



## CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

---

DELIBERAZIONE n. 5/CDA/85 del 26/10/2023

---

Presidente: **Alessandro VENTURI**

---

Consiglieri:

- Carlo FERRARI**
- Giovanna GAETANI**
- Dario GARIBOLDI**
- Bruno MAZZACANE**
- Paolo PIANA**
- Giorgio SIANI**
- Pinuccia VERRI**

Con l'assistenza del Segretario: **Alessandra IMPERIALE**

Il Direttore Generale: **Stefano MANFREDI**

---

**OGGETTO: PIANO DI RIORDINO E SVILUPPO DEL POLICLINICO SAN MATTEO – RESEARCH AND TEACHING HOSPITAL - SEZIONE II - AGGIORNAMENTO IN RECEPIMENTO CONTRIBUTO UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA**

---



Fascicolo: 2023-1.1.2/12

---

Acquisiti i pareri di competenza del:

DIRETTORE AMMINISTRATIVO

Andrea FRIGNANI

DIRETTORE SANITARIO

Alberto Giovanni AMBROSIO

DIRETTORE SCIENTIFICO

Vittorio BELLOTTI

---

---

Proponente: PRESIDENZA

---

Il Responsabile del procedimento: DIREZIONE STRATEGICA

---

## IL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

### VISTI:

- la legge 7 agosto 1990, n. 241 e ss.mm.ii. recante “Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi” la quale stabilisce, all’articolo 15, che le Amministrazioni Pubbliche possono concludere tra loro accordi per disciplinare lo svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune e che per tali accordi si osservano, in quanto applicabili, le disposizioni previste dall’art. 11, commi 2 e 3;
- il D.Lgs 23 ottobre 2003, n. 288 recante “Riordino della disciplina degli Istituti di ricovero e cura a carattere scientifico, a norma dell’articolo 42, comma 1, della L. 16 gennaio 2003, n. 3”;

**CONSIDERATO** che la Fondazione ha avviato nel corso dell’anno 2022 un percorso di studio strategico, volto alla pianificazione e riorganizzazione, tramite la completa revisione delle strutture ospedaliere, al fine di realizzare un ospedale di concezione innovativa, comprensivo di spazi di ricerca e sviluppo, di strutture di accoglienza e servizio, rispondente alle migliori dotazioni tecniche e di sicurezza, di parcheggi e collegamenti, in grado di soddisfare le esigenze della contemporaneità e di porre i presupposti per garantire nel tempo i percorsi di cura, di assistenza e di ricerca, la migliore adattabilità degli spazi, nel rispetto dei più efficaci canoni di sostenibilità ambientale ed energetica;

**RILEVATO** che al fine di dar seguito alla predetta progettualità, la Fondazione, sulla scorta dell’istruttoria e delle proposte degli Uffici, ha disposto di avvalersi della sinergia delle due Istituzioni universitarie pavese d’eccellenza (Università degli Studi di Pavia e IUSS Scuola universitaria Superiore di Pavia), adottando i relativi provvedimenti;

**RILEVATA** la complessità, la rilevanza e l’innovatività delle progettualità anzidette, dei connessi profili di tutela dell’interesse generale, avuto riguardo alle finalità istituzionali di ricerca e cura della Fondazione, nonché il comune interesse delle due Istituzioni universitarie pavese d’eccellenza (Università degli Studi di Pavia e IUSS Scuola universitaria Superiore di Pavia), è stata proseguita l’analisi preordinata all’individuazione di possibili soluzioni di sviluppo strategico, che tengano conto dei più moderni ed efficienti strumenti e metodologie tecnologiche allo stato disponibili per la ricerca scientifica e per la diagnostica e la cura dei pazienti;

