti verdi al quarto e al quinto piano sono praticabili e di natura intensiva, mentre quelli al quindicesimo, al sedicesimo e al diciassettesimo piano sono non praticabili e di natura estensiva. Le coperture verdi evitano gli scambi termici in inverno e il surriscaldamento in estate, migliorano il microclima degli ambienti interni e offrono ai pazienti, ai visitatori e al personale sanitario la possibilità di godere di viste panoramiche, di incontri ed eventi organizzati. I giardini pensili sono stati progettati per poter immagazzinare una quantità minima di acqua per mantenere il terreno saturo.

Nella struttura sanitaria sono stati utilizzati materiali sostenibili con un basso grado di tossicità. Le finiture, infatti, sono state realizzate con vernici speciali che rilasciano nell'aria un basso livello di composti organici volatili (COV). Tutti i prodotti in legno sono certificati dalla Forest Stewardship Council (FSC).



Figura 6.2.8 – Schema illustrativo dei giardini pensili presenti nel Centro.



Figura 6.2.9 – Giardini pensili ai piani quarto (foto a sinistra) e quinto (foto a destra).



Figura 6.2.10 – Giardini pensili al sedicesimo e quindicesimo piano (foto a sinistra) e in copertura (foto a destra).

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione del consumo energetico
  - Riduzioni delle emissioni di anidride carbonica
  - Riduzioni di gas inquinanti

- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Impianto HVAC
  - Riscaldamento/raffreddamento radiante
  - Sistema di cogenerazione a gas

Per ottenere notevoli riduzioni dei consumi energetici è stato realizzato un impianto HVAC, che riduce del 10% il bilancio netto dei costi di capitale elettrico, pari a un risparmio di circa 3 milioni di dollari<sup>5</sup>. I sistemi HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning) rilevano la temperatura interna dell'aria e l'umidità relativa e la regolano, mantenendo temperature tra i 64-79 °F nelle zone di passaggio (vani scala, hall e corridoi), e temperature di circa 70-75°F negli altri ambienti. L'impianto HVAC utilizza per il raffreddamento dell'edificio una elevata quantità di aria fresca esterna grazie al clima mite favorevole presente nella regione.

La temperatura interna dell'aria nei vani scala e nella hall è, inoltre, regolata da un impianto di riscaldamento/raffreddamento a pavimento radiante. Nella hall il raffreddamento a soffitto radiante avviene grazie all'utilizzo di travi fredde attive e passive collegate alle distribuzioni dell'acqua refrigerata.

Il Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione ospita il più grande impianto di utilità centralizzato (CUP) in Oregon. L'impianto, alimentato da cinque microturbine ad alta efficienza energetica (300 kW), fornisce il 30 % dell'energia elettrica e termica necessaria al Centro di OHSU<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Case study: the center for health and healing, oregon health & science university (ohsu), NRDC Building from principle to practice – Natural Resources Defense Council.

<sup>6</sup> <http://www.gerdingedlen.com/properties/single/c/p/name/ohsu-center-for-health-healing/>

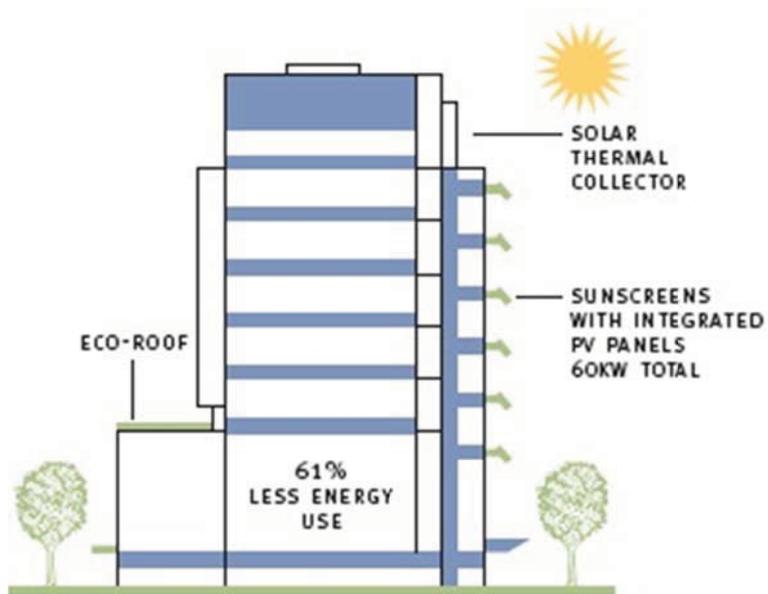


Figura 6.2.11 – Schema concettuale di efficienza energetica.

## L'INTEGRAZIONE CON IL VERDE CIRCOSTANTE

PRESTAZIONI ATTESE - Risparmio delle risorse idriche

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sistema di raccolta delle acque piovane

- Impianto di trattamento delle acque reflue

Il Centro di OHSU per la Salute e la Guarigione presenta in loco un sistema di raccolta delle acque piovane e un bioreattore a membrana (MBR) per il trattamento delle acque reflue. Il 100% delle acque reflue, infatti, viene trattato e riutilizzato insieme all'acqua piovana raccolta per alimentare i sistemi di irrigazione del verde, la torre di raffreddamento, le microturbine, l'impianto di riscaldamento/raffreddamento radiante e l'impianto idraulico. Tutto ciò per ottenere un risparmio annuo del 60% del consumo di acqua potabile<sup>7</sup>.



Figura 6.2.12 – Foto del cantiere – prospetto nord

---

<sup>7</sup> <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=889>



Figura 6.2.12 – Foto del cantiere – prospetto nord .



Figura 6.2.13 – Foto del cantiere – prospetto sud .







## 7.1 INTRODUZIONE

Qualsiasi organismo edilizio, letto in chiave tecnico-costruttiva, può essere inteso come un insieme di parti, tutte messe in relazione tra loro e finalizzate a:

- delimitare, definire e classificare lo spazio;
- garantire la sicurezza statica;
- assicurare il comfort abitativo.

Questo sistema di relazioni dà luogo all'*apparecchiatura costruttiva* che è costituita da un insieme di parti, definite "*elementi di fabbrica*" (EF), tra loro correlate e integrate. È possibile suddividere gli elementi di fabbrica in:

- Scheletro portante;
- Chiusure verticali;
- Chiusure orizzontali (di base, intermedie, di copertura);
- Partizioni interne;
- Elementi di comunicazione verticale;
- Cellule spaziali;
- Blocchi funzionali.

Gli elementi di fabbrica sono a loro volta costituiti dall'aggregazioni di più parti, tanto da costituire dei veri e propri sub-sistemi nell'ambito dell'*apparecchiatura costruttiva*; le parti costituenti gli elementi di fabbrica sono *gli elementi costruttivi funzionali* (ECF).

Facendo seguito a quanto esplicitato nei paragrafi 4.2.3 e 4.2.4, il pronto soccorso è stato progettato interamente assemblabile, in modo tale da eseguire la maggior parte delle lavorazioni fuori cantiere, e di conseguenza ridurre l'impatto ambientale e l'inquinamento prodotti dal cantiere; con tale scelta inoltre è possibile velocizzare i tempi di esecuzione dell'opera che saranno ridotti all'assemblaggio di quanto precedentemente costruito, con la possibilità di avere in poco tempo un pronto soccorso di emergenza tecnologicamente all'avanguardia nei paesi che presentano carenza di strutture ospedaliere o in aree colpite da terremoti, alluvioni o altre calamità naturali.

Si è scelto di ridurre al minimo l'uso del calcestruzzo che, come visto nel paragrafo 4.2.4, possiede un alto contenuto energetico, e si è invece privilegiato l'uso del legno che ha un contenuto energetico inferiore.

L'unico elemento costruttivo funzionale che è stato progettato in calcestruzzo è il sistema delle fondazioni. Anche in questo caso si è comunque privilegiato l'uso di fondazioni prefabbricate collegate fra loro senza getti in opera.

Si è deciso di realizzare strutture ad una sola elevazione fuori terra che può essere suddivisa nei seguenti elementi di fabbrica:

- Scheletro portante;
- Chiusure verticali;
- Chiusure orizzontali (di base, di copertura);
- Partizioni interne;
- Cellule spaziali

## **7.2 LO SCHELETRO PORTANTE**

L'EF scheletro portante dell'edificio preso in esame sarà costituito da due ECF, la fondazione che, come detto, potrà variare in base alle caratteristiche del sito, e le CV con funzione portante.

### **7.2.1 FONDAZIONE**

Al fine di ridurre l'inquinamento da cantiere prodotto dagli scarti e dalle lavorazioni che si effettuano per realizzare le fondazioni tradizionali gettate in opera, e per ridurre al minimo i tempi di esecuzione, si è stabilito di utilizzare un sistema di fondazione in calcestruzzo armato prefabbricato che può essere costituito da solette prefabbricate accostate e collegate a formare una platea continua poggiata sul terreno superficiale previa livellatura e pulitura del sito; in alternativa, nel caso in cui la resistenza del terreno dovesse renderlo necessario, si potrà optare inserire dei pali nel terreno che verranno poi collegati alla fondazione. Qualità, sicurezza nei cantieri, e velocità di esecuzione sono alcuni dei vantaggi che le fondazioni in calcestruzzo prefabbricato assicurano, portando sia risparmio economico che tecnologia ai massimi livelli, ottenendo una precisione millimetrica.

Dal piano di posa di fondazione, bonificato e livellato attraverso il getto del magrone, viene posata la fondazione costituita da un solaio assemblabile in cemento armato prefabbricato di spessore idoneo a sopportare i carichi sovrastanti. Le dimensioni geometriche del solaio prefabbricato di volta in volta varieranno in base al peso della struttura che graverà su di esso ed in base alla portanza del suolo.

Le dimensioni geometriche che le solette che compongono la platea di fondazione potranno assumere non presentano limiti di produttività in prefabbricazione, ma sarà comunque limitata da ragioni di trasporto; per tale motivo si rende necessario collegare orizzontalmente più solette per realizzare una platea delle dimensioni necessarie.

Il collegamento tra le solette è realizzato attraverso la loro sagomatura laterale in modo da creare un incastro a gradino. Barre filettate inserite in appositi fori ed avvitate su boccole permettono l'ancoraggio vero proprio tra le due solette. Tra i due appoggi vengono inseriti cuscinetti in gomma forati capaci di assorbire ogni tipo di sollecitazione.

La fondazione prefabbricata viene interamente prodotta in stabilimento (in questo modo il controllo è più accurato) e successivamente assemblata in cantiere con l'eliminazione totale dei prodotti ausiliari (tavole, chiodi, fil di ferro, sagomatrici, troncatrici, ecc) utilizzati per la lavorazione delle fondazioni tradizionali.

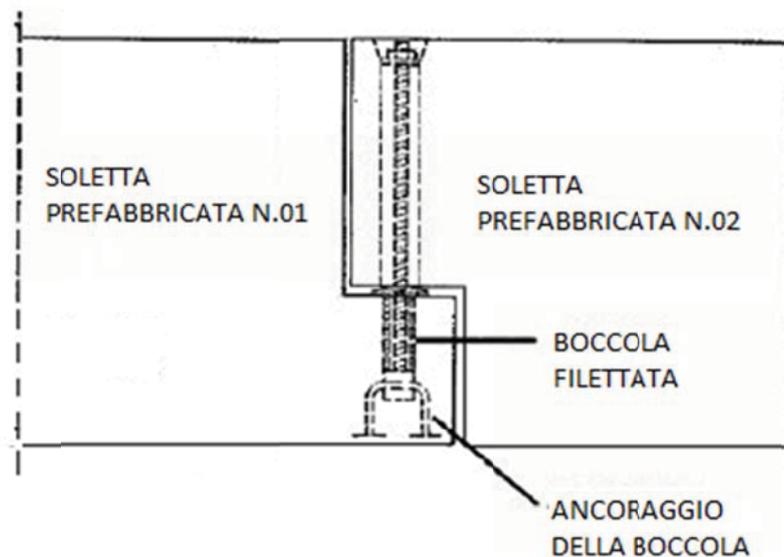


Figura 7.1 – Collegamento fra le solette costituenti la platea di fondazione.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Contegni – Palermo – Toniolo, Strutture prefabbricate: schedario dei collegamenti, Progetto triennale 2005/08-DPC/RELUIS, Maggio 2007.

## 7.2.2 CHIUSURE VERTICALI PORTANTI

Per le chiusure verticali si è deciso di adoperare dei pannelli in legno X-LAM, che svolgono sia la funzione portante, sia la funzione di separazione dall'ambiente esterno garantendo le necessarie condizioni di comfort ambientale. Come visto nel capitolo 4, Analisi del ciclo di vita, il legno è un materiale rinnovabile, riciclabile, biodegradabile e con un basso impatto energetico del ciclo di vita; la sua lavorazione, infatti, non richiede grossi dispendi energetici e presenta, inoltre, una conducibilità termica molto bassa; se installato in modo corretto, ossia in ambiente asciutto e ventilato, è pressoché indistruttibile, ed è leggero pur conservando una notevole resistenza statica. Con il 20% di umidità, il peso specifico apparente del legno di conifera è  $600 \text{ Kg/m}^3$ , del cemento armato (4 volte superiore) è  $2500 \text{ Kg/m}^3$ , dell'acciaio (oltre 10 volte superiore) è  $7800 \text{ Kg/m}^3$ .<sup>2</sup>

Le CV a pannelli in legno multistrato X-LAM sono costituite da pannelli lamellari di legno massiccio di spessore variabile dai 60 ai 400 mm. I pannelli sono realizzati incollando strati incrociati di tavole in legno essiccato artificialmente per non risentire delle variazioni igrometriche dell'ambiente e per escludere il pericolo di attacco da parte di parassiti, funghi e insetti.

Le tavole che compongono il pannello sono ricavate prevalentemente dalle porzioni esterne del tronco e presentano una larghezza compresa normalmente tra gli 80 mm e i 240 mm, e spessore tra i 10 mm e i 35 mm. La relazione  $L:s \geq 4:1$  definisce il rapporto tra la larghezza e lo spessore della tavola<sup>3</sup>. Le tavole appartengono ad una determinata classe di resistenza che viene assegnata secondo la norma europea UNI EN 338 in base al valore di resistenza a flessione in  $\text{N/mm}^2$ .<sup>4</sup> I valori caratteristici di resistenza, rigidità e densità per le classi di resistenza sono riportati in tabella 7.1.

---

<sup>2</sup> Natterer - Herzog - Volz, Atlante del legno, Grande Atlante di Architettura, UTET, Savigliano (CN), 2003.

<sup>3</sup> G. Schickhofer, A. Bernasconi, G. Traetta, I prodotti di legno per la costruzione, Corso sull'uso strutturale del legno, Gennaio 2005, tratto dal sito <http://www.promolegno.com>

<sup>4</sup> Norma europea UNI EN 338:2009, UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Dicembre 2009.

	Softwood species											Hardwood species								
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
<b>Strength properties (in N/mm<sup>2</sup>)</b>																				
Bending	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tension parallel	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tension perpendicular	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression parallel	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compression perpendicular	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Shear	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
<b>Stiffness properties (in kN/mm<sup>2</sup>)</b>																				
Mean modulus of elasticity parallel	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
5 % modulus of elasticity parallel	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Mean modulus of elasticity perpendicular	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Mean shear modulus	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
<b>Density (in kg/m<sup>3</sup>)</b>																				
Density	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Mean density	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080
NOTE 1 Values given above for tension strength, compression strength, shear strength, 5 % modulus of elasticity, mean modulus of elasticity perpendicular to grain and mean shear modulus, have been calculated using the equations given in Annex A.																				
NOTE 2 The tabulated properties are compatible with timber at a moisture content consistent with a temperature of 20 °C and a relative humidity of 65 %.																				
NOTE 3 Timber conforming to classes C45 and C50 may not be readily available.																				
NOTE 4 Characteristic values for shear strength are given for timber without fissures, according to EN 408. The effect of fissures should be covered in design codes.																				

Tabella 7.1 – Classi di resistenza e valori caratteristici secondo la norma

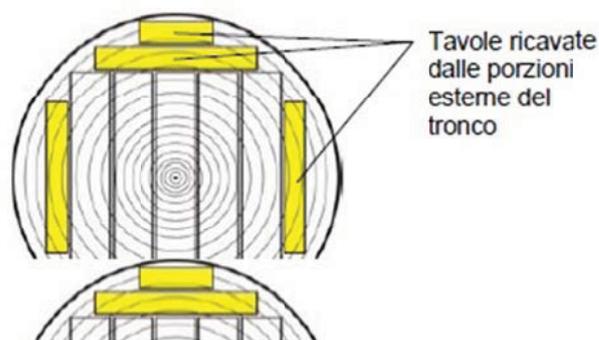


Figura 7.2 – Posizione delle singole tavole all'interno del tronco. <sup>(3)</sup>

La struttura tipica di un pannello è costituita da strati di tavole in legno orientati alternativamente a 90°. E' possibile, tuttavia, avere anche un orientamento sotto l'angolo di 90°. I pannelli vengono prodotti con legni di conifere quali abete rosso, abete bianco, pino, larice e douglasia. A seconda dell'impiego e dei requisiti statici sono disponibili pannelli a 3, 5, 7 o più strati con spessori differenti (figura 7.2).

L'incollaggio incrociato tra le tavole è eseguito in qualità controllata mediante uno speciale adesivo poliuretano (PUR) privo di solventi e formaldeide. L'incollaggio sotto forte pressione permette di ridurre al minimo i fenomeni di rigonfiamento e ritiro del legno, aumentandone la resistenza statica e la stabilità dimensionale.

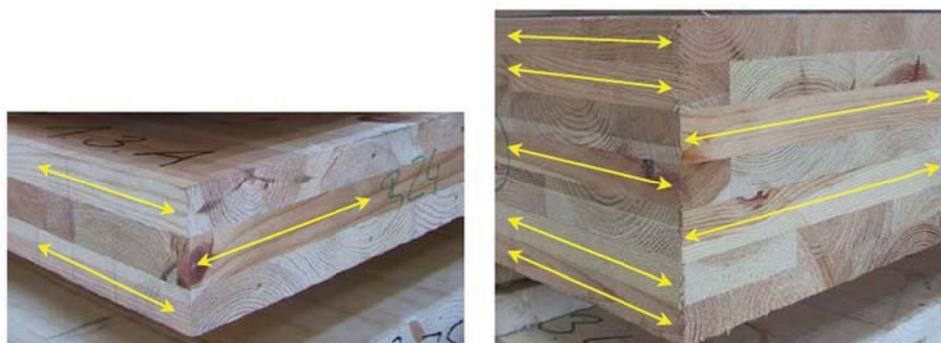


Figura 7.3 – Pannelli in legno multistrato X-LAM a 3 e 7 strati. <sup>(3)</sup>

Le dimensioni e la forma dei pannelli multistrato X-LAM sono determinate dalle restrizioni imposte dalla produzione, dal trasporto e dal montaggio. Oggi vengono prodotti pannelli piatti o semplicemente incurvati fino a 16,5 m di lunghezza e 3,0 m di altezza, giuntando le singole tavole di testa mediante giunti a pettine (figura 7.4).<sup>(3)</sup> Generalmente in edilizia residenziale, le pareti portanti interne al piano terra di un edificio di quattro piani hanno spessori compresi tra i 95 mm e i 128 mm.

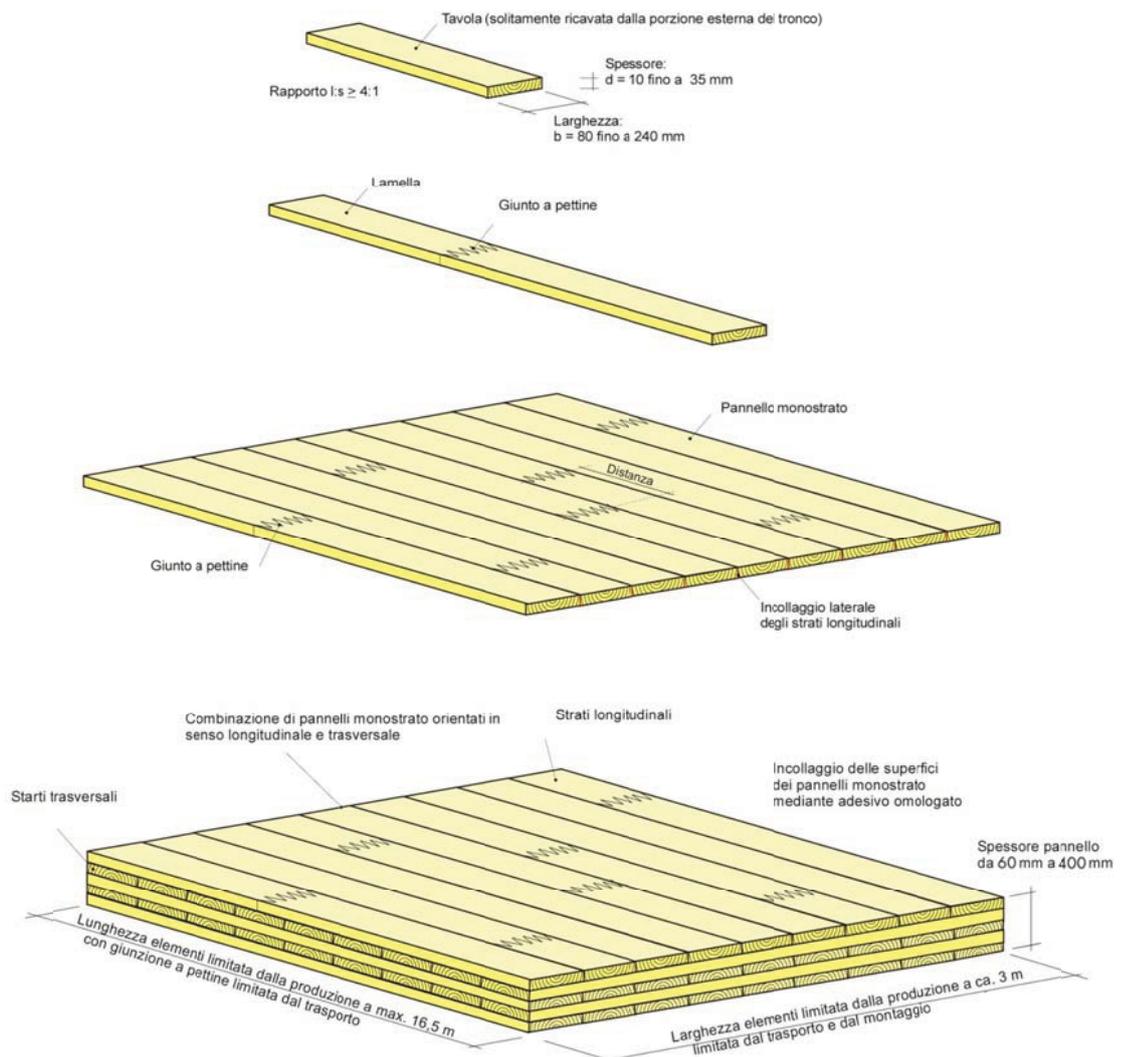


Figura 7.4 – Struttura di un pannello di legno multistrato X-LAM a 5 strati, a partire dal materiale di base tavola.<sup>(3)</sup>

La tabella riportata di seguito mostra le caratteristiche tecniche dei pannelli multistrato X-LAM prodotti dall'azienda Kreuzlagenholz (KLH). Le sigle DQ e DL indicano l'orientamento delle fibre degli strati superficiali in direzione rispettivamente trasversale e longitudinale rispetto alla lunghezza del pannello.<sup>(3)</sup>

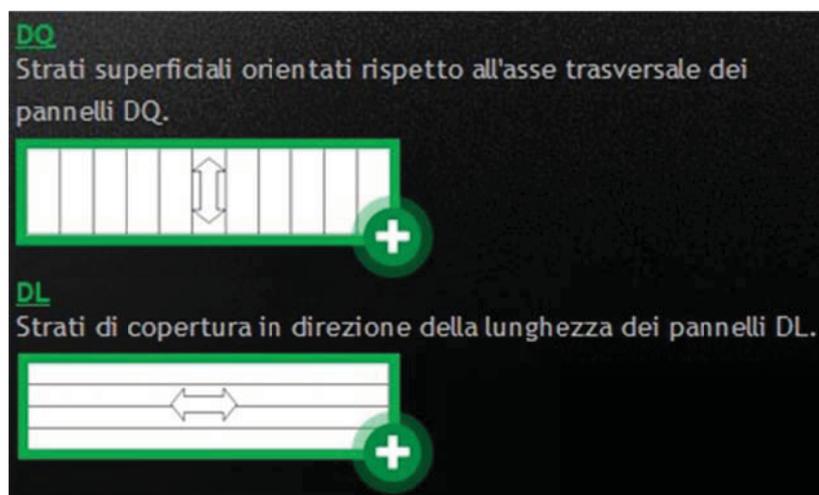


Figura 7.5 – Orientamento delle fibre degli strati superficiali.<sup>5</sup>

<b>LUNGHEZZA MASSIMA</b>	16,50 m
<b>ALTEZZE STANDARD</b>	2,95 m – 2,72 m – 2,50 m – 2,40 m
<b>SPESSORE PANNELLI</b>	
<b>3 strati DQ</b>	57, 72, 94, 120 mm
<b>3 strati DL</b>	57, 60, 78, 90, 95, 108, 120 mm
<b>5 strati DQ</b>	95, 125, 128, 158, 200 mm
<b>5 strati DL</b>	117, 125, 140, 146, 162, 182, 200 mm
<b>7 strati DL*</b>	202, 208, 226, 230, 260, 280 mm
<b>8 strati DL*</b>	248, 300, 320 mm

\* pannelli a 7 strati in parte con doppio strato in lunghezza sui bordi, pannelli a 8 strati con doppio strato in lunghezza.

Tabella 7.2 – Caratteristiche tecniche dei pannelli X-LAM prodotti dall'azienda KLH<sup>(3)</sup>

<sup>5</sup> <http://www.xlamdolomiti.it>

Il sistema X-LAM è un sistema costruttivo molto rigido, ma grazie ad un'adeguata progettazione dei giunti permette di ottenere la dissipazione energetica e la duttilità necessaria a garantire una grande resistenza alle scosse sismiche. Lo ha dimostrato la prova effettuata nel 2007 dal CNR IVALSA (National Research Council of Italy Trees and Timber Institute) insieme ad altre istituzioni, nei laboratori del NIED (National Institute for Earth Science and Disaster Prevention) a Miki, in Giappone. Un edificio in legno di sette piani di circa 15 m x 7,7 m e 24 m di altezza, posto su una tavola vibrante, è stato sottoposto a due terremoti consecutivi senza subire danni strutturali. Le pareti esterne dell'edificio, collegate tra di loro con viti autoforanti, sono state realizzate con pannelli X-LAM dello spessore di 142 mm nei primi due piani, 125 mm al terzo e quarto piano e 85 mm negli ultimi tre piani. I solai, realizzati sempre con pannelli X-LAM dello spessore di 142 mm, sono stati collegati alle pareti per mezzo di staffe e viti in acciaio. Ad ogni piano, per tenere conto dei carichi accidentali, sono state aggiunte masse addizionali.

La prova ha previsto l'applicazione consecutiva di due accelerogrammi: uno di magnitudo 6,8 della scala Richter, PGA (Peak Ground Acceleration) pari a 1.0 g e intensità al 100%; l'altro di magnitudo 7,2 della scala Richter, PGA pari a 0.82 g e intensità al 100%. L'edificio, dopo aver oscillato per un paio di secondi, è ritornato nella sua posizione iniziale, riportando danni strutturali di lieve entità facilmente riparabili (figura 7.6 – 7.7)<sup>6-7</sup>.



<sup>6</sup> INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Firmato accordo di collaborazione tra INGV –NIED, Comunicati stampa, Agosto 2013.

<sup>7</sup> CNR – IVALSA Trees and timber institute, The sofie project – miki 2007: the seismic test, National Research Council of Italy Trees and Timber Institute, tratto dal sito <http://www.ivalsa.cnr.it>

Figura 7.6 – Prova sismica effettuata su un edificio di sette piani costruito con pannelli X-LAM, Miki in Giappone.



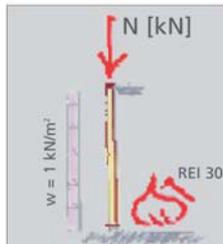
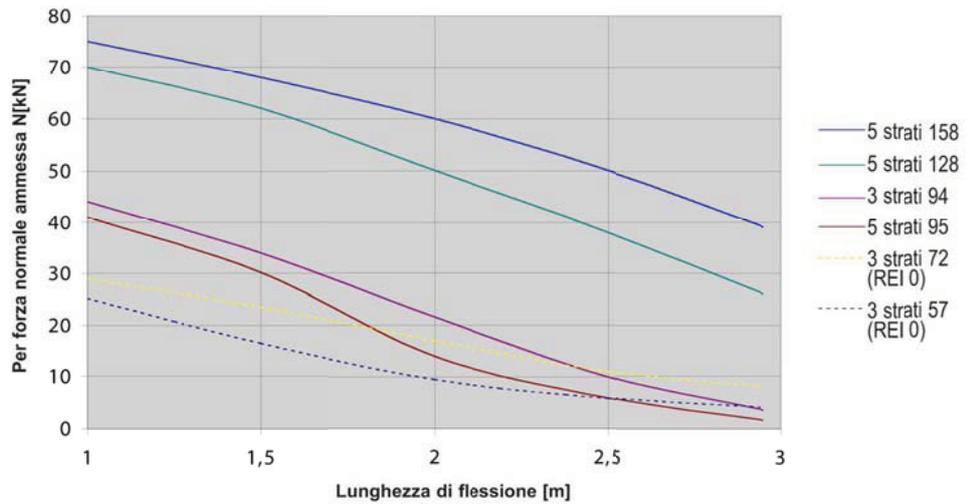
Figura 7.7 – Prova sismica effettuata su un edificio di sette piani costruito con pannelli X-LAM, Miki in Giappone, vista interna.

I diagrammi riportati di seguito mostrano l'andamento della lunghezza di flessione di una parete X-LAM al variare del carico normale  $N$  e dello spessore. La parete, prodotta dall'azienda Kreuzlagenholz (KLH), è di tipologia DQ ed è alta 295 cm, larga 10 cm e con un valore di resistenza al fuoco (REI) pari a 30. Per un numero di strati inferiori a tre si considera un valore di resistenza al fuoco nullo ( $REI = 0$ ). In particolare, nel primo diagramma la parete X-LAM è sollecitata da un carico assiale  $N$  e da un carico da vento laterale uniforme pari a  $1 \text{ kN/m}^2$ . Nel secondo, invece, il carico da vento è nullo. In entrambi i diagrammi si nota che la parete con lo spessore maggiore si deforma per valori più alti di  $N$ , rispetto a una parete con lo spessore minore (figura 7.8)<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> KLH Massivholz GmbH, Diagrammi di misurazione, Colophon, Gennaio 2008, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

Parete soggetta a sollecitazioni normali per pilastri da muro larghi cm 10  
F 30 (combustione unilaterale; carico uniforme – Vento 1 kN/m<sup>2</sup>)



Parete soggetta a sollecitazioni normali per pilastri da muro larghi cm 10  
F 30 (combustione unilaterale; carico uniforme – Vento 0 kN/m<sup>2</sup>)

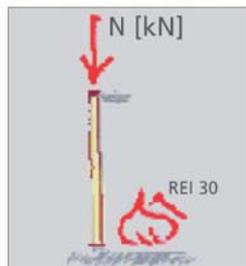
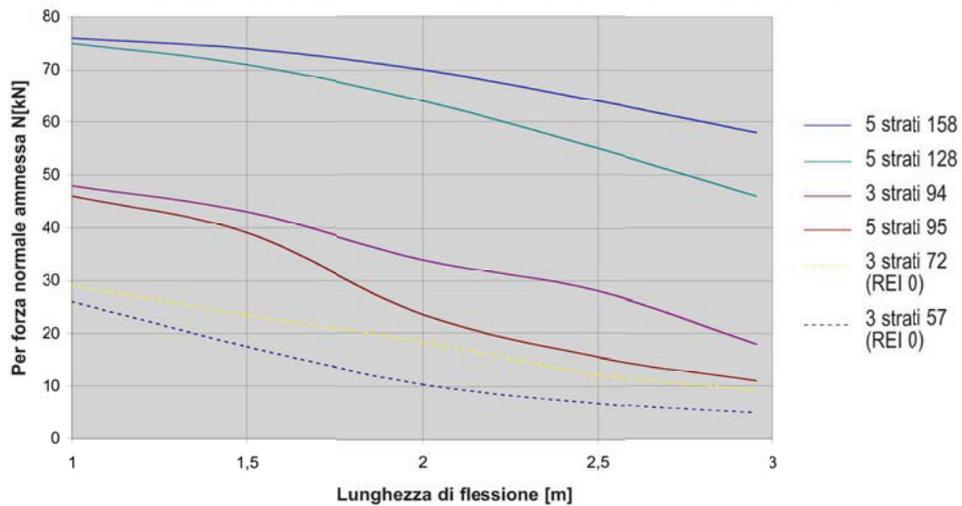


Figura 7.8 – Andamento della lunghezza di flessione di una parete X-LAM al variare del carico normale N e dello spessore. <sup>(8)</sup>

Il montaggio dei pannelli multistrato X-LAM che costituiscono la CV richiede pochi ausili e risulta essere molto rapido. I pannelli vengono tagliati all'interno degli stabilimenti a seconda delle esigenze architettoniche, completi di aperture per porte, finestre e vani scala (figura 7.9) ed in seguito vengono consegnati in cantiere, per mezzo di camion o container, già pronti per il montaggio. I singoli pannelli vengono montati con l'ausilio di un mezzo di sollevamento e assemblati mediante avvitamento. Trattandosi di un sistema costruttivo a secco, non è necessario prevedere tempi di asciugatura ed è possibile procedere alle opere successive subito dopo il loro montaggio. Per tale motivo i tempi di costruzione sono veloci rispetto ai tradizionali sistemi di costruzione. Si è visto, ad esempio, che per la posa dell'isolamento e del rivestimento della facciata e per il montaggio dei serramenti si hanno dei risparmi di tempo del 10% - 30% rispetto ai sistemi costruttivi tradizionali. Anche i tempi di installazione degli impianti sono più rapidi di circa il 20% - 40%<sup>9</sup>.



Figura 7.9– Lavorazione in stabilimento e montaggio in cantiere di una parete X-LAM.

Le attrezzature per il montaggio si distinguono in:

- attrezzature per il posizionamento degli elementi o il mantenimento in sede degli stessi (puntelli e staffe angolari di posizionamento) (figura 7.10);

<sup>9</sup> KLH Massivholz GmbH, Catalogo elementi costruttivi, Principi – WB – V 3.1, Gennaio 2003, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

- attrezzature per raggiungere il punto di montaggio o fissaggio degli elementi (scala a pioli, ponteggio, trabattelli motorizzati e piattaforme elevatrici) (figura 7.11).

Laddove possibile, una parte del ponteggio dovrebbe essere montata prima del posizionamento degli elementi. Se il punto di montaggio cambia frequentemente e in cantiere è possibile la movimentazione di mezzi su ruote, è particolarmente indicato utilizzare trabattelli motorizzati e piattaforme elevatrici.



Figura 7.10 – Puntello di montaggio e puntello per solaio.



Figura 7.11 – Piattaforme elevatrici.

La chiusura verticale in legno X-LAM può essere collegata direttamente alla fondazione, oppure alla chiusura orizzontale di base. In entrambi i casi il collegamento tra la chiusura verticale e le travi di fondazione porta-pannello prefabbricate in c.a. oppure la chiusura orizzontale di base, avviene mediante degli elementi preformati ad L in acciaio, atti a trasferire le forze orizzontali e verticali dalla chiusura verticale in giù.

Il collegamento avverrà per mezzo di piastre angolari in acciaio; queste saranno fissate con chiodi o viti (a testa piatta o con gambo totalmente/parzialmente filettato) nei pannelli X-LAM della CV; nel caso di collegamento con la COB, la piastra sarà avvitata anche al pannello X-LAM della COB, nel caso di fondazione sarà invece collegata con barre filettate o tasselli fissati in maniera meccanica o chimica. In quest'ultimo caso, per proteggere il legno dall'umidità e dalle risalite capillari, verrà interposto tra il pannello e la trave di fondazione una guaina orizzontale di impermeabilizzazione (figura 7.12). La testa della trave sarà dimensionata della larghezza necessaria ad accogliere lo spessore della stratigrafia della parete (pannello ligneo e strati di isolamento) (figura 7.13).



Figura 7.12 – A sinistra: piastra angolare in acciaio; a destra dall’alto verso il basso: vite con gambo parzialmente filettato, vite a testa piatta, vite con gambo totalmente filettato e tassello di ancoraggio.

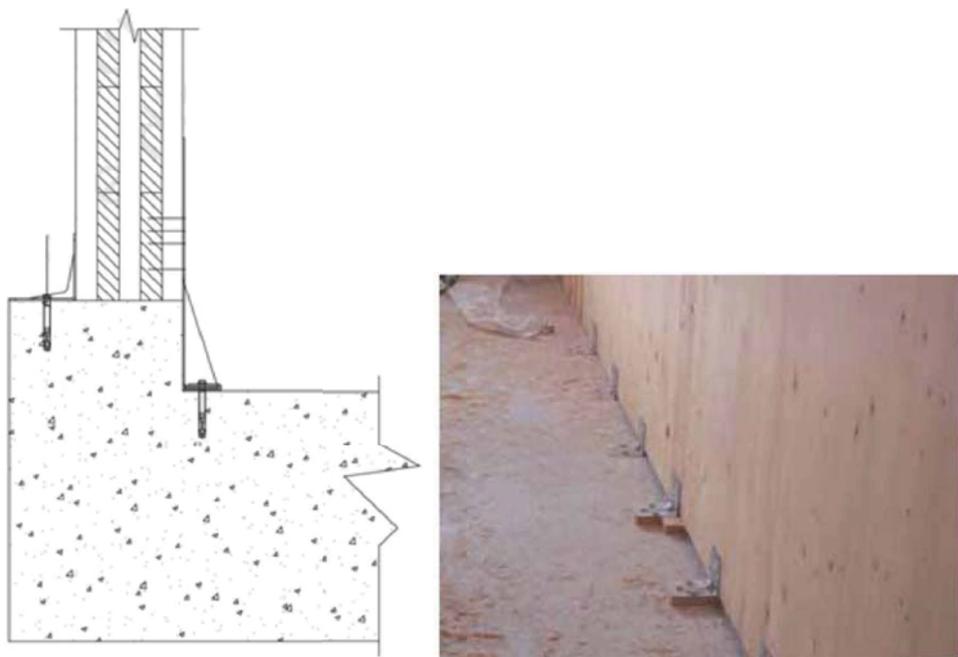


Figura 7.13 – Sistema meccanico di collegamento tra pannelli X-LAM e trave di fondazione prefabbricata in cemento armato.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> R. Tomasi, Corso di approfondimento – edifici in legno in x-lam, Lezione D – Connessioni e collegamenti: principi ed applicazioni, Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale, Novembre 2009, tratto dal sito <http://www.promolegno.com>

Nel secondo caso, collegamento chiusura verticale – chiusura orizzontale di base, non sarà necessario porre ulteriore strato di impermeabilizzazione.

Prima del collegamento trave di fondazione – pannello X-LAM è necessario:

- tracciare sulla testa delle travi di fondazione la posizione esatta dei pannelli, tenendo conto dello spessore della stratigrafia delle pareti;
- posizionare le piastre angolari in acciaio lungo il tracciato. La distanza tra le piastre viene determinata in base a calcoli statici, in genere varia tra i 100 e 150 cm;
- posizionare la guaina orizzontale di impermeabilizzazione;
- livellare le quote. In corrispondenza di ogni piastra di fissaggio si misura infatti la quota esatta per mezzo di una livella ed eventuali differenze vengono compensate con materiale apposito. La parete portante in opera, infatti, deve appoggiare con tutta la sua superficie sulla trave di fondazione, ogni spazio esistente tra la parete e la trave deve essere riempito con apposita malta umida o espansiva.

La lunghezza dei pannelli delle CV, come già esplicitato, è limitata da ragioni produttive e di trasporto, per cui è necessario collegare verticalmente più pannelli per realizzare una chiusura verticale della dimensione ricercata. I collegamenti devono trasmettere le forze di taglio tra pannello e pannello e per tali forze dunque devono essere dimensionati. Esistono diverse soluzioni di collegamento. È possibile utilizzare tavole coprigiunto della larghezza di circa 40 x 140 mm che vengono avvitate su di uno o su entrambi i lati della parete in modo da essere a filo con i pannelli (Figura 7.14 a/b); è altresì possibile posizionare le tavole coprigiunto all'interno della parete (Figura 7.14 c). Altre soluzioni di collegamento utilizzano delle viti auto foranti completamente filettate che vengono inserite con una direzione leggermente inclinata rispetto al piano della parete (Figura 7.14 d), oppure i pannelli possono essere sagomati lateralmente in modo da creare con il collegamento un incastro a gradino (Figura 7.14 e).