### CONSIDERATO che:

- le Istituzioni coinvolte (Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo e Università degli Studi di Pavia) hanno proseguito nelle attività di collaborazione in ordine al quadro esigenziale generale di definizione delle linee strategiche di trasformazione dell’ospedale, nel rispetto dei principali canoni di accessibilità, adattabilità, accoglienza, innovazione e sostenibilità;
- con deliberazione n. 5/C.d.A./81 del 28.09.2023 è stato recepito dalla Fondazione il documento “PIANO DI RIORDINO E SVILUPPO DEL POLICLINICO SAN MATTEO – RESEARCH AND TEACHING HOSPITAL”, articolato in sez. I “Definizione delle linee strategiche di trasformazione dell’ospedale, nel rispetto dei principali canoni di accessibilità, adattabilità, accoglienza, innovazione e sostenibilità”, dedicata ai fabbisogni organizzativi e sez. II “Sostenibilità e materiali” dedicata ai fabbisogni in termini di risorse;
- la citata deliberazione ha espressamente previsto che “tale documento, insieme alle c.d. “LINEE DI INDIRIZZO E SVILUPPO STRATEGICO PER REVISIONE STRUTTURA OSPEDALIERA - FONDAZIONE IRCCS POLICLINICO SAN MATTEO DI PAVIA” recepite con Deliberazione n. 5/C.d.A./41 del 11.5.2023, costituisce anch’esso il prodromo dell’iter di rinnovamento della

Fondazione San Matteo, sul quale potranno eventualmente essere elaborate le fasi successive, con gli adattamenti, approfondimenti e aggiornamenti che dovessero essere individuati anche nel prosieguo, all'esito di ulteriori analisi di approfondimento e/o aggiornamenti nonché dell'ulteriore apporto delle Istituzioni coinvolte, in particolare con riguardo ai temi inerenti la ricerca e la didattica”;

- ed invero, le attività istruttorie del gruppo di lavoro dedicato sono proseguite con l'ulteriore apporto dell'Università degli Studi di Pavia, che ha elaborato una nuova versione della Sezione II del documento sopra menzionato, recante “PIANO DI RIORDINO E SVILUPPO DEL POLICLINICO SAN MATTEO – RESEARCH AND TEACHING HOSPITAL - Definizione delle linee strategiche dell'ospedale, nel rispetto dei principali canoni di accessibilità, adattabilità, accoglienza, innovazione e sostenibilità - Sezione 2 – sostenibilità e materiali” (AL01);
- tale elaborato (AL01) aggiorna la precedente versione della Sezione II, in particolare, con riguardo al sezionale relativo alla definizione dei fabbisogni universitari connessi alla didattica medica/sanitaria e allo sviluppo delle attività di ricerca, concludendo il lavoro del gruppo coordinato dall'Istituzione Universitaria, che sottolinea come “la complessità di un ospedale che sia centro di cura ma anche spazio di ricerca e formazione richieda un processo progettuale partecipato, allargato a diverse competenze e in cui gli aspetti architettonici (nonché strutturali e impiantistici - elettrici e meccanici), funzionali e organizzativi siano sviluppati parallelamente a quelli medicali, anche attraverso l'utilizzo di software BIM-based che garantisce un efficace coordinamento fra le fasi di progettazione, lavorazioni di cantiere e installazione delle tecnologie biomediche, ottimizzando le fasi di lavoro ed evitando successive rilavorazioni”.

**VISTO** lo Statuto della Fondazione;

**A VOTI UNANIMI**, espressi nelle forme di legge;

#### **DELIBERA**

per le ragioni riferite in premessa:

1. di recepire il c.d. “PIANO DI RIORDINO E SVILUPPO DEL POLICLINICO SAN MATTEO – RESEARCH AND TEACHING HOSPITAL - Definizione delle linee strategiche dell'ospedale, nel rispetto dei principali canoni di accessibilità, adattabilità, accoglienza, innovazione e sostenibilità - Sezione 2 – sostenibilità e materiali” (AL01) allegato alla presente deliberazione quale parte integrante, formale e sostanziale;
2. di stabilire che tale documento aggiorna e sostituisce la precedente versione della Sezione II – di cui all'allegato n. 2 della precedente Deliberazione n. 5/C.d.A/81 del 28.09.2023;
3. di stabilire che la presente Deliberazione abbia immediata esecutività;
4. di disporre la pubblicazione del presente provvedimento all'Albo Pretorio della Fondazione per 15 giorni consecutivi, ai sensi dell'art. 32 della L. n. 69/2009 e della L.R. n. 33/2009 s.m.i, con l'osservanza della vigente normativa in materia di protezione dei dati personali (Reg. UE n. 2016/679 e D.Lgs. n. 196/2003 s.m.i.), e la comunicazione al Collegio Sindacale della Fondazione;

5. di dare atto che, ai sensi della L. n. 241/90 s.m.i., il Responsabile del procedimento e dell'esecuzione è la Direzione Strategica.

**IL SEGRETARIO**  
**(Alessandra Imperiale)**  
(Firmato digitalmente)

**IL PRESIDENTE**  
**(Alessandro Venturi)**  
(Firmato digitalmente)

OTTOBRE 2023

# PIANO DI RIORDINO E SVILUPPO DEL POLICLINICO SAN MATTEO – RESEARCH AND TEACHING HOSPITAL

Definizione delle linee strategiche dell'ospedale, nel rispetto dei principali canoni di accessibilità, adattabilità, accoglienza, innovazione e sostenibilità.

*Sezione 2 – sostenibilità e materiali*

Fondazione IRCSS Policlinico San Matteo di Pavia

Università di Pavia

Alvaro M., Grancini G., Greco A., Lavagnolo M. C., Mingardi G., Nestola F., Pica G., Reali A., Tassorelli C., Zanetta A.

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>FABBISOGNI UNIVERSITARI CONNESSI ALLA DIDATTICA MEDICA/SANITARIA E ALLO SVILUPPO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA</b>	<b>2</b>
SITUAZIONE ATTUALE	2
L'ATTIVITÀ DIDATTICA E DI RICERCA DELL'UNIVERSITÀ PRESSO LA FONDAZIONE POLICLINICO SAN MATTEO	2
<b>SCENARI FUTURI</b>	<b>8</b>
<b>DEFINIZIONE E REDAZIONE DELLE LINEE STRATEGICHE DI TRASFORMAZIONE</b>	<b>10</b>
<b>SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO</b>	<b>16</b>
IL QUADRO INTERNAZIONALE DELLA CRISI ENERGETICA E IL SUO IMPATTO AMBIENTALE NEL SISTEMA SANITARIO	16
FONDAZIONE POLICLINICO SAN MATTEO: STATO ATTUALE E OBIETTIVI FUTURI	21
QUADRO ENERGETICO ATTUALE	21
RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO: OPPORTUNITÀ OFFERTE DA SISTEMI DI GEOTERMIA	26
PREMESSA E STATO DELL'ARTE	26
FPSM: STUDIO DI FATTIBILITÀ E PREVISIONI	28
"CLOSING THE LOOP" CIBO, RIFIUTI E SOSTENIBILITÀ: NUOVE SFIDE PER UNA STRUTTURA OSPEDALIERA MODERNA	29
<b>ENERGIA DA BIOMASSE</b>	<b>32</b>
PREMESSA E STATO DELL'ARTE	32
FPSM: STUDIO DI FATTIBILITÀ E PREVISIONI	34
<b>MATERIALI</b>	<b>38</b>
<b>RIVESTIMENTO EDIFICIO</b>	<b>38</b>
CHIUSURE VERTICALI	39
COPERTURE	40
<b>AREE INTERNE</b>	<b>42</b>
INGRESSO – ACCETTAZIONE	42
CONNETTIVO DI DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE	43
AREE PER LA CURA E LA DEGENZA	45
AREE PER L'AMMINISTRAZIONE, LA DIDATTICA E LA RICERCA	45
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>46</b>
<b>ALLEGATO - SCHEDE DI ANALISI TIPOLOGICO – ORGANIZZATIVA E TECNICO – COSTRUTTIVA</b>	<b>47</b>

## Introduzione

La Fondazione IRCSS Policlinico San Matteo ha avviato un nuovo e rilevante percorso di pianificazione riorganizzativa strategica, indirizzato alla realizzazione di nuove strutture in grado di garantire nel tempo i più adeguati percorsi di cura, assistenza, ricerca e didattica, la migliore adattabilità degli spazi, i più efficaci canoni di sostenibilità ambientale ed energetica, ridisegnando il proprio asset organizzativo, migliorando l'accessibilità dal bacino territoriale e la connettività con il contesto regionale e nazionale.