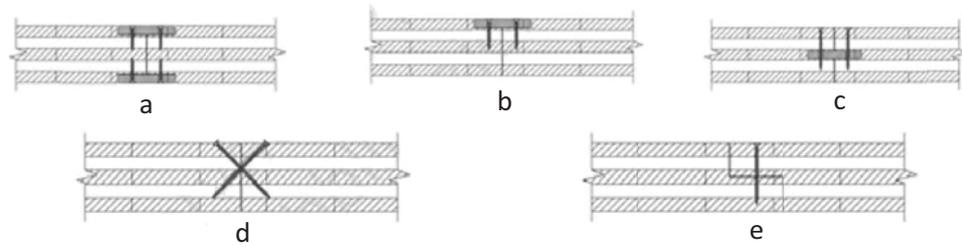


Figura 7.14 – Sistema meccanico di collegamento parete – parete di pannelli X-LAM. <sup>(10)</sup>

Il collegamento d'angolo tra due chiusure verticali ortogonali, indispensabile per garantire una maggiore robustezza alla costruzione, può costituire un presidio per le forze fuori piano delle pareti dovute alle forze di instabilizzazione laterale oppure all'effetto del vento in pressione sulle pareti. Esistono diverse possibili soluzioni di collegamento che utilizzano viti auto-foranti o piastre angolari d'acciaio (figura 7.15).

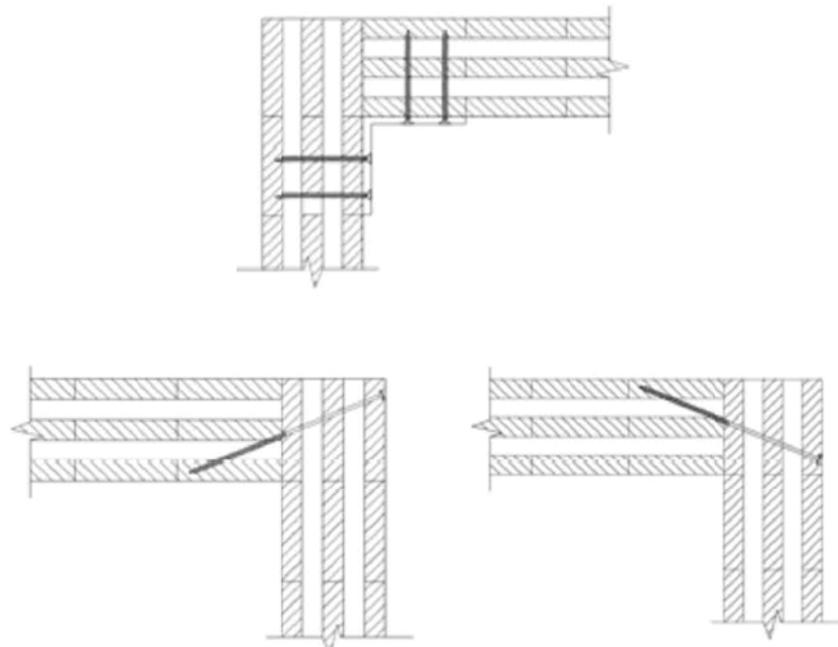


Figura 7.15 – Sistema meccanico di collegamento d'angolo delle chiusure verticali con chiodi o viti. <sup>(10)</sup>

Nel caso si utilizzino viti auto-foranti, occorre prestare attenzione alle modalità di inserimento delle viti. Se infatti la vite viene inserita in uno

strato del pannello che presenta fibre con direzione parallela all'asse della vite, si ottiene una resistenza ad estrazione ridotta ed inefficace. Per tale motivo è buona norma inserire le viti auto foranti con una direzione leggermente inclinata rispetto al piano della parete, in modo da intercettare almeno due strati del pannello. Altre possibili soluzioni di collegamento prevedono l'utilizzo di ganci o di profili in legno a forma di coda di rondine (figura 7.16).

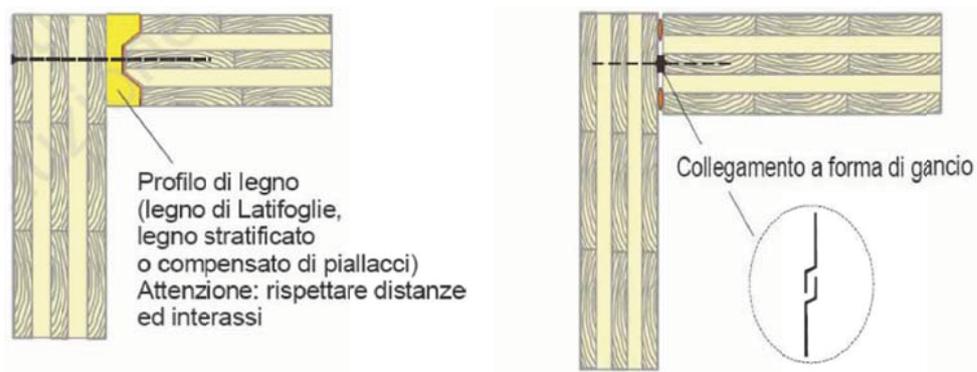


Figura 7.16 – Sistema meccanico di collegamento d'angolo delle chiusure verticali con coda di rondine (a sinistra) e con gancio.<sup>(10)</sup>

Anche nel caso di un collegamento tra chiusura verticale e partizione interna si possono riproporre soluzioni simili a quelle esposte per il collegamento d'angolo (figura 7.17).

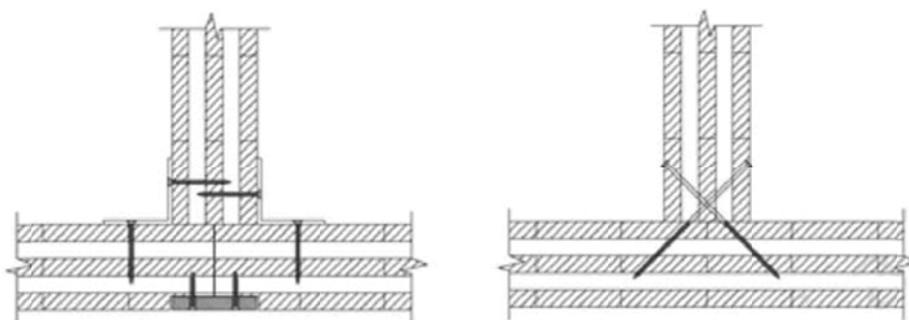


Figura 7.17 – Sistema meccanico di collegamento delle chiusure verticali con le partizioni interne.<sup>(10)</sup>

### 7.3 LE CHIUSURE VERTICALI

Oltre la funzione portante, i pannelli in legno multistrato X-LAM svolgono anche la funzione di separazione fra l'ambiente interno e l'ambiente esterno.

A tal fine è necessario che garantiscano alcune funzioni fra le quali:

1. tenuta d'aria;
2. isolamento termico invernale;
3. capacità di accumulo termico diurno e di erogazione termica notturna per la protezione dal surriscaldamento solare estivo;
4. capacità di accumulo di umidità;
5. isolamento acustico;
6. resistenza al fuoco.

#### TENUTA D'ARIA

Secondo i codici di buona pratica, la superficie totale di scambio termico deve essere sigillata a tenuta d'aria in maniera permanente. I rilievi eseguiti sui pannelli X-LAM hanno dimostrato che i pannelli a tre strati di qualità a vista residenziale<sup>11</sup> o di qualità a vista industriale<sup>12</sup> sono sufficientemente stagni e possono essere considerati come uno strato ermetico. I pannelli a cinque strati soddisfano questo criterio anche nella qualità non a vista<sup>13</sup>.

La tenuta d'aria non va garantita solamente dalla qualità dei pannelli, ma anche dai giunti di collegamento fra i vari pannelli e gli altri elementi costruttivi funzionali. Tutti i punti di giunzione devono essere sigillati a regola d'arte utilizzando, ad esempio, nastri coprifuga precompressi (figura 7.18). Un'altra soluzione per garantire la tenuta d'aria consiste nel posare su tutta la superficie esterna della struttura uno strato impermeabile, come ad esempio una barriera al vapore che funge al contempo da barriera contro le dispersioni di calore per convezione (figura 7.19).

---

<sup>11</sup> I pannelli in legno multistrato X-LAM vengono definiti a vista residenziale (WSI) quando non sono intonacati e sono lasciati con il legno a vista e con un aspetto privo di imperfezioni, così da poterli utilizzare in ambienti interni.

<sup>12</sup> I pannelli a vista industriale (ISI) presentano invece delle imperfezioni, per cui vengono adoperati per le costruzioni di carattere industriale. I pannelli non a vista (NSI) sono i più utilizzati e sono intonacati o semplicemente rivestiti

<sup>13</sup> KLH Massivholz GmbH, Fisica delle costruzioni, Colophon, Gennaio 2012, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

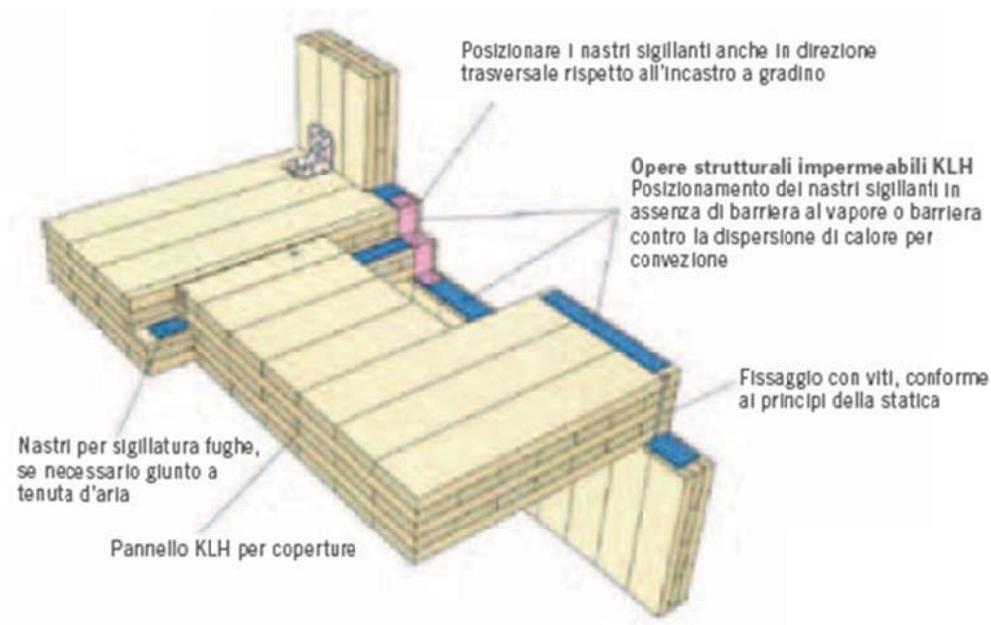


Figura 7.18 – Sistema di collegamento parete – solaio con applicazioni di nastri sigillanti.<sup>(13)</sup>

**Involucro impermeabile con guaina posta all'esterno  
(guaina impermeabile al vapore, armonizzata con la restante struttura esterna)**

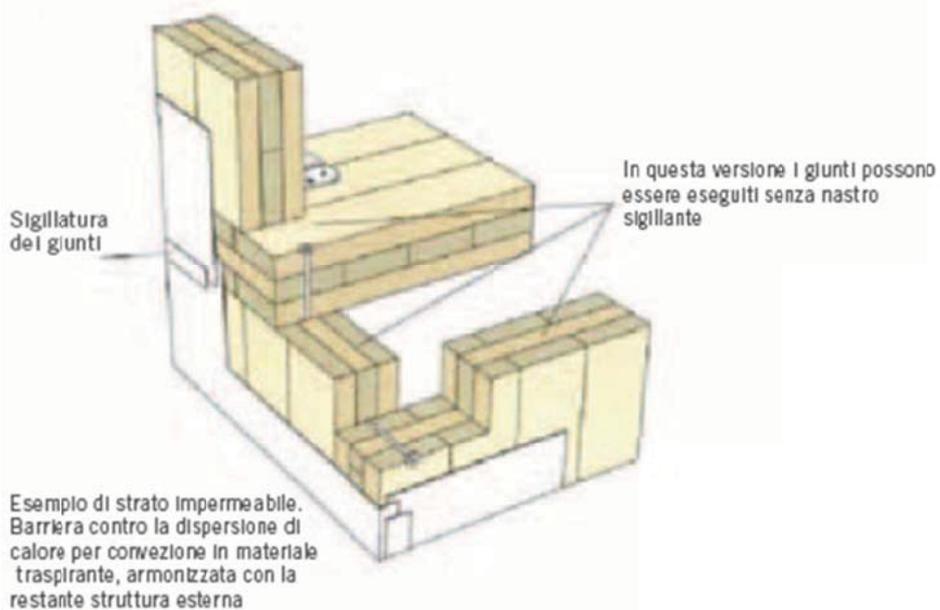


Figura 7.19 – Sistema di collegamento parete – solaio con avvolgimento e incollaggio di una barriera contro le dispersioni di calore per convezione.<sup>(13)</sup>

## ISOLAMENTO TERMICO INVERNALE

Altra caratteristica garantita dai pannelli multistrato X-LAM è isolamento termico invernale e la capacità di accumulo termico diurno e di erogazione termica notturna per la protezione dal surriscaldamento solare estivo.

Al fine di garantire un buon comfort termico invernale, è possibile agire su tre diversi fronti:

- la riduzione della quantità di calore che viene trasmessa dall'ambiente interno verso l'esterno attraverso le chiusure verticali;
- l'assorbimento di energia solare dalle superfici finestrate;
- l'approvvigionamento di energia per il riscaldamento degli ambienti interni.

Per ridurre i consumi energetici globali dell'edificio risulta indispensabile agire sulla riduzione delle dispersioni termiche; in termini fisici il fattore determinante è la conduttività termica ( $\lambda$ ) delle chiusure verticali. Minore è, infatti, il valore di  $\lambda$ , minore sarà il valore del coefficiente di trasmissione termica ( $U$ ) e maggiore sarà la resistenza della parete al passaggio di calore dall'interno verso l'esterno. Il coefficiente di trasmissione termica ( $U$ ) indica, infatti, la quantità di calore che passa dall'interno verso l'esterno attraverso la parete e viene calcolato con la seguente formula:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i}}$$

dove:

- $U$  è il coefficiente di trasmissione termica della parete;
- $R_{si}$  e  $R_{se}$  sono le resistenze termiche dello strato superficiale interno ed esterno della parete;
- $\lambda_i$  è la conduttività termica dei singoli strati che compongono la parete.
- $d_i$  è lo spessore dei singoli strati che costituiscono la parete.

Nei pannelli in legno multistrato X-LAM la conduttività termica ( $\lambda$ ) ha un valore basso e dipende dalla densità e dal contenuto di umidità presente nel pannello. La ÖNORM 12524 indica una conduttività termica di 0,13

W/(m\*K) per il “legname da carpenteria” con densità pari a 500 kg/m<sup>3</sup>. La ÖNORM B 3012 indica per il legno di pino ad un’umidità relativa pari al 12% una conduttività termica di 0,11 W/(m\*K). I test di laboratorio condotti dall’Istituto francese CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) su tre pannelli X-LAM prodotti dalla ditta KLH a 3 e a 5 strati hanno evidenziato un valore di conduttività termica pari a 0,10 W/(m\*K)<sup>14</sup>. Che i pannelli X-LAM presentano valori del coefficiente termico di trasmissione decisamente inferiori alla media delle strutture realizzate con altri materiali, lo si è rilevato anche nello studio effettuato dal CNR IVALSA (National Research Council of Italy Trees and Timber Institute) insieme all’Università IUAV - Dipartimento di Costruzione dell’Architettura su alcuni pacchetti costruttivi in legno. Dalle analisi sono emersi valori di U che si aggirano intorno ai 0,20 – 0,25 (W/m<sup>2</sup>\*K), valori dunque che dimostrano come con le pareti in legno si possa ottenere un ottimo isolamento termico invernale<sup>15</sup>. Inoltre, da un confronto effettuato tra una parete perimetrale in legno X-LAM ed un muro tradizionale in laterizio alveolato si è visto che con la prima si può ottenere, con circa la metà dello spazio occupato rispetto alla seconda (26 cm invece di 54 cm), un valore del coefficiente di trasmissione termica decisamente inferiore (0,23 W/m<sup>2</sup>\*K contro i 0,58 W/m<sup>2</sup>\*K)<sup>16</sup>. Quindi con l’utilizzo dei pannelli X-LAM è possibile ottenere dimensioni delle chiusure verticali più ridotte a parità di prestazione richiesta.<sup>(14)</sup>

## CAPACITA’ DI ACCUMULO TERMICO

Nel periodo estivo è invece necessario scongiurare il surriscaldamento degli ambienti interni, ossia non superare i limiti di temperatura percepita imposti dalla legge. Al fine di contrastare il surriscaldamento estivo è possibile agire in diversi modi:

- dotare le finestre di schermature esterne protettive che impediscono al calore proveniente dall’esterno di entrare all’interno dell’edificio;
- garantire il ricambio d’aria degli ambienti interni in modo naturale;

---

<sup>14</sup> KLH Massivholz GmbH, Fisica delle costruzioni, Colophon, Gennaio 2012, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

<sup>15</sup> [http://www.luftdicht.de/luftdicht\\_in\\_ene\\_v\\_20\\_09.htm](http://www.luftdicht.de/luftdicht_in_ene_v_20_09.htm)

<sup>16</sup> KLH Massivholz GmbH, Catalogo elementi costruttivi, Principi – WB – V 3.1, Gennaio 2003, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

- far sì che le pareti interne siano in grado di assorbire durante il giorno l'energia termica solare che penetra all'interno dell'edificio, ed espellerla durante le fresche ore notturne.

Le pareti multistrato X-LAM possiedono la funzione di equilibrio ottimale tra l'accumulo termico diurno e l'erogazione termica notturna, ed inoltre possiede elevate capacità di accumulo di umidità, ovvero di assorbire le molecole d'acqua presenti nell'ambiente che lo circonda. I pannelli X-LAM, quindi, sono in grado di abbassare il tasso di umidità presente negli ambienti interni, assicurando condizioni di comfort termoigrometrico ideali.

Un problema nel quale si potrebbe incorrere con l'utilizzo di pannelli in legno in contesti umidi, è il fenomeno di dilatazione e ritiro che avviene per gradi ed in base alla direzione delle fibre. Nei pannelli X-LAM tali deformazioni si riducono grazie alla disposizione incrociata degli strati e alla qualità dell'incollaggio. Le deformazioni più evidenti avvengono nel piano trasversale a quello del pannello (nella direzione dello spessore). Su questo piano, infatti, le deformazioni sono di circa 0,20% al variare della percentuale di umidità del legno. Sul piano del pannello le deformazioni sono invece di circa 0,01% al variare della percentuale di umidità del legno.

(14)

## ISOLAMENTO ACUSTICO

Altra caratteristica che le chiusure verticali devono garantire è l'isolamento acustico. I pannelli in legno multistrato X-LAM garantiscono un buon isolamento acustico, che può essere aumentato inserendo coibenti acustici nella stratigrafia della chiusura verticale. Per migliorare le prestazioni di insonorizzazione degli edifici in legno è possibile installare nei punti d'interconnessione degli elementi costruttivi parete-solaio dei cuscinetti elastici in materiale elastomero. Questi cuscinetti, correttivi della trasmissione laterale del rumore, possono essere installati sopra o sotto il solaio a seconda degli elementi scelti per il pavimento e le pareti (Figura 7.20).

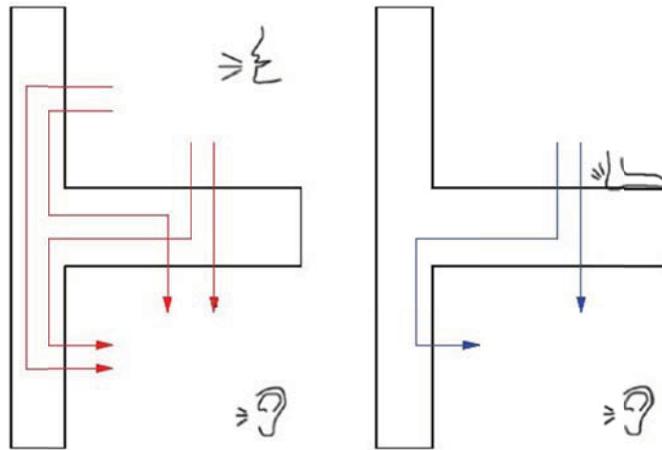


Figura 7.20 – Vie di propagazione del suono aereo e d’impatto tra stanze attigue.<sup>(14)</sup>

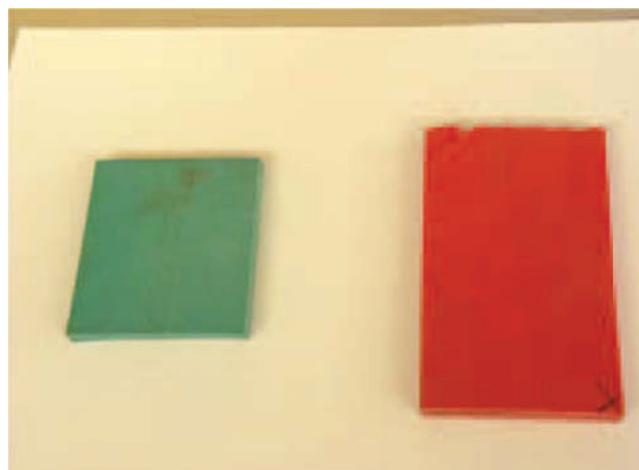


Figura 7.21 – Cuscinetti elastici nel punto di interconnessione parete- solaio.<sup>(14)</sup>

## RESISTENZA AL FUOCO

La resistenza al fuoco è uno degli aspetti più delicati legati agli edifici in legno. Il CNR IVALSA, con il sostegno della Provincia autonoma di Trento, ha effettuato nel marzo 2007 presso il Building Research Institute di Tsukuba in Giappone, una prova del fuoco su un edificio di tre piani realizzato con pannelli portanti in legno multistrato X-LAM (edifici SOFIE – Sistema Costruttivo Fiemme). Tale edificio, resistendo ad un incendio della durata di un'ora, ha conservato le sue proprietà meccaniche e ha lasciato inalterata la sua struttura portante. Tale prova ha dimostrato che un edificio con un sistema portante in legno, progettato e realizzato a regola d'arte, non presenta un elevato rischio di incendio e presenta prestazioni paragonabili a quelle degli edifici in muratura o cemento armato (Figura 7.22).<sup>17-18</sup>



<sup>17</sup> CNR – IVALSA Trees and timber institute, THE SOFIE PROJECT – MIKI 2007: THE SEISMIC TEST, National Research Council of Italy Trees and Timber Institute, tratto dal sito <http://www.ivalsa.cnr.it>

<sup>18</sup> [http://www.luftdicht.de/luftdicht\\_in\\_ene\\_v\\_2009.htm](http://www.luftdicht.de/luftdicht_in_ene_v_2009.htm)



Figura 7.22 – Prova al fuoco effettuata su un edificio di tre piani costruito con pannelli X-LAM, Tsukuba in Giappone.<sup>18</sup>

Al fine di garantire le caratteristiche prestazionali sopra descritte, sarà necessario prevedere idonei strati di isolamento e di finitura interna/esterna. Scegliendo accuratamente i materiali di finitura e quelli isolanti, è possibile adattare gli edifici in X-LAM a qualunque condizione climatica.

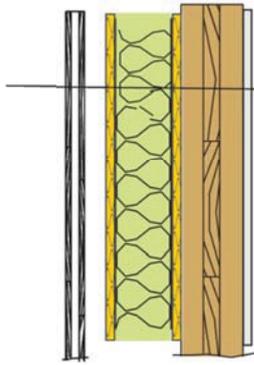
Le finiture esterne coprono un ruolo importante. L'intera costruzione della parete, infatti, deve adeguarsi alla facciata esterna. Più questa è compatta, più importanza ha il livello di ventilazione e più è necessaria la presenza di una barriera al vapore di maggior compattezza. La barriera al vapore, se necessaria (è possibile infatti, come si è scritto prima, optare per la soluzione che prevede la sigillatura dei giunti di raccordo con gli elementi costruttivi) va estesa su tutta la superficie esterna del pannello X-LAM. Sopra di questa va sistemato lo strato d'isolamento termo-acustico, che può essere di diverse tipologie e spessori in base alle zone climatiche. L'isolamento termo-acustico viene fissato direttamente sul pannello, anche senza sostegno intermediario. Se la facciata esterna è in legno (pannelli o tavole) occorre lasciare tra l'isolamento termo-acustico e i pannelli/tavole in legno un'intercapedine d'aria che consenta la ventilazione della parete. Se la facciata esterna è intonacata, l'intonaco va esteso direttamente sullo strato d'isolamento termo-acustico. La superficie interna del pannello in legno X-LAM può essere lasciata a vista, oppure è possibile rivestirla con lastre ignifughe in cartongesso (tipo GKF- KNAUF). Tra le lastre ignifughe in

cartongesso e il pannello può essere inserito uno strato di lana di roccia. Quando è lasciata a vista è necessario piallare e levigare l'intera superficie interna. Di seguito si riportano diverse soluzioni tecniche di parete esterna, indicando con gli indici  $U$  e  $R_w$  rispettivamente il coefficiente di trasmissione termica e l'indice di riduzione sonora della struttura (Figura 7.23).



### Soluzione 3

sez. verticale



Facciata - legno (pannello, tavole - a tenuta)  
Livello pareti ventilate oppure avvitata direttamente con KLH  
Tektalan E 12 da 75 mm  
KLH 3 s 94 mm KLH pannello legno massiccio  
GKF 15 mm rivestimento interno

$$R_w = 57 \text{ dB con } 120 \text{ mm}$$

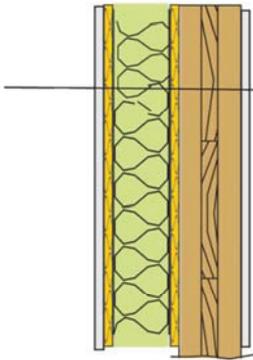
$$R_w = 50 \text{ dB con } 75 \text{ mm}$$

$$U = 0.28 \text{ o } 0.44 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Spessore elementi costruttivi da 220 a 290 mm

### Soluzione 4

sez. verticale



Intonaco 15 mm  
Tektalan E 12 da 75 a 100 mm  
KLH 3 s 94 mm KLH pannello legno massiccio  
GKF 15 mm rivestimento interno

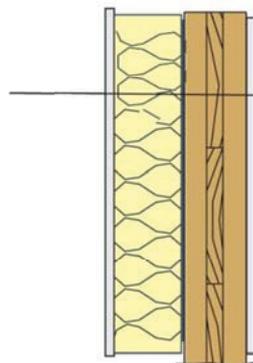
$$R_w = \text{da } 48 \text{ a } 50 \text{ dB (incluse vie secondarie)}$$

$$U = \text{da } 0.36 \text{ fino a } 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Spessore elementi costruttivi da 200 a 230 mm

### Soluzione 5

sez. verticale



Intonaco 15 mm  
Fixprix isolante 120 mm  
KLH 3 s 94 mm KLH pannello legno massiccio  
GKF 15 mm rivestimento interno

$$R_w = 50 \text{ dB}$$

$$U = 0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Spessore elementi costruttivi 240 mm

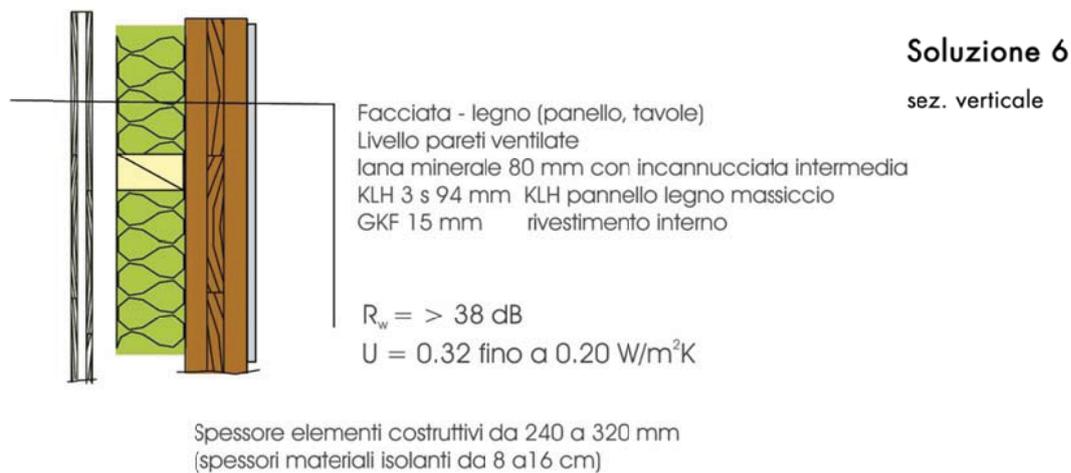


Figura 7.23 – Soluzioni tecniche di pareti esterne realizzate con pannelli X-LAM.<sup>19</sup>

Sarà quindi possibile progettare la stratigrafia delle chiusure verticali sulla base della zona climatica ove l'edificio dovrà nascere. In figura 7.23 sono stati riportati alcuni esempi di stratigrafie, dai quali si evince che lo strato coibente termico viene sempre posto sul lato esterno della chiusura verticale; in tal modo il pannello il legno riuscirà a mantenere una temperatura più simile a quella dell'ambiente interno, e sarà meno soggetto a fenomeni di condensa.

<sup>19</sup> KLH Massivholz GmbH, Catalogo elementi costruttivi, Principi – WB – V 3.1, Gennaio 2003, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

## 7.4 LE CHIUSURE ORIZZONTALI

### 7.4.1 CHIUSURA ORIZZONTALE DI BASE

I pannelli in legno multistrato X-LAM consentono anche la realizzazione delle chiusure orizzontali.

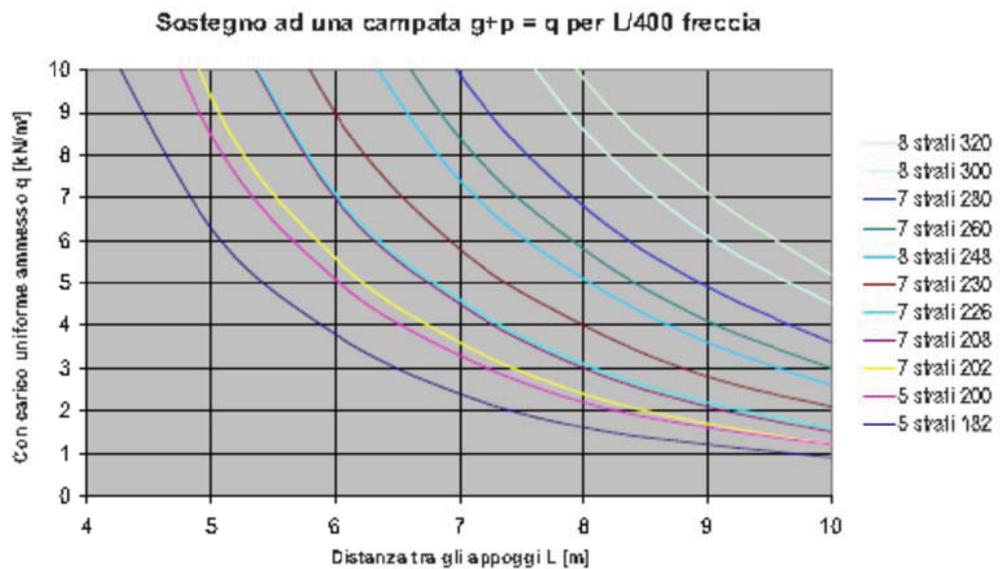
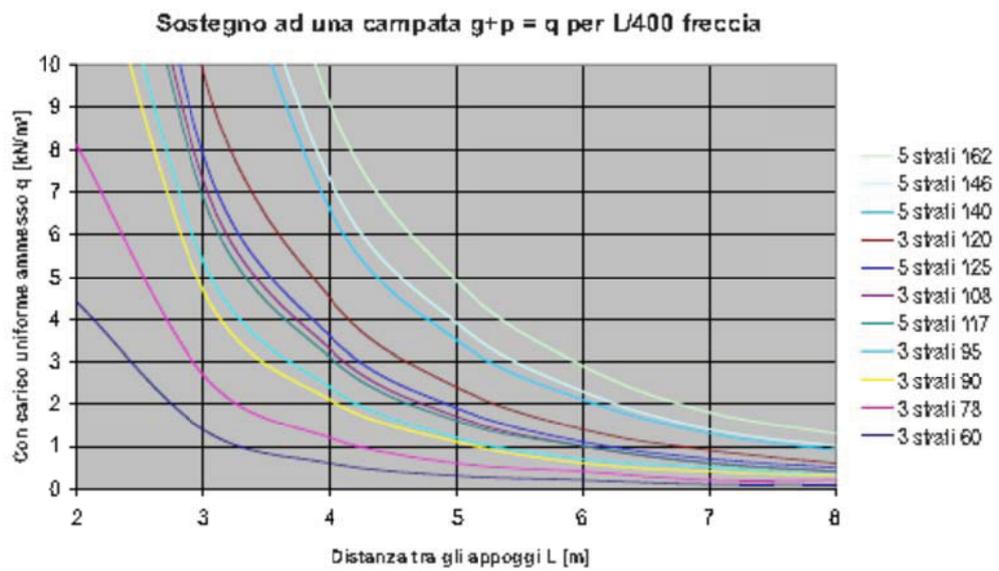
Le caratteristiche del legno X-LAM, e la posa bidirezionale delle tavole che lo compongono, permettono infatti di ottenere capacità portante nelle due direzioni principali del piano (comportamento a piastra o a lastra). La capacità portante è strettamente correlata alla luce tra gli appoggi, per cui sarà necessario progettare lo spessore del solaio in base alla distanza tra gli appoggi; in caso di distanze notevoli sarà necessario esaminare anche il comportamento di ondulazione del solaio.

Per il predimensionamento dei pannelli X-LAM usati per solaio occorre tener conto dei diagrammi di seguito riportati. Tali diagrammi mostrano il valore del carico uniforme ammissibile ( $q$ ) che un solaio X-LAM riesce a sostenere al variare della distanza tra gli appoggi ( $L$ ) e dello spessore del pannello. Tali diagrammi sono specifici di pannelli X-LAM prodotti dall'azienda Kreuzlagenholz (KLH); si tratta di pannelli di tipologia DL e sono prodotti in dimensioni massime pari a 295x1650cm. Il carico uniformemente distribuito ( $q$ ) è pari alla somma del peso proprio ( $g$ ) e di un carico mobile ( $p$ ). In particolare, nel primo caso riportato, il solaio in X-LAM è ad una sola campata. Nel secondo e nel terzo caso, invece, è rispettivamente a due campate e a tre campate con rapporto  $g/p$  che va da 0,5 fino a 1,5 (figura 7.24).<sup>20</sup>

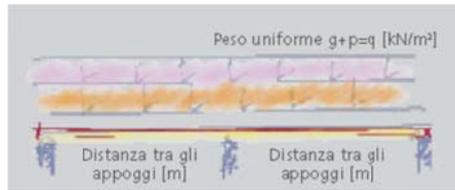
---

<sup>20</sup> KLH Massivholz GmbH, Diagrammi di misurazione, Colophon, Gennaio 2008, tratto dal sito [http:// www.klh.it/pannello-klh](http://www.klh.it/pannello-klh)

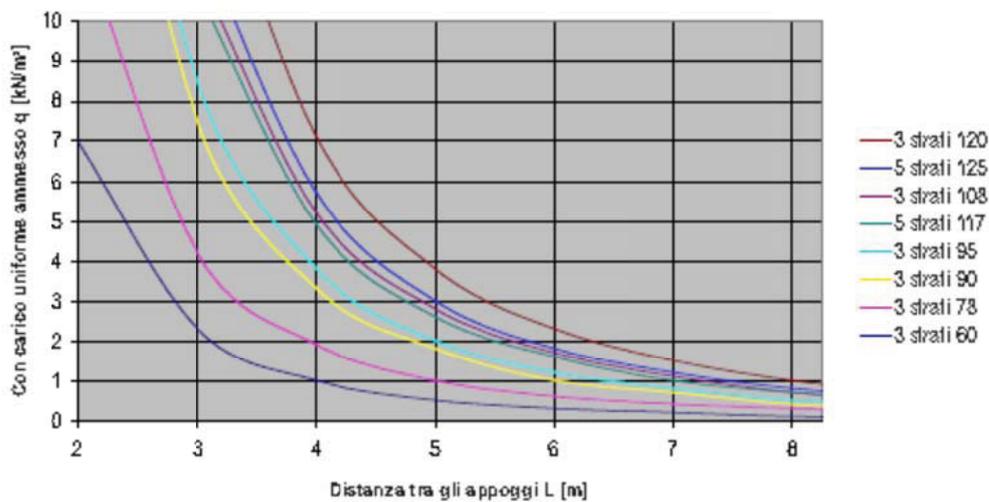
**1°CASO: Sostegno ad una campata.**



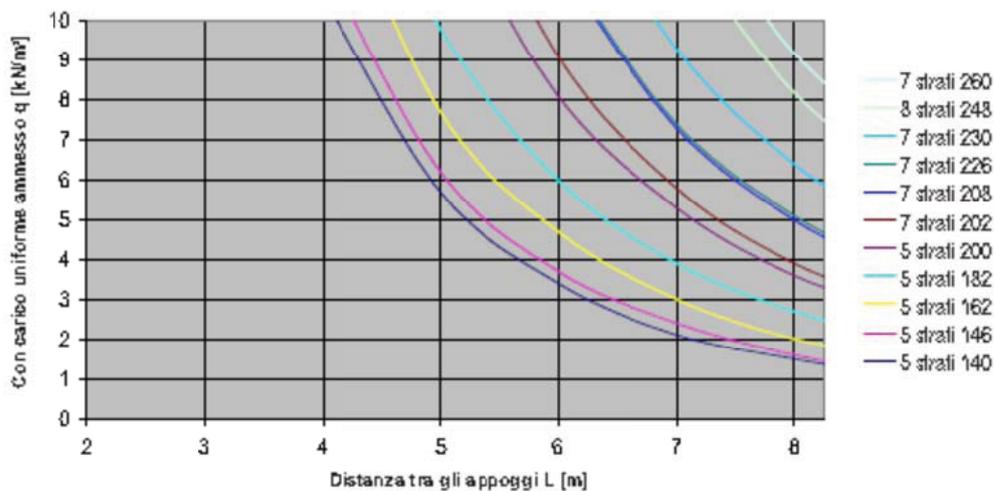
## 2°CASO: Sostegno a due campate.



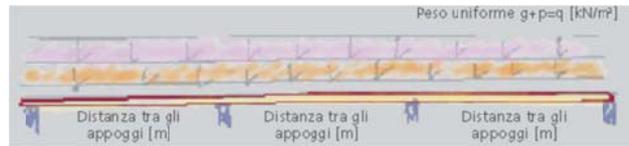
### Sostegno a due campate $g+p = q$ per $L/400$ freccia non puntuale $g/p = 0,5$ fino a $1,5$



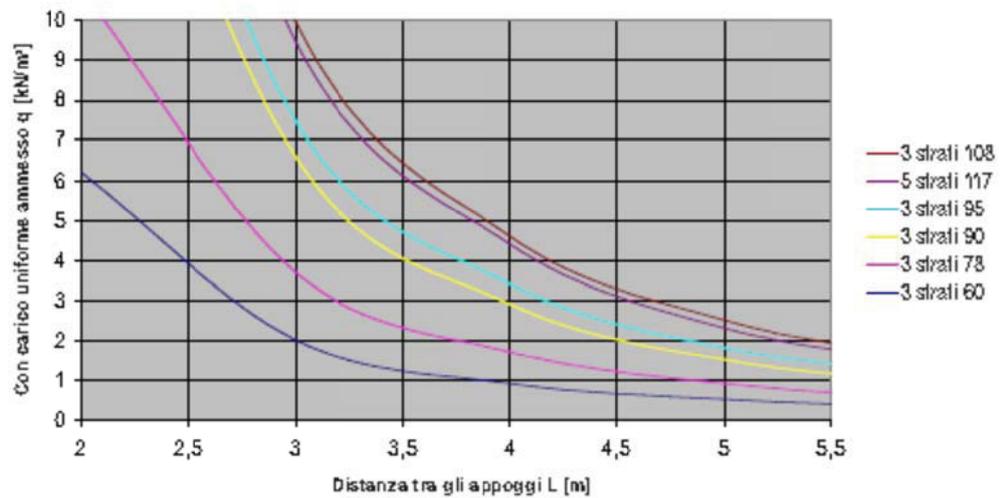
### Sostegno a due campate $g+q = q$ per $L/400$ freccia non puntuale $g/p = 0,5$ fino a $1,5$



### 3°CASO: Sostegno a tre campate.



#### Sostegno a tre campate $g+p = q$ per $L/400$ freccia non puntuale $g/p = 0,5$ fino a $1,5$



#### Sostegno a tre campate $g+q = q$ per $L/400$ freccia non puntuale $g/p = 0,5$ fino a $1,5$

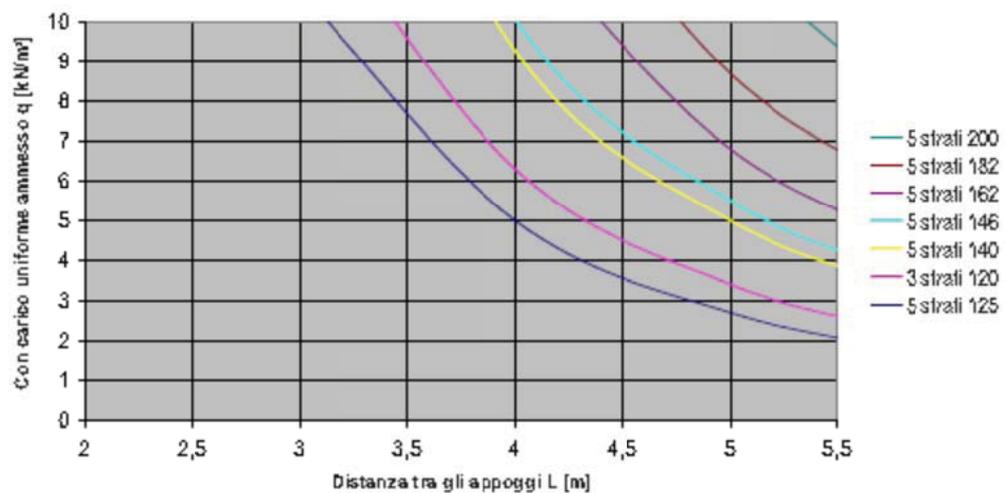


Figura 7.24 – Carico uniforme ammissibile ( $q$ ) che un solaio X-LAM riesce a sostenere variando la distanza tra gli appoggi ( $L$ ) e lo spessore del pannello.<sup>(20)</sup>

In caso di deformazioni ammesse più elevate, il valore in tabella può essere calcolato secondo la seguente equazione:

$$q_{amm} L/300 = q_{zul} L/400 \times 400/300$$

Per la realizzazione di solai di maggiori dimensioni sono necessarie delle giunzioni a contatto solaio – solaio che avvengono mediante connettori meccanici (bulloni, aste filettate incollate, chiodi, spinotti, viti calibrate). Per realizzare un diaframma orizzontale continuo di maggiori dimensioni (comportamento a lastra) e per evitare abbassamenti differenziali (comportamento a piastra) è necessario realizzare giunti trasversali tra pannello e pannello. Questi giunti vengono solitamente realizzati nella direzione portante principale del solaio, visto che con questo giunto può essere trasmesso solo il taglio e non la flessione. Soprattutto per sollecitazioni non uniformemente ripartite sul solaio, possono presentarsi, nella giunzione, trazione o compressione perpendicolare alla fibratura e perciò sussiste il pericolo di fessurazione trasversale.

La giunzione può essere realizzata utilizzando tavole coprigiunto della larghezza di circa 40 x 140 mm che vengono avvitate su di uno o su entrambi i lati della parete in modo da essere a filo con i pannelli (Figura 7.25 a/b); è altresì possibile posizionare le tavole coprigiunto all'interno della parete (Figura 7.25 c). Altre soluzioni di collegamento utilizzano delle viti auto foranti completamente filettate che vengono inserite con una direzione leggermente inclinata rispetto al piano della parete (Figura 7.25 d), oppure i pannelli possono essere sagomati lateralmente in modo da creare con il collegamento un incastro a gradino (Figura 7.25 e).

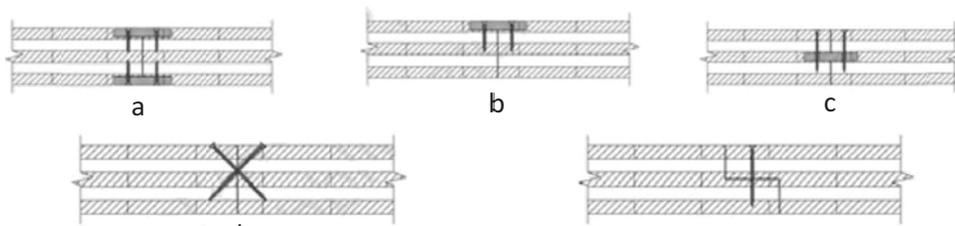


Figura 7.25 – Sistema<sup>d</sup> meccanico di collegamento parete – parete di pannelli X-LAM.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> R. Tomasi, Corso di approfondimento – edifici in legno in x-lam, Lezione D – Connessioni e collegamenti: principi ed applicazioni, Università degli Studi di Trento.



Figura 7.26 – Sistema di collegamento solaio – solaio con incastro a gradino.

La giunzione fra gli elementi di solaio e la fondazione in cemento armato può essere eseguita in maniera puntiforme attraverso un sistema di connessione a gambo cilindrico come ad esempio bulloni, spinotti, viti calibrate e barre filettate o tasselli fissati in maniera meccanica, oppure attraverso angolari d'acciaio riportati in figura 7.27. Un'altra soluzione consiste nel collegare il solaio realizzato con pannelli X-LAM non direttamente sul sistema di fondazione, ma su di un'orditura reticolare costituita da magatelli in legno collegati a loro volta alla platea di fondazione. In tal caso il collegamento tra il pannello X-LAM ed i magatelli avviene tramite i consueti sistemi di connessione per le strutture di legno come per esempio, chiodi o viti avvitate nella superficie di testa del solaio piano.

I sistemi X-LAM sono sistemi a “piattaforma”, dove l'orizzontamento intermedio interseca gli elementi verticali. I pannelli orizzontali fungono, infatti, da piattaforma per il posizionamento dei pannelli verticali. Per tale nodo possono essere utilizzati due differenti tipologie di collegamento per la trasmissione degli sforzi di taglio o di sollevamento: il collegamento a taglio che serve per trasferire le forze orizzontali dovute al taglio (per esempio angolare ad L, oppure angolari ad L + viti) e il collegamento a trazione che

serve per trasferire le forze verticali dovute al momento ( per esempio hold-down oppure passanti) (Figura 7.28) .



Figura 7.27 – Tipologie di piastre metalliche angolari.



Figura 7.28 – Tipologie di hold-down.

Talvolta si propone di utilizzare viti per la trasmissione anche degli sforzi verticali, tuttavia tale soluzione risulta invece più problematica, sia per la scarsa resistenza delle viti ad estrazione inserite nella superficie di testa del pannello, qualora siano inserite parallelamente alla direzione delle fibre, sia per la possibilità che si instaurino sollecitazioni di trazione ortogonale alle fibre nel solaio.

Per garantire massima efficienza all'edificio in legno multistrato X-LAM è fondamentale che la chiusura orizzontale di base offra idoneo isolamento e comfort, per tale motivo la chiusura generalmente è realizzata con pannelli multistrato X-LAM, che garantiscono la funzione portante, al di sopra dei quali viene posta la stratigrafia ritenuta più opportuna. Una stratigrafia molto diffusa consiste nella posa di uno strato di sabbia sopra il quale viene gettato il massetto in calcestruzzo, ricoperto dallo strato di finitura in tavolato o parquet (Figura 7.29)



Figura 7.29 – Stratigrafia di una COB.

Nel caso in cui si voglia optare per una soluzione che non preveda getti in opera, e che dia la possibilità di passare gli impianti sotto il pavimento e di ispezionarli o integrarli senza difficoltà, si può optare per un pavimento galleggiante, che prevederà la stesura di uno strato di livellamento sopra il quale verranno fissati i piedini regolabili in altezza che supportano i singoli pannelli del pavimento rialzato.



Figura 7.30 – Pavimento rialzato.

## 7.4.2 CHIUSURE ORIZZONTALI DI COPERTURA

Le chiusure orizzontali di copertura con tetto piano sono costituite da pannelli in legno multistrato X-LAM, che svolgono principalmente la funzione portante, più i vari strati che garantiscono le ottimali condizioni termo igrometriche.

I pannelli in legno X-LAM possono essere internamente finiti da lastre di cartongesso sorrette da listelli in legno, le cui intercapedini sono riempite da pannelli isolanti. Esternamente viene stesa la barriera al vapore che protegge il successivo strato isolante dalla formazione di condensa, i pannelli in lana di roccia per l'isolamento termico, il cartone bitumato che fornisce una lieve pendenza al tetto e che viene separato dalla ghiaia esterna attraverso una guaina di separazione (figura 7.31).

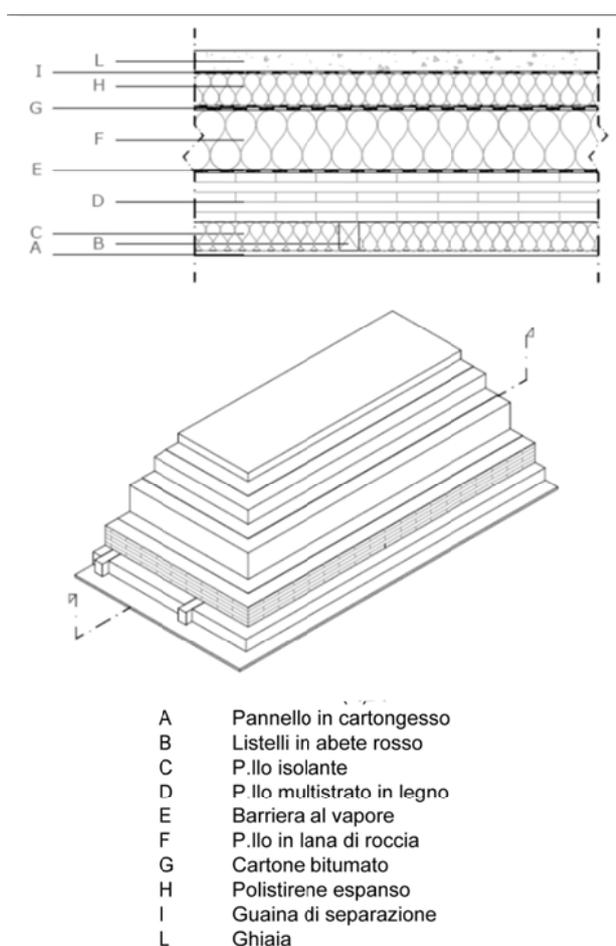


Figura 7.31 – Stratigrafia del tetto piano.

La stratificazione su descritta garantisce un elevato confort abitativo infatti una struttura siffatta consente:

- tenuta d'aria;
- isolamento termico invernale;
- capacità di accumulo termico diurno e di erogazione termica notturna per la protezione dal surriscaldamento solare estivo;
- capacità di accumulo di umidità;
- isolamento acustico;
- resistenza al fuoco.

Intervenendo sulla stratigrafia si può ottenere il comfort ambientale interno richiesto anche in luoghi con diverse condizioni climatiche.

Nella progettazione strutturale delle chiusure orizzontali di copertura il predimensionamento dei pannelli in legno X-LAM si può eseguire utilizzando i diagrammi di seguito riportati. Tali diagrammi mostrano il valore del carico uniforme ammissibile ( $q$ ) che una copertura X-LAM riesce a sostenere al variare della distanza tra gli appoggi ( $L$ ) e lo spessore del pannello. I limiti dimensionali sono identici a quelli per le chiusure orizzontali di base pari a 295x1650cm; il carico uniforme ( $q$ ) è dato dalla somma del carico proprio ( $g$ ) e di un carico mobile ( $p$ ). Dalle tabelle seguenti è possibile ottenere lo spessore necessario dei pannelli in base ai diversi tipi di appoggio. In particolare, nel primo caso il tetto in X-LAM è ad una sola campata; nel secondo e nel terzo caso, invece, è rispettivamente a due campate e a tre campate con rapporto  $g/p$  che va da 0,5 fino a 1,5 (figura 7.32).<sup>22</sup>

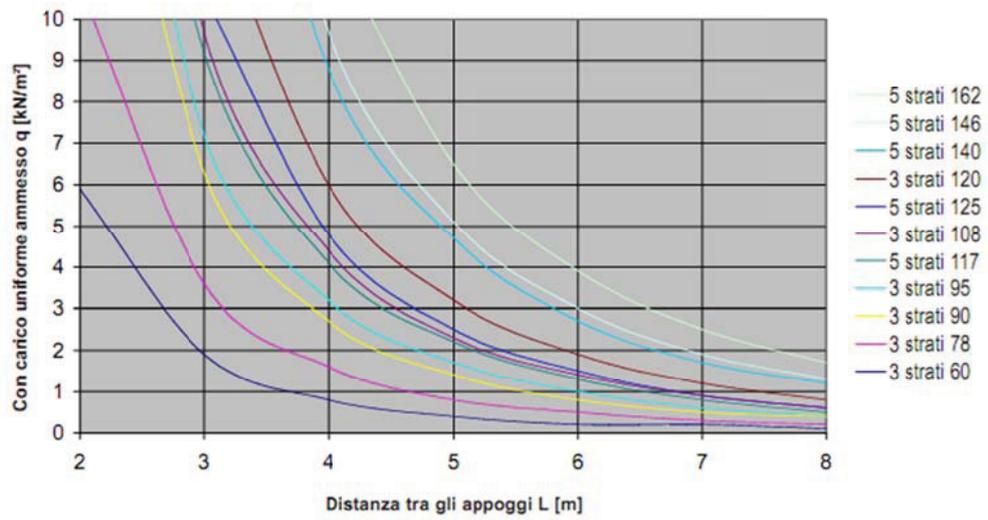
---

<sup>22</sup> KLH Massivholz GmbH, Diagrammi di misurazione, Colophon, Gennaio 2008, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

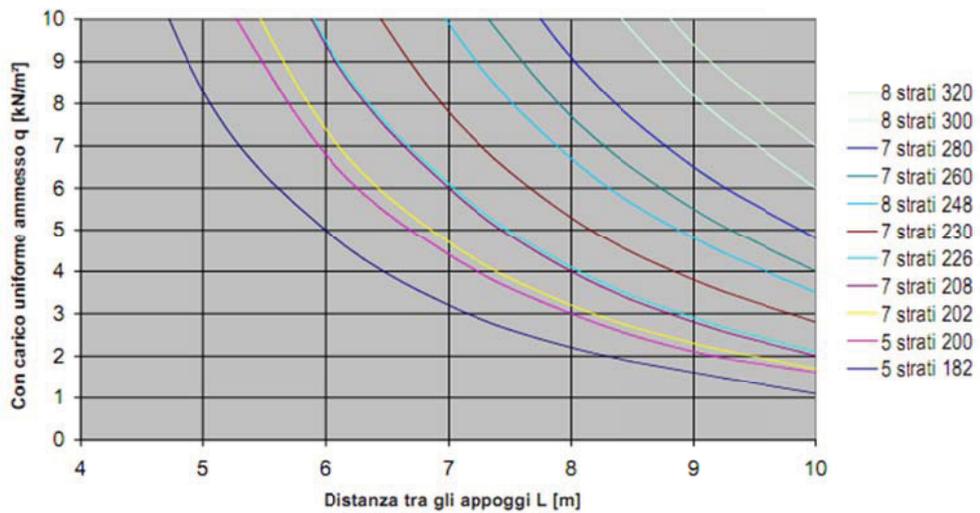
1°CASO: Sostegno ad una campata.



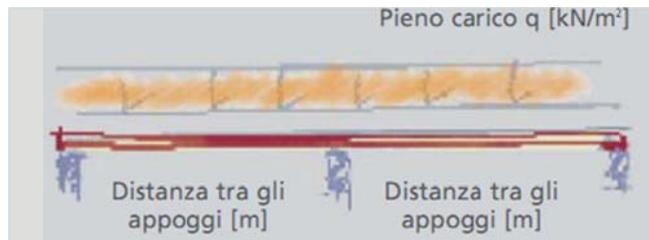
Sostegno ad una campata  $g+p = q$  per  $L/300$  freccia



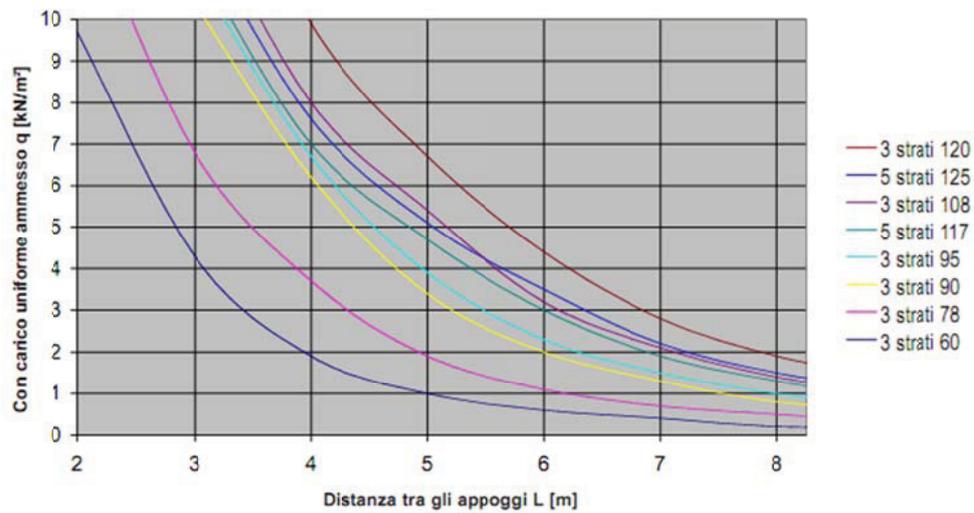
Sostegno ad una campate  $g+q = q$  per  $L/300$  freccia



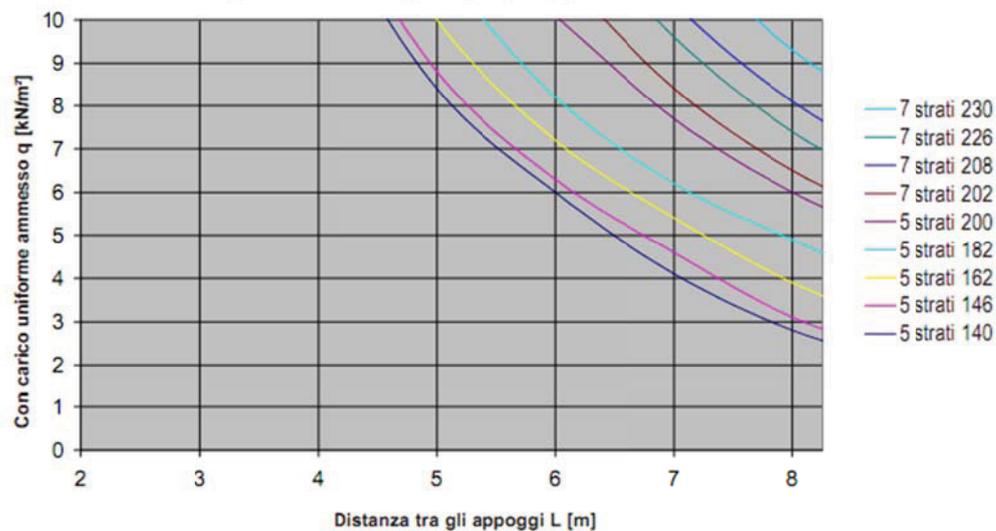
## 2°CASO: Sostegno a due campate.



Sostegno a due campate a pieno carico per  $L/300$  freccia



Sostegno a due campate  $g+q = q$  per  $L/400$  freccia



### 3°CASO: Sostegno a tre campate.

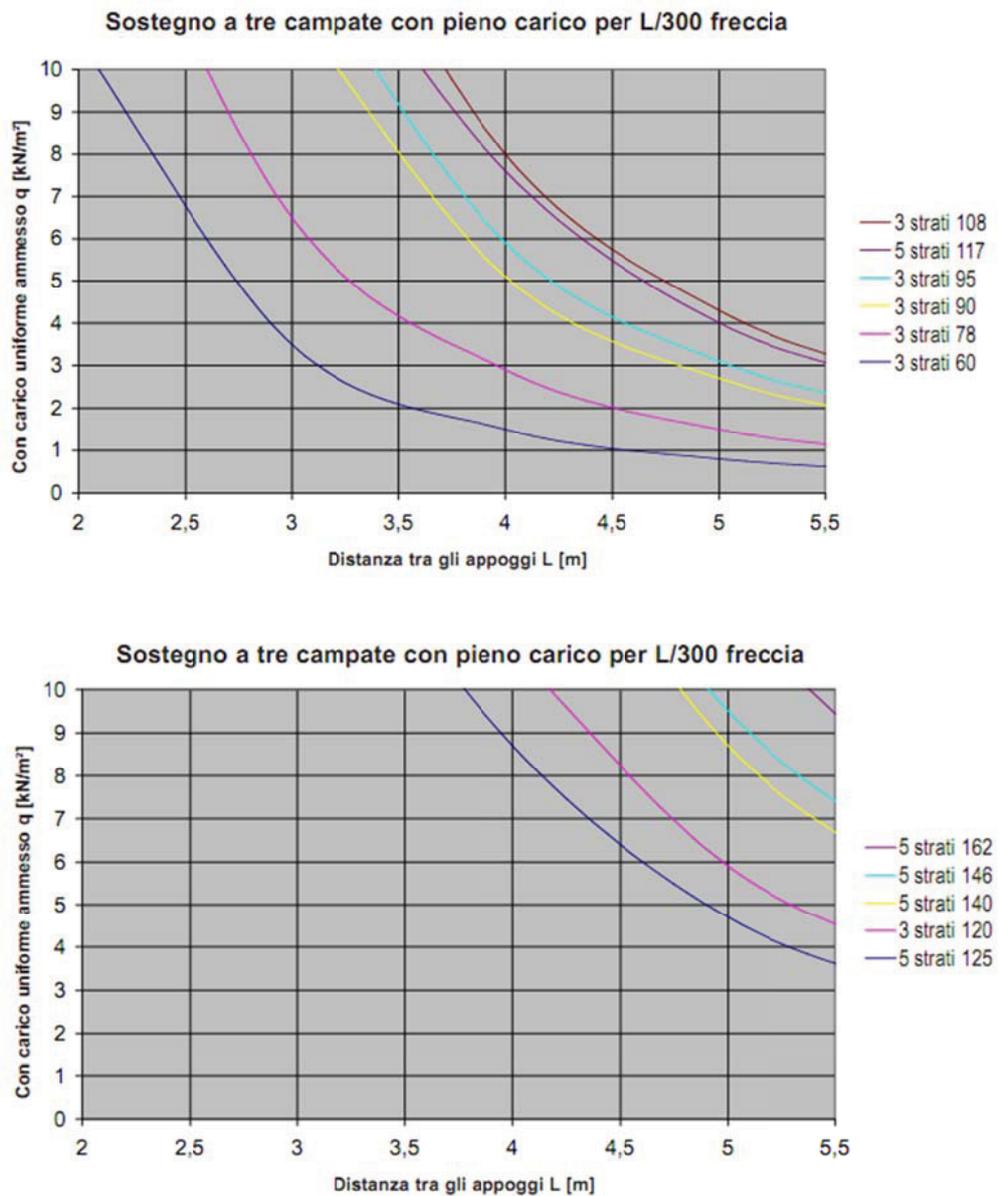
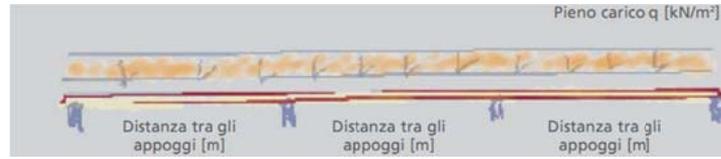


Figura 7.32– Carico uniforme ammissibile ( $q$ ) che un solaio per tetto X-LAM riesce a sostenere variando la distanza tra gli appoggi ( $L$ ) e lo spessore del pannello.<sup>(22)</sup>

In caso di deformazioni ammesse più elevate, i valori in tabella possono essere calcolati secondo la seguente equazione:

$$q_{amm} L/250 = q_{zul} L/300 \times 300/250$$

Per quanto riguarda le giunture, nel caso di tetto realizzato con pannelli in legno multistrato X-LAM il collegamento può avvenire con i metodi già descritti per le chiusure orizzontali di base, per esempio con viti auto foranti e angolari metallici, si vedano per una rappresentazione la figure sottostanti. Si tenga presente la possibilità di avere l'orizzontamento passante sopra l'intersezione con il pannello verticale, così da realizzare lo sbalzo necessario per la gronda, oppure l'orizzontamento interrotto sopra l'intersezione con il pannello verticale, ed in questo caso si utilizzano dei "falsi travetti" collegati a mensola sopra il pannello, in modo tale da poter realizzare lo sporto di gronda. Questa seconda soluzione può essere utilizzata per evitare ponti termici dovuti alla presenza del solaio passante, lasciando invariata la forma tradizionale dello sporto di gronda.

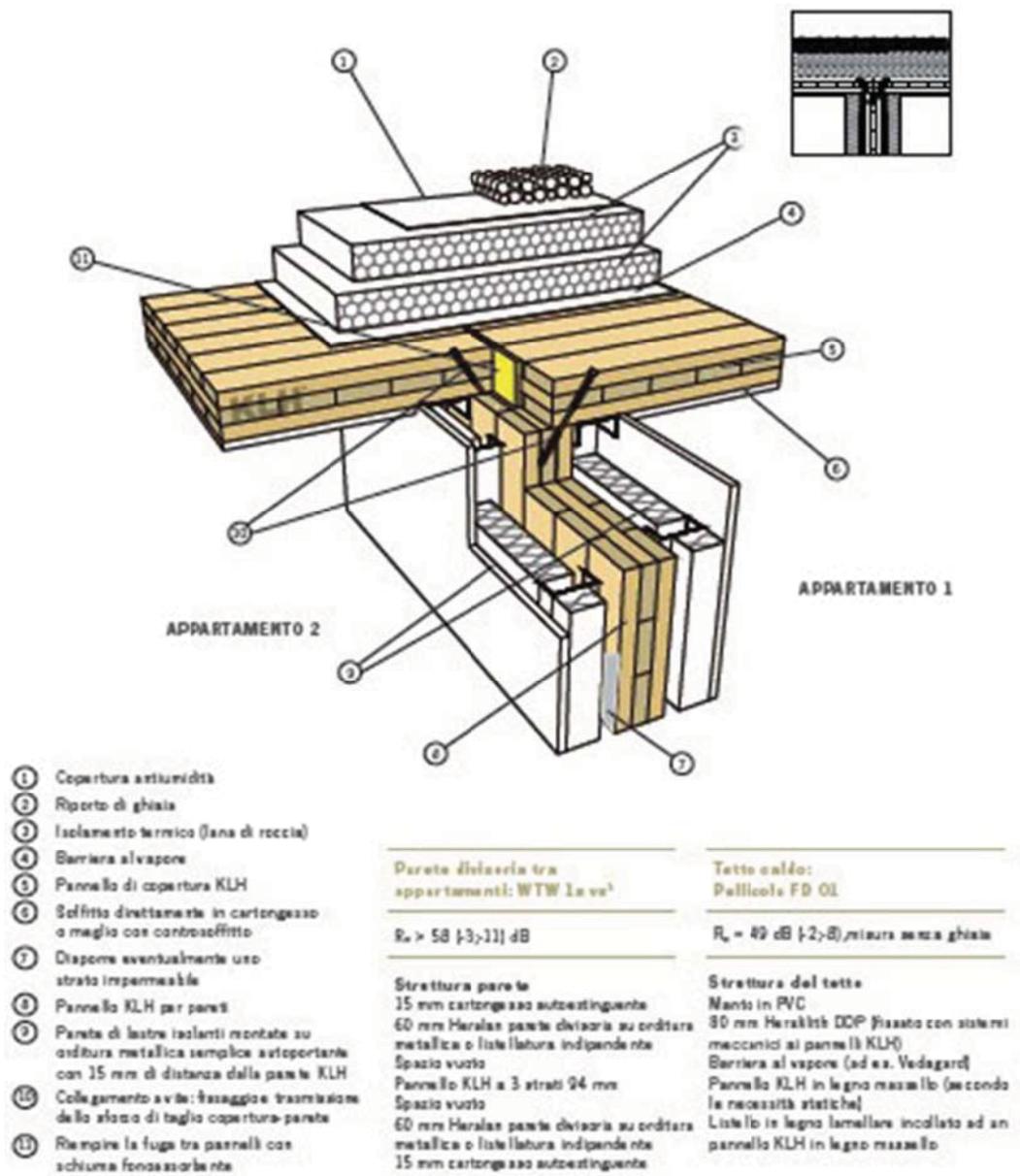


Figura 7.33– Collegamento chiusura orizzontale di copertura-partizione interna<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Il principio di collegamento resta invariato nel caso di collegamento chiusura orizzontale di copertura-chiusura verticale



Figura 7.34 – Montaggio di pannello in legno X-LAM per copertura piana.

## 7.5 LE PARTIZIONI INTERNE

In un edificio in legno X-LAM le partizioni interne possono avere anche funzione portante; ai fini dell'irrigidimento della struttura sarà infatti necessario collegare le chiusure verticali costituenti l'involucro esterno con elementi trasversali. In questi casi le partizioni interne saranno progettate secondo i diagrammi analizzati nel paragrafo delle chiusure verticali portanti; non possiederanno ovviamente la stessa stratigrafia delle chiusure verticali. Nel caso di partizione interna non portante il pannello di legno X-LAM dovrà portare solamente il peso proprio più i carichi appesi, ed avrà quindi uno spessore inferiore rispetto le partizioni interne con funzione portante.

La stratigrafia tipica di una partizione interna si presenta costituita dal pannello in legno multistrato X-LAM rivestito su entrambi i lati da lastre di cartongesso ignifugo (figura 7.35). Nei casi in cui si hanno esigenze particolari di isolamento acustico il solo pannello X-LAM potrebbe non bastare, sarà quindi necessario disporre due pannelli multistrato X-LAM da 95 mm separati da uno strato di isolamento acustico (lana minerale da 30 mm) oppure inserire un ulteriore isolamento acustico anche sul lato esterno del secondo pannello X-LAM, tra il pannello e il rivestimento in lastre di cartongesso ignifugo (figura 7.36).

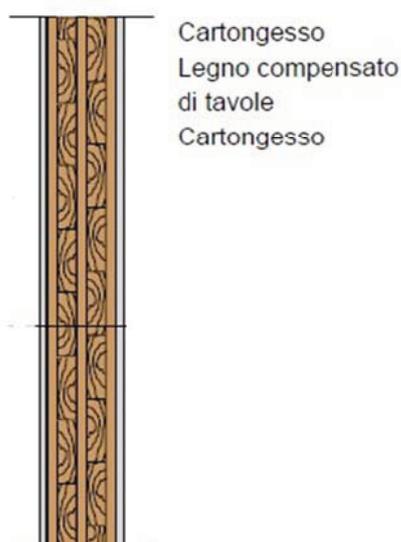


Figura 7.35– Parete divisoria.

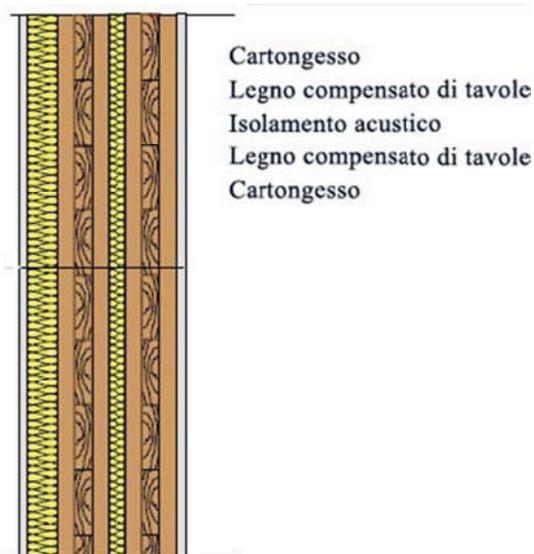


Figura 7.36– Parete divisoria con capacità di isolamento acustico.

Il collegamento fra le partizioni interne avviene con le stesse modalità descritte per le chiusure verticali; il collegamento con la chiusura orizzontale avviene invece attraverso l'introduzione di viti avvitate nella superficie di testa dell'elemento piano, oppure tramite aste filettate incollate o con l'aggiunta di angolari d'acciaio bullonati (figura 7.37). Con questi sistemi di connessione possono essere trasmessi ai solai sia i carichi orizzontali che gli sforzi di trazione.

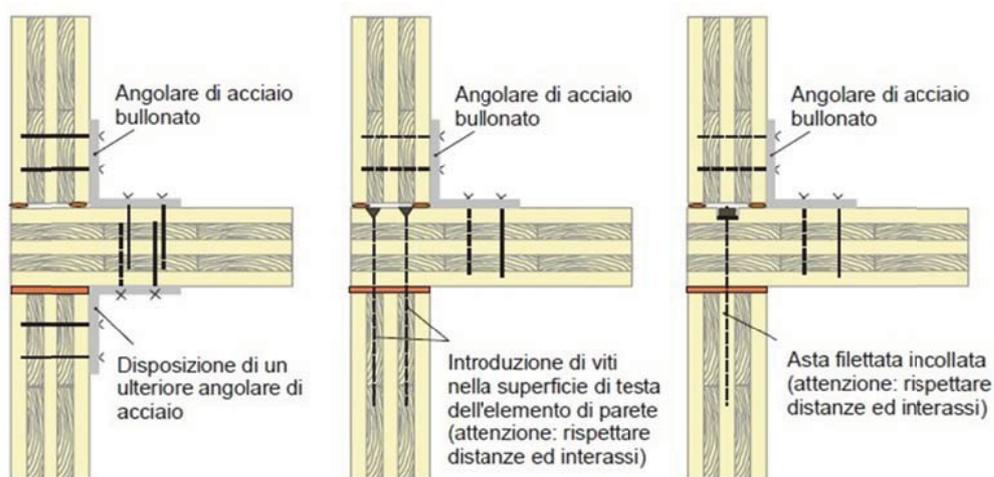


Figura 7.37– Collegamento partizione interna-chiusura orizzontale-partizione interna.

Tale collegamento può essere realizzato anche con l'aiuto di profili di legno (di quercia, robinia, latifoglie o legno stratificato o compensato di piallacci) applicati in stabilimento all'elemento di solaio. Appositi spazi vuoti ricavati nei profili di legno permettono di avvitare aste filettate incollate montate in sede di preassemblaggio degli elementi (figura 7.38).

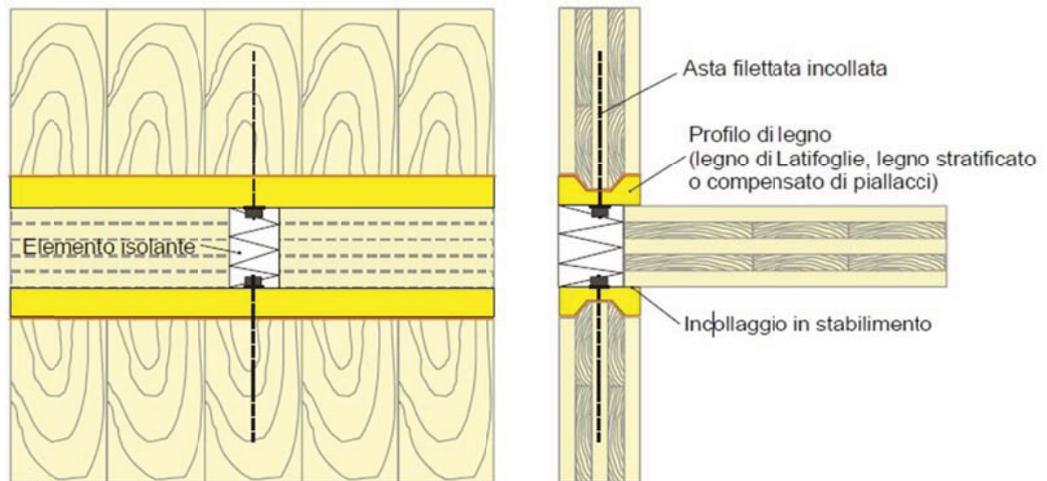


Figura 7.38– Giunzioni parete – solaio – parete con profili di legno.

Per piccole porzioni di partizione interna sarà possibile realizzare la parete con una struttura in lamierino e lastre di cartongesso, andando a realizzare le classiche pareti in cartongesso. Queste pareti potranno essere realizzate con diverse stratigrafie in base alla funzione che dovranno svolgere; se ad esempio si dovesse realizzare una partizione interna all'interno di un ambiente unico con funzione di attrezzatura interna, allora sarà possibile avere una stratigrafia molto semplice costituita da struttura in lamierino e lastre di cartongesso sui due lati (Figura 7.39)

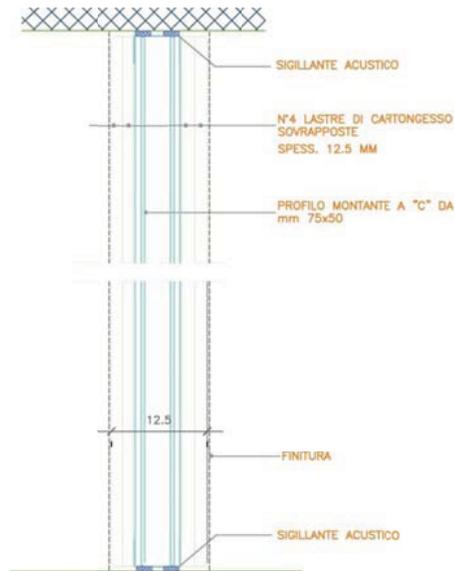


Figura 7.39 Partizione interna con struttura in lamierino e 4 lastre di cartongesso

Se invece si rendesse necessario isolare termicamente e acusticamente la partizione interna, si potrà interporre uno strato isolante in lana di roccia nello spessore della struttura in lamierino (Figura 7.40).

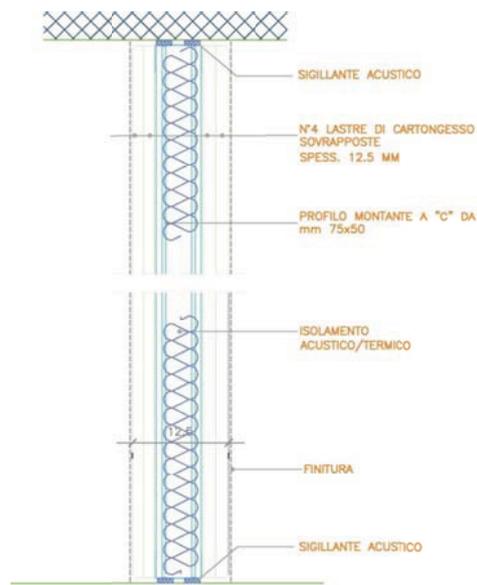


Figura 7.40 Partizione interna con struttura in lamierino, strato isolante, lastre di cartongesso

Se invece si volesse realizzare un cavedio, potrebbe essere sufficiente una struttura in lamierino rivestita da lastre di cartongesso solamente dal lato

pubblico, e non nel lato del cavedio, isolata acusticamente e termicamente per evitare rumori e dispersioni di calore (Figura 7.41).

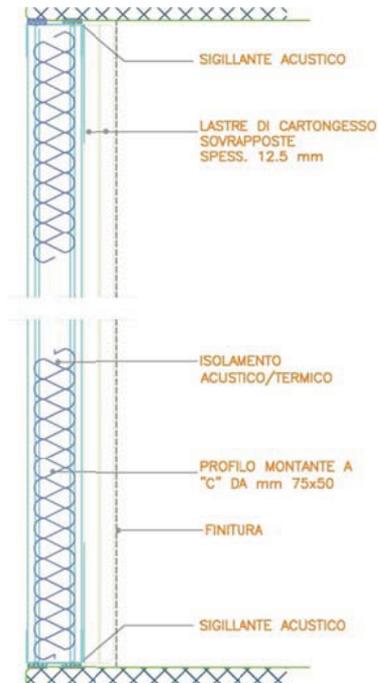


Figura 7.41 Partizione interna con struttura in lamierino, strato isolante, e lastre di cartongesso da un solo lato

## 7.6 LE CELLULE SPAZIALI PREFABBRICATE

Al fine di ridurre le lavorazioni in cantiere è possibile utilizzare delle cellule spaziali prefabbricate, ossia ambienti specifici pre assemblati in officina che vengono trasportati in situ e montati in opera.

Una cellula spaziale che è possibile utilizzare è la cellula spaziale costituente i servizi igienici. In questo modo è possibile risparmiare il tempo necessario alla costruzione delle pareti dei servizi igienici, del passaggio degli impianti idrico ed elettrico, della posa dei rivestimenti e della posa dei sanitari. Queste cellule spaziali arrivano infatti già complete di tutto quanto necessario all'utilizzo del bagno, ad esclusione delle porte di accesso che dovranno essere installate insieme alle restanti porte dell'edificio.

La cellula spaziale è composta da un basamento monolitico in calcestruzzo tradizionale o alleggerito<sup>24</sup>, sopra il quale vengono fissate le pareti che possono essere o in calcestruzzo o in cartongesso. Nel primo caso la cellula spaziale sarà un blocco monolitico di calcestruzzo armato, mentre nel secondo si tratterà di una cellula molto più leggera, più facilmente trasportabile e con gli impianti parzialmente a vista (Figura 7.42)



Figura 7.42 Vista esterna di una cellula spaziale bagno prodotta dalla Modulbagno

<sup>24</sup> 2.500 Kg/m<sup>3</sup> nel primo caso e circa 1.700 Kg/m<sup>3</sup> se alleggerito con leca

In entrambi i casi, parete in calcestruzzo o parete in cartongesso, la cellula spaziale arriverà in cantiere con tutte le predisposizioni impiantistiche già collocate, i rivestimenti posti in opera, così come i sanitari, gli arredi, le rubinetterie e gli accessori, e dovrà solamente essere posizionata (Figura 7.43)



Figura 7.43 Posa di una cellula spaziale bagno della Modulbagno in una abitazione del progetto C.A.S.E. in Abruzzo

Effettuato il posizionamento, la cellula spaziale dovrà poi essere collegata alle dorsali impiantistiche, elettriche, idriche e di scarico. Nella parte retrostante sono presenti tutte le predisposizioni atte agli attacchi impiantistici (Figura 7.42), e sarà quindi sufficiente predisporre preventivamente gli attacchi alle dorsali e collegarli dopo che la cellula spaziale sarà stata posata.

## 7.7 GLI IMPIANTI

Le dorsali impiantistiche possono essere passate o al di sotto del pavimento galleggiante, o nello spazio fra il controsoffitto e la chiusura orizzontale di copertura nel caso in cui la controsoffittatura non sia in adiacenza al pannello in legno X-LAM. Dalle dorsali sarà poi necessario derivare gli impianti fino ai punti di progetto. Una possibilità è quella di contrapporre gli impianti ai pannelli in legno, ai quali saranno fissati per chiodatura o legatura; in questo caso sarà quindi necessario contrapporre ai pannelli X-LAM uno strato di finitura in cartongesso posato su opportuna listellatura in legno che lasci la giusta distanza per la posa degli impianti. Fra un listello ed il seguente sarà poi necessario posare uno strato isolante, tipo lana di roccia, al fine di evitare l'effetto vuoto.