In questo contesto il presente report raccoglie gli esiti della attività di un gruppo interdisciplinare di ricercatori nell'ambito dell'Accordo Attuativo in essere tra Fondazione IRCSS Policlinico San Matteo e l'Università di Pavia, che ha affrontato principalmente tematiche a supporto delle valutazioni giuridiche, economiche ed organizzative inerenti alle linee di sviluppo strategico nonché all'innovazione digitale, definizione dei fabbisogni connessi alla didattica medica/sanitaria e allo sviluppo di attività di ricerca, sostenibilità ambientale ed energetica e utilizzo di materiali innovativi e sostenibili.

Il lavoro è articolato in 3 sezioni:

- definizione dei fabbisogni universitari connessi alla didattica medica/sanitaria e allo sviluppo delle attività di ricerca (referente prof.ssa Cristina Tassorelli);
- individuazione delle possibilità di sfruttamento di risorse rinnovabili per il contenimento e l'efficientamento dei consumi energetici (referente prof. Matteo Alvaro);
- indicazione di possibili materiali costruttivi per una soluzione flessibile, adattabile e sostenibile (referente prof. Alessandro Reali)

## Fabbisogni universitari connessi alla didattica medica/sanitaria e allo sviluppo delle attività di ricerca

### Situazione attuale

Premessa: Parte di questa attività si è basata su dati gentilmente e generosamente forniti dal Direttore Scientifico, prof. Vittorio Bellotti. Altre fonti sono state il sito della Fondazione, i database scientifici pubblici, interviste a figure chiave che operano in Fondazione a vari livelli, un sondaggio con opinion leaders internazionali in ambito di ricerca medica e biomedica (Mayo Clinic, Minnesota US, Leiden Medical Centre, Olanda; Samsung Medical Center, Seoul) e la site visit alle strutture dell'Ospedale Universitario St. Olavs di Trondheim, Norvegia.

### L'attività didattica e di ricerca dell'Università presso la Fondazione Policlinico San Matteo

Le attività didattiche, di ricerca e assistenziali dei docenti della Facoltà di Medicina convenzionati con il Policlinico sono tra loro intimamente legate, se si pensa alle 21 UOC a direzione universitaria e ad una popolazione totale di 79 docenti universitari, di cui 18 Professori di I fascia, 31 Professori di II fascia, 8 ricercatori universitari, 20 ricercatori a tempo determinato e 2 Professori straordinari, oltre al personale tecnico-amministrativo.

La Fondazione è la struttura didattica principale del Polo Universitario Pavese, essendo struttura di sede di 3 Lauree Magistrali a ciclo unico:

- Medicina e Chirurgia – Golgi;
- Medicina e Chirurgia – Harvey;
- Odontoiatria e Protesi Dentaria;

e di 7 lauree Triennali delle Professioni Sanitarie:

- Infermieristica – Sede Policlinico;
- Ostetricia;
- Dietistica;
- Igiene Dentale;
- Tecniche di Fisiopatologia Cardiocircolatoria e Perfusionazione Cardiovascolare;
- Tecniche di Laboratorio Biomedico;
- Tecniche di Radiologia Medica per Immagini e Radioterapia.

La Fondazione è poi struttura di sede di 30 Scuole di Specializzazione di area medica, chirurgia o dei servizi della Facoltà di medicina come riportato analiticamente nella tabella sotto.