Altro metodo per collegare le dorsali impiantistiche ai punti di progetto è l'esecuzione di fresature verticali ed orizzontali nelle partizioni interne o nelle chiusure verticali. Le fresature devono avvenire nella direzione dello strato esterno del pannello X-LAM, mantenendo la distanza minima di 10 cm dal bordo del pannello. Se bisogna eseguire delle fresature trasversali alla direzione dello strato esterno, è necessaria una verifica statica di quest'area, in quanto le fresature comportano un indebolimento statico del pannello in legno X-LAM. In corrispondenza delle estremità delle pareti (ad esempio vicino alle porte) occorre tener conto che in presenza di un'elevata concentrazione di cavi la portata statica si può ridurre fino al 30%. La profondità massima della fresatura non deve superare i 4/5 dello spessore del pannello. Vista la grande dotazione impiantistica necessaria in una struttura pubblica, è possibile prevedere un preventivo sovradimensionamento dello spessore del pannello, così da poter eseguire tutte le fresature necessarie senza indebolire la statica del pannello. In questo modo, conoscendo il progetto, è possibile far arrivare in cantiere i pannelli con le fresature già effettuate risparmiando così il tempo che sarebbe necessario ad effettuarle in opera.

Le scanalature vengono realizzate con una fresa e completate con un trapano; i fori a soffitto vengono realizzati dal basso verso l'alto mediante

una trivella a spirale. Dopo la fresatura e l'inserimento dell'impianto nell'incavo così ottenuto, si dovrà ripristinare la continuità della parete, ad esempio con la posa di pannelli in cartongesso.

Se le tubazioni o i cavi attraversano lo strato di tenuta, per esempio tubazioni elettriche per l'illuminazione esterna, i fori effettuati per il loro passaggio devono essere sigillati mediante incollatura della guaina. Lo stesso principio vale per i fori passanti per camini di ventilazione o per canali di aerazione.



Figura 7.44– Fresatura delle scanalature per tubazioni.<sup>25</sup>



Figura 7.45– Posa in opera di tubo flessibile corrugato da 25 mm.<sup>(24)</sup>

---

<sup>25</sup> KLH Massivholz GmbH, Montaggio e installazione, Colophon, Gennaio 2012, tratto dal sito [http:// www.klh.it/pannello-klh](http://www.klh.it/pannello-klh)

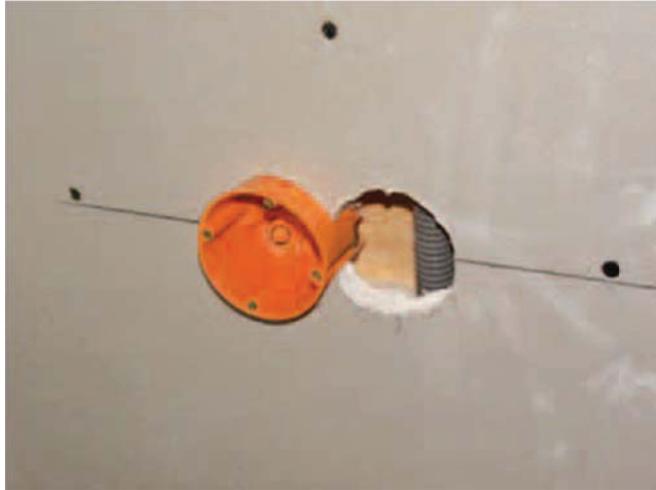


Figura 7.46– Posa in opera di lastre in cartongesso ignifugo e inserimento di scatola portafrutto. <sup>(24)</sup>



Figura 7.47 – Posa tubazioni a pavimento. <sup>(24)</sup>



Figura 7.48 – Attacchi acqua e scarico. <sup>(24)</sup>



Figura 7.49 – Posa in opera di piastrelle su lastra in cartongesso ignifugo. <sup>(24)</sup>

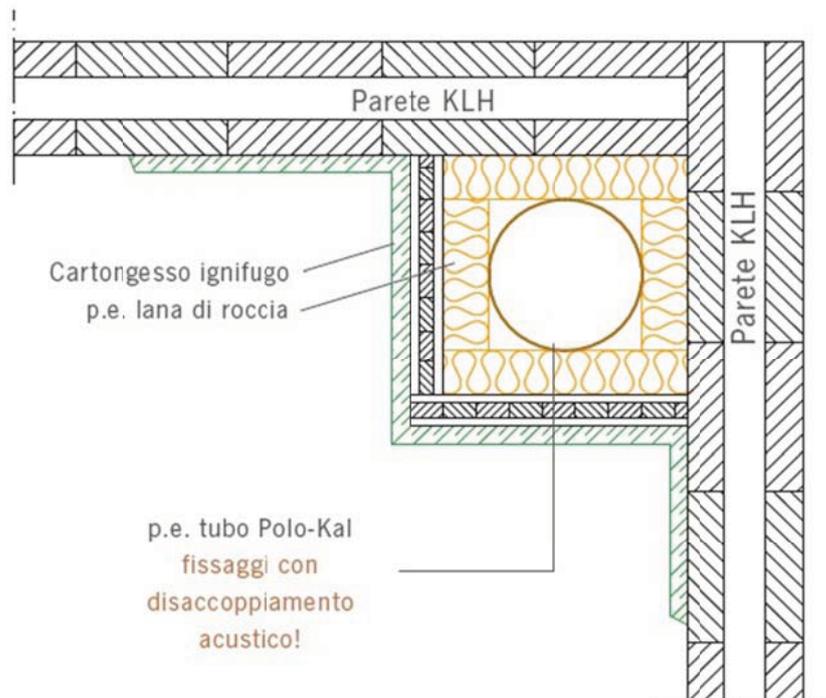


Figura 7.50 – Schema in pianta: cavedio impiantistico. <sup>(24)</sup>





## 8.1 STUDIO FUNZIONALE DEL PRONTO SOCCORSO

E' possibile suddividere le aree del Pronto Soccorso in quattro settori funzionali sulla base delle prestazioni sanitarie che si svolgono al loro interno:

-  Accettazione/attesa
-  Diagnosi
-  Terapia
-  Degenza

La zona di accettazione viene generalmente collocata in prossimità degli ingressi ed è la prima zona verso la quale il paziente si dirige entrando al pronto soccorso; l'accesso del paziente può avvenire attraverso l'ingresso pedonale nel caso in cui il paziente sia arrivato con mezzo proprio, o attraverso la camera calda se è arrivato in ambulanza a seguito di chiamata al numero unico 118. In entrambi i casi nella zona di accettazione verrà effettuata la registrazione del paziente e l'assegnazione di un codice di urgenza. Nel caso in cui il paziente dovesse attendere il proprio turno per la visita potrà attendere nella zona di attesa che generalmente si trova vicino l'ingresso e la zona di accettazione (Figura 8.1).

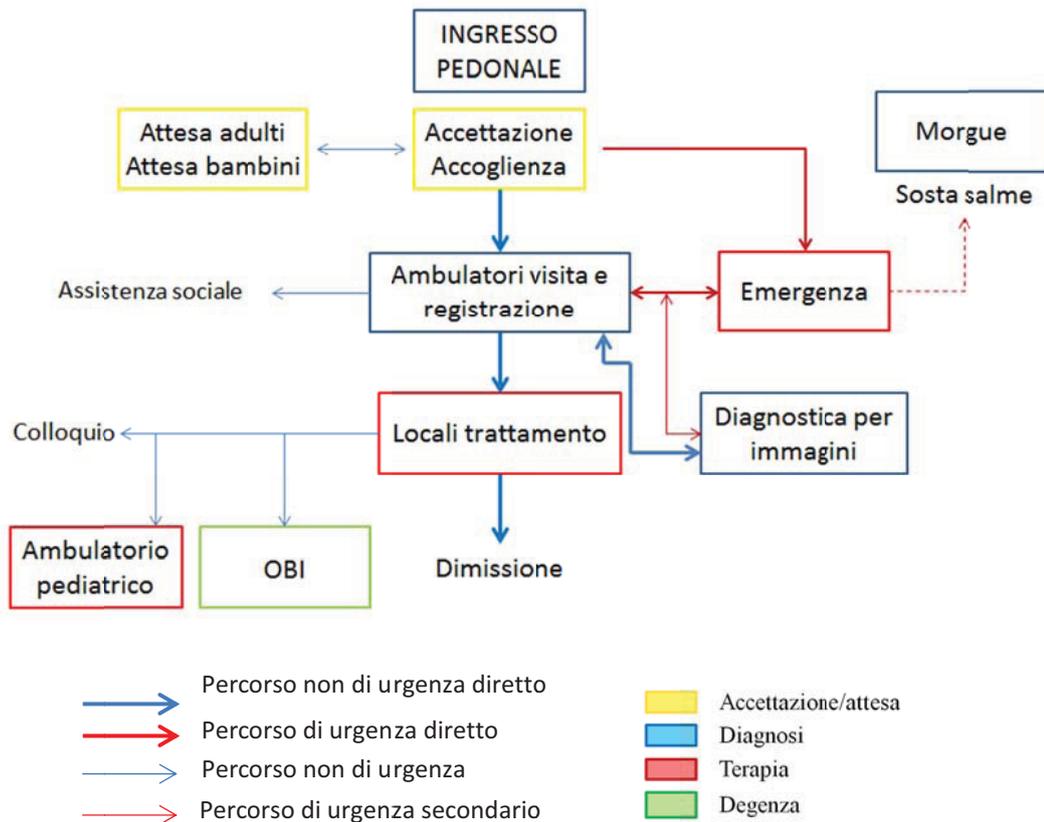


Figura 8.1 - Schema dei percorsi in un pronto soccorso nel caso di accesso pedonale.

Se il paziente viene reputato in rischio di vita (codice rosso) dall'accettazione verrà trasportato direttamente presso la sala emergenze (settore funzionale di terapia – percorso di urgenza), dove verrà stabilizzato e, se necessario e possibile, verrà trasportato presso le sale diagnostiche (settore funzionale diagnosi – percorso di urgenza) per effettuare i controlli di routine più quelli ritenuti necessari nel caso specifico.

Nei casi in cui il paziente non fosse ritenuto in pericolo di vita, la visita avverrà dopo l'attesa del proprio turno; in questo caso il medico di pronto soccorso deciderà se prescrivere indagini diagnostiche (settore funzionale diagnosi – percorso non di urgenza) o inviare il paziente presso un locale di trattamento specifico (settore funzionale di terapia – percorso non di urgenza). Se invece il medico fosse dubbioso sulle reali condizioni cliniche del paziente, potrà metterlo sotto osservazione per un breve periodo di

tempo presso l'Osservazione Breve Intensiva (OBI) (settore funzionale degenza – percorso non di urgenza).

Nel caso di accesso con ambulanza (Figura 8.2) i percorsi sono generalmente più brevi in quanto l'urgenza è generalmente maggiore; ogni ospedale sede di pronto soccorso ha l'obbligo di riservare una sala operatoria per il pronto soccorso, che dovrà essere situata non necessariamente entro gli spazi del pronto soccorso stesso, ma in collegamento diretto con le stesse.

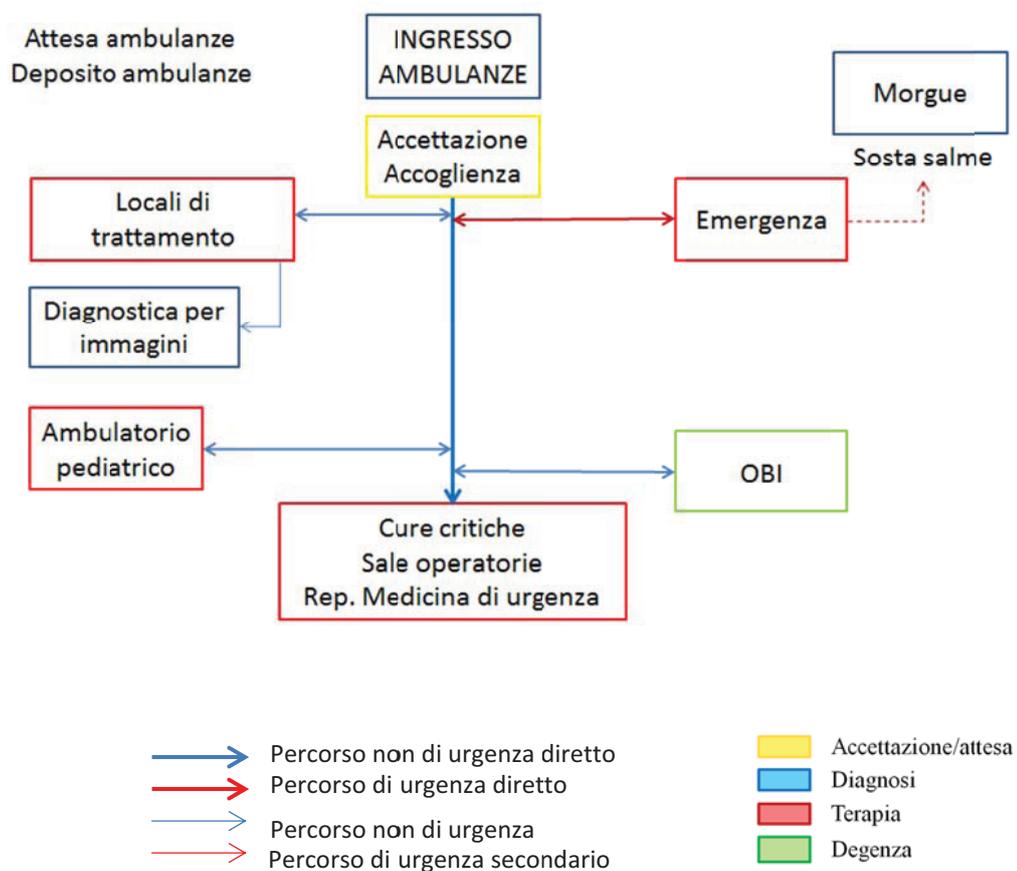


Figura 8.2 - Schema dei percorsi in un pronto soccorso nel caso di accesso con ambulanza.

Analizzando i due esempi di pronto soccorso riportati in figura 8.3 ed 8.4, il pronto soccorso dell'Ospedale di Prato ed il pronto soccorso dell'Ospedale della Versilia, si nota come dall'accettazione/accoglienza sia possibile raggiungere le aree di diagnosi e le aree di terapia con collegamenti diretti.



Figura 8.3 - Settori funzionali del Pronto Soccorso di Prato.

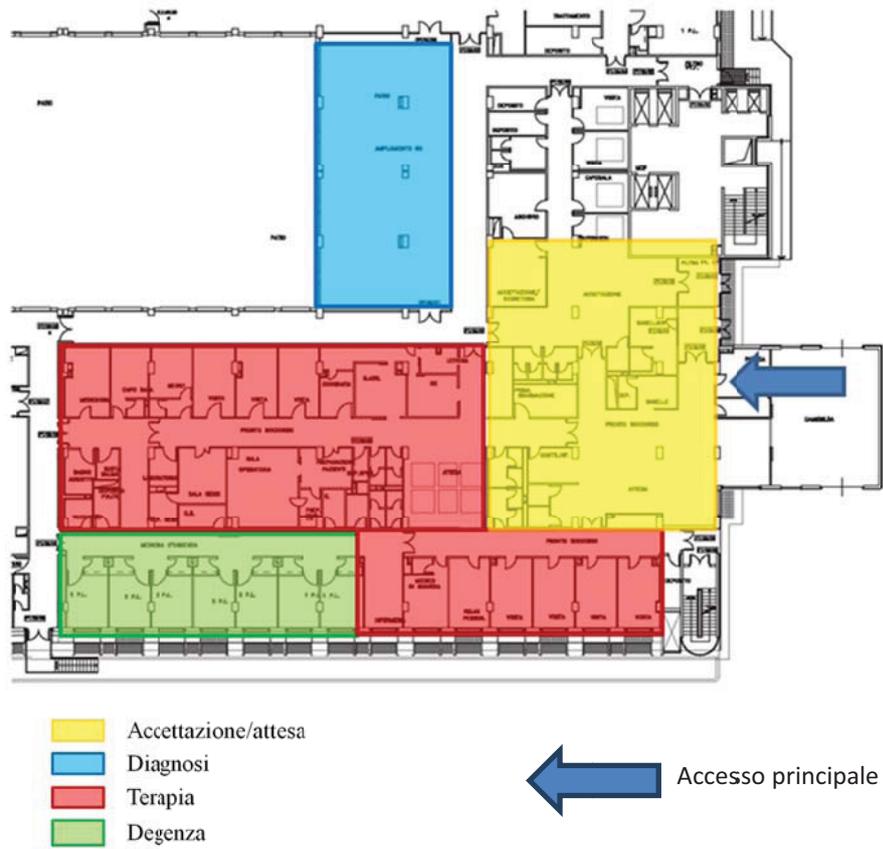


Figura 8.4 - Settori funzionali del Pronto Soccorso della Versilia.

La tendenza attuale in edilizia ospedaliera è di progettare edifici con maglia strutturale fissa 7,00x7,00m (Figura 8.5) in modo tale da avere moduli che possano ospitare al loro interno sia 2 stanze di degenza a 2 posti letto (o una stanza a 4 posti letto), sia una sala di diagnosi, o una sala operatoria, o una serie di servizi, senza la necessità di dover cambiare modulo strutturale e creare così interferenze strutturali dalla difficile convivenza soprattutto in elevazione.

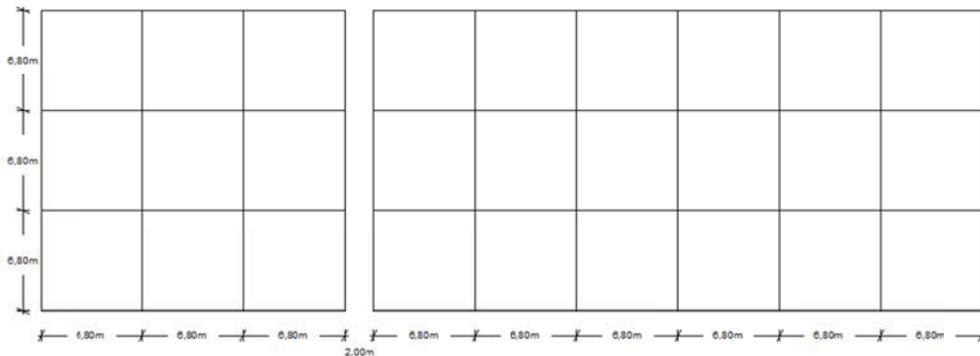


Figura 8.5 - Esempio di maglia strutturale costante con modulo 7,00x7,00m.

Tentando di applicare tale maglia strutturale ad un pronto soccorso edificato e funzionante, ad esempio quello di Prato sopra illustrato, si noterà come tale maglia sia in grado di ospitare al suo interno sia delle stanze di degenza a 4 posti letto, così come una sala diagnostica, o una serie di sale di terapia con annessi i collegamenti orizzontali, o ancora una serie di attese della zona di accoglienza (Figura 8.6).



Figura 8.6 - Individuazione dei moduli strutturali del pronto soccorso di Prato.

Razionalizzando i moduli strutturali si nota che la struttura funzionale del pronto soccorso di Prato è suddivisibile in zone ad ugual modulo e diversa funzione (accoglienza, diagnosi, terapia, degenza) (Figura 8.7).

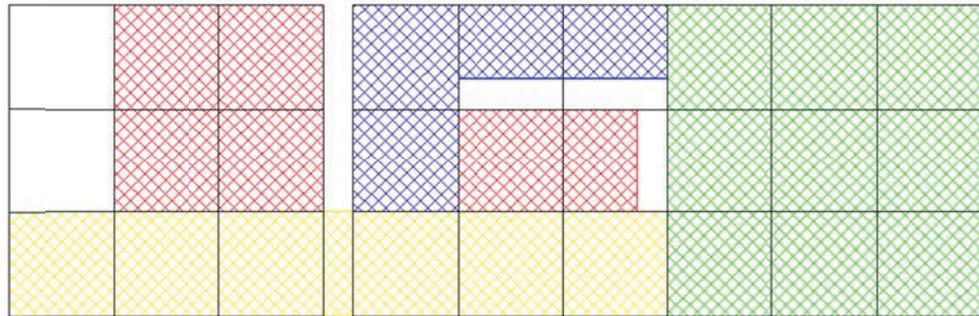


Figura 8.7 - Modulazione strutturale del pronto soccorso di Prato.

Inserendo i percorsi all'interno di alcuni dei moduli, ed accostando allo studio modulare la planimetria del pronto soccorso di Prato, si nota che la struttura di questo pronto soccorso è perfettamente riproducibile secondo il modulo indicato di 7,00x7,00m (Figura 8.8 ed 8.9).

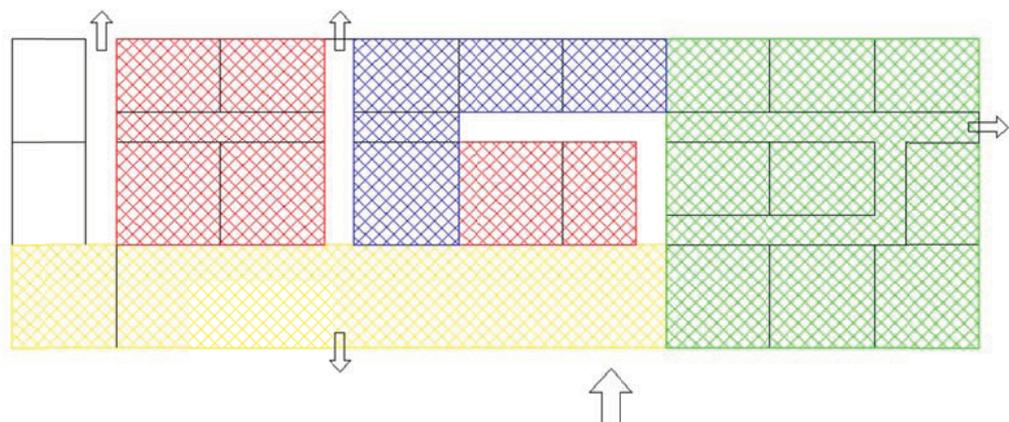


Figura 8.8 – Modulazione del Pronto Soccorso di Prato con percorsi.



Figura 8.9 - Confronto fra lo sviluppo planimetrico dell'Ospedale di Prato e lo studio della maglia strutturale con i percorsi 7,00x7,00m.

## 8.2 PROGETTO DEL MODULO BASE

L'individuazione del modulo base è il primo passo per la progettazione di un pronto soccorso assemblabile; analizzando la maglia strutturale di diversi pronto soccorso italiani, è stato messo in evidenza che il modulo maggiormente utilizzato per le strutture odierne è il modulo 7,00x7,00 m. Come accennato nel capitolo precedente questo modulo permette di ospitare al suo interno diverse aree funzionali ospedaliere (Figure 8.10 /8.11/ 8.12):

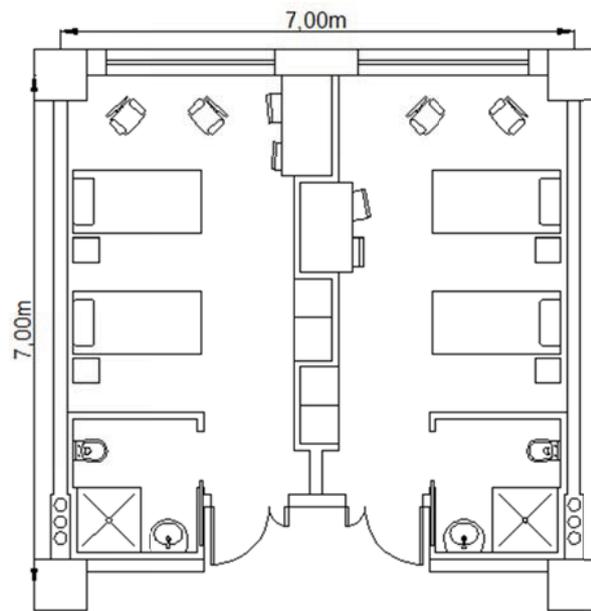


Figura 8.10 - Stanza di degenza a 2 posti letto.



Figura 8.11 - Sala operatoria ortopedica.

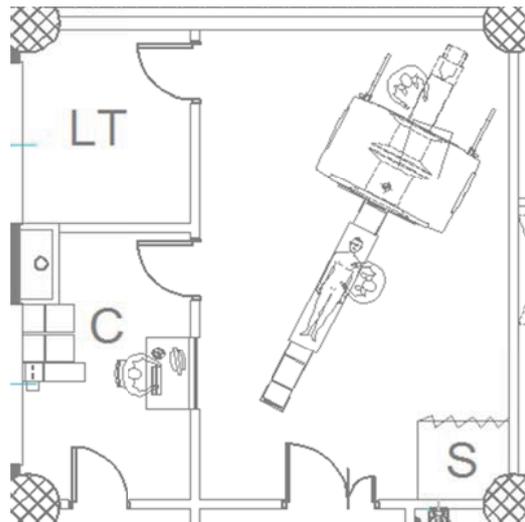


Figura 8.12 - Sala diagnostica TAC.

Si è allora deciso di progettare il modulo base con dimensione 7,00x7,00m. Tenendo conto dello studio della maglia strutturale con i percorsi del pronto soccorso di Prato si è deciso di studiare due soluzioni per lo stesso modulo. Nel primo caso (Figura 8.13 a) si è progettato un modulo dove lo spazio interno risulta essere totalmente utilizzabile; nel secondo invece (Figura 8.13 b) il modulo è stato diviso in due parti per creare lo spazio utile ai collegamenti orizzontali.

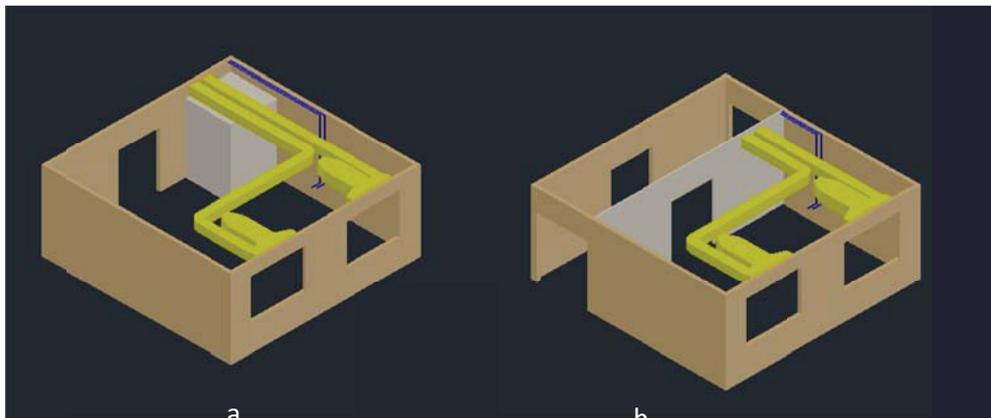


Figura 8.13 - Moduli base con maglia strutturale 7,00x7,00m.

### 8.3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Attraverso l'utilizzo del modulo base risulta possibile comporre differenti soluzioni progettuali sulla base delle esigenze scaturite durante l'eventuale emergenza.

Il modello base è composto da 6 moduli affiancati, suddivisi in due file da tre moduli, con i quali è possibile ottenere un piccolo pronto soccorso in grado di svolgere le funzioni basilari di assistenza in emergenza (Figura 8.14 e 8.15).

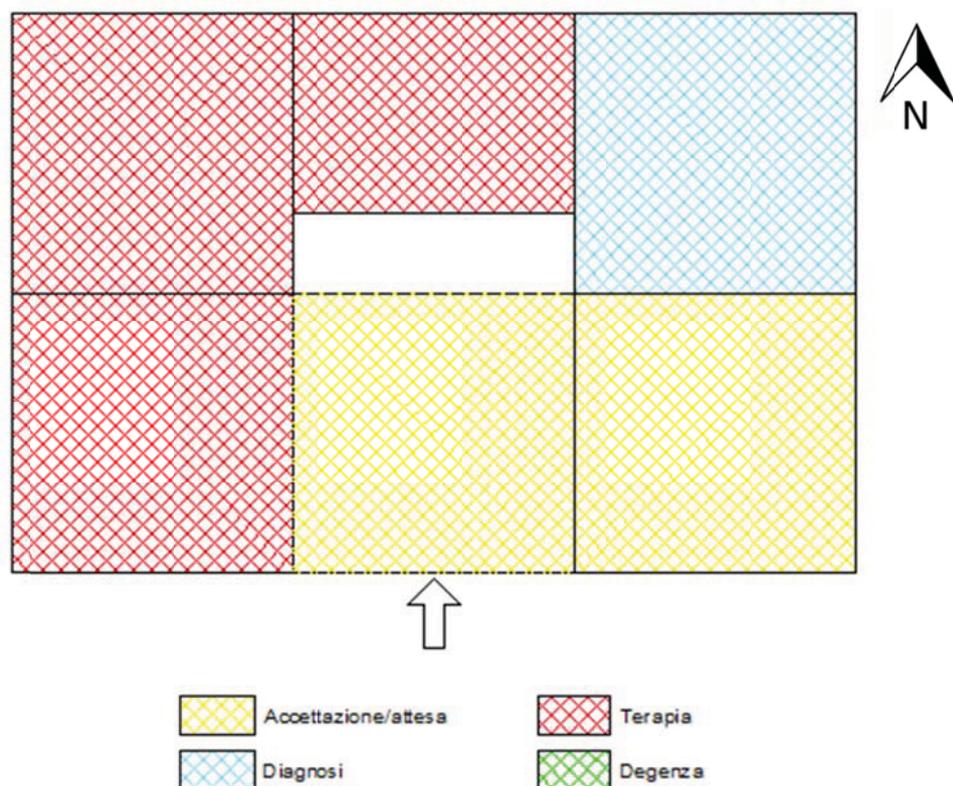


Figura 8.14 - Schema funzionale del pronto soccorso base a 6 moduli.

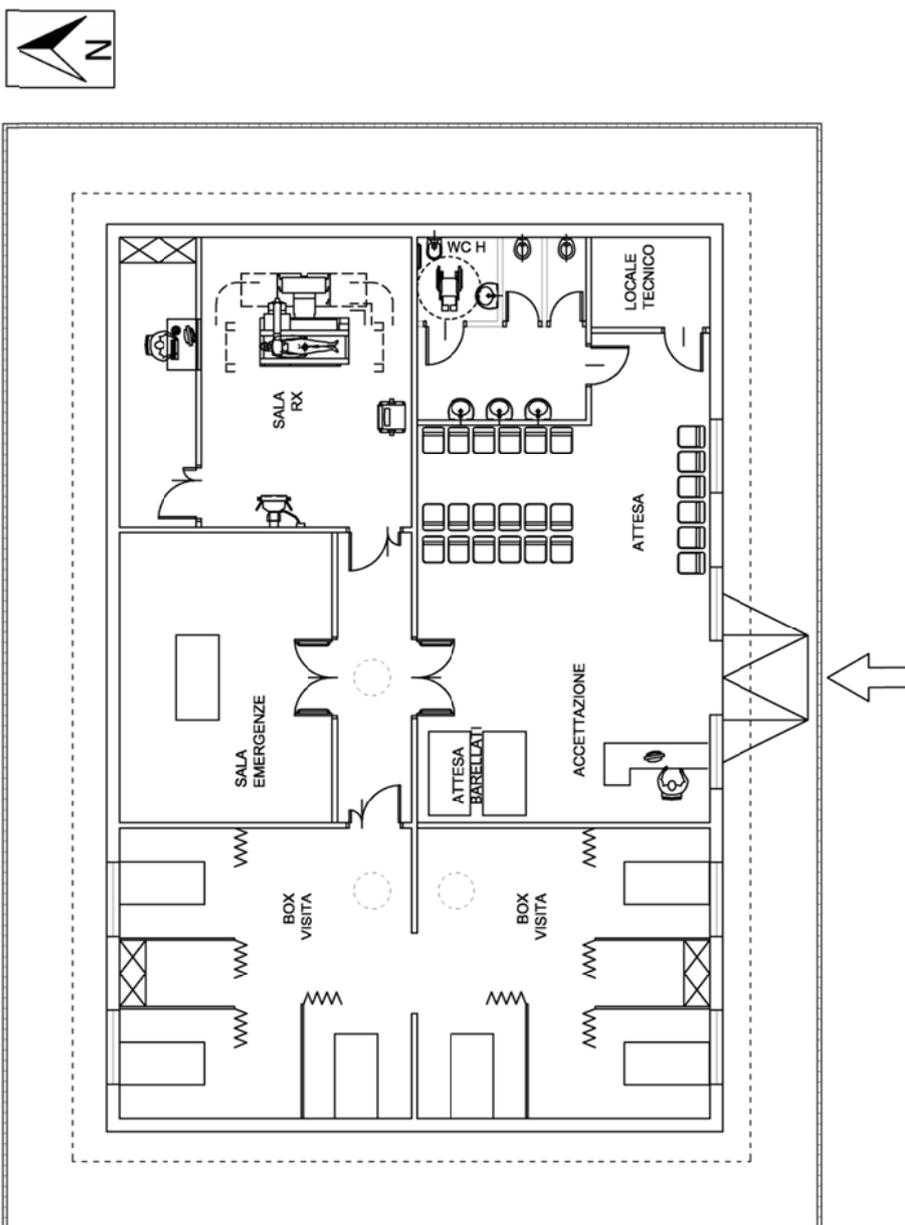


Figura 8.15 Planimetria del pronto soccorso base a 6 moduli

(Fuori scala; vedere allegato 1)

La funzione di tale pronto soccorso base è quella di garantire l'accesso ad un'assistenza sanitaria di emergenza in condizioni di massima efficienza sanitaria e di comfort ambientale; lo scopo che ci si prefigge di raggiungere è quello di effettuare la prima visita al paziente, l'eventuale visita diagnostica RX, la stabilizzazione ed eventuali piccoli interventi di emergenza. Si nota che non sono presenti sale operatorie piuttosto che camere di degenza, proprio perché, nella modulazione base, questo pronto soccorso non si prefigge l'obiettivo di sostituire le strutture ospedaliere, quanto piuttosto di offrire dei punti stabili di smistamento, dove si ritiene che il personale medico possa lavorare in condizioni più efficienti rispetto alle tende, il paziente possa sentirsi più al sicuro e possa incontrare il primo luogo di emergenza diffuso nel territorio.



Figura 8.16 Render del pronto soccorso a 6 moduli

L'accesso al pronto soccorso avviene da sud, in posizione simmetrica rispetto l'edificio; dall'accettazione i pazienti vengono smistati, in base all'urgenza, o nella sala emergenze o nella sala d'attesa. Verso la sala emergenze verranno indirizzati quei pazienti il cui caso clinico presenti carattere di estrema urgenza; dalla sala emergenze sarà possibile con una connessione diretta raggiungere la sala RX per eventuali accertamenti.

Dall'attesa invece i pazienti verranno smistati fra le varie postazioni di visita. Si è optato per i box visita, piuttosto che le sale visita, in quanto, vista la situazione di emergenza, si è ritenuto preferibile avere un maggior numero di postazioni, fermo restando le condizioni di privacy da garantire al paziente.

Sono state analizzate anche altre soluzioni, con espansione del modello base, che si prefiggono obiettivi diversi. La soluzione a 12 moduli (Figura 8.17 / 8.18 / 8.19), con espansione verso nord ed ovest, ha una vocazione ancora più terapeutica in caso di emergenza; presenta infatti, oltre la sala emergenze, due sale per piccoli interventi, una sala gessi e molte più postazioni per la visita.

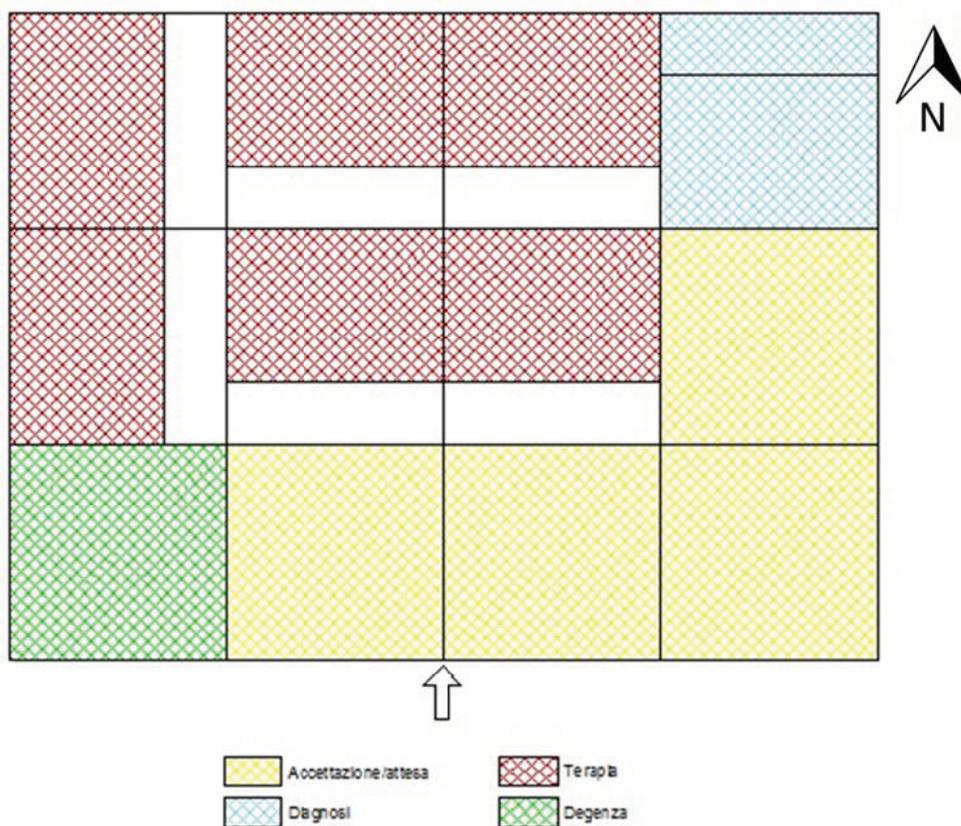


Figura 8.17 – Schema funzionale del Pronto Soccorso a 12 moduli

In questa soluzione (Figura 8.18) la visita può avvenire sia nelle zone con i box visita, che negli ambulatori di visita fra cui uno è riservato per i bambini. Inoltre è stata inserita una sala di Osservazione Breve Intensiva (OBI) dove i medici possono tenere sotto osservazioni i pazienti con casi

clinici ancora da chiarire. Le caratteristiche di questa soluzione di pronto soccorso sono tali da consentire la permanenza del presidio nel territorio anche dopo l'emergenza; può infatti essere utilizzato come Punto di Primo intervento, oppure come ambulatorio.

Sono possibili anche varianti che modificano il ruolo di tale struttura; è ad esempio possibile sostituire le due sale piccoli interventi con una sala operatoria, ed in tale configurazione il pronto soccorso potrà accogliere durante l'emergenza, ed anche successivamente, quasi tutti i pazienti che in condizioni normali sarebbero andate nel pronto soccorso ospedaliero possibilmente danneggiato dall'evento scatenante l'emergenza (Figura 8.19)

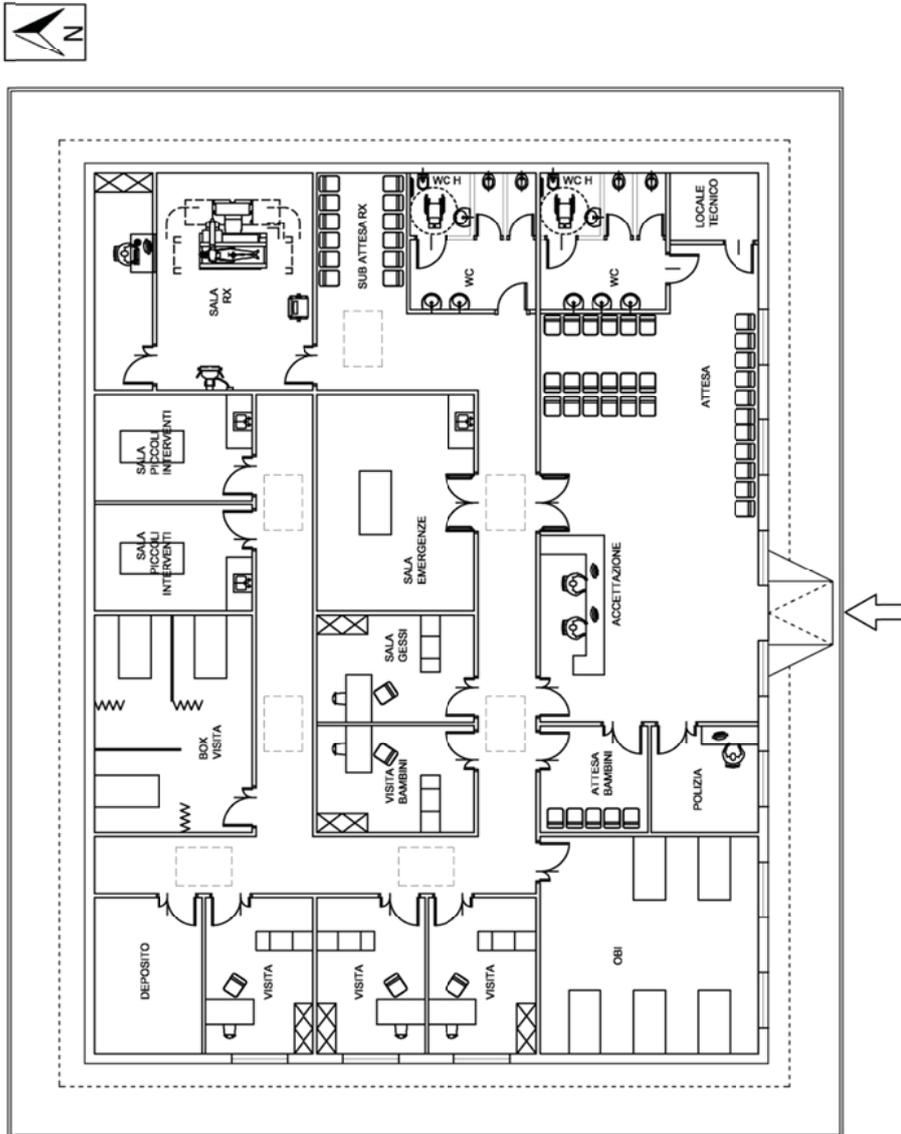


Figura 8.18 Planimetria del pronto soccorso a 12 moduli versione a  
(Fuori scala; vedere allegato 1)

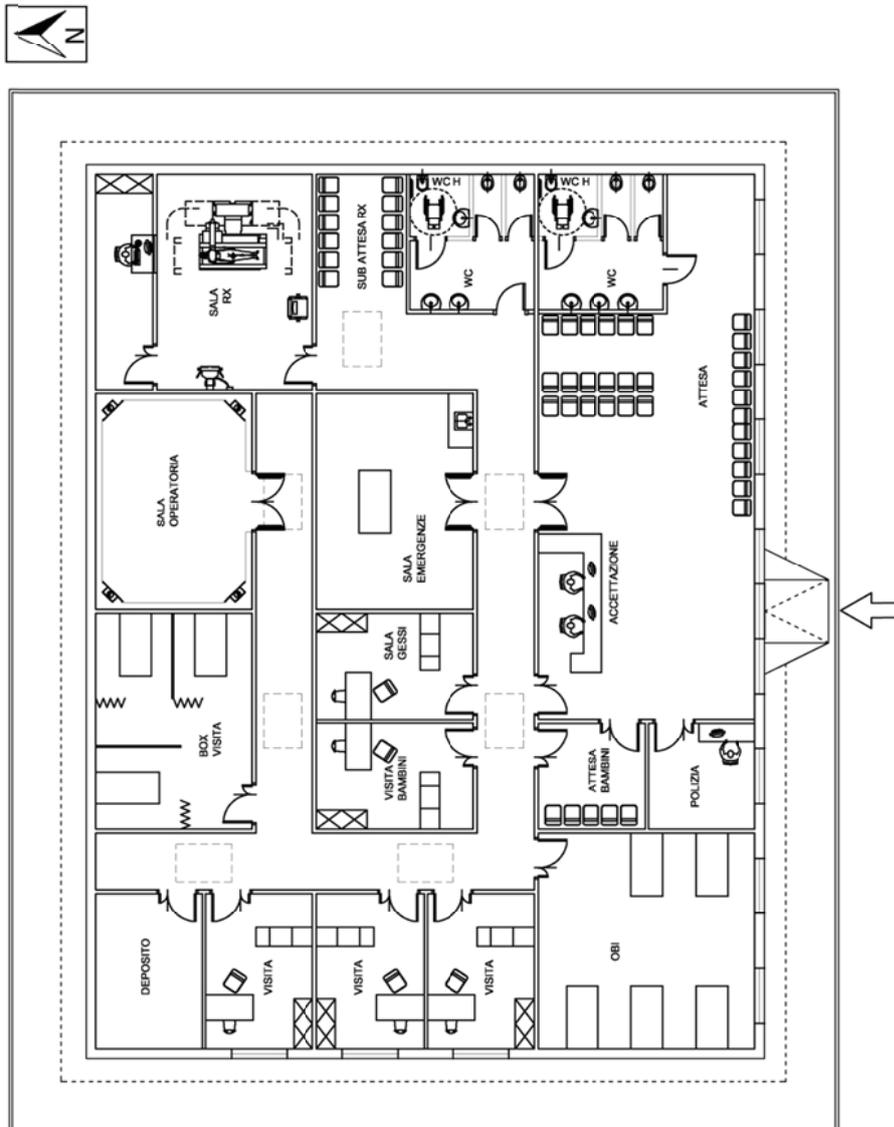


Figura 8.19 Planimetria del pronto soccorso a 12 moduli versione b

(Fuori scala; vedere allegato 1)

Un aspetto importante da tenere sotto controllo, è la tempistica necessaria a realizzare tale pronto soccorso. È stato stilato un cronoprogramma (Allegato 2) che tiene conto delle lavorazioni che si devono eseguire per ottenere l'opera finita dal momento dell'arrivo in situ di tutti i componenti il pronto soccorso.

Tenendo conto dello stato di emergenza in cui l'opera viene edificata, si è stabilito di lavorare su 3 turni giornalieri di 8 ore in modo tale da non interrompere mai le lavorazioni. Inoltre, per velocizzare l'esecuzione dell'opera, si è stimato di far lavorare contemporaneamente due squadre di lavoro per ogni lavorazione (Allegato 3).

La stima può essere certamente affinata e va considerata stima preliminare, che mette alla luce un importante risultato; si evince che massimizzando la prefabbricazione e sovrapponendo le lavorazioni, è possibile ridurre i tempi di assemblaggio a circa 8 giorni; considerando inoltre che per l'arrivo del materiale si può ipotizzare vengano impiegati almeno 2 giorni, durante i quali si possono effettuare lo scavo ed il getto del magrone, il pronto soccorso può essere pronto entro 10 giorni dall'inizio dell'emergenza. Ricordiamo che in alcune occasioni sono stati impiegati diversi mesi prima di predisporre gli ospedali da campo (Cap. 3.6).

## 8.4 ANALISI DELL'APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA

Facendo seguito alla suddivisione dell'apparecchiatura costruttiva in elementi di fabbrica ed elementi costruttivi funzionali descritti nel capitolo 7, è possibile suddividere il pronto soccorso prefabbricato preso in esame ed analizzare le scelte effettuate ed il dimensionamento degli elementi di fabbrica.

### LO SCHELETRO PORTANTE

#### FONDAZIONE

Nell'esempio preso in esame si è ipotizzato che le caratteristiche del terreno dove dovrà essere collocato il pronto soccorso, siano tali da consentire la posa di una platea continua prefabbricata. Sarà quindi necessario effettuare uno scavo di profondità pari all'altezza della platea più circa 10 cm<sup>1</sup>, livellare il terreno, ed effettuare il getto del magrone di fondazione (dell'altezza di circa 10 cm).

Preso atto che il modulo base avrà dimensione 700x700cm, la platea di fondazione dovrà essere modulata ad elementi 700x700cm. Vista però la difficoltà di trasporto dovuta alle grandi dimensioni, sarà opportuno suddividere la platea in elementi 700x350cm. L'altezza della platea è stata stabilita in 40cm in seguito ad un predimensionamento ed una prima stima dei carichi<sup>2</sup>. Il collegamento tra le solette sarà realizzato attraverso la loro sagomatura laterale in modo da creare un incastro a gradino. Barre filettate inserite in appositi fori e avvitate su boccole permetteranno l'ancoraggio fra le due solette (Figura 8.20). Nel punto di appoggio sarà posizionato un cuscinetto in gomma forato capace di assorbire ogni tipo di sollecitazione. Al fine di velocizzare le operazioni da svolgere in cantiere questo cuscinetto dovrà essere stato preventivamente posizionato in officina.

---

<sup>1</sup> Altezza necessaria per il successivo getto del magrone di fondazione

<sup>2</sup> Si è stimato che i pesi gravanti sulla fondazione siano pari a circa 6,0 KN/m<sup>2</sup>

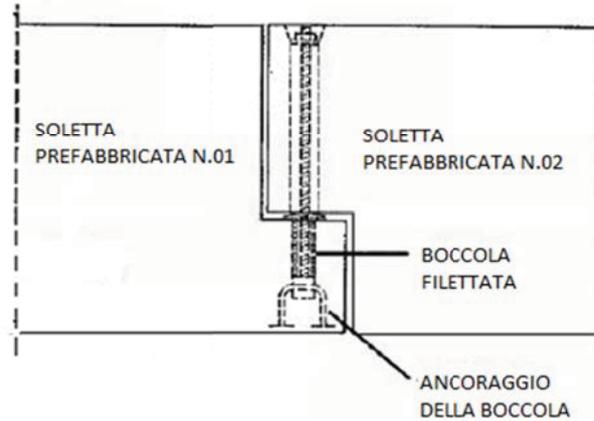


Figura 8.20 - Collegamento fra le solette costituenti la platea di fondazione.

### CHIUSURE VERTICALI PORTANTI

Al di sopra delle fondazioni, la funzione portante del pronto soccorso è demandata alle chiusure verticali in legno X-LAM; in particolare, si è deciso di utilizzare pannelli X-LAM a 5 strati, larghi 7 m ed alti 2,95 m e spessi 15,8 cm. Il dimensionamento è stato effettuato secondo i parametri del grafico 8.1; con tale spessore la chiusura verticale sarà in grado di sopportare un carico verticale di 40 kN per una lunghezza di flessione pari a 2,95 m.

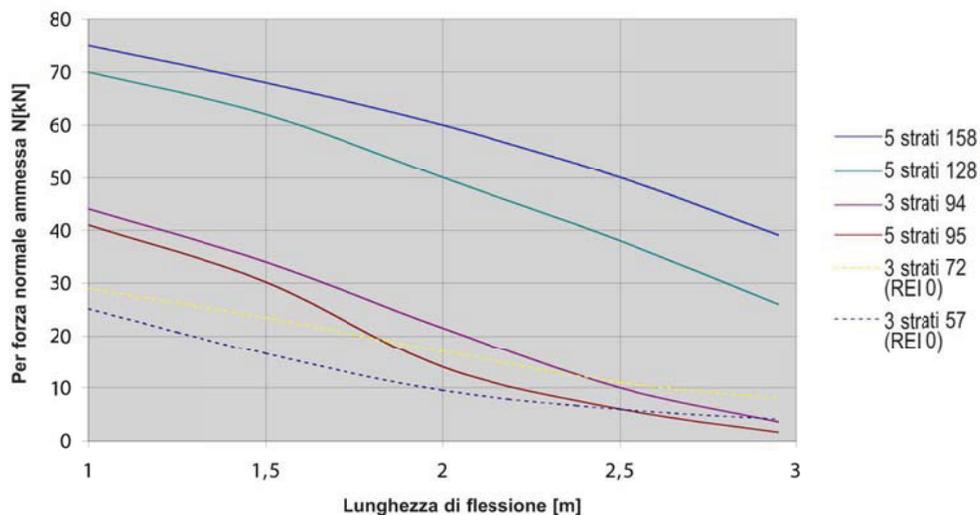


Grafico 8.1 – Dimensionamento a flessione di una parete in legno X-LAM.

Sarebbe stato sufficiente utilizzare pannelli a meno strati; si è comunque optato per 5 strati di dimensione totale 158mm per consentire la libera installazione degli impianti senza compromettere la staticità della struttura, e per utilizzare le caratteristiche termoisolanti e fonoisolanti del legno a prescindere dalla stratigrafia della chiusura verticale. I pannelli costituenti le chiusure verticali vengono tagliati all'interno degli stabilimenti completi di aperture per porte, finestre e fresature per gli impianti ed in seguito vengono consegnati in cantiere, per mezzo di camion o container, già pronti per il montaggio. A tal fine si è reso necessario stilare un abaco degli elementi costruttivi funzionali dal quale si evince quali elementi utilizzare per ottenere un pronto soccorso completo (Allegato 4).

Il collegamento tra la chiusura verticale in legno X-LAM e le chiusure orizzontali di base e copertura avviene per mezzo di piastre angolari in acciaio, collegate ai pannelli con chiodi o viti (a testa piatta o con gambo totalmente/parzialmente filettato) (Figura 8.21). La distanza tra le piastre sarà pari a 150 cm.



Figura 8.21 - Tipologie di piastre metalliche angolari.

Nei punti di appoggio fra i vari elementi costruttivi funzionali in legno è necessario apporre un apposito nastro sigillante (figura 8.22) che consenta la perfetta complanarità fra i pannelli, e la corretta tenuta all'aria; si è stabilito di posizionare questo nastro sia nella parte di base che in quella di testa nei pannelli della chiusura verticale, in modo tale da evitare questa lavorazione in cantiere ed aumentare il risparmio in termini di tempo.

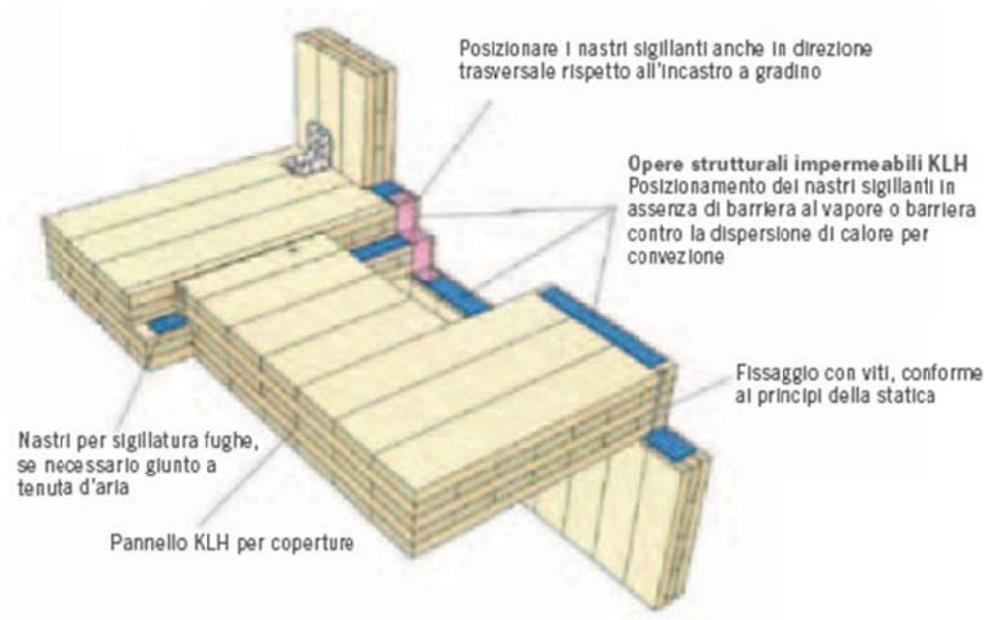


Figura 8.22 -. Posizionamento dei nastri coprifuga precompressi fra chiusura verticale e chiusura orizzontale.

Il collegamento verticale tra i pannelli costituenti la chiusura verticale X-LAM avviene per mezzo di un incastro a gradino (Figura 8.23), mentre il collegamento d'angolo avviene attraverso viti auto foranti con una direzione leggermente inclinata rispetto al piano della parete (Figura 8.24).



Figura 8.23 - Vista dall'alto del collegamento fra 2 pannelli delle chiusure verticali.

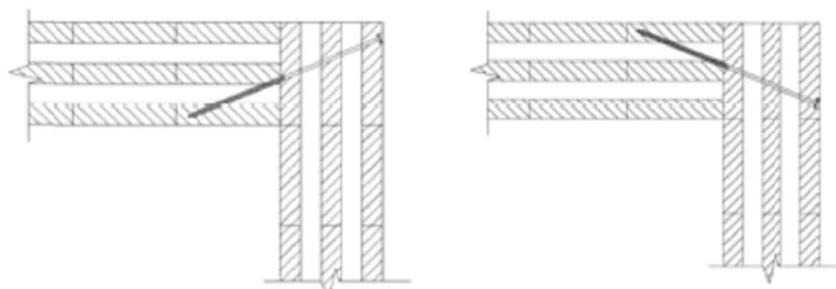


Figura 8.24 - Sistema meccanico di collegamento d'angolo dei pannelli X-LAM costituenti chiusure verticale.

## LE CHIUSURE VERTICALI

Oltre la funzione portante le chiusure verticali dovranno garantire anche il comfort ambientale interno. Si è deciso di utilizzare una stratigrafia a cappotto (Figura 8.25 / 8.26), con un primo strato sul lato esterno del pannello costituente la barriera al vapore, al quale viene sovrapposto uno strato di lana di roccia con funzione termosolante e fonoassorbente dello spessore di 80mm. Su questo viene fissato un sistema di listelli della dimensione 40x40mm che sorregge il rivestimento esterno costituito da pannelli di legno impregnato di larice; grazie ai listelli si formerà quindi una camera d'aria dello spessore di 40mm. Sul lato interno invece la chiusura verticale sarà finita con una pannellatura in lastre di cartongesso applicate direttamente sul pannello X-LAM.

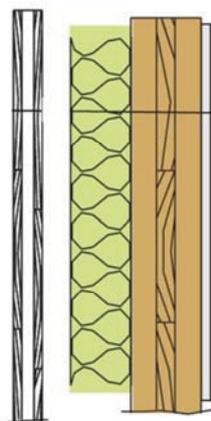


Figura 8.25 - Stratificazione della chiusura verticale.



Figura 8.26 - Sezione orizzontale in prossimità del nodo d'angolo.

Con tale stratigrafia è possibile ottenere un valore di trasmittanza termica pari a  $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### LA CHIUSURA ORIZZONTALE DI BASE

La chiusura orizzontale di base viene realizzata con pannelli strutturali portanti X-LAM in legno multistrato a strati crociati che non poggiano direttamente sul solaio di fondazione, bensì su una orditura reticolare costituita da magatelli in legno 16x16 cm (Figura 8.27). La realizzazione di tale orditura consente la dispersione dei gas Radon e allontana il solaio di base in legno dal terreno. I magatelli presentano in entrambi i versi un interasse di 233 cm (3 magatelli ogni 700cm).



Figura 8.27 Magatelli in legno

Il collegamento tra il pannello X-LAM e i magatelli in legno avviene tramite i consueti sistemi di connessione per le strutture in legno come ad esempio chiodi o viti auto foranti filettate avvitate nella superficie di testa del solaio piano. Il collegamento fra i magatelli e la platea di fondazione in c.a. prefabbricato avviene in maniera puntiforme attraverso un sistema di connessione a gambo cilindrico come ad esempio bulloni, spinotti, viti calibrate e barre filettate o tasselli fissati in maniera meccanica alla fondazione.

Per proteggere il legno dall'umidità e dalle risalite capillari, viene interposto tra la fondazione ed i magatelli una guaina orizzontale di impermeabilizzazione adesiva.

Lo spessore della chiusura orizzontale di base viene calcolato secondo il grafico 8.2.

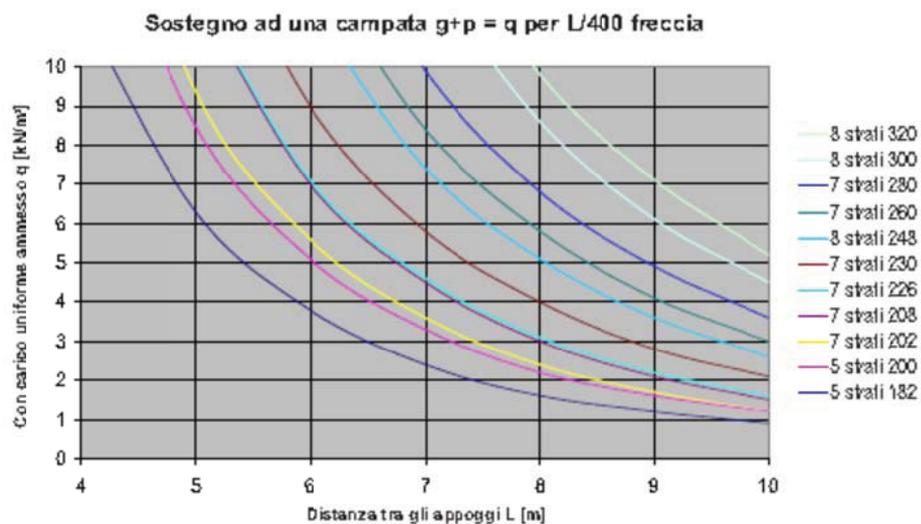


Grafico 8.2 - Carico uniforme ammissibile ( $q$ ) che un solaio X-LAM riesce a sostenere variando la distanza tra gli appoggi ( $L$ ) e lo spessore del pannello.

Considerando che la campata presa in esame è di 2,33 m (interasse fra i magatelli), e che trattandosi di un pronto soccorso si può sopporre un carico fino a  $10,0 \text{ KN/m}^2$ , risulta sufficiente utilizzare un pannello a 5 strati dello spessore di 200 mm. Tenuto conto delle dimensioni standard prodotte, pari

a 295x1650 cm, nel progetto del modulo base 7x7 m sarà necessario accostare 3 pannelli di dimensione 233x700 cm.

Il collegamento orizzontale tra i pannelli X-LAM viene realizzato attraverso un incastro a gradino bullonato (figura 8.28 / 8.29). Questo giunto viene applicato nella direzione portante principale del solaio, dato che con esso può essere trasmesso solo il taglio e non la flessione. Per garantire la tenuta d'aria è necessario realizzare nei punti di giunzione del solaio delle sigillature eseguite a regola d'arte attraverso nastri coprifuogo precompressi già inseriti in stabilimento e non in situ.



Figura 8.28 - Particolare dell'accostamento di più pannelli solaio-solaio.

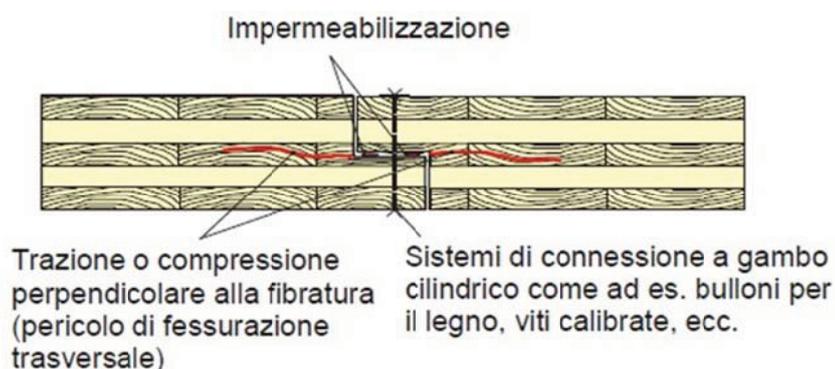


Figura 8.29 - Giunto longitudinale a incastro a gradino tra solaio – solaio.

Al di sopra dei pannelli multistrato X-LAM di base è presente uno strato di livellamento sopra il quale vengono fissati i piedini regolabili in altezza che supportano i singoli pannelli (50x50 cm) del pavimento rialzato (Figura 8.30). Si è deciso di adoperare un pavimento rialzato per consentire il passaggio delle tubazioni dell'impianto idrico – sanitario ed elettrico.



Figura 8.30 - Pavimento rialzato.

#### LA CHIUSURA ORIZZONTALE DI COPERTURA

La chiusura orizzontale di copertura piana viene realizzata tre pannelli in legno multistrato X-LAM accostati di dimensioni variabili in base al loro posizionamento in pianta. Il dimensionamento dello spessore viene effettuato utilizzando il grafico 8.3.

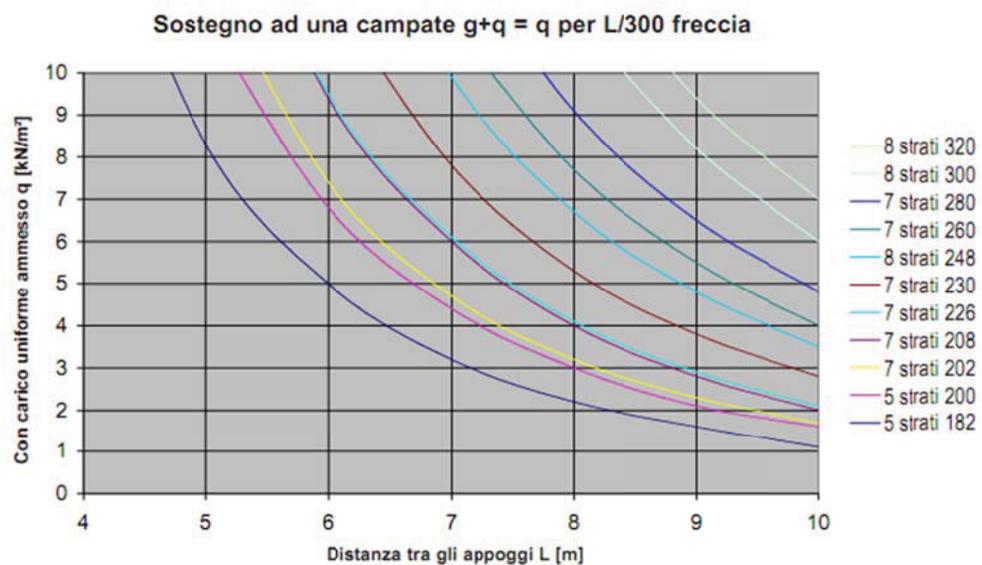


Grafico 8.3 - Carico uniforme ammissibile ( $q$ ) che un solaio per tetto X-LAM riesce a sostenere variando la distanza tra gli appoggi ( $L$ ) e lo spessore del pannello.

Considerando una campata di 700cm ed un carico di 5,0 KN/m<sup>2</sup>, risulta sufficiente utilizzare un pannello a 7 strati dello spessore di 230 mm.

La stratigrafia della chiusura orizzontale di copertura (Figura 8.31) prevede sul lato interno una finitura in lastre di cartongesso sostenute da staffe metalliche di ancoraggio. Sopra i pannelli X-LAM viene steso uno strato costituente la barriera al vapore, un pannello isolante in lana di roccia, cartone bitumato e polistirene espanso che fornisce una lieve pendenza al tetto e che viene separato dalla ghiaia esterna da una guaina di separazione adesiva. Sopra la ghiaia (strato drenante) viene inserito del terreno vegetale per consentire alla copertura di divenire anche giardino. Il giardino è nascosto in prospetto da un muretto d'attico realizzato in pannelli multistrato X-LAM a 5 strati di dimensioni 60x260cm e spessore 12,8 cm. Tali pannelli sono collegati al pannello di copertura X-LAM attraverso angolari metallici a L.

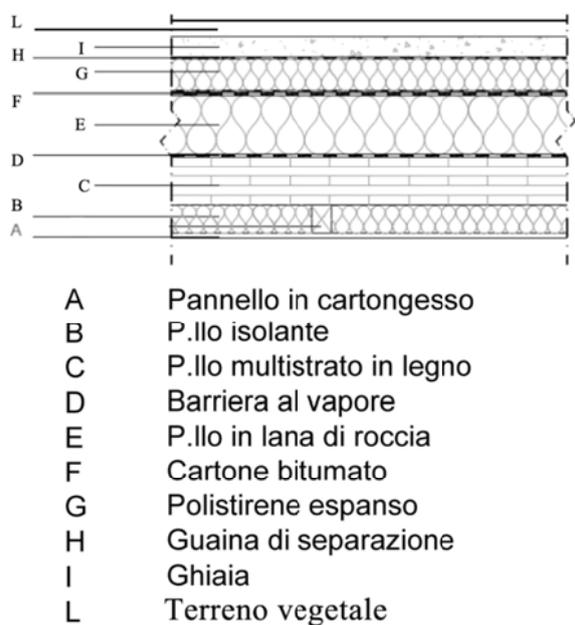


Figura 8.31 - Stratigrafia della chiusura orizzontale di copertura.

## LE PARTIZIONI INTERNE

Fra le partizioni interne è possibile individuare quelle con funzione portante e quelle con semplice separazione degli spazi interni. Come già analizzato le chiusure verticali hanno funzione portante, ma è necessario irrigidire il sistema con una serie di pareti ortogonali che fungono anche da appoggio alla chiusura orizzontale di copertura.

Le partizioni interne con funzione portante sono realizzate con pannelli in legno multistrato X-LAM rivestiti su entrambi i lati con lastre in cartongesso ignifugo. Tali tramezzature insieme alle pareti perimetrali portanti vengono spedite in situ con le fresature per le predisposizioni impiantistiche già realizzate, in modo da effettuare in situ solamente il passaggio ed i collegamenti degli impianti. Lo spessore sarà determinato con lo stesso grafico utilizzato per le chiusure verticali, e nello specifico del pronto soccorso preso in esame, avendo lo stesso spessore delle chiusure verticali, le partizioni interne con funzione portante avranno spessore pari a 158mm.

Le partizioni interne con funzione non portante saranno invece realizzate in legno multistrato X-LAM con spessore pari a 158mm; lo spessore non è determinato da motivazioni strutturali quanto piuttosto a consentire l'alloggiamento degli impianti.

La stratigrafia costituente le partizioni interne (Figura 8.32), sia portanti che non, sarà costituita da un rivestimento il lastre di cartongesso ignifugo in entrambi i lati del legno.

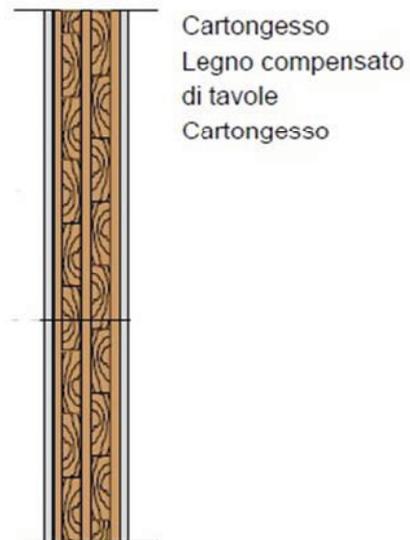


Figura 8.32 - Stratigrafia delle partizioni interne.

La partizione interna delimitante il locale tecnico è invece stata realizzata con struttura in lamierino e lastre di cartongesso, con interposto uno strato isolante in lana di roccia (Figura 8.33)

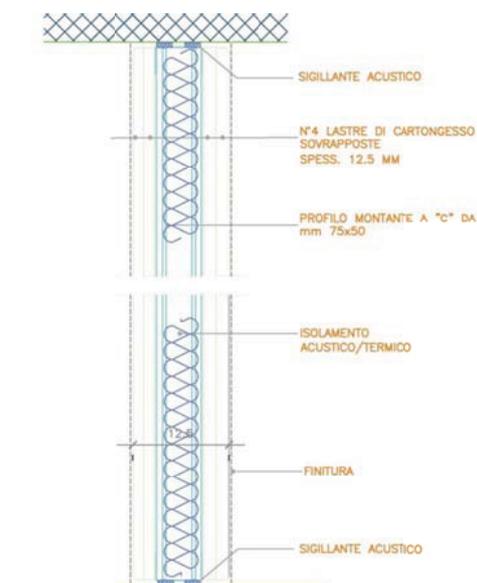


Figura 8.33 Partizione interna con struttura in lamierino, strato isolante, lastre di cartongesso

## LE CELLULE SPAZIALI PREFABBRICATE

Nel pronto soccorso preso in esame si è scelto di utilizzare la prefabbricazione per tutti i bagni presenti. Al fine di ridurre il peso e facilitare la movimentazione delle cellule spaziali, si è optato per moduli con basamento in calcestruzzo e pareti in cartongesso (Figura 8.34)

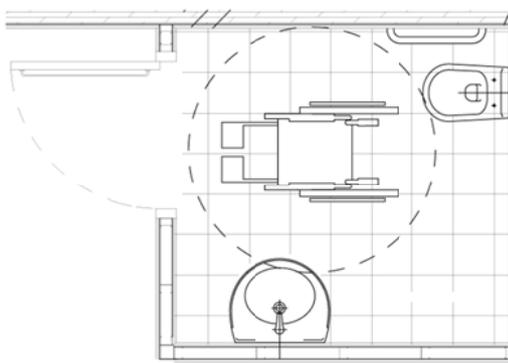


Figura 8.34 Bagno per disabili prefabbricato

Le misure e gli accessori dei bagni potranno variare in base alle esigenze del pronto soccorso. I rivestimenti, i sanitari, le rubinetterie e tutti gli accessori sono stati selezionati con finiture medie (Figura 8.35).



Figura 8.35 Interno della cellula spaziale bagno

## GLI IMPIANTI

Gli impianti presenti in un pronto soccorso possono essere suddivisi in diverse categorie:

- Impianto elettrico
- Impianto idrico sanitario
- Impianto di scarico acque nere e bianche
- Impianto di condizionamento idraulico
- Impianto gas medicali
- Impianto antincendio

Le adduzioni e gli scarichi dovranno essere derivati dalla rete urbana, ove presente, e collegati al pronto soccorso. In caso di assenza degli impianti essenziali si dovrà provvedere all'installazione di gruppi elettrogeni, riserve idriche, vasche di raccolta acqua, etc. Tali derivazioni dovranno essere portate lungo il lato servizi del pronto soccorso, ossia il lato est, dove sono concentrati i servizi ed i macchinari a grande assorbimento. In tal modo si eviterà di derivare tutti gli impianti lungo l'intera superficie del pronto soccorso.

Al di sotto del pavimento galleggiante sarà passato tutto lo smistamento interno dell'impianto elettrico e dell'impianto di condizionamento idraulico che raggiungono tutti gli ambienti del pronto soccorso.

L'impianto idrico sanitario e di scarico sarà concentrato nella sola zona dei servizi igienici e non sarà quindi necessario prevedere differenze di quote per le pendenze degli scarichi.

L'impianto di condizionamento è stato pensato a fancoil posizionati nel controsoffitto, in modo tale da avere più spazio per lo scarico delle condense.

L'impianto di gas medicali sarà tutto concentrato nella zona ovest del pronto soccorso, dove sono presenti i letti per l'osservazione, e nella sala emergenze. Sarà costituito da una riserva di ossigeno, da una riserva di

azoto medicale, e da una pompa per il vuoto. Lo smistamento interno dell'impianto avverrà sotto pavimento.

Tutti gli impianti che passano sotto il pavimento dovranno poi continuare il loro percorso lungo le pareti fino ad arrivare all'altezza necessaria. Questi passaggi avverranno tramite fresature nella pareti in legno (Figura 8.36). Tali fresature comportano un indebolimento statico del pannello in legno X-LAM. In presenza, infatti, di un'elevata concentrazione di cavi la portata statica può ridursi fino al 30%. La profondità massima della fresatura non dovrà superare i 4/5 dello spessore del pannello.



Figura 8.36 – Posa in opera di tubo flessibile corrugato da 25 mm.

Le fresature verranno poi nascoste dal rivestimento in lastre di cartongesso.

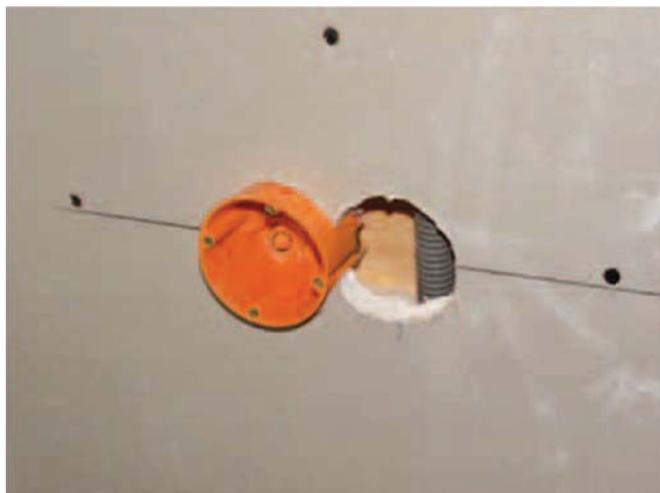


Figura 8.37 - Posa in opera di lastre in cartongesso ignifugo e inserimento di scatola portafrutto.

In corrispondenza dei cavedi verticali per gli impianti si è assicurato un isolamento acustico sufficiente a evitare la propagazione del rumore (Figura 8.38).

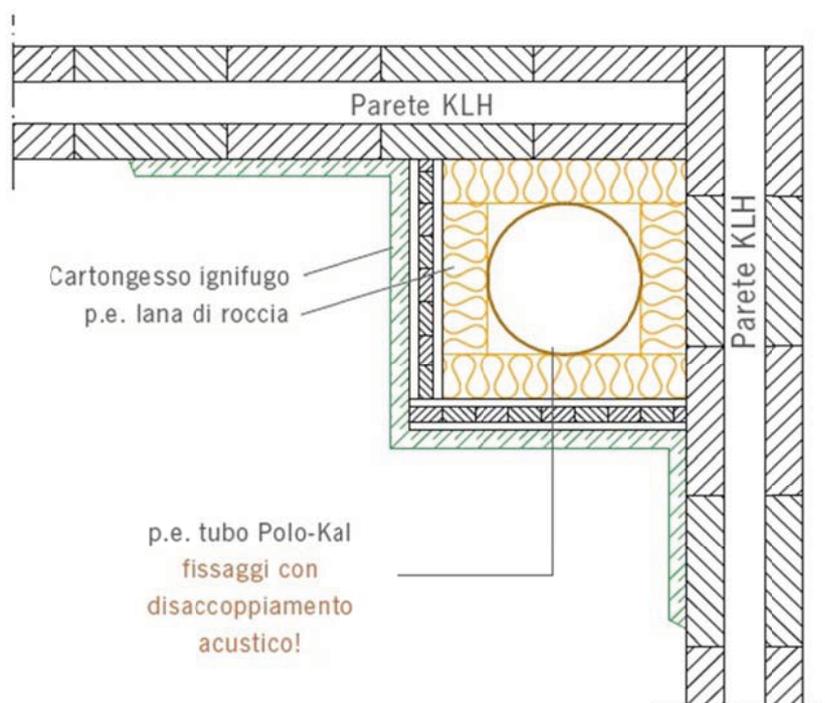


Figura 8.38 - Schema in pianta: cavedio impiantistico.

## 8.5 ANALISI DELLE FASI COSTRUTTIVE

Prima che il materiale necessario all'assemblaggio del pronto soccorso arrivi in cantiere, sarà necessario effettuare lo scavo nel quale collocare le solette della fondazione. Si effettuerà quindi uno scavo della profondità di circa 80cm (Figura 8.39).

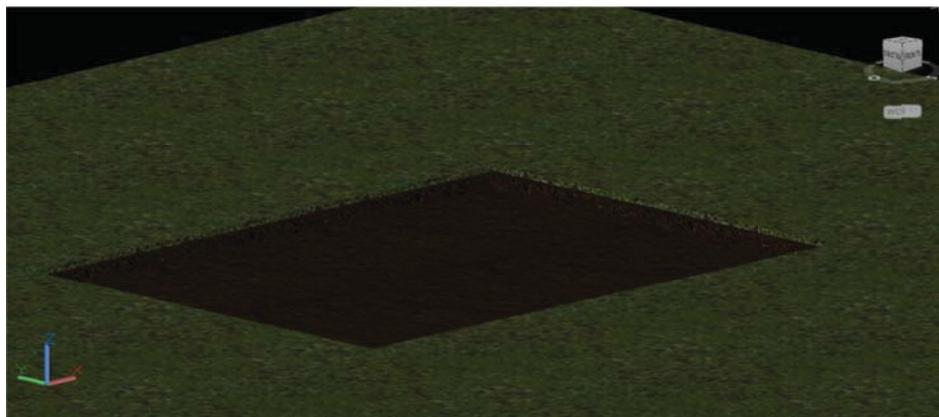


Figura 8.39 - Scavo di fondazione.

Effettuato lo scavo si dovrà provvedere al getto di un magro di fondazione dello spessore di 10 cm propedeutico alla posa del solaio in c.a. prefabbricato (Figura 8.40).



Figura 8.40 - Posa della fondazione a platea in c.a. prefabbricato.

Non appena saranno giunti in situ gli elementi necessari all'assemblaggio del pronto soccorso, si proseguirà dal basso verso l'alto posando in primis i magatelli in legno che separano la fondazione dalla chiusura orizzontale di base (Figura 8.41)

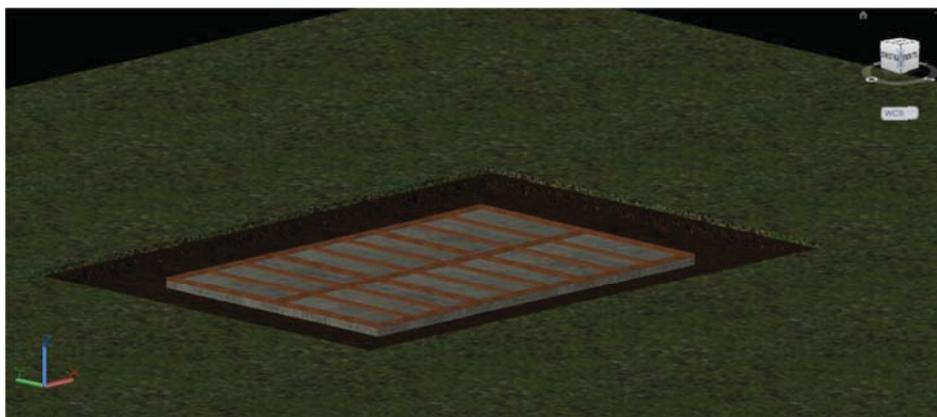


Figura 8.41 - Posa dell'orditura reticolare costituita da magatelli in legno.

Sopra i magatelli verranno posati i pannelli in legno X-LAM costituenti la chiusura orizzontale di base (Figura 8.42) che verranno collegati fra loro mediante i collegamenti precedentemente analizzati.