<b>SCUOLE DI SPECIALIZZAZIONE MEDICA ATTIVE</b>	<b>UNITÀ OSPEDALIERA</b>
<b>ALLERGOLOGIA ED IMMUNOLOGIA CLINICA</b>	U.O.C. Medicina generale I
<b>ANATOMIA PATOLOGICA</b>	U.O.C. Anatomia patologica
<b>ANESTESIA RIANIMAZIONE TERAPIA INTENSIVA E DEL DOLORE</b>	Struttura sovraordinata formata da: SC Anestesia e rianimazione 1--Terapia intensiva generale + SC Anestesia e rianimazione 2-Anestesia e terapia intensiva cardiotoracica + SC Anestesia e rianimazione3- Anestesia e terapia intensiva postchirurgica + SSD Anestesia e rianimazione 4-coordinamento centro donazioni organi
<b>CARDIOCHIRURGIA</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Cardiochirurgia 1, UOSD Cardiochirurgia 2-Chirurgia ipertensione polmonare
<b>CHIRURGIA GENERALE</b>	Struttura sovraordinata formata da: Chirurgia generale 1, Chirurgia generale 2, Chirurgia generale 3 Senologia, Chirurgia generale 4 Trapianti addominali
<b>MEDICINA E CURE PALLIATIVE</b>	Struttura sovraordinata composta da: UOC Medicina Generale 1 – SS Hospice Cure Palliative UOC Oncologia Medica
<b>DERMATOLOGIA E VENEREOLOGIA</b>	SC Dermatologia
<b>EMATOLOGIA</b>	UOC Ematologia
<b>FARMACOLOGIA E TOSSICOLOGIA CLINICA</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Direzione Sanitaria (comprendente la Farmacia Ospedaliera) e UOC Laboratorio analisi chimico cliniche
<b>GENETICA MEDICA</b>	Struttura sovraordinata di Genetica Medica formata da: SSD Genetica Medica, SC Medicina Generale 2 - Centro Amiloidosi sistemiche e malattie ad alta complessità, SC Ematologia 1, SC Cardiologia 3 – Centro per le Malattie genetiche cardiovascolari, S.C Anatomia patologica
<b>GINECOLOGIA ED OSTETRICIA</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Ostetricia e ginecologia 1 e SSD Ostetricia e ginecologia 2-PMA
<b>IGIENE E MEDICINA PREVENTIVA</b>	Direzione sanitaria
<b>MALATTIE DELL'APPARATO CARDIOVASCOLARE</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Cardiologia 1, SSD Cardiologia 2 – Aritmologia ed elettrofisiologia, SSD Cardiologia traslazionale
<b>MALATTIE DELL'APPARATO DIGERENTE</b>	UOC Medicina generale I
<b>MALATTIE DELL'APPARATO RESPIRATORIO</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Pneumologia e SS Transplant Center in staff al Direttore Sanitario
<b>MALATTIE INFETTIVE E TROPICALI</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Malattie infettive 1 e UOC Immunologia clinica - Malattie infettive
<b>MEDICINA D'EMERGENZA-URGENZA</b>	Struttura sovraordinata formata da UOC Pronto Soccorso e UOSD ATT 118 Pavia

<b>MEDICINA INTERNA</b>	UOC Medicina generale I
<b>MICROBIOLOGIA E VIROLOGIA</b>	UOC Microbiologia e virologia
<b>NEFROLOGIA</b>	SC Nefrologia e Dialisi
<b>NEUROCHIRURGIA</b>	Struttura sovraordinata delle Chirurgie specialistica del distretto testa collo composta da: UOC Neurochirurgia, UOC Oculistica e UOC Otorinolaringoiatria
<b>OFTALMOLOGIA</b>	UOC Oftalmologia
<b>ONCOLOGIA MEDICA</b>	UOC Oncologia medica
<b>ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA</b>	UOC Ortopedia
<b>OTORINOLARINGOIATRIA</b>	UOC Otorinolaringoiatria
<b>PATOLOGIA CLINICA E BIOCHIMICA CLINICA</b>	Struttura sovraordinata formata da: SC Medicina Generale 2 - Centro Amiloidosi sistemiche e malattie ad alta complessità, SC Laboratorio analisi chimico cliniche, SC Microbiologia e Virologia, S.C SIMT - Servizio immunoematologia e medicina trasfusionale
<b>PEDIATRIA</b>	UOC Pediatria
<b>RADIOLOGICA</b>	Struttura sovraordinata formata da: UOC Radiologia diagnostica per immagini 1 e UOC Radiologia diagnostica per immagini 2 - Neuroradiologia
<b>RADIOTERAPIA</b>	UOC Radioterapia oncologica
<b>REUMATOLOGIA</b>	UOC Reumatologia