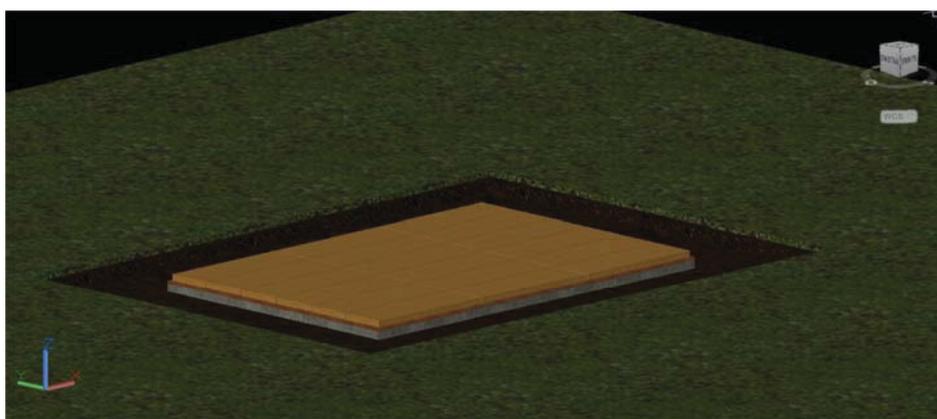


Figura 8.42 - Posa dei pannelli in legno XLAM della COB.

Si procederà quindi con la posa dei pannelli delle chiusure verticali in legno XLAM ed il loro collegamento CV-CV e CV-COB, e contemporaneamente andranno posati i pannelli portanti delle partizioni interne che chiudono ed irrigidiscono i moduli 700x700cm (Figura 8.43)

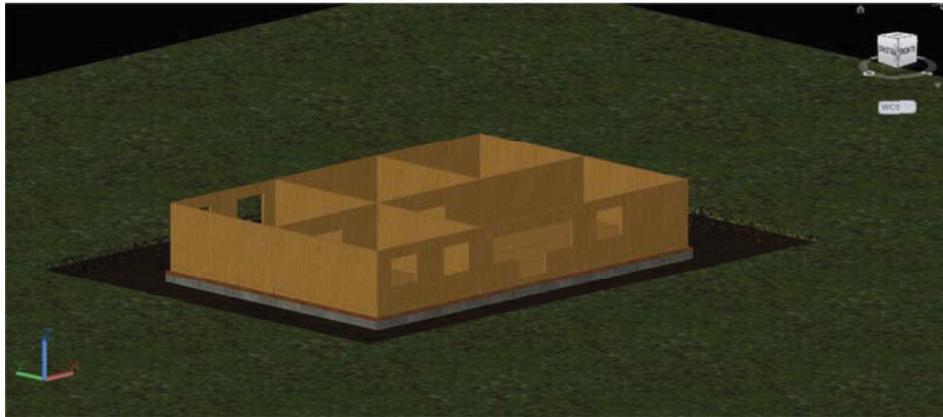


Figura 8.43 - Posa delle chiusure verticali e delle partizioni interne portanti in legno X-LAM.

Successivamente si andranno a posare le partizioni in legno X-LAM non portanti che suddividono gli spazi interni (Figura 8.44).

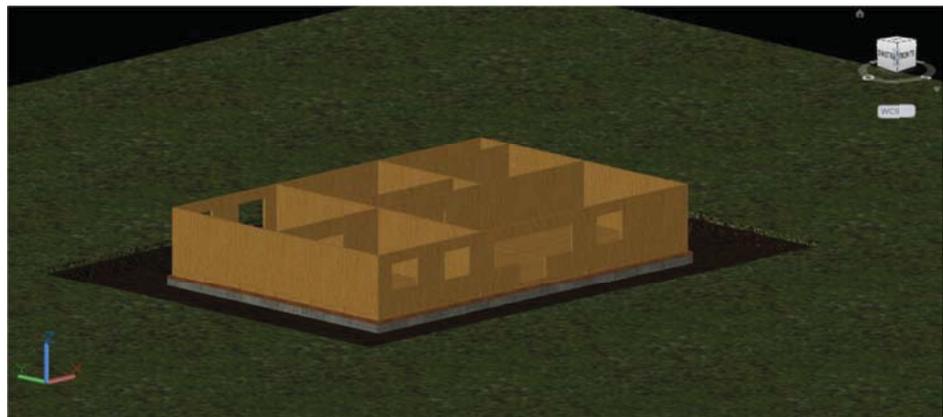


Figura 8.44 - Posa delle partizioni interne non portanti.

Le cellule spaziali prefabbricate verranno calate dall'alto subito dopo le partizioni interne in legno X-LAM (Figura 8.45).



Figura 8.45 - Posa del modulo bagno.

A questo punto si potrà collocare la chiusura orizzontale di copertura in legno X-LAM (Figura 8.46) e la struttura sarà completa; si potrà allora procedere con diverse lavorazioni contemporanee.



Figura 8.46 - Posa della chiusura orizzontale di copertura.

Si potrà quindi lavorare contemporaneamente sulle finiture esterne, realizzando la stratigrafia della chiusura verticale e posando i rivestimenti e gli infissi, e si potrà realizzare la stratigrafia della chiusura orizzontale di copertura (Figura 8.47).



Figura 8.47 – Posa degli infissi, del rivestimento esterno e del tetto giardino.

Contemporaneamente si procederà con la realizzazione delle partizioni interne non portanti e la posa degli impianti (Figura 8.48)



Figura 8.48 – Posa delle partizioni interne non portanti e degli impianti

Successivamente si procederà all'interno con i rivestimenti e le finiture, ed all'esterno con la posa dell'autobloccante (Figura 8.49).



Figura 8.49 – Realizzazione delle finiture interne e posa dell'autobloccante



Figura 8.50 – Opera finita.

## 8.6 PRINCIPI DI SOSTENIBILITA' APPLICATI

Il pronto soccorso assemblabile prefabbricato in legno X-LAM è stato progettato con l'intento di:

- utilizzare tecnologie rinnovabili innovative ed un uso razionale dell'energia;
- ottenere una significativa riduzione del consumo di energia primaria, delle emissioni di CO<sub>2</sub> e della domanda di energia elettrica;
- garantire il miglioramento delle condizioni di illuminazione e di confort termico, in modo da rendere più confortevole il clima interno.

In particolare, le soluzioni architettoniche e tecnologiche adoperate per l'abbattimento dell'impatto ambientale e la riduzione delle emissioni inquinanti e della domanda di energia totale sono state le seguenti:

- utilizzo di materiali a basso contenuto energetico prefabbricati;
- utilizzo della luce naturale;
- utilizzo di sistemi di captazione dell'energia solare;
- controllo delle dispersioni termiche;
- controllo del surriscaldamento estivo;
- particolare attenzione nella scelta dei sistemi di riscaldamento/raffreddamento;

## UTILIZZO DI MATERIALI A BASSO CONTENUTO ENERGETICO

PRESTAZIONI ATTESE:       - Riduzione dell'energia globale  
  contenuta nell'edificio

  - Riduzione delle emissioni di CO2

TECNOLOGIE APPLICATE:   - Utilizzo di materiali a basso contenuto  
  energetico

  - Prefabbricazione ed assemblaggio a  
  secco

Un pronto soccorso, così come qualsivoglia edificio, consuma energia durante tutto il suo ciclo di vita, dalla fase di reperimento delle materie prime per la produzione dei materiali edilizi, fino al momento della sua dismissione. Per tale motivo nel progetto del pronto soccorso assemblabile, oggetto del seguente studio, si è voluto attuare una progettazione “consapevole” in grado di integrare gli aspetti estetico-formale con quelli energetico-funzionale. Si è cercato quindi di minimizzare l'impatto ambientale dell'edificio utilizzando prodotti, materiali e tecnologie in grado di ridurre l'inquinamento ambientale e le emissioni nocive, migliorando l'efficienza energetica ed incrementando il confort degli spazi.

Tenendo conto di tutti gli aspetti energetici ed ambientali analizzati nel capitolo 04 “*Analisi del ciclo di vita*”, si è deciso di utilizzare una struttura in legno X-LAM prefabbricata ed assemblabile.

La scelta dei materiali è stata effettuata seguendo i principi cardine della bio-architettura, in particolare analizzando l'impatto che un materiale ha sull'ambiente durante tutto il suo ciclo di vita (LCA=Life Cycle Assesment). Lo studio dell'energia assorbita da un determinato materiale durante tutto il suo ciclo di vita, dalla pre-produzione alla dismissione e smaltimento, è un processo piuttosto complesso determinato dalla somma di vari fattori; un dato piuttosto obiettivo riguarda la fase di produzione del materiale, per la quale sono noti o ricavabili i dati riguardanti l'approvvigionamento delle materie prime e le quantità necessarie; è nota

l'energia necessaria per produrre 1 tonnellata di materiale e le emissioni prodotte durante queste fasi.

Riguardo il trasporto, il montaggio, la dismissione e lo smaltimento è necessario svolgere uno studio caso per caso (in base alla distanza dal cantiere, alle tecniche costruttive utilizzate, alla distanza da discariche, alla possibilità di riciclaggio, etc.)

Fra i materiali a basso impatto energetico-ambientale utilizzati nel progetto ritroviamo:

- pannelli in legno multistrato X-LAM

(PEI non rinn.= 2617 MJ; GWP= -648<sup>1</sup> Kg CO<sub>2</sub>eq)<sup>3</sup>;

- collanti senza formaldeide;
- elementi in cemento armato prefabbricato

(PEI non rinn.= 4098 MJ; GWP= 455 Kg CO<sub>2</sub>eq)<sup>(5)</sup>;

pavimento in teak nella sala di accettazione  
(PEI non rinn.= 3217 MJ; GWP= -1013<sup>1</sup> Kg CO<sub>2</sub>eq);<sup>(5)</sup>

- pavimento in linoleum nelle stanze di degenze;
- gomma nei pavimenti del blocco operatorio;
- intonaci interni in grassello di calce e sabbia
- impiego di isolanti naturali quali la lana di roccia;
- controsoffitti con pannelli di cartongesso;
- tinteggiature traspiranti con pigmenti naturali e vernici a base d'acqua;

---

<sup>3</sup> M. Hegger, V. Auch-Schwelk, M. Fuchs, T. Rosenkranz, Atlante dei materiali, UTET scienze tecniche, 2006.

- adozione di collanti naturali senza solventi di origine petrolchimica.

Al fine di ridurre l'inquinamento da cantiere prodotto dagli scarti e dalle lavorazioni che si effettuano per edificare le fondazioni tradizionali gettate in opera, si è stabilito di utilizzare un sistema di fondazione in calcestruzzo armato prefabbricato. Con il solaio di fondazione in cemento armato prefabbricato si garantisce durabilità, ottima resistenza meccanica nel tempo e deformazioni limitate, una precisione millimetrica e resistenza a funghi, muffe e termiti<sup>4</sup>. Il collegamento fra le solette che costituiscono la fondazione avviene a secco senza getti in opera, riducendo così l'inquinamento prodotto in cantiere dai getti di calcestruzzo, e velocizzando la realizzazione dell'opera stessa.

Si è deciso inoltre di utilizzare pannelli in legno multistrato X-LAM per la COB, le CV, la COB ed alcune PI, poiché il legno, rispetto ad altri materiali per l'edilizia, presenta una lunga durata di utilizzo, è rinnovabile ed è riciclabile, e conserva un basso contenuto energetico durante il ciclo di vita.

Il legno presenta, inoltre, una conducibilità termica molto bassa, un elevato grado di isolamento acustico, una buona resistenza al fuoco ed ottime capacità portanti e di resistenza alle scosse sismiche. Se installato in modo corretto, vale a dire in ambiente asciutto e ventilato, è pressoché indistruttibile, ed è leggero pur conservando una notevole resistenza statica. Con il 20% di umidità, il peso specifico apparente del legno di conifera è  $600 \text{ Kg/m}^3$ ; il calcestruzzo armato ha peso specifico di  $2.500 \text{ Kg/m}^3$  (4 volte superiore), e l'acciaio  $7.800 \text{ Kg/m}^3$  (oltre 10 volte superiore)<sup>5</sup>.

Il legno presenta un basso contenuto energetico durante il ciclo di vita. La sua lavorazione, infatti, non richiede grossi dispendi energetici durante le fasi di reperimento delle materie prime ed i processi di produzione del materiale stesso.

---

<sup>4</sup> Assobeton, 100 Vantaggi dell'edilizia industrializzata in calcestruzzo, tratto dal sito <http://www.100vantaggi.it>

<sup>5</sup> Sostenibilità, gennaio 2013, tratto dal sito <http://www.smarthomeproject.it>

Anche i collegamenti del legno avvengono a secco, tramite avvitatura, chiodatura o utilizzo di piastre metalliche di collegamento.

Si riporta di seguito un estratto della tabella 4.1 del capitolo 04 – *analisi del ciclo di vita*. Nella tabella vengono riportati i parametri del bilancio ecologico dei due materiali utilizzati nel progetto del pronto soccorso oggetto della tesi, ovvero il calcestruzzo prefabbricato di classe C35/45 con il 2% di acciaio FE360B e quelli di un pannello in legno a tre strati con densità di essiccazione pari a 430 kg/m<sup>3</sup>. Tali parametri vengono inoltre messi a confronto con quelli di un elemento in acciaio FE 360 B<sup>6</sup>.

<b>Materiale</b>	<b>Elemento prefabbricato in calcestruzzo, 2% acciaio (FE360B, C35/45), <math>\rho=2500 \text{ kg/m}^3</math></b>	<b>Pannello a tre strati, 12% HF, densità di essiccazione 430 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Acciaio (FE 360 B, 85% primaria)</b>
<b>Unità di rif.</b>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 kg
<b>Potere calorifico (MJ)</b>	-	8618	-
<b>PEI non rinn. (MJ)</b>	4098	2617	-12
<b>PEI rinn. (MJ)</b>	86	9387	-0,28
<b>GWP (KgCO<sub>2</sub>eq)</b>	455	-648 <sup>1</sup>	-0,71
<b>ODP (KgR11eq)</b>	0,000031	0,000030	1,65 E <sup>-08</sup>
<b>AP (KgSO<sub>2</sub>eq)</b>	0,96	0,54	-0,0031
<b>EP (KgPO<sub>4</sub>eq)</b>	0,12	0,065	-0,00024
<b>POCP (KgC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>eq)</b>	0,12	0,36	-0,00050

Tabella 8.1 – Parametri del bilancio ecologico riferiti al calcestruzzo, legno e acciaio.

<sup>6</sup> M. Hegger, V. Auch-Schwelk, M. Fuchs, T. Rosenkranz, Atlante dei materiali, UTET scienze tecniche, 2006.

Per questi bilanci è stato utilizzato un software che impiega dati che si basano su esperienze di collaborazioni industriali e letteratura tecnica o di brevetto. I parametri si riferiscono a quanto dichiarato dal produttore per  $1\text{m}^3$  o  $1\text{Kg}$  del materiale in questione e non sono direttamente comparabili per le diverse grandezze di riferimento.

Dalla tabella emerge che il materiale da costruzione che lega a sé molta energia non rinnovabile (PEI non rinn.) è l'acciaio, quelli più poveri, e quindi i migliori dal punto di vista ecologico, sono il calcestruzzo prefabbricato ed il pannello in legno. Occorre specificare, però, che il legno, rispetto al calcestruzzo, possiede delle qualità energetiche migliori. Questo infatti è un materiale rinnovabile che presenta un alto potere calorifico. Infatti, il legno si forma in seguito all'azione combinata di clorofilla ed energia solare, dall'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) presente nell'aria, dall'acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e dagli oligoelementi del terreno. Durante la sua combustione viene liberata l'energia contenuta nei legami chimici delle sostanze che lo compongono, le quali si trasformano essenzialmente in anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ma anche in ceneri e altri composti. Con la combustione del legno, quindi, il rilascio netto di anidride carbonica viene azzerato, in conseguenza del fatto che la quota parte di  $\text{CO}_2$  immessa dalla combustione è la medesima che viene poi fissata dalle piante con la fotosintesi durante la loro crescita e che, quindi, ritorna all'atmosfera senza alterare il ciclo del carbonio. Questo invece non accade con l'acciaio e il calcestruzzo, ove per ridurre le emissioni di  $\text{CO}_2$  è necessario ridurre il loro processo di produzione. La prova che il legno sia un materiale rinnovabile, la riscontriamo anche dal fatto che il suo PEI è coperto per gran parte dalle energie rinnovabili (il valore del PEI rinnovabile è maggiore del valore del PEI non rinnovabile). Sempre nella tabella 8.1 possiamo vedere che il legno, rispetto al calcestruzzo e l'acciaio, presenta un potenziale di riscaldamento globale (GWP) basso, per questo motivo il legno risulta avere un minore impatto ambientale. Il suo GWP presenta un valore negativo, poiché il legno sottrae  $\text{CO}_2$  all'atmosfera durante il processo di fotosintesi.

## UTILIZZO DELLA LUCE NATURALE

- PRESTAZIONI ATTESE:
- Riduzione del consumo energetico
  - Benessere psicologico del paziente
- TECNOLOGIE APPLICATE:
- Utilizzo di finestre
  - Utilizzo di solar tube
  - Orientamento a sud degli ambulatori e delle stanze di degenza e accettazione
  - Sistemi di rilevamento della luce interna
  - Lampade a basso consumo energetico

Nel progetto del pronto soccorso assemblabile prefabbricato gli ambienti dove sono presenti persone sono state dotate di aperture finestrate, in modo tale da richiedere un supporto di luce artificiale inferiore. In particolare le finestre sono state posizionate nelle stanze di osservazione, dove sono presenti i pazienti, e nell'accettazione dove sono collocate le zone di attesa. Non sono invece presenti finestre in quegli ambienti che non consentono di avere una luce naturale (sala rx, sala mergenze).

Inoltre, laddove vi sia bisogno di luce naturale ma non vi sono chiusure verticali dalle quali ricavare una superficie finestrata, sono stati inseriti dei solar tube che, attraversando la stratigrafia del tetto giardino, captano la luce solare e la convogliano verso gli ambienti da illuminare.

Il pronto soccorso è orientato in modo da rivolgere gli ambulatori e le stanze di degenza e l'accettazione sempre a sud, e garantire in tal modo la miglior esposizione a quegli ambienti dove sono presenti i pazienti.

All'interno del pronto soccorso per ridurre i consumi energetici, e soprattutto gli sprechi di energia, è stato previsto un sistema di rilevamento della luce. Tale sistema registra il livello della luce naturale all'interno degli

ambienti e lo confronta ad una curva di livello preimpostata. In questo modo è possibile stabilire se il grado di illuminazione all'interno della stanza sia sufficiente o se sia necessario integrarlo con l'illuminazione artificiale; nel primo caso il sistema provvederà alla disattivazione dei circuiti elettrici e non renderà possibile l'attivazione dell'illuminazione artificiale, nel secondo invece regolerà automaticamente l'intensità di luce da fornire alla stanza.

Tutte le lampade installate sono ad alta efficienza e basso consumo energetico.

## UTILIZZO DI SISTEMI DI CAPTAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE

PRESTAZIONI ATTESE: -Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Pannelli fotovoltaici

- Collettori solari

Questi sistemi atti a ridurre la richiesta energetica e ridurre l'utilizzo di energia per il riscaldamento dell'acqua, può essere prevista nel progetto nel caso in cui si mantenga il pronto soccorso in funzione anche dopo l'emergenza. Si può quindi prevedere l'installazione di pannelli fotovoltaici per la conversione dell'energia solare in energia elettrica e di collettori solari per il riscaldamento dell'acqua sanitaria.

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua. Uno di questi elementi è il silicio, che compone le celle fotovoltaiche, che a sua volta formano i pannelli fotovoltaici.

I pannelli solari termici sono invece dei dispositivi contenenti un fluido che, riscaldato dal sole, trasferisce il calore all'acqua o un altro fluido per produrre acqua calda sanitaria. Per evitare nell'impianto l'insorgere di batteri gram-negativi aerobi, come la legionella, si utilizza un sistema di backup elettrico che, mantenendo l'acqua a temperature elevate, impedisce la nascita del batterio legionella.

## CONTROLLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE

PRESTAZIONI ATTESE:

- Riduzione dei consumi per la climatizzazione/riscaldamento
- Miglioramento del comfort interno
- Riduzione dell'uso di risorse

TECNOLOGIE APPLICATE:

- Coperture verdi
- Pareti esterne con isolamento a cappotto
- Infissi a taglio termico

Negli ambienti sanitari si ritiene necessario garantire condizioni termometriche favorevoli alla guarigione del paziente. Uno dei fattori che influenza notevolmente la quantità di energia necessaria per ottenere queste condizioni termometriche è il comportamento termico dell'involucro edilizio (un edificio ben isolato termicamente presenterà minori dispersioni, quindi richiederà un minor apporto termico da parte degli impianti, e di conseguenza una minore quantità di energia utilizzata).

La copertura del pronto soccorso assemblabile prefabbricato è costituita da un tetto verde che garantisce un ottimo isolamento termico riuscendo ad abbattere gli sbalzi termici fra interno ed esterno. In inverno il tetto verde limita la dispersione del calore interno verso l'esterno, mentre in estate limita il surriscaldamento della superficie di copertura dovuto ai raggi solari.

Aumentando la massa termica della copertura, infatti, si migliora il mantenimento della temperatura interna: gli scambi termici, che in inverno avvengono dall'interno verso l'esterno, determinano una perdita di calore sottratto dall'esterno più freddo; questo flusso dovrà però attraversare un pacchetto di copertura che assorbe e trattiene grandi quantità di calore, e verrà quindi notevolmente rallentato.

Nel periodo estivo, invece, grazie alla presenza della terra, dell'acqua in essa presente, e del prato verrà rallentato il surriscaldamento della copertura

determinato dall'irraggiamento solare. Inoltre, la terra presente nello strato esterno del pacchetto di copertura assorbe parte delle acque piovane che viene riutilizzata, invece di essere direttamente introdotta nel sistema fognario.

La pendenza della copertura è ottenuta tramite il polistirolo espanso (>1%); al di sopra del polistirolo è collocata una guaina che separa il polistirolo dallo strato drenante, costituito da ghiaia, e sopra la ghiaia viene inserito il terreno vegetale con la relativa vegetazione.

Sotto il polistirolo espanso viene steso uno strato di cartone bitumato che lo separa dal sottostante isolamento termo-acustico. Al di sotto dell'isolamento uno strato di barriera al vapore protegge lo strato di isolamento termico dall'eventuale formazione di condensa degli strati interni.

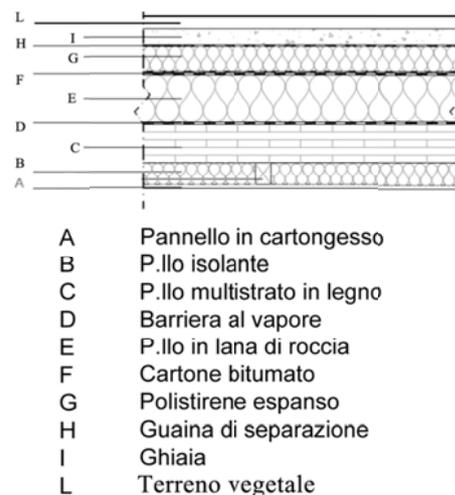


Figura 8.48 - Stratigrafia della chiusura orizzontale di copertura.

Le chiusure verticali sono state progettate per garantire un buon isolamento termico in funzione della massima differenza di temperatura che può presentarsi durante l'anno.

La stratigrafia è stata realizzata con isolamento a cappotto, applicando il materiale isolante, con appositi sistemi di fissaggio, all'esterno della parete in legno multistrato X-LAM. Posizionando lo strato isolante verso l'esterno si protegge la parete dalle escursioni termiche. La parete, dunque, resterà più

calda in inverno e più fresca in estate, generando un migliore comfort abitativo.

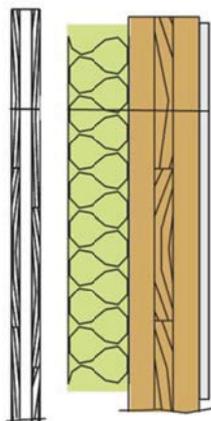


Figura 8.49 - Stratificazione della chiusura verticale.

Uno dei fattori che determina la quantità di energia necessaria a climatizzare un ambiente, è la capacità di quest'ultimo di mantenere la propria temperatura; le chiusure esterne, siano esse orizzontali che verticali, sono gli elementi di fabbrica maggiormente sottoposti a scambi di temperatura, proprio per il loro contatto con l'esterno che presenta una temperatura differente rispetto a quella interna. Nelle chiusure verticali esterne gli elementi dove il passaggio di temperatura è maggiore sono gli infissi, ed è per questo che la scelta di questi ultimi influenza la quantità di energia necessaria a climatizzare gli ambienti interni.

La scelta adottata nel progetto è stata di installare finestre a taglio termico con doppi vetri basso-emissivi e camera d'aria. Questo tipo di vetro consente il passaggio dei raggi solari in modo differente nei due versi in entrata ed in uscita: i raggi in entrata possono attraversare il vetro per intero riscaldando così gli ambienti per irraggiamento; i raggi in uscita invece vengono in parte riflessi verso l'interno così da continuare l'azione di riscaldamento per irraggiamento.

La presenza del doppio vetro e della camera d'aria contribuisce invece a mantenere le condizioni di temperatura interna riducendo la perdita di energia per conduzione.

## CONTROLLO DEL SURRISCALDAMENTO ESTIVO

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Schermatura delle superfici finestrate

Per evitare l'eccessivo irraggiamento durante la stagione estiva, la chiusura orizzontale di copertura è stata progettata sporgente rispetto la chiusura verticale; le pareti finestrate sono così collocate in posizione leggermente rientrata rispetto al filo esterno della copertura, protette dai raggi solari diretti grazie alla presenza dello sporto di gronda di lunghezza pari a 80 cm (Figura 8.50).

La funzione di tale oggetto è quella di bloccare l'irraggiamento diretto degli ambienti interni, con conseguente effetto di surriscaldamento, durante la stagione estiva; i raggi solari non vengono invece bloccati durante la stagione invernale, così da consentire l'accumulo di calore naturale all'interno dell'edificio. Tale funzionamento differente durante le stagioni è ottenuto grazie alla diversa inclinazione dei raggi solari; in estate i raggi possiedono una inclinazione maggiore, e, a causa della presenza dell'oggetto non riusciranno a raggiungere direttamente la parete finestrata, in inverno invece i raggi possiedono una inclinazione inferiore, e possono raggiungere le superfici finestrate senza subire l'interferenza dell'oggetto.

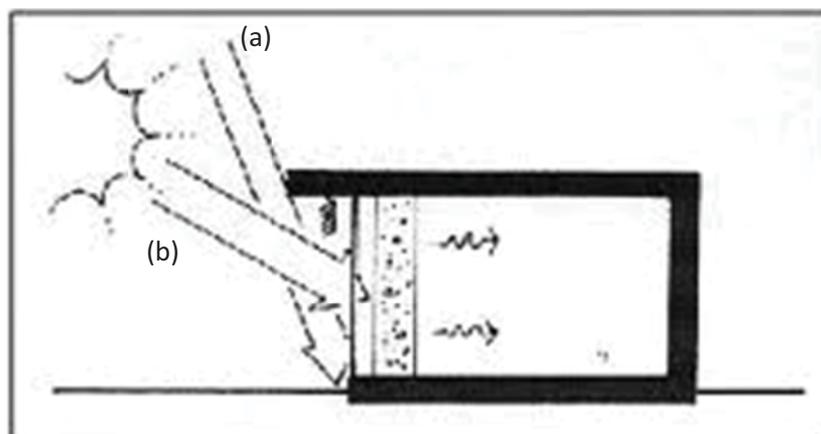


Figura 8.50 Schema dell'inclinazione solare durante la stagione estiva (a) ed invernale (b)

## CIRCUITI DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO

PRESTAZIONI ATTESE: - Riduzione del consumo energetico

TECNOLOGIE APPLICATE: - Sistema HVAC

Le condizioni termo-igrometriche, favorevoli alla guarigione del paziente, sono state raggiunte grazie all'adozione di impianti HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning) che rilevano la temperatura interna dell'aria e l'umidità relativa e la regolano, mantenendo temperature tra i 18-26 °C nelle zone di passaggio (accettazione e corridoi), e temperature di circa 21-24 °C negli altri ambienti.





## CONCLUSIONI E SPUNTI

Nel presente studio di ricerca si è tentato di ampliare il panorama delle strutture sanitarie mobili utilizzate temporaneamente durante lo svolgersi di emergenze sanitarie dovute ad eventi naturali catastrofici impreveduti. Si è visto che le strutture ad oggi utilizzate, tende e shelter, possiedono il vantaggio di essere facilmente trasportabili e velocemente utilizzabili, garantendo così supporto sanitario durante le prime 72 ore e nei giorni successivi; però, conservando il proprio carattere di temporaneità, si ritiene che nel lungo periodo non riescano ad offrire alle popolazioni colpite dall'emergenza, l'efficienza, il comfort e la sensazione di stabilità percepita di fronte ad una struttura fissa.

L'alternativa proposta, un pronto soccorso prefabbricato assemblabile in legno X-LAM, è stata studiata allo scopo di affiancarsi alle strutture mobili esistenti o sostituirle nel lungo periodo (nel caso in cui l'emergenza dovesse protrarsi per molto tempo oltre le 72 ore).

Un aspetto di fondamentale importanza è quindi la tempistica con la quale questo pronto soccorso viene assemblato; si è stimato che potrebbero essere sufficienti 8 giorni durante i quali sei squadre di lavoro si alternano, a coppie di due, in tre turni giornalieri. Se si considera inoltre che per l'arrivo degli elementi da assemblare potrebbero essere necessari due giorni, si è stimato che in 10 giorni consecutivi dall'inizio dell'emergenza, sia possibile avere il pronto soccorso oggetto di studio assemblato e funzionante. Tale tempistica non consente al pronto soccorso di sostituire in toto le strutture attualmente utilizzate, tende e shelter, ma, come precedentemente dichiarato, gli consente di proporsi come alternativa nel post 72 ore; inoltre, superando il carattere di temporaneità tipico delle strutture mobili attualmente utilizzate, è possibile lasciare in funzione il pronto soccorso anche dopo l'emergenza migliorando la rete sanitaria locale.

Si ritiene però che l'aspetto tempistico vada affrontato in modo più approfondito, possibilmente analizzando le fasi di assemblaggio con le case

produttrici degli elementi prefabbricati, e progettando ad hoc sistemi di fissaggio che possano agevolare l'abbreviarsi dei tempi di assemblaggio.

Un altro aspetto da approfondire potrebbe essere il trasporto degli elementi necessari all'assemblaggio del pronto soccorso, sia in termini di tempo, quanto in termini di spazio. Si potrebbe infatti ipotizzare la collocazione del deposito atto al contenimento degli elementi da assemblare, ed analizzare i tempi necessari al loro carico, trasporto e scarico in situ, ed il numero di mezzi necessari al trasporto. In tal modo sarebbe possibile affinare il cronoprogramma dei lavori, e quindi ottenere una tempistica più precisa, e si potrebbe valutare l'impatto ambientale provocato dal trasporto di tali elementi. Inoltre, nel caso di trasporto oltre mare in paesi meno sviluppati, si potrebbe ipotizzare un trasporto su nave in container dedicati, e poi su ruota fino al sito interessato.

Particolare attenzione durante la progettazione del pronto soccorso è stata dedicata agli aspetti sostenibili impiegati, o impiegabili. La scelta è stata effettuata in termini comparativi con altre strutture ospedaliere ritenute, dall'UE o da enti di certificazione, fra le migliori in termini di sostenibilità energetica ed ambientale. Sulla base di tale indagine si ritiene che i principi utilizzati in questo progetto siano tali da collocarlo nell'ambito degli Smart Hospitals indagati, ossia degli ospedali energeticamente efficienti e con basso impatto ambientale. Sarebbe però interessante calcolare quale sia la richiesta energetica di tale pronto soccorso, e dimensionare le soluzioni adottabili per il reperimento di energie da fonti rinnovabili, e calcolare quali siano le emissioni inquinanti dell'intero edificio. A tal fine andrebbero approfonditi gli aspetti impiantistici e, successivamente, si potrebbe effettuare una simulazione di certificazione LEED e dimostrare in quale categoria si colloca il pronto soccorso (platinum, gold, silver, etc.).

Dallo studio effettuato si ritiene che il pronto soccorso in esame possa porsi nel panorama delle strutture sanitarie atte alla gestione delle emergenze straordinarie, con buoni risultati energetici, ambientali e tempistici. Si ritiene inoltre che molti potrebbero essere gli aspetti da approfondire nell'ambito della ricerca, per i quali si rimanda a pubblicazioni successive.





## BIBLIOGRAFIA

### LIBRI

- AA.VV., *Industrializzazione e prefabbricazione nell'edilizia ospedaliera*, A.I.T.E.C. , Roma
- Meoli Federica , *L'architettura dell'ospedale a 15 anni dall'art. 20 L.67/88: criteri per la valutazione della qualità progettuale complessiva*, Palombi Editori, Roma, 2007
- Capolongo Stefano, *Edilizia ospedaliera. Approcci metodologici e progettuali*, Hoepli, Milano
- Enrico Dassori, *La prefabbricazione in calcestruzzo. Guida all'utilizzo nella progettazione*, BE-MA editrice, Milano, 2001
- Tihamér Koncz, *La prefabbricazione residenziale e industriale. Vol.II*, Edizioni Tecniche Bauvelag, Milano, 1969
- Monica Lavagna, *Life cycle assessment in edilia*, Hoepli, Milano, 2008
- Gaetano Sciuto, *Modelli progettuali per la sostenibilità edilizia*, Anabiblo, Roma, 2010
- Giovanni Martinazzoli, *Gli impianti ospedalieri: guida alla progettazione integrata*, NIS (Nuova Italia Scientifica), Roma, 1995
- Marcello Zordan, *L'architettura dell'acciaio in Italia*, Gangemi editore, Roma, 2006
- Hegger Fuchs Stark Zeumer, *Atlante della sostenibilità*, UTET, Torino, 2008
- M. Hegger, V. Auch-Schwelk, M. Fuchs, T. Rosenkranz, *Atlante dei materiali*, UTET, Torino, 2006
- U. Ayres and Leslie W. Ayres, *A Handbook of Industrial Ecology*
- S. Falocco, *La metodologia dell'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment)*, Ecosistemi srl
- E. Mandolesi, *EDILIZIA Vol.1, parte seconda*
- Natterer - Herzog - Volz, *ATLANTE DEL LEGNO*, UTET, Savigliano (CN), 2003
- G.Pasetto, F.Peron, P. Romagnoni, *LE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO ED ACUSTICO DELLE STRUTTURE IN X-LAM*
- Robin Guenther - Gail Vittori - Rick Fedrizzi, *SUSTAINABLE HEALTHCARE ARCHITECTURE*, 2008
- Romano Del Nord, *LO STRESS AMBIENTALE NEL PROGETTO DELL'OSPEDALE PEDIATRICO*, Motta Ed, Milano, 2006
- Cristina Donati, *L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA DALLA RICERCA ALLA REALIZZAZIONE*, Electa, Milano, 2007
- Robin Guenther e Gail Vittori, *SUSTAINABLE HEALTHCARE ARCHITECTURE*, Wiley & Sons, 2008

## ARTICOLI

- Altea P., "Verso un ospedale sostenibile-tendenze in atto", in *Tecnica ospedaliera*, Luglio 2007, Tecniche nuove, Venezia, pp. 26-31
- Carabillò M., Ciotti A., "Curarsi con la natura: il Nuovo Ospedale di Mestre", in *Progettare per la sanità*, Luglio/Agosto 2007, Etas periodici, Milano
- La Franca G., "Compatibile e sostenibile-Pediatico Meyer", in *Tecnica ospedaliera*, Gennaio 2007, Tecniche nuove, Venezia
- La Franca G., "Monoblocco bioclimatico-Ospedale di Mestre", in *Tecnica ospedaliera*, Dicembre 2007, Tecniche nuove, Venezia
- La Franca G., "Umanizzazione ed efficienza-Nuovo Miulli", in *Tecnica ospedaliera*, Marzo 2007, Tecniche nuove, Venezia
- Capolongo Stefano, "Verso un ospedale sostenibile-tendenze in atto", in *Tecnica ospedaliera*, Luglio 2007, Tecniche nuove, Venezia
- Capolongo Stefano, Brioschi A., "Energie rinnovabili, l'ospedale solare", in *Tecnica ospedaliera*, Ottobre 2006, Tecniche nuove, Venezia
- Stevan Cesare, "Gli ospedali intelligenti di domani", *Progettare per la sanità*, Settembre 1993, Etas periodici, Milano
- M.M Bilec, R.J Ries, K.L Needy, M Gokhan, A.F Phelps, E Enache-Pommer, M.J Horman, S.E Little, T.L Powers, E McGregor, and C Sheane, "Analysis of the design process of green children's hospitals: Focus on process modeling and lessons learned", in *Journal of Green Building*, Winter 2009, Vol 4, No.1, pp. 121-134
- Kimberly Michaels and Catherine Callahan, "The Cayuga medical center a case study in landscape master planning and sustainability", in *Journal of Green Building*, 2011, Vol. 6, No. 2, pp. 17-28
- Thibaudeau, P., "Integrated design is green", in *Journal of Green Building*, 2008, Vol 3, No 4, pp. 78-94
- Shelton Ted, "Going green: Strategies for any project", in *Journal of Green Building*, 2007, Vol 2, No.3, pp. 2-11
- Andreas Phelps, Michael Horman, Marcia Barr, Justin Brower, David Riley, Jorge Vanegas, and Annie Pearce, "Bridging the Physics of Building with the Physiology of Health Care: Greening Healthcare Facilities", in *Journal of Green Building*, 2006, Vol. 1, No. 2, pp. 164-176
- Weinmaster, M, "Are green walls as "green" as they look? an introduction to the various technologies and ecological benefits of

- green walls”, in *Journal of Green Building*, 2009, Vol 4, No. 4, pp. 1-18
- Giuseppe La Franca, “Nuovo Dea, Riccione-Virtù della prefabbricazione”, in *Tecnica ospedaliera*, Ottobre 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 34-40
  - Giuseppe La Franca, “A Rovereto ampliamento e ristrutturazione”, in *Tecnica ospedaliera*, Febbraio 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 36-41
  - Giuseppe La Franca, “Ospedale di Aosta, nuovo edificio prefabbricato”, in *Tecnica ospedaliera*, Gennaio 2012, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 26-30
  - Maddalena Buffoli, “Riqualficazione ospedaliera-Dalla programmazione alla realizzazione”, in *Tecnica ospedaliera*, Luglio 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 22-31
  - Maddalena Buffoli, “Verbano Cusio Ossola-L'ospedale della Montagna”, in *Tecnica ospedaliera*, Luglio 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 48-53
  - Riccardo Oliveri, “Ospedale eco compatibile-Certificazione europea Emas”, in *Tecnica ospedaliera*, Luglio 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 54-63
  - Pierluigi Altea, “Rifiuti sanitari-Un'Italia spezzata in due”, in *Tecnica ospedaliera*, Dicembre 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 20-26
  - Maddalena Buffoli, “Pensare l'ospedale, progettare in sinergia”, *Tecnica ospedaliera*, Maggio 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 24-26
  - Enzo Guaglione, “Design terapeutico, armonia in pediatria”, in *Tecnica ospedaliera*, Gennaio 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 76-79
  - Maddalena Buffoli, Chiara Castagnoli, “Strutture sanitarie, sostenibilità ambientale”, in *Tecnica ospedaliera*, Marzo 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 24-26
  - Giuseppe La Franca, “Nuovo Miulli, Umanizzazione ed efficienza”, in *Tecnica ospedaliera*, Marzo 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 28-34
  - Giuseppe La Franca, “Gubbio Gualdo Tadino-Dal modello alla realtà”, in *Tecnica ospedaliera*, Aprile 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 42-48
  - Pietro Manzi, “L'organizzazione, trasferire un ospedale”, in *Tecnica ospedaliera*, Aprile 2007, *Tecniche nuove*, Venezia, pp. 72-79
  - Yat-Hung Chiang, Edwin Hon-Wan Chan, Lawrence Ka-Leung Lok, “Prefabrication and barriers to entry—a case study of public housing

and institutional buildings in Hong Kong”, in *Habitat International*, 2006 vol.30, Elsevier, pp. 482-499

- Bassam A. Burgan, Michael R. Sansom, “Sustainable steel construction”, in *Journal of constructional steel research*, 2006 vol.62, Elsevier, pp. 1178-1183
- Salman Azhar, Wade A. Carlton, Darren Olsen, Irtishad Ahmad, “Building information modeling for sustainable design and LEED rating analysis”, in *Automation in construction*, 2011 vol.20, Elsevier, pp. 217-224
- Zhen Chen, Heng Li, Conrad T.C. Wong, “An application of bar-code system for reducing construction wastes”, in *Automation in construction*, 2002 vol.11, Elsevier, pp. 521-533
- Knut Einar Larsen, Frank Lattke, Stephan Ott, Stefan Winter, “Surveying and digital workflow in energy performance retrofit projects using prefabricated elements”, in *Automation in construction*, 2011 vol.20, Elsevier, pp. 999-1011
- Tatsuya Wakisaka a, Noriyuki Furuya b, Yasuo Inoue b, Takashi Shiokawa, “Automated construction system for high-rise reinforced concrete buildings”, in *Automation in construction*, 2000 vol.9, Elsevier, pp. 229-250
- Lara Jaillon, C.S. Poon, “The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector”, in *Automation in construction*, 2009 vol.18, Elsevier, pp. 239-248
- Ying Chen, Gül E. Okudan, David R. Riley, “Decision support for construction method selection in concrete buildings: Prefabrication adoption and optimization”, in *Automation in construction*, 2010 vol.19, Elsevier, pp. 665-675
- Andrew Baldwin, Chi-Sun Poon, Li-Yin Shen, Simon Austin, Irene Wong, “Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction”, in *Renewable Energy*, 2009 vol.34, Elsevier, pp. 2067-2073
- Vivian W.Y. T, C.M. Tam, S.X. Zeng, William C.Y. Ng, “Towards adoption of prefabrication in construction”, in *Building and environment*, 2007 vol.42, Elsevier, pp. 3642-3654
- Andrea Costa, Marcus M. Keane, J. Ignacio Torrens, Edward Corry, “Building operation and energy performance: Monitoring, analysis and optimisation toolkit”, in *Applied energy*, 2011, Elsevier,
- Emel Laptali Oral, Gulgun Mistikoglu, Ercan Erdis, “JIT in developing countries—a case study of the Turkish prefabrication sector”, in *Building and environment*, 2003 vol.38, Pergamon, pp. 853-860

- L. Jaillon, C.S. Poon, Y.H. Chiang, “Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong”, in *Waste management*, 2009 vol.29, Elsevier, pp. 309-320
- Ming Lu, M.ASCE; Chi-Sun Poon; and Lap-Chi Wong, “Application Framework for Mapping and Simulation of Waste Handling Processes in Construction”, in *Journal of construction engineering and management*, Settembre 1994, Vol.120 n.3, ASCE, pp. 536-552
- André Coelho, Jorge de Brito, “Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings”, in *Waste management*, 2012 vol.32, Elsevier, pp. 532-541
- Fang Yuan, Li-yin Shen, Qi-ming Li, “Energy analysis of the recycling options for construction and demolition waste”, in *Waste management*, 2011 vol.31, Elsevier, pp.2503-2511
- Aluisio Braz De Melo, Arlindo F. Goncalves, Isabel M. Martins, “Construction and demolition waste generation and management”, in *Resources, Conservation and Recycling*, 2011 vol.55, Elsevier, pp. 1252-1264
- B.A.G. Bossink, H.J.H. Brouwers, “Construction waste: quantification and source evaluation”, in *Journal of construction engineering and management*, Marzo 1996, ASCE, pp. 55-60
- Oriol Pons, “Evolución de las tecnologías de prefabricación aplicadas a la arquitectura escolar”, in *Informes de la Construcción*, Ott-Dic 2010 Vol.62, CSIC, Barcellona, Spagna, pp. 15-26
- R.J. Collier, “An introduction to electromagnetic interference in hospitals”, in *The institution of electrical engineers*, 1994, IEE Savoy Place, Londra, Inghilterra, pp. 1-3
- D. F. Bignam, “Protezione civile e riduzione del rischio disastri”, in *Politecnica*, Maggio 2010, p. 212
- F. Ardente, G. Beccali, M. Fontana, S. Longo, “L’analisi del ciclo di vita applicata agli edifici residenziali, il caso studio di un edificio mono-familiare”, in *La termotecnica, edilizia & ecologia*, settembre 2009, p. 55 – 59
- Contegni, Palermo, Toniolo, “strutture prefabbricate: schedario dei collegamenti”, *Progetto triennale 2005/08-DPC/RELUIS*, Maggio 2007
- A.a.V.v., “Progetto di ricerca finalizzata (ex art.12, Dlgs 502/99): Principi guida tecnici, organizzativi e gestionali per la realizzazione e gestione di ospedali ad alta tecnologia e assistenza.”, supplemento di *Monitor* n.6 ASSR editore, 2003
- Greg Kats, Leon Alevantis, Adam Berman, Evan Mills, Jeff Perlman, ” the costs and financial benefits of green buildings: a

report to california's sustainable building task force", in USGBC, Marzo 2009

- K. Gregor, "a healing place – dell children's hospital opens in mueller", in The Austin Chronicle, Giugno 2007, Austin Texas
- M. Wilmeth, "high staff retention at first leed platinum hospital", in Environmental Building News – The leading source for environmentally responsible design & construction, Marzo 2009
- Akut, "korrespondenzblatt aus den häusern der diako Flensburg", n.40 Aprile 2008
- Romano Del Nord, "le nouvel hopital pediatrique meyer a florence", in quaderno dell'Ordine degli Architetti di Firenze, febbraio 2005
- Cristina Donati, "Meyer – ospedale sostenibile", in Progettare per la Sanità, Luglio/Agosto 2006
- Giuseppe La Franca, "ospedale meyer di firenze – energia e trasparenza", in Il Nuovo Cantiere, Settembre 2006
- Cristina Donati, "ospedale a colori", in repubblica + il venerdì di repubblica, N. 944 6/4/2007
- Elena Magarotto, "fotovoltaico integrato", in Nuova Finestra, n. 329 ottobre 2007
- Giuseppe La Franca, "polo pediatrico meyer", in Tecnica ospedaliera, gennaio 2007, Tecniche nuove, Venezia

#### ATTI DI CONGRESSI – SAGGI IN OPERE COLLETTIVE

- "Progettare i luoghi di cura tra complessità e innovazione. Atti del IV Congresso Internazionale Ar.Tec", A cura di Alessandro Greco e Marco Morandotti, TCP edizioni, Pavia, 2008
- Brioschi A., "L'ospedale solare", Tesi di Laurea, Prima Facoltà di Architettura, Politecnico di Milano, Milano, 2001/2002
- Gheza D., "Illuminazione naturale e strutture sanitarie", Tesi di Laurea, Facoltà di architettura e Società, Politecnico di Milano, Milano, 2005/2006
- Elena Enache-Pommer Michael Horman, "Key Processes in the Building Delivery of Green Hospitals" Building a Sustainable Future Proceedings of the 2009 Construction Research Congress, curato da Samuel T. Ariaratnam, ASCE, Seattle, WA, 05/07 Aprile 2009, pp. 636-645
- Elena Enache-Pommer Michael Horman, "Greening of healthcare facilities: Case studies of children's hospitals", AEI 2008 Conference - AEI 2008: Building Integration Solutions, Vol 328-2008, ASCE, Denver, CO, 24/26 Set 2008

- Elena Enache-Pommer, Michael Horman, Messner J.I., Riley D., “A unified process approach to healthcare project delivery: Synergies between greening strategies, lean principles and BIM”, Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice - Proceedings of the 2010 Construction Research Congress, Banff, AB, 08/10 Mag 2010, pp. 1376-1385
- Needy, K.L.S., Gokhan, N.M., Bilec, M.M.Ries, R. , Horman, M.J , Phelps, A.F., Enache-Pommer, E., “The use of process mapping to compare green children's hospital designs”, IIE Annual Conference and Expo 2008, Vancouver, BC, 17/21 Mag 2008, pp. 1220-1225
- “Materiali e procedimenti innovativi per la sostenibilità in edilizia”, Primo seminario PRIN 2007, curato da Corrado Fianchino, Gaetano Sciuto, Anabiblo, Roma, 2009
- Mohd Firdaus Bin Mustaffa Kamal, “Reduce, reuse, recycle and recovery technique in sustainable construction waste management”, Tesi di master in Construction Management, Faculty of Civil Engineering, University of Technology Malaysia, Kuala Lumpur, 2009
- Lawrence Lesly Ekanayake, George Ofori, “Construction material waste source evaluation”, Proceedings: strategies for a sustainable built environment, Pretoria, Agosto 2000
- Gail Vittori, “Green and Healthy Buildings for the Healthcare Industry”, Setting Healthcare’s Environmental Agenda, Health care without harm, Falls church, Virginia, Ottobre 2000, pp. 1-10
- Kathy Gerwig, “Waste Management & Healthcare”, Setting Healthcare’s Environmental Agenda, Health care without harm, Falls church, Virginia, Ottobre 2001, pp. 65-71
- “Green guide for healthcare“, curato da Kumkum M. Dilwali, Gail Vittori, Robin Guenther, Walt Vernon, Health care without harm, Falls church, Virginia, 2007
- Buratti, M. Goretti, M. C. Merico, “Analisi del ciclo di vita: Applicazione ad un edificio residenziale ad elevate prestazioni di risparmio energetico”, 10° congresso nazionale CIRIAF, Perugia, 9/10 aprile 2010, 355 – 360

## NORMATIVE

- Presidente del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Servizio Emergenza sanitaria, COMUNICATO RELATIVO AL DECRETO DEL MINISTRO DELL’INTERNO DELEGATO PER IL COORDINAMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE 13 FEBBRAIO 2001, CONCERNENTE: ADOZIONE DEI “CRITERI MASSIMA PER L’ORGANIZZAZIONE DEI SOCCORSI

SANITARI NELLE CATASTROFI” n. 116, Pubblicato nella Gazz. Uff. 6 aprile 2001, n.81.

- R.D.L. N. 1915 DEL 2 SETTEMBRE 1919 - ORDINAMENTO DEI SERVIZI DI PRONTO SOCCORSO IN OCCASIONE DI TERREMOTI, Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 ottobre 1919, n. 255.
- LEGGE 17 APRILE 1925, N.473, Pubblicato nella Gazz. Uff. 05 maggio 1925, n.104.
- LEGGE 8 DICEMBRE 1970 N. 996 - NORME SUL SOCCORSO E L'ASSISTENZA ALLE POPOLAZIONI COLPITE DA CALAMITÀ, Pubblicato nella Gazz. Uff. 16 dicembre 1970, n.317.
- D.L. 27 FEBBRAIO 1982 N. 57 - DISCIPLINA PER LA GESTIONE STRALCIO DELL'ATTIVITA' DEL COMMISSARIO PER LE ZONE TERREMOTATE DELLA CAMPANIA E DELLA BASILICATA, Pubblicato nella Gazz. Uff. 02 marzo 1982, n.59.
- LEGGE 24 FEBBRAIO 1992 N. 225 – ISTITUZIONE DEL SERVIZIO NAZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE, Pubblicato nella Gazz. Uff. 17 marzo 1992, n.64.
- D. L. 15 MAGGIO 2012 N. 59 – DISPOSIZIONI URGENTI PER IL RIORDINO DELLA PROTEZIONE CIVILE, Pubblicato nella Gazz. Uff. 16 maggio 2012, n.113.
- Presidente del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, “DISPOSIZIONI PER LA REALIZZAZIONE DI STRUTTURE SANITARIE CAMPALI, DENOMINATE PASS, POSTO DI ASSISTENZA SOCIO SANITARIA, PREPOSTE ALL’ASSISTENZA SANITARIA DI BASE E SOCIO SANITARIA ALLA POPOLAZIONE COLPITA DA CATASTROFE”, 11 gennaio 2013.
- NORMA EUROPEA UNI EN 338:2009, UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Dicembre 2009
- NORMA EUROPEA UNI EN ISO 14040:1998, UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 1998

## PUBBLICAZIONI

- Università degli Studi di Udine, EMERGENZA: CHE FARE?, Foglio Informativo del Servizio di Prevenzione e Protezione, Settembre 2004
- L’Ecobilancio (LCA): descrizione della metodologia e applicazione ad un caso studio, G. Costa, R. Baciocchi, Dipartimento di ingegneria civile, Università di Roma Tor Vergata.
- Fabbrocino, STRUTTURE PREFABBRICATE: PRINCIPI GENERALI ED ESEMPI APPLICATIVI, Dipartimento SAVA - Sezione ingegneria e ambiente - Facoltà di ingegneria – Università del Molise, Giugno 2008.
- M.Sala - A. Trombadore - G. Alcamo, ENERGY SAVING STRATEGIES FOR THE NEW DESIGN MEYER CHILDREN HOSPITAL IN FLORENCE, Design & Health International Academy for Design & Health.
- A. Pellegrino, IL RAPPORTO OSPEDALE AMBIENTE,

INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'ILLUMINAZIONE, Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica – Gruppo TEBE, Giugno 2010.

- M.Sala - A. Trombadore - G. Alcamo, ENERGY SAVING STRATEGIES FOR THE NEW DESIGN MEYER CHILDREN HOSPITAL IN FLORENCE, Design & Health International Academy for Design & Health
- ENGINEERING A SUSTAINABLE WORLD, Design process and engineering innovations for the Center for Health & Healing at Oregon Health & Science University, Interface Engineering
- CASE STUDY: THE CENTER FOR HEALTH AND HEALING, OREGON HEALTH & SCIENCE UNIVERSITY (OHSU), NRDC Building from principle to practice – Natural Resources Defense Council.
- G. Baldinelli, IL CONTRIBUTO DELL'ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA) ALLA PROGETTAZIONE DI EDIFICI SOSTENIBILI, Università degli Studi di Perugia.
- Università degli Studi di Padova, LCA: ANALISI DEL CICLO DI VITA, Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica.

## SITOGRAFIA

- <http://www.protezionecivile.gov.it/>
- <http://www.interno.gov.it/>
- <http://www.nrdc.org/buildinggreen/leed.asp>
- <http://www.certificazioneleed.com>
- <http://www.gbitalia.org>
- <http://www.usgbc.org/LEED/Project/CertifiedProjectList.aspx>
- <http://www.gbci.org>
- <https://www.eu-hospitals.net>
- <https://it.wikipedia.org>
- <http://www.ohsu.edu/xd/health/ohsu-near-you/portland/south-waterfront/chh.cfm>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/OHSU\\_Center\\_for\\_Health\\_%26\\_Healing](http://en.wikipedia.org/wiki/OHSU_Center_for_Health_%26_Healing)
- <http://www.gerdingedlen.com/properties/single/c/p/name/ohsu-center-for-health-healing/>
- <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=889>
- [http://it.phorio.com/center\\_for\\_health-healing\\_portland\\_stati\\_uniti\\_d'america](http://it.phorio.com/center_for_health-healing_portland_stati_uniti_d'america)
- <http://blog.betterbricks.com/design/2010/07/ohsus-center-for-health-healing-building-wins-toby-award>
- <http://met.provincia.fi.it/news.aspx?id=12318> (per i dati finanziari sui progetti revival ed hospitals)
- <http://www.forumenergia.net/archivio-topmenu-34/204-il-nuovo-ospedale-meyer-estetica-ed-efficienza.html>
- <http://www.dz.nl>
- <http://www.eu-hospitals.net>

- <http://www.ics.ele.tue.nl/~akash/maartje/index.php>
- [http://www.dutchhealtharchitects.nl/wp-content/uploads/DHA\\_presentation.pdf](http://www.dutchhealtharchitects.nl/wp-content/uploads/DHA_presentation.pdf)
- <http://www.alvema.eu/?p=628>
- <http://www.fklmf.de>
- <http://www.eu-hospitals.net>
- <http://www.ics.ele.tue.nl/~akash/maartje/index.php>
- <http://sygehussonderjylland.dk/wm233821>
- <http://www.eu-hospitals.net>
- [http://quintinlake.photoshelter.com/gallery/-/G0000DuR.qq0w\\_Qs](http://quintinlake.photoshelter.com/gallery/-/G0000DuR.qq0w_Qs)
- [http://www.buildingsupply.dk/article/view/93848/sygehus\\_sonderjylland\\_klar\\_til\\_naeste\\_skridt](http://www.buildingsupply.dk/article/view/93848/sygehus_sonderjylland_klar_til_naeste_skridt)
- [http://quintinlake.photoshelter.com/gallery/-/G0000DuR.qq0w\\_Qs](http://quintinlake.photoshelter.com/gallery/-/G0000DuR.qq0w_Qs)
- <http://www.xlamdolomiti.it>
- [http://www.luf.tdi.cht.de/luf.tdi.cht\\_in\\_ene\\_v\\_20\\_09.htm](http://www.luf.tdi.cht.de/luf.tdi.cht_in_ene_v_20_09.htm)
- <http://www.ivalsa.cnr.it>
- <http://www.promolegno.com>
- [http://www.progettomck.com/progetti/prog\\_modello.html](http://www.progettomck.com/progetti/prog_modello.html)
- [http://www.architizer.com/en\\_us/projects/view/dell-childrens-hospital-of-central-texas/2891/#.UcMj5\\_nwm8A](http://www.architizer.com/en_us/projects/view/dell-childrens-hospital-of-central-texas/2891/#.UcMj5_nwm8A)
- [http://www.dellchildrens.net/about\\_us/about\\_our\\_green\\_building/what\\_is\\_leed](http://www.dellchildrens.net/about_us/about_our_green_building/what_is_leed)
- <http://www.hospitalmanagement.net/projects/dell/>
- <http://health.usnews.com/best-hospitals/area/tx/dell-childrens-medical-center-of-central-texas-6740147/details>
- <http://tbg-inc.com/folio/dell-childrens-medical-center-of-texas-austin-tx/>
- <http://cordis.europa.eu/eesd/home.html>
- <http://www.eu-hospitals.net>
- <http://www.olmetitaly.com>
- <http://www.enea.it>

## ALTRO

- ENERGY CONSCIOUS EUROPEAN HOSPITALS AND HEALTH CARE BUILDINGS, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.
- DOUBLE SKIN FAÇADE DESIGN, The Hospitals -Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.
- BIOCLIMATIC DESIGN CONCEPTS, The Hospitals, Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.

- VENTILATION AND COOLING STRATEGIES, The Hospitals, Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.
- IL QUINTO PROGRAMMA QUADRO (THE 5TH FRAMEWORK PROGRAMME), Finanziamenti europei e nazionali.
- S. Bianchi, DELL CHILDREN'S MEDICAL CENTER: L'OSPEDALE PEDIATRICO REALIZZATO CON MATERIALI RICICLATI, da [www.GreenMe.it](http://www.GreenMe.it), 12 Maggio 2012.
- ARRIVA LA CERTIFICAZIONE LEED PER GLI OSPEDALI, da [www.Casa & Clima.com](http://www.Casa & Clima.com), 15 Aprile 2011.
- VENTILAZIONE A DISLOCAMENTO IN AMBIENTI NON INDUSTRIALI, Collana AICARR, 2001, in [www.darioflaccovio.it](http://www.darioflaccovio.it)
- Niras e Arkitektfirmaet C.F. Møller, GENERALPLAN SYGEHUS SØNDERJYLLAND, Relazione tecnica, Maggio 2009.
- Creo Arkitekter A/S - Aarhus Arkitekterne A/S - Alectia A/S - Søren Jensen A/S - Balslev A/S - Oluf Jørgensen A/S, BYGGEPROGRAM SYGEHUS SØNDERJYLLAND AABENRAA, Relazione tecnica, Agosto 2010.
- A. Mortellaro, STRUTTURE PORTANTI IN BIOEDILIZIA. LA SOSTENIBILITA' DI ACCIAIO, LEGNO, CALCESTRUZZO, Settembre 2011, tratto dal sito <http://www.architetturaecosostenibile.it>
- Patent Prof. Mosè Monachino, La fondazione Prefabbricata in cemento del III° Millennio, tratto dal sito [http://web.tiscali.it/prof\\_mose/ita/art/cover.htm](http://web.tiscali.it/prof_mose/ita/art/cover.htm)
- M. Bertoni, A. Cantini, SISTEMA X-LAM: MODERNA TECNICA DI COSTRUZIONI IN LEGNO, Ottobre 2010, tratto dal sito <http://www.ingegneri.cc>
- INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, FIRMATO ACCORDO DI COLLABORAZIONE TRA INGV –NIED, Comunicati stampa, Agosto 2013.
- CNR – IVALSA Trees and timber institute, THE SOFIE PROJECT – MIKI 2007: THE SEISMIC TEST, National Research Council of Italy Trees and Timber Institute, tratto dal sito <http://www.ivalsa.cnr.it>
- R. Tomasi, CORSO DI APPROFONDIMENTO – EDIFICI IN LEGNO IN X-LAM, Lezione D – Connessioni e collegamenti: principi ed applicazioni, Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale, Novembre 2009, tratto dal sito <http://www.promolegno.com>
- G. Schickhofer, A. Bernasconi, G. Traetta, I PRODOTTI DI LEGNO PER LA COSTRUZIONE, Corso sull'uso strutturale del legno, Gennaio 2005, tratto dal sito <http://www.promolegno.com>
- KLH Massivholz GmbH, FISICA DELLE COSTRUZIONI, Colophon, Gennaio 2012, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>
- KLH Massivholz GmbH, DIAGRAMMI DI MISURAZIONE, Colophon, Gennaio 2008, tratto dal sito <http://www.klh.it/pannello-klh>

klh

- KLH Massivholz GmbH, MONTAGGIO E INSTALLAZIONE, Colophon, Gennaio 2012, tratto dal sito [http:// www.klh.it/pannello-klh](http://www.klh.it/pannello-klh)
- KLH Massivholz GmbH, CATALOGO ELEMENTI COSTRUTTIVI, Principi – WB – V 3.1, Gennaio 2003, tratto dal sito [http:// www.klh.it/pannello-klh](http://www.klh.it/pannello-klh)
- G. Schickhofer, A. Bernasconi, G. Traetta, COSTRUZIONE DI EDIFICI DI LEGNO, I corsi promo legno, tratto dal sito <http://www.promolegno.com>
- LEED 2009 FOR HEALTHCARE, USGBC Member, approvato nel Novembre 2010 (Aggiornato nell'Aprile 2013);
- GREEN BUILDING BY THE NUMBER, USGBC, Aprile 2009.
- Greg Kats, Leon Alevantis, Adam Berman, Evan Mills, Jeff Perlman, THE COSTS AND FINANCIAL BENEFITS OF GREEN BUILDINGS: A REPORT TO CALIFORNIA'S SUSTAINABLE BUILDING TASK FORCE, USGBC, 2003.
- SUMMARY OF GOVERNMENT LEED INCENTIVES, USGBC,.
- P. Fontani, V. Gori, I. Corsini, LE MAXIEMERGENZE, tratto dal sito <http://www.aorpapardopiemonte.it>
- Tg1 online "LA MAMMA DI ALFREDINO RAMPI: "MOLTI ERRORI NEI SOCCORSI - IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA PERTINI ERA D'ACCORDO E DOPO DUE MESI ISTITUÌ LA PROTEZIONE CIVILE", Giugno 2011, tratto dal sito [http:// www.tg1.rai.it](http://www.tg1.rai.it)
- Associazione Italiana Medicina della Catastrofi Bologna, Consulta del Volontariato per la Protezione Civile di Bologna, Croce Rossa Italiana Comitato Provinciale di Bologna, GESTIONE TECNICO SANITARIA NELLE MACRO EMERGENZE, Febbraio 2008.
- Croce Rossa Italiana, LE STRUTTURE SANITARIE CAMPALI, Corso operatore C.R.I. nel settore emergenza, tratto dal sito <http://www.cri.it>
- M. Leonardi, Dipartimento della Protezione Civile, Servizio di emergenza Sanitaria e Assistenza alla popolazione, ORGANIZZAZIONE DEI SOCCORSI SANITARI NELLE CATASTROFI, tratto dal sito <http://www.cri.it>
- <http://blog.casamix.it> Articolo: Verso un nuovo orizzonte: la bioarchitettura. Pubblicato on-line 4 settembre 2012.
- <http://www.smarthomeproject.it> Articolo: Sostenibilità. Pubblicato on-line 8 gennaio 2013.
- THERMO – MODERNIZATION OF CITY HOSPITAL IN TORUN.
- AABERNAA HOSPITAL, The Hospitals, Supporting Organization European Commission Directorate - General for Energy and Transport EU Contract, Ihle Grafisk Produktion A/S, 2001.
- 
- R. Piano, Nuovo modello di ospedale, Ministero della Sanità, Roma, 21 marzo 2001.
- BUILDINGS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT: A

STATISTIC SUMMARY.

- RAPPORTO RIFIUTI 2003, tratto dal sito [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it).
- RAPPORTO RIFIUTI SPECIALI 2012, DATI RELATIVI AL 2009, tratto dal sito [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it).

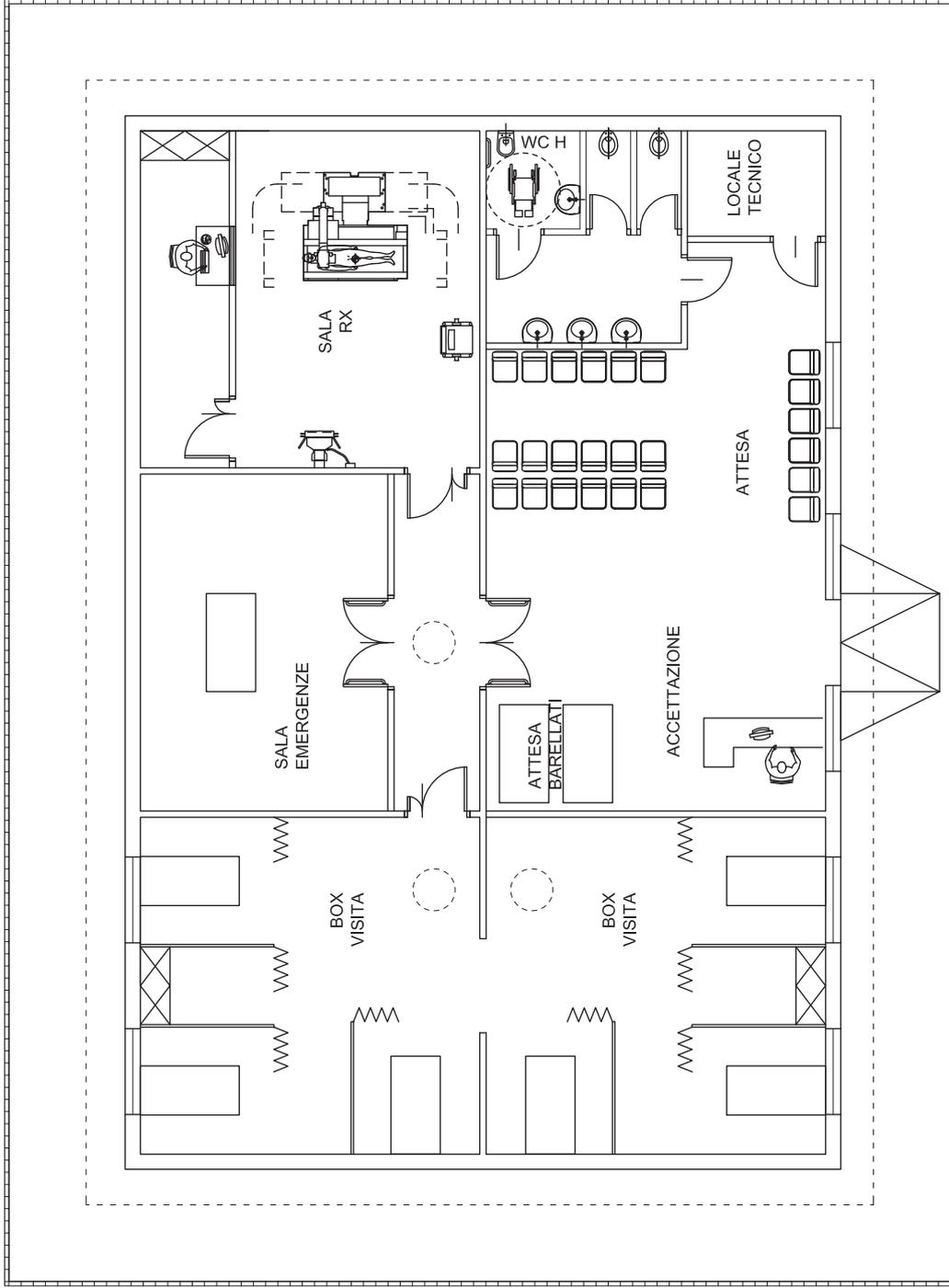






ALLEGATO 1 - PIANTE E PROSPETTI

PRONTO SOCCORSO BASE A 6 MODULI - PIANTA - SCALA 1:100



ALLEGATO 1 - PIANTE E PROSPETTI

PRONTO SOCCORSO BASE A 6 MODULI - PROSPETTI - SCALA 1:100



PROSPETTO SUD



PROSPETTO OVEST

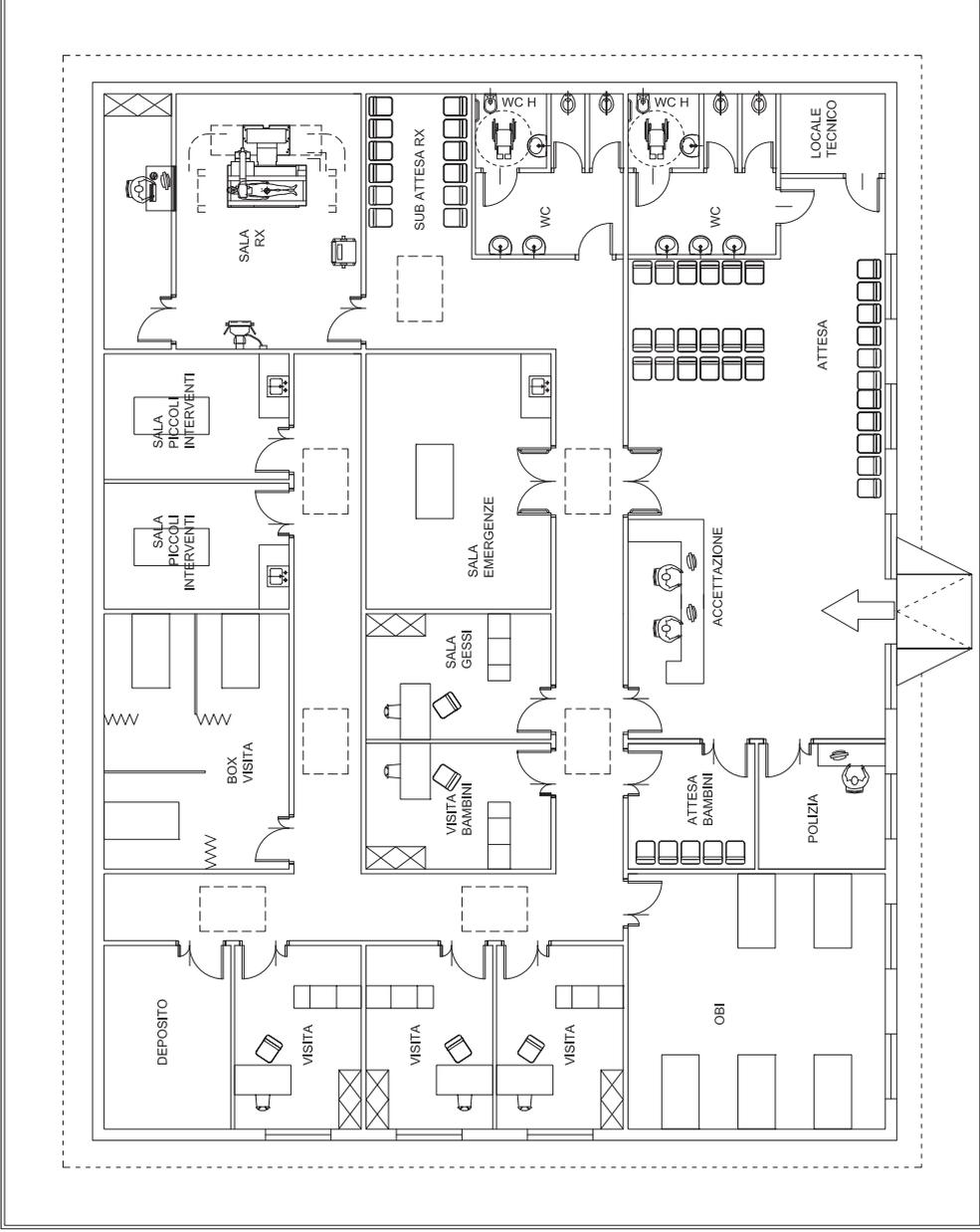


PROSPETTO NORD

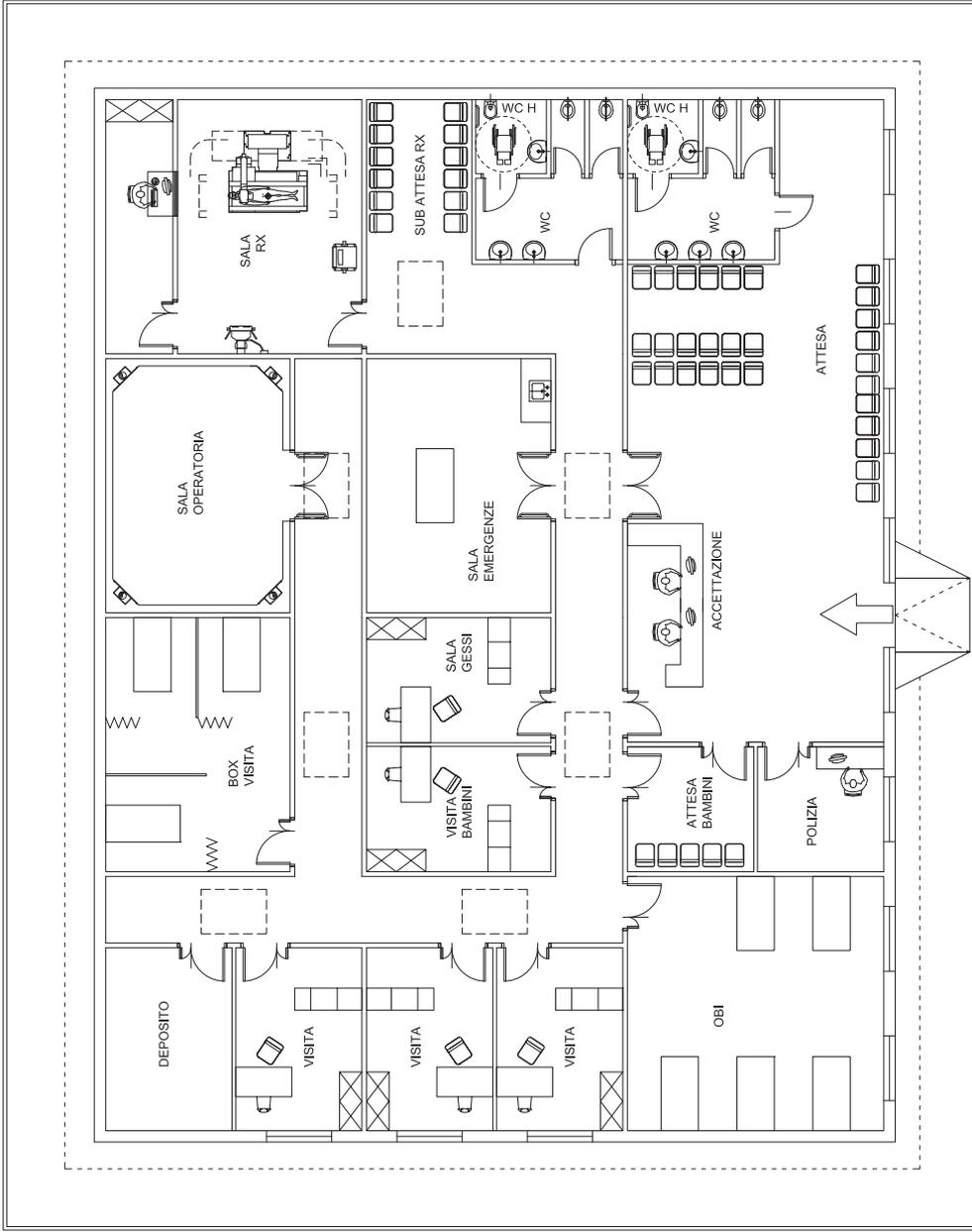


PROSPETTO EST

ALLEGATO 1 - PIANTE E PROSPETTI  
PRONTO SOCCORSO A 12 MODULI -  
VERSIONE (a)  
PIANTA - SCALA 1:100



ALLEGATO 1 - PIANTE E PROSPETTI  
PRONTO SOCCORSO A 12 MODULI -  
VERSIONE (a)  
PIANTA - SCALA 1:100

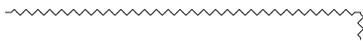




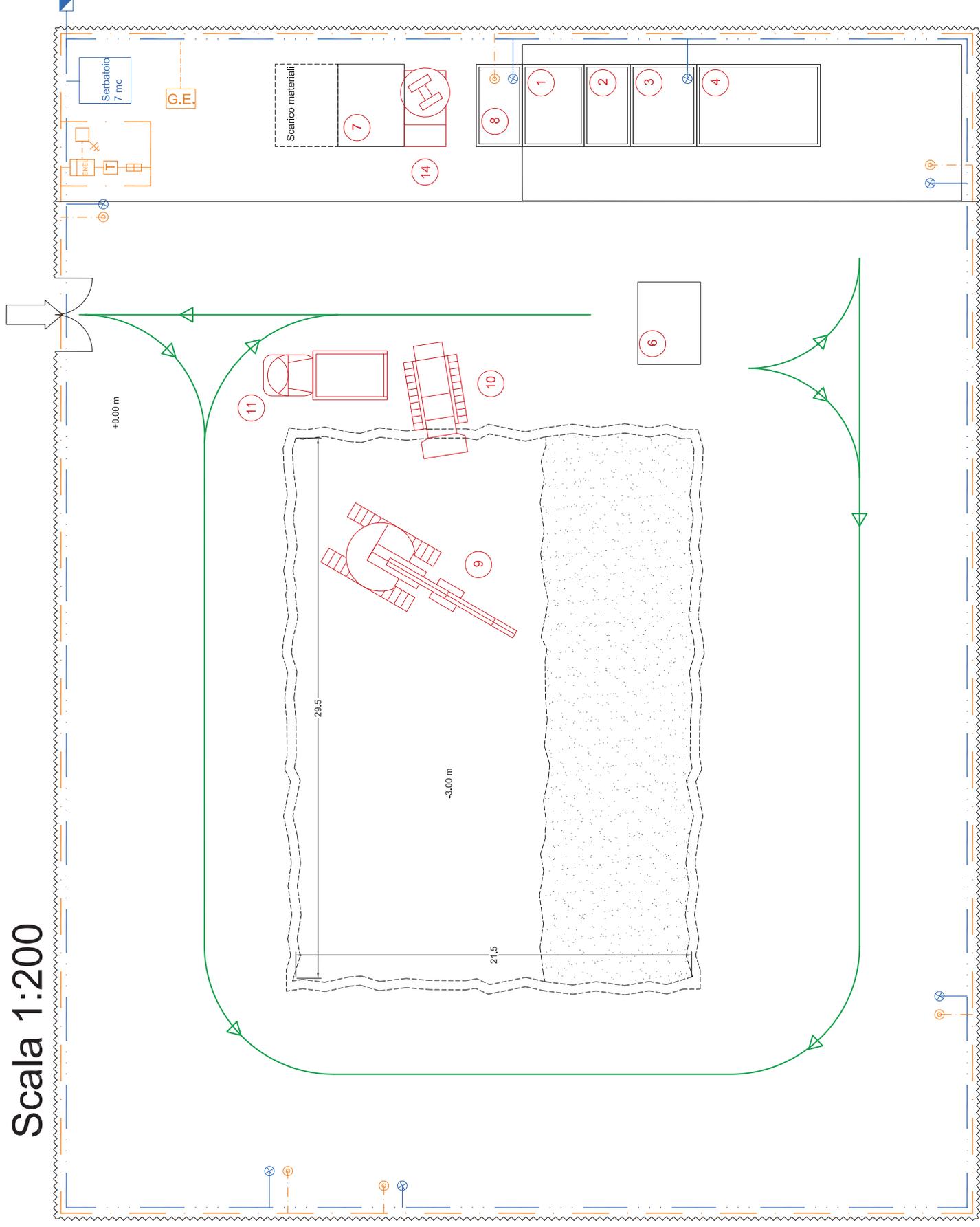




# ALLEGATO 3 - SCHEMI DI CANTIERE

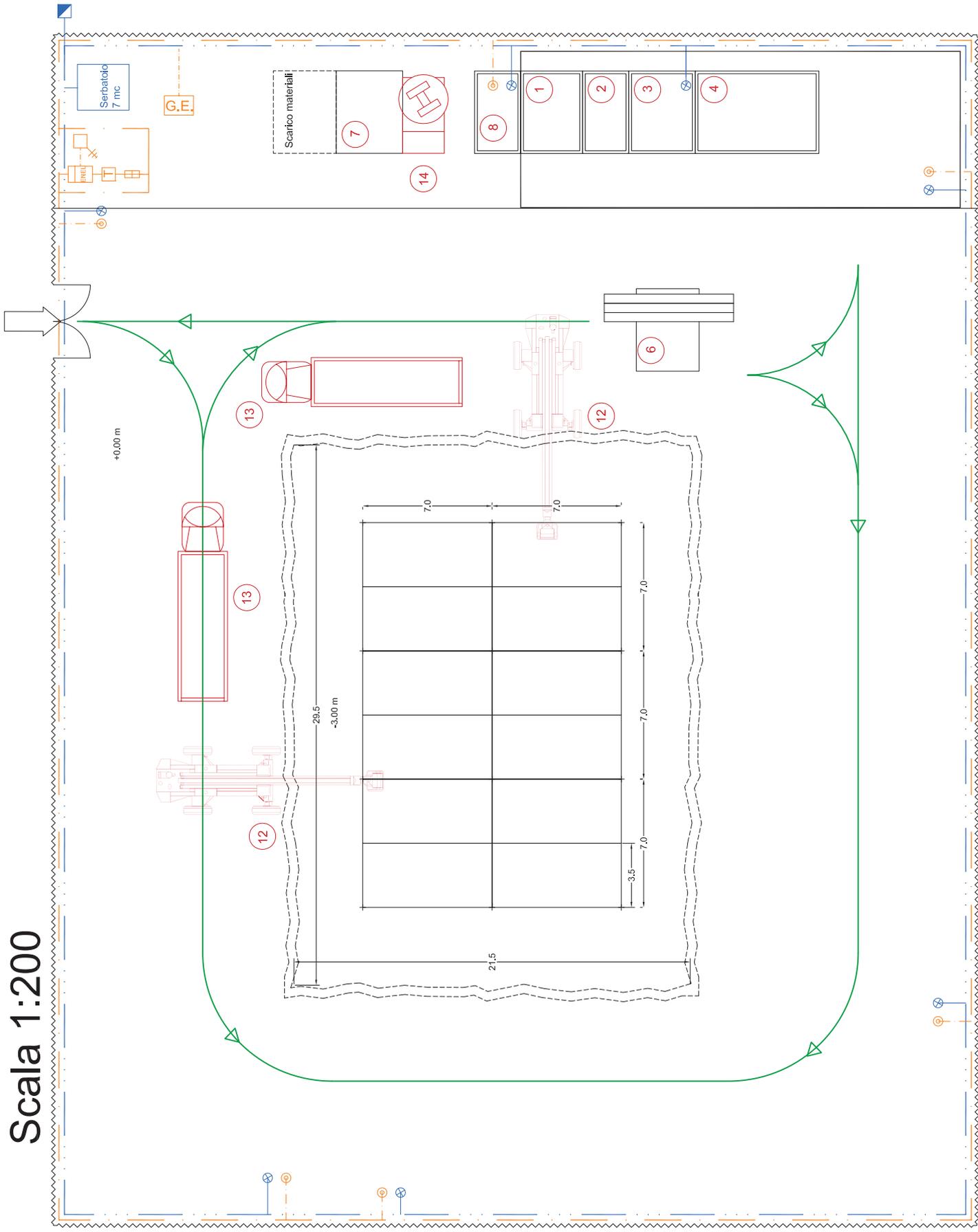
LEGENDA				
RECINZIONE CANTIERE (lamiera ondulata)				
INGRESSO AUTOMEZZI				
MANOVRA AUTOCARRO LEGGERO				
AREA ADIBITA AI BARACCAMENTI				
BARACCAMENTI				
1	Ufficio	7.5 mq/ addetto	2 addetti	15 mq
2	Infermeria	10 mq/ 50 addetti	20 addetti	10 mq->11.25 mq
3	Servizi igienici	0.8 mq/addetto	20 addetti	16 mq
4	Spogliatoi	1.5 mq/addetto	20 addetti	30 mq
DEPOSITI E AREE DI LAVORAZIONE				
6	Area di SCARICO scoperta per MATERIALI	1mq/20 mq edificio	300 mq edificio	15 mq
7	Area di lavorazione MALTA			16.20 mq
8	Deposito attrezzi			11.25 mq
MACCHINE				
9	Escavatore			
10	Pala meccanica			
11	Autocarro			
12	Autogru			
13	Autotreno			
14	Molazza			
15	Piattaforme elevatrici			
IMPIANTI				
IMPIANTO ELETTRICO				
16	Linea di alimentazione			
17	Fornitura Enel			
18	Dispersore			
19	Quadro generale			
20	Trasformatore			
21	Quadro di zona			
22	Gruppo elettrogeno			
IMPIANTO IDRICO				
23	Linea di alimentazione			
24	Fornitura acquedotto			
25	Punto erogazione acqua			
26	Serbatoio di accumulo	0.1 mq/addetto + 1/2 mc giornalieri	20 addetti 10 mc/g	7 mc