Presso le Unità e i Laboratori della Fondazione si formano pertanto ogni anno migliaia di studenti dei corsi di area medica e di specializzandi. Mentre l'attività didattica frontale è prevalentemente in capo ai docenti universitari, una quota minoritaria, ma certamente non trascurabile delle attività didattiche sul campo per tirocinanti e professionalizzante per gli specializzandi è svolta dal personale della Fondazione<sup>1</sup>. Inoltre,

<sup>1</sup> Una valutazione percentuale esatta non è al momento disponibile, richiedendo un'analisi con tempi, mezzi e mandati molto più ampi di quelli previsti per la presente attività.

l'attività professionalizzante, oggi predominante nella preparazione specialistica, come da indicazioni Ministeriali, viene svolta nel milieu di reparto avvalendosi in modo significativo dall'attività di tutoraggio da parte di personale della Fondazione. L'attività didattica frontale ha presentato numerose criticità negli anni scorsi, che sono in via di risoluzione con l'apertura del Campus della Salute da parte dell'Università di Pavia, che offre aule didattiche classiche di varie dimensioni, due aule informatiche, un'unica biblioteca con spazi dedicati per la consultazione di materiale e database, lo studio e le riunioni in piccoli gruppi, e l'area di simulazione su manichini e piccoli pezzi. Più problematica rimane l'attività sul campo, specie per quanto riguarda i tirocinanti dei diversi corsi di laurea, specie di Medicina e Chirurgia del secondo triennio, che, da quanto riportato nei questionari compilati in epoca pre-pandemica, lascia intravedere ampi margini di miglioramento.

Per quanto riguarda l'attività di ricerca, circa il 70% dei laboratori/gruppi di ricerca della Fondazione sono coordinati da docenti universitari, e sono distribuiti su 20 spazi di dimensioni variabili da 50 a 150 mq, collocati in varie aree del policlinico, in una condizione di frammentazione logistica delle attività che ne limita la portata e la sinergia fra gruppi (v. anche paragrafi successivi). Tale frammentazione, tuttavia, più che ragioni logistiche ha profonde ragioni operative essendo basata sul concetto, molto in voga in anni precedenti, della ricerca IRCCS "from-the bench-to bedside-and-back". Tale approccio ha avuto il grande pregio di avvicinare la componente medica alla ricerca, sia traslazionale che di base, ma si è dimostrato nel tempo problematico da gestire dal punto di vista, appunto, logistico soprattutto in IRCCS politematici quale il San Matteo, limitando la portata e la sinergia fra gruppi (v. anche paragrafi successivi). Va altresì evidenziato che in talune aree non può esistere una netta separazione tra attività assistenziale e di ricerca senza incorrere in duplicazioni di infrastrutture e frammentazione del personale (esempio: l'Area infettivologica segue criteri di biocontenimento difficilmente duplicabili in ambiti separati assistenza/ricerca. Inoltre, l'attività di Horizon scanning si avvale degli incarichi Regionali e Nazionali come centro di riferimento per malattie infettive emergenti assegnati alla UOC Microbiologia e Virologia). Tuttavia, l'impegno nella ricerca della Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, pur con i limiti sopra descritti, resta molto forte, collocando, negli ultimi 3 anni la Fondazione tra i primi 4 IRCCS politematici per produzione scientifica. Al momento il fabbisogno in termini di spazi per laboratori di ricerca, spazi per grandi apparecchiature condivise, servizi generali, spazi di supporto alle attività sopra citate e adeguato insediamento del personale dedicato all'attività di ricerca si è calcolato un fabbisogno minimo di un edificio di 7.000 mq.