Scala 1:200



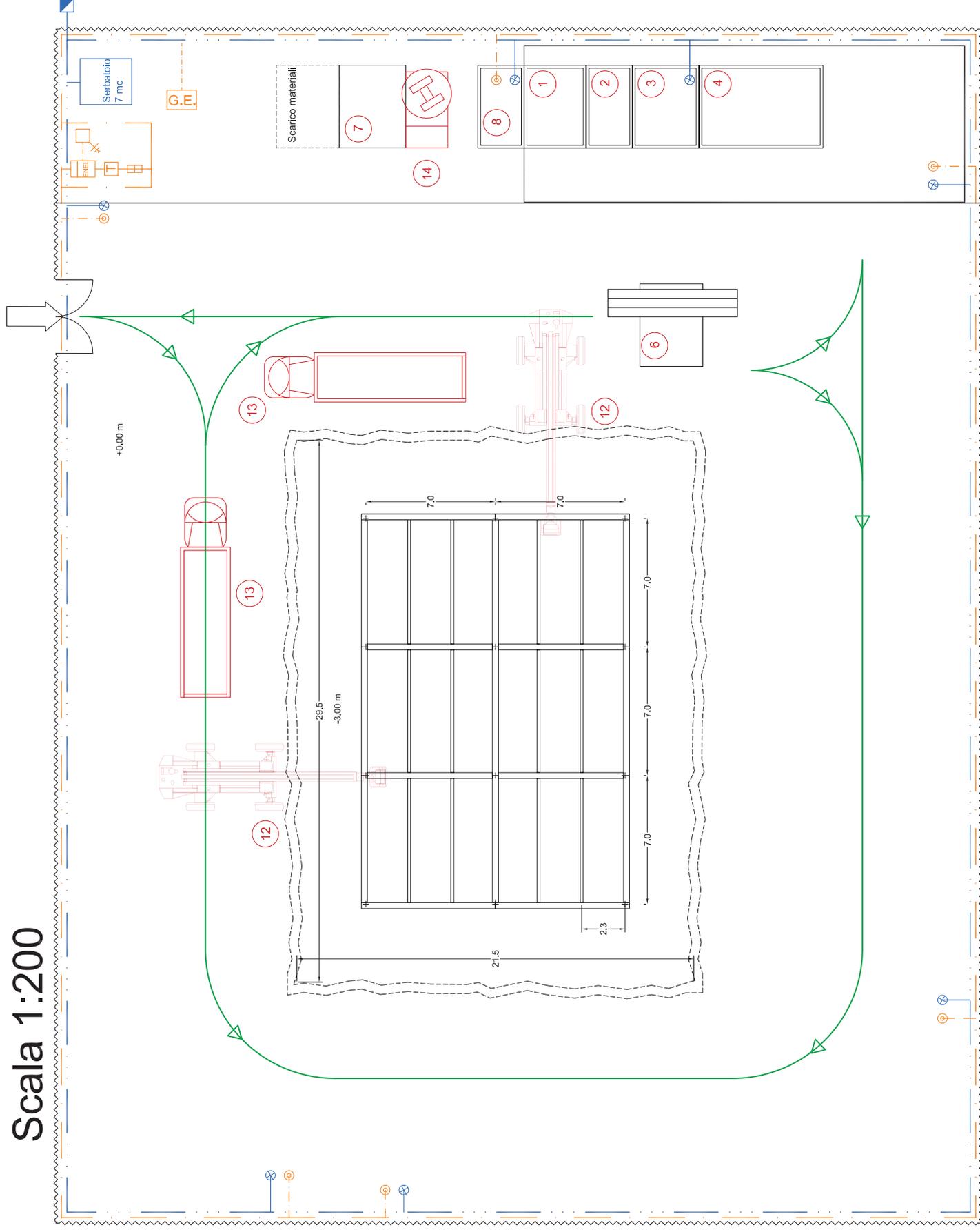
GIORNO 0 - Scavo di sbancamento e getto del magrone

Scala 1:200



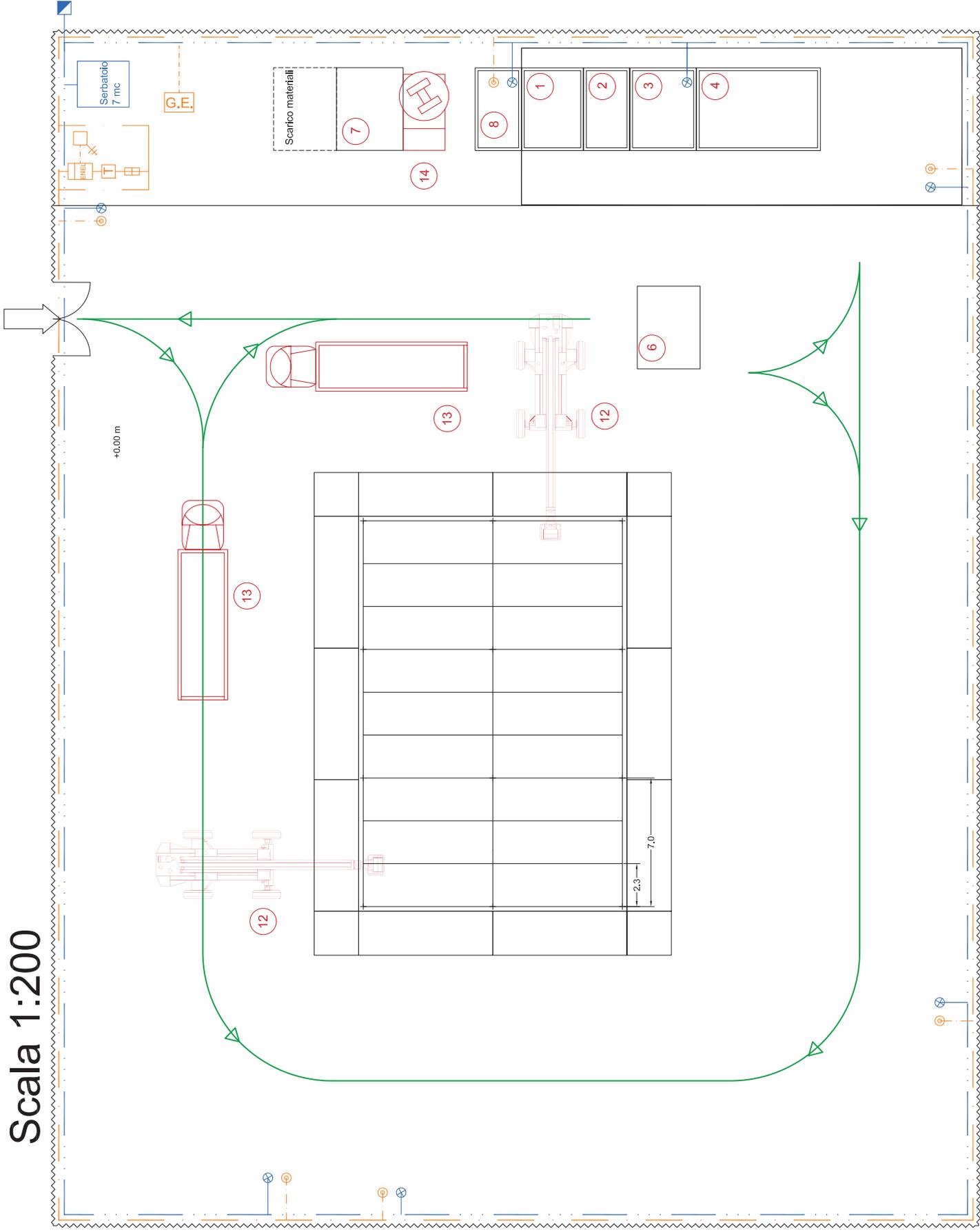
GIORNO 01 - Posa solette di fondazione

Scala 1:200



GIORNO 01 - Posa magatelli

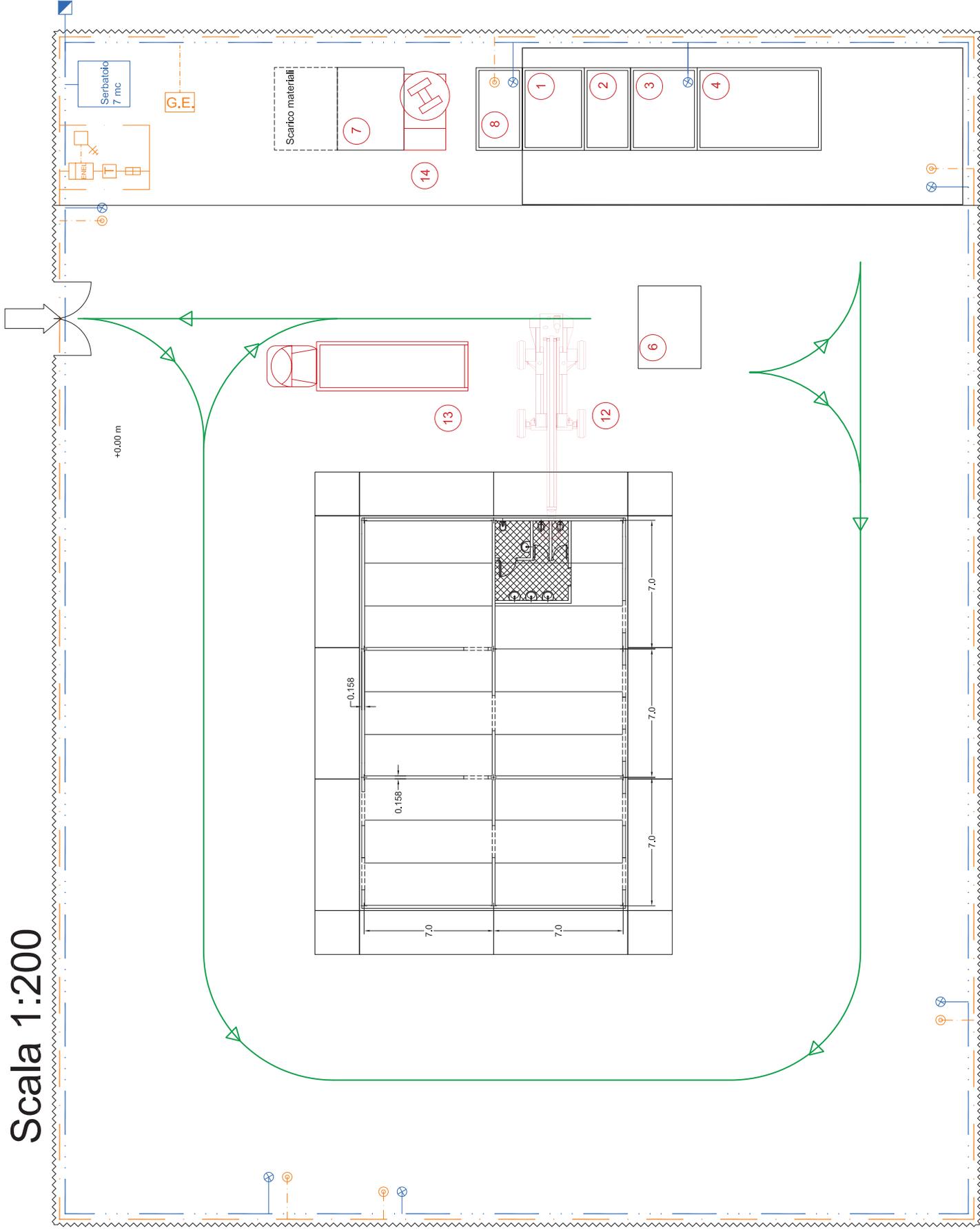
Scala 1:200



GIORNO 01 - Posa COB

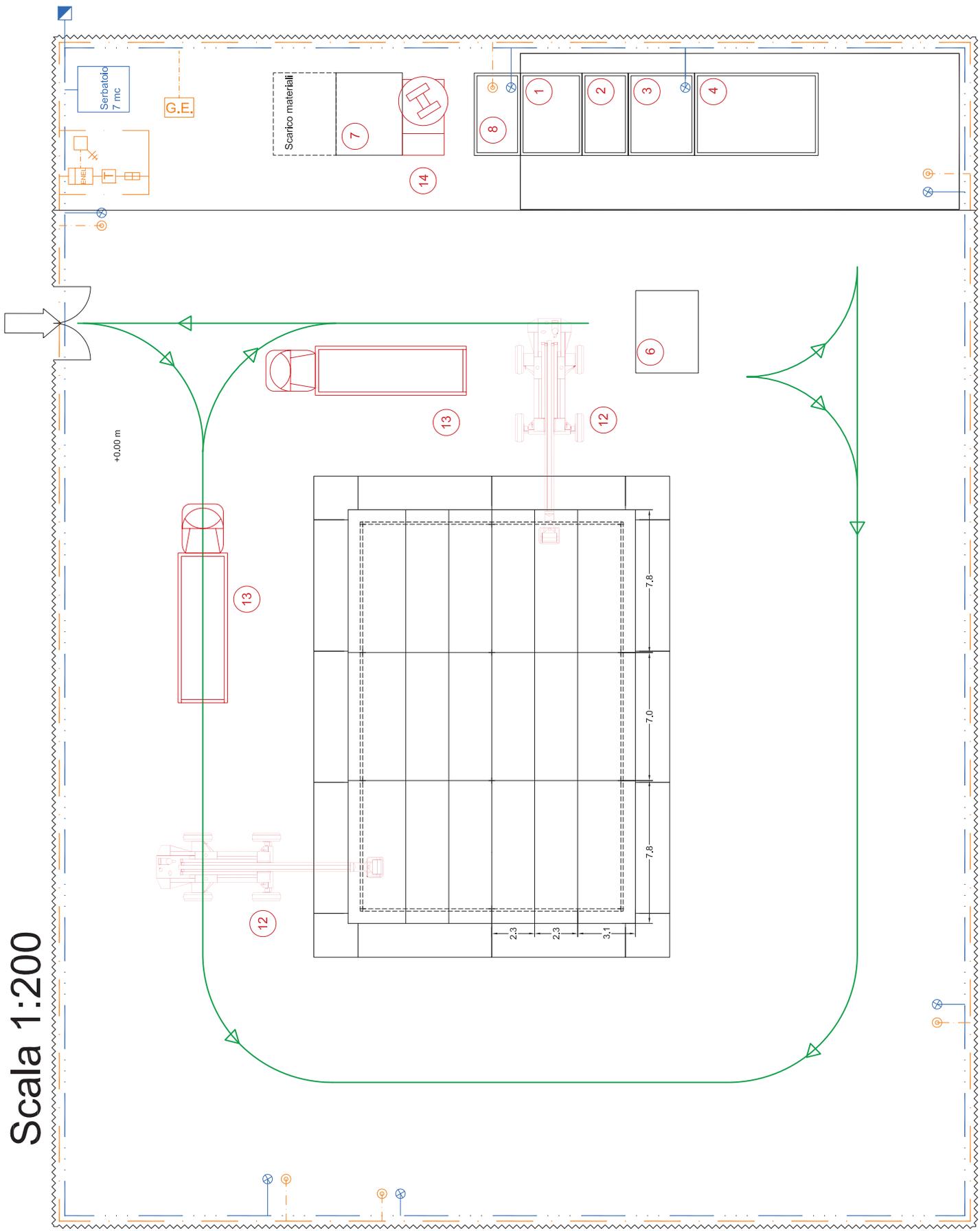


Scala 1:200



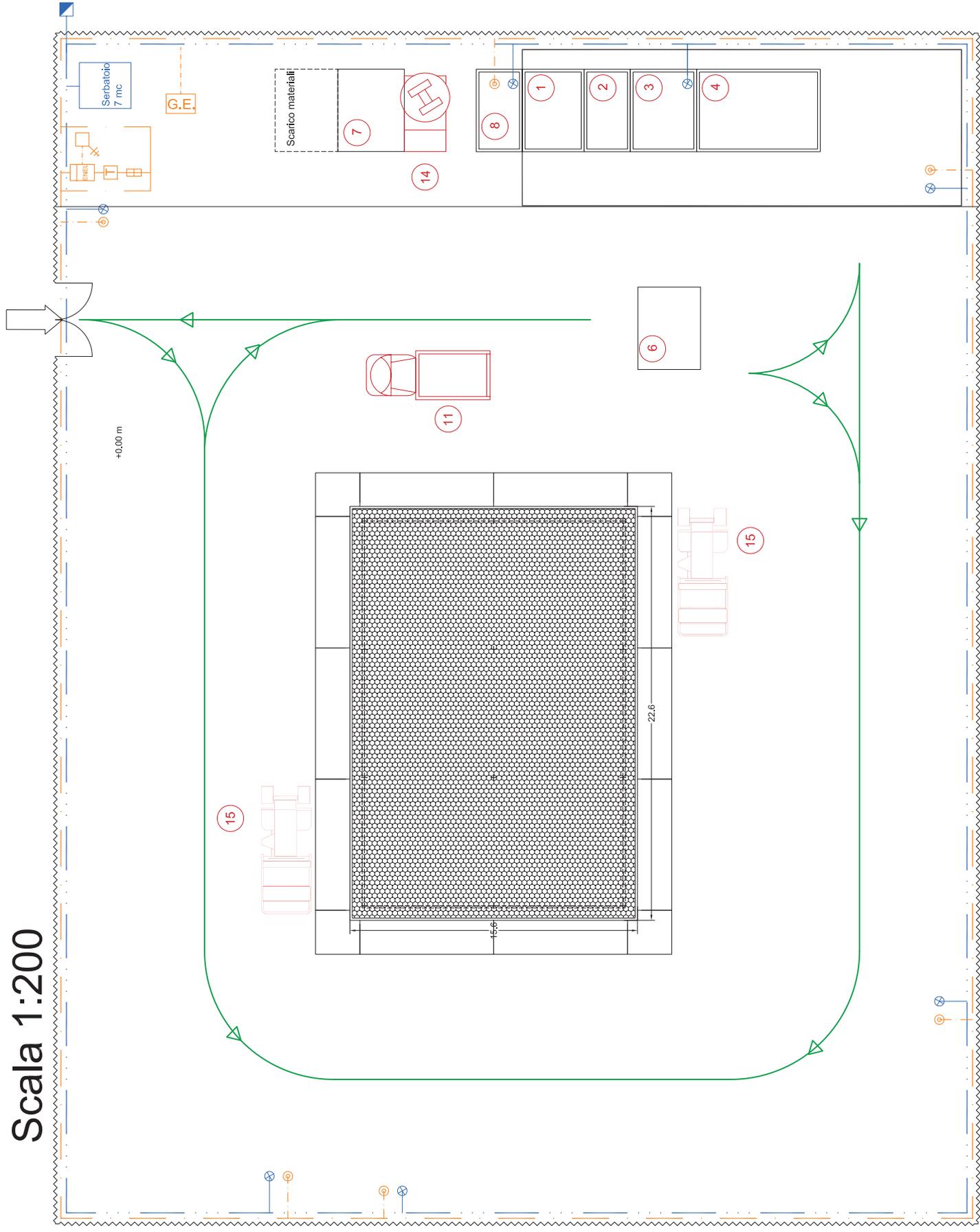
GIORNO 02 - Posa cellule spaziali

Scala 1:200



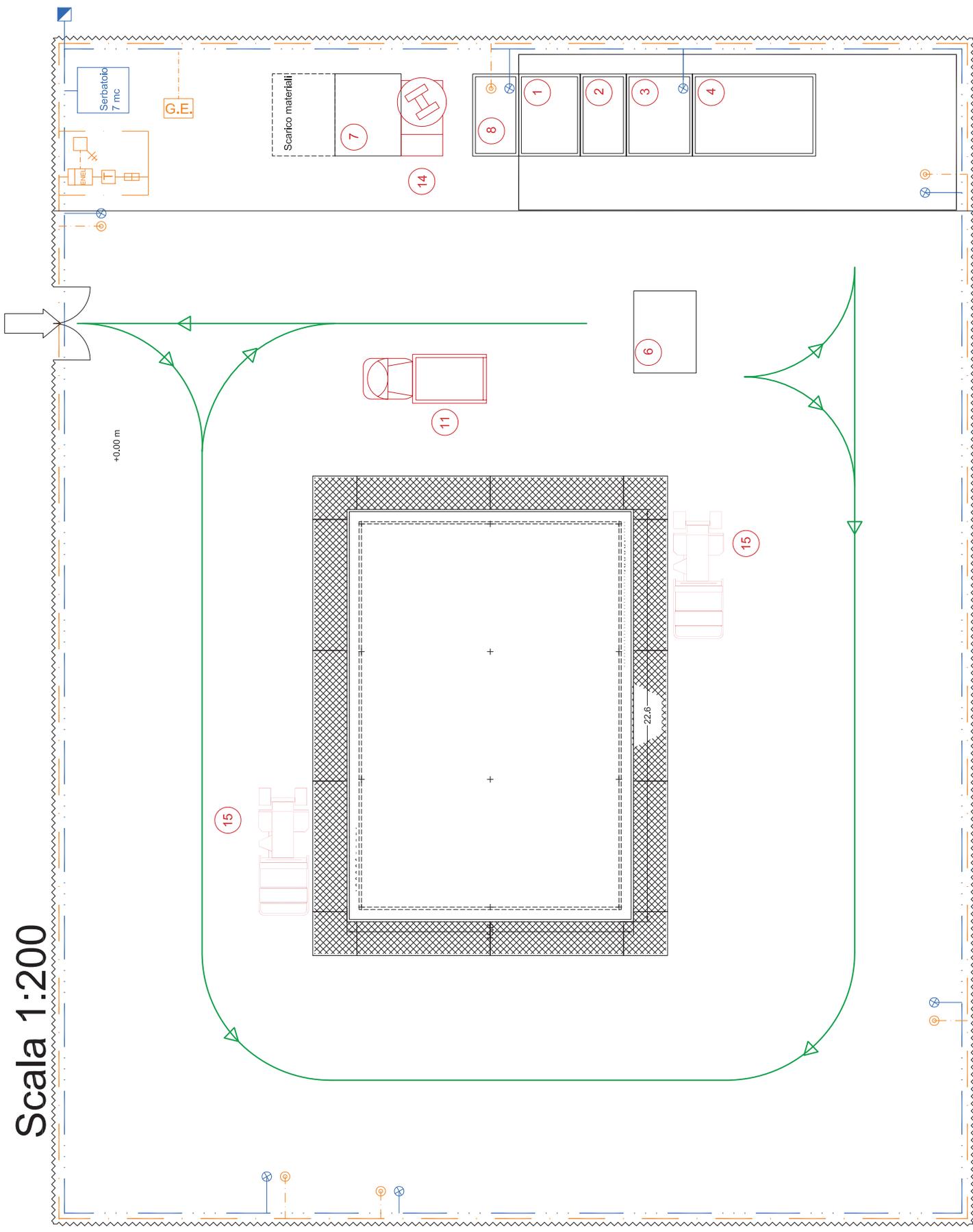
GIORNO 03 - Posa COC

Scala 1:200



GIORNO 3 e 4 - Realizzazione stratigrafie COC

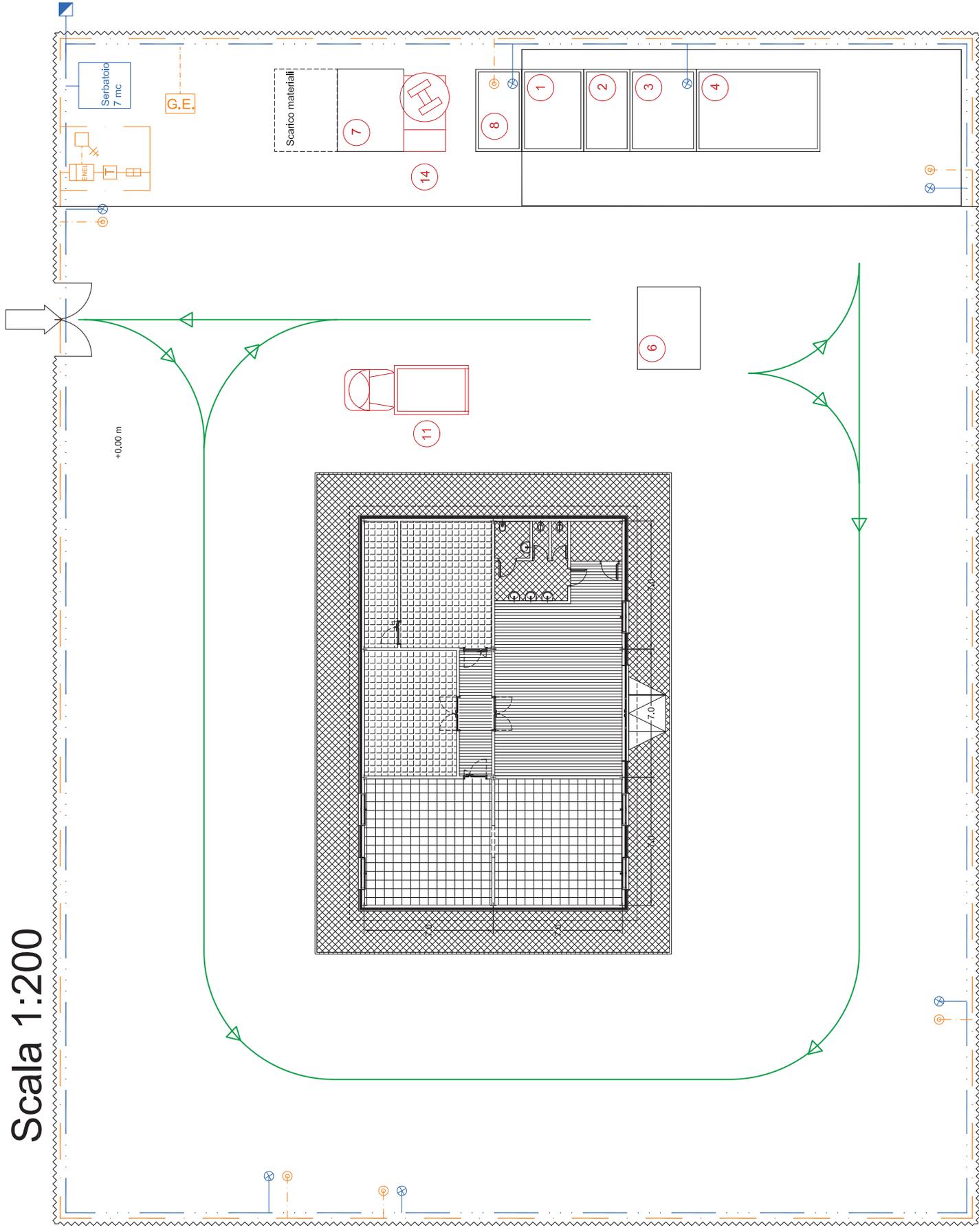
Scala 1:200



GIORNO 3 e 4 - Realizzazione stratigrafie CV e posa autobloccante



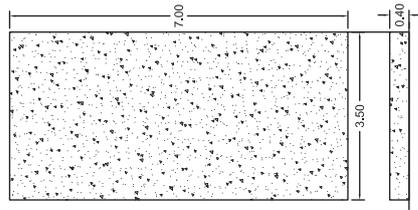
Scala 1:200



GIORNO 06 - 07 - 08 - Finiture interne, posa pavimento, controsoffitti, pitture



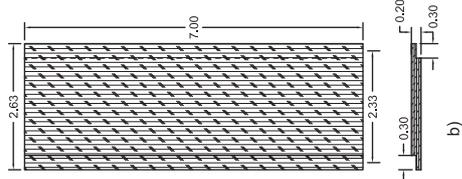
SCHELETRO PORTANTE



SP 01

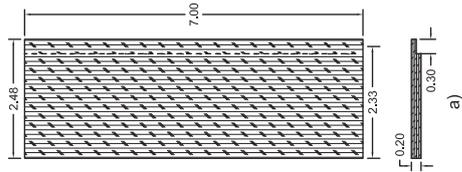
LEGENDA

- SP 01 = SOLETTA IN C.A. PREFABBRICATO
- COB 01 = MAGATELLI IN LEGNO
- COB 02 = PANNELLI IN LEGNO MULT. X-LAM 5 STRATI CON NASTRI COPRIFUGA PRECOMPRESSI NELLE GIUNZIONI
- COC 01 = PANNELLI IN LEGNO MULT. X-LAM 8 STRATI CON NASTRI COPRIFUGA PRECOMPRESSI NELLE GIUNZIONI
- COC 02 = PANNELLI IN LEGNO MULT. X-LAM 5 STRATI (MURETTO D'ATTICO) CON NASTRI COPRIFUGA PRECOMPRESSI NELLE GIUNZIONI



b)

COB 02

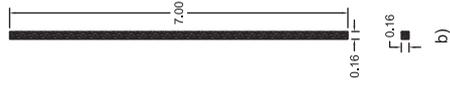


a)



c)

COB 01



b)

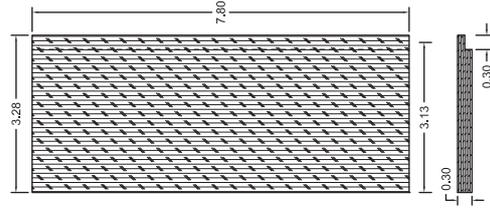


a)

PIANTA

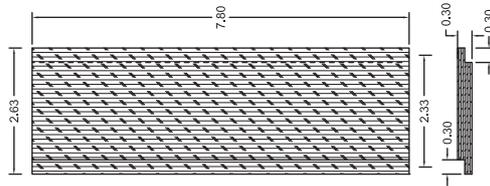
SEZIONE

CHIUSURA ORIZZONTALE DI COPERTURA

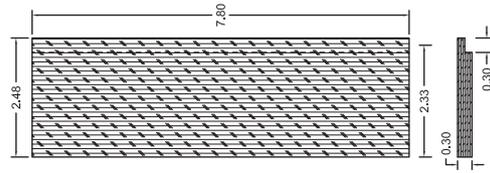


a)

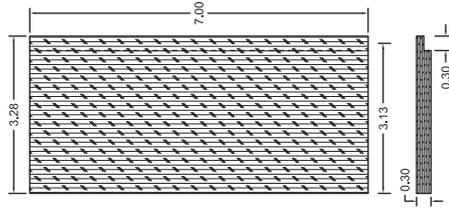
COC 01



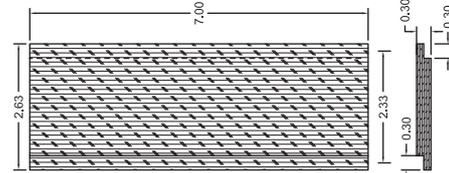
b)



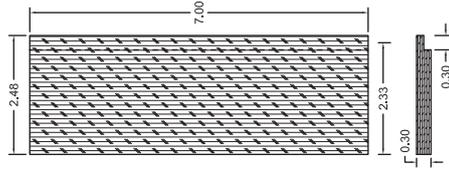
c)



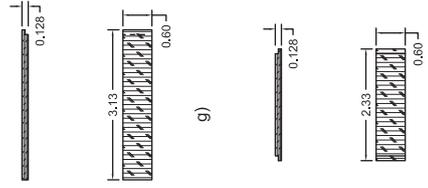
d)



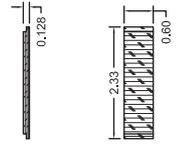
e)



f)



g)



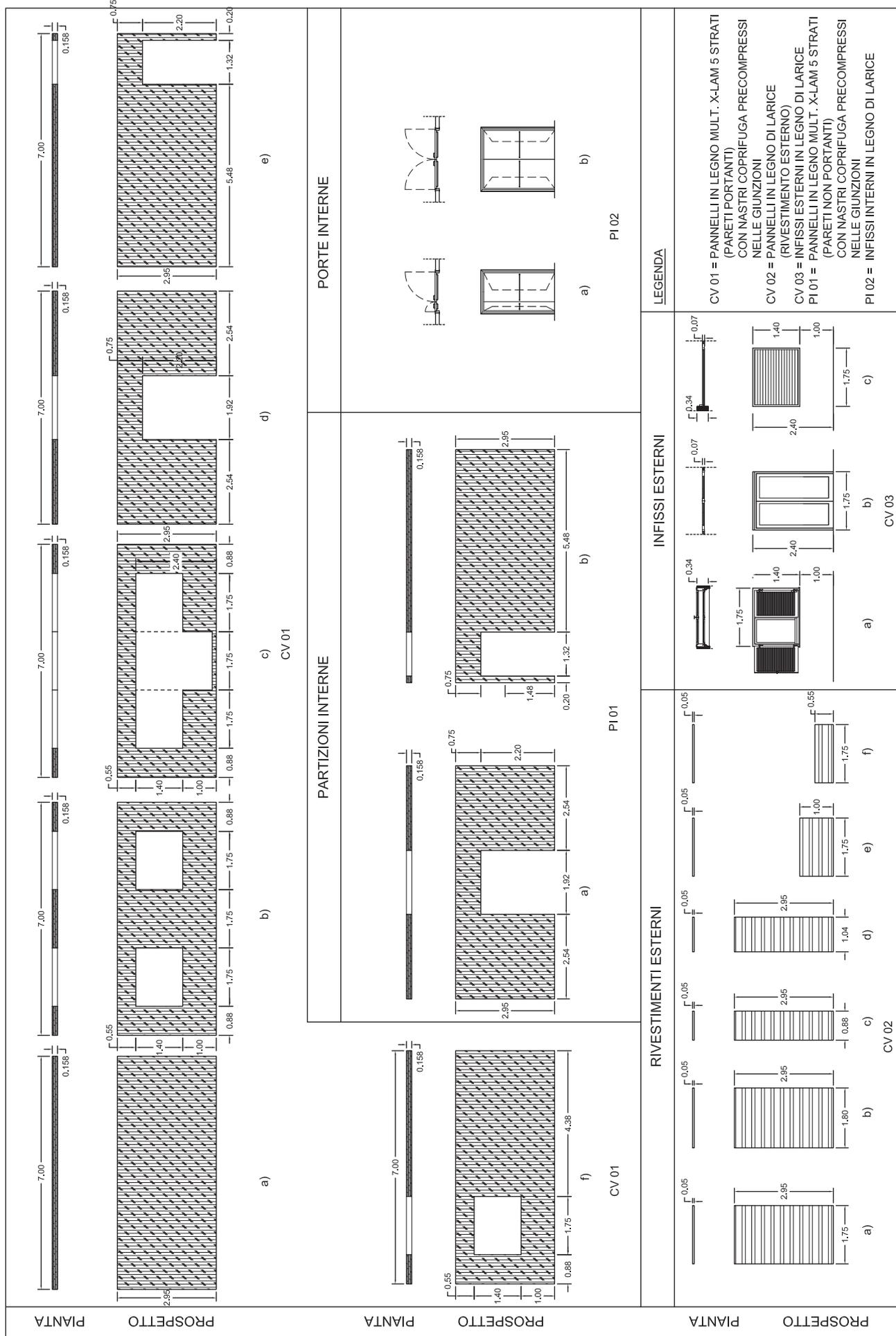
h)

COC 02

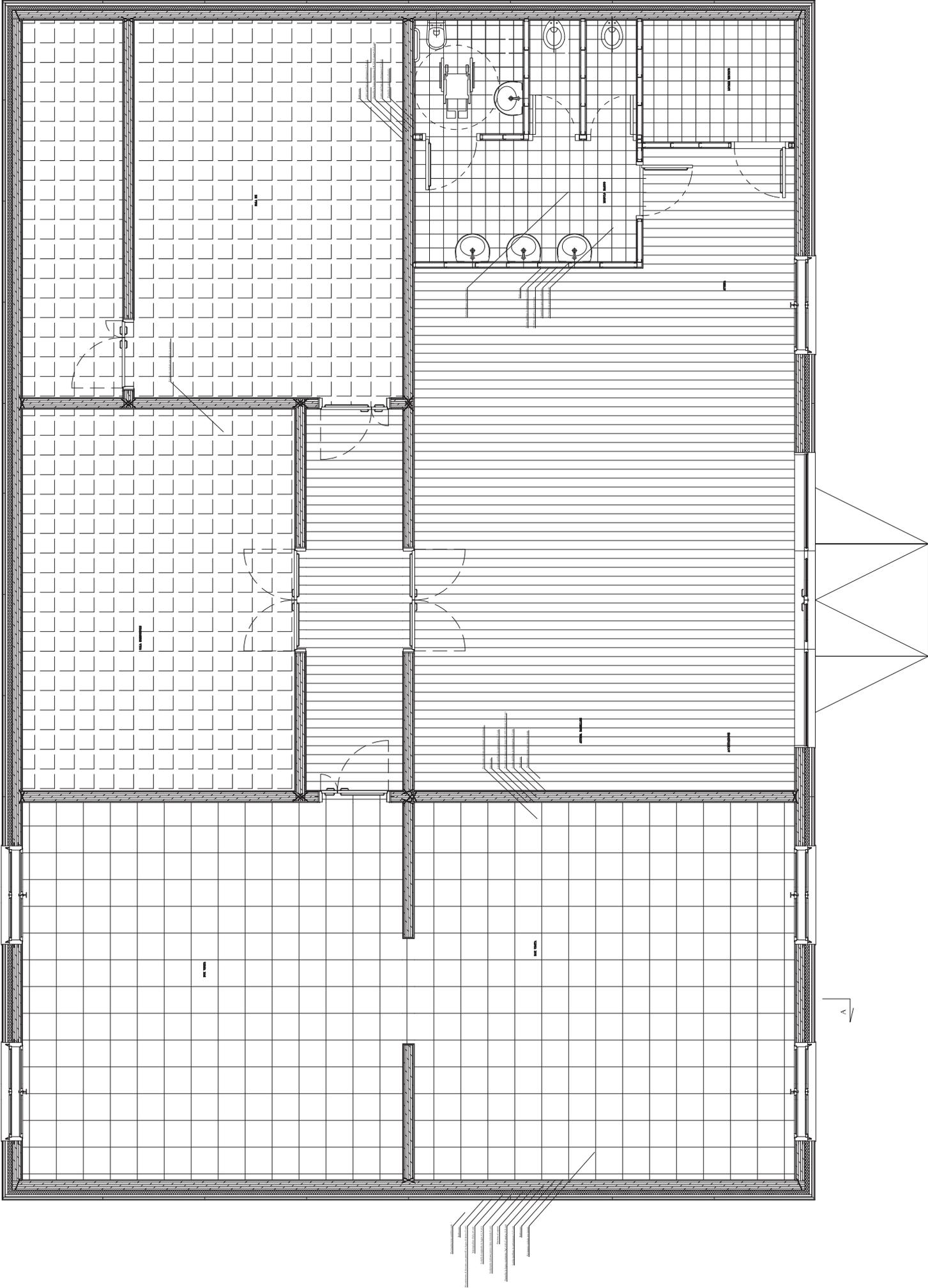
PIANTA

SEZIONE

CHIUSURA VERICALE







Allegato 5 - Pianta del pronto soccorso base a 6 moduli - Scala 1:20

Allegato 5 - Sezione scala 1:20  
Particolari dei nodi scala 1:20