La ricerca alla Fondazione Policlinico San Matteo

L'attività di ricerca della Fondazione Policlinico San Matteo è diretta e coordinata dalla Direzione Scientifica, attualmente collocata in una palazzina separata sia dai diversi laboratori sperimentali, sia dai gruppi di ricerca clinica. È strutturata in varie unità e servizi come di seguito riportato (fonte: <http://www.sanmatteo.org/>).



Organo fondamentale dell'attività della Direzione Scientifica è il Dipartimento della Ricerca, attivato dall'anno 2023, a cui afferiscono le seguenti unità organizzative: UOC Servizi amministrativi di supporto alle attività di ricerca; UOSD Grant office, TTO e documentazione scientifica; UOSD Epidemiologia clinica e Osservatorio Salute Ospedale-Territorio; UOSD Biostatistica e Clinical Trial Center. Inoltre, al Dipartimento della Ricerca afferiscono le seguenti unità operative: UOC Cardiologia 3 – Centro per le Malattie genetiche cardiovascolari; UOC Immunologia clinica – Malattie infettive; UOC Medicina molecolare UOSD Ematologia 3 – Fase 1 sperimentazione clinica. Le aree tematiche indicate per il finanziamento della Ricerca Corrente da parte del Ministero della Salute sono: i) Ematologia e Immunologia, ii) Cardiologia-Pneumologia, iii) Malattie infettive e iv) Trapiantologia, anche se la produzione scientifica evidenzia significativi volumi di attività anche in altri settori. Il Clinical Trial Center, associato ad attività di Biostatistica, svolge attività di supporto alla sottomissione degli studi profit e non profit al comitato etico, gestisce i rapporti con il promotore, effettua l'analisi della fattibilità, si occupa del budgeting, project management, trial management, inclusa la safety e parte degli aspetti amministrativi ed economici. Il Clinical Trial Center è responsabile dell'inserimento degli studi clinici nel Clinical Trials Management System (CTMS) della Fondazione e il monitoraggio della completezza delle informazioni caricate dalle singole Unità Operative sedi delle sperimentazioni. Il Clinical Trial Center include un gruppo di lavoro multidisciplinare sulle sperimentazioni cliniche (GSC) finalizzato a promuovere e supportare una sempre migliore e più efficiente organizzazione, gestione e rendicontazione degli studi clinici. Rientra tra le facilities della Fondazione l'Unità per Trial Clinici di fase 1 situata al 4° piano dei Reparti Speciali. L'unità ha 17 letti, una sala visita, un laboratorio per la processazione dei campioni biologici, facilities per la conservazione dei farmaci, un locale per data manager, un archivio ed una sala ricreativa.

#### Ricerca pre-clinica e traslazionale

L'attività si svolge in laboratori distribuiti su 13 diverse aree, dove, oltre a una parte dei 79 docenti universitari convenzionati con la Fondazione e a una quota di dipendenti della Fondazione, operano circa 200 professionisti tra ricercatori sanitari, collaboratori con funzione di supporto alla ricerca e contrattisti, a cui si aggiungono circa 50 borsisti e una decina di dottorandi. La parcellizzazione delle attività rende problematico e dispersivo l'utilizzo delle core facilities, dispendioso lo smaltimento dei prodotti di scarto/rifiuti, la conservazione dei campioni, la gestione delle biobanche e la creazione di sinergie e la

“cross-fertilization” di attività. Un punto che appare degno di attenzione è la mancanza/carenza di figure dedicate alla gestione dei laboratori stessi, così come di servizi tecnici e per i laboratori, strutture fondamentali per l’efficienza e la continuità delle attività di ricerca e didattica. La ricerca di base sull’animale avviene al di fuori del perimetro dell’Ospedale San Matteo in virtù di accordi e collaborazioni con strutture universitarie dotate delle necessarie facilities e strumentazioni come il Polo Botta 2.

#### Ricerca Clinica

La ricerca clinica appare condotta dai vari gruppi di lavoro senza infrastrutture specificamente dedicate, in maniera sostanzialmente autonoma e separata per discipline. Anche in questo ambito le sinergie e gli scambi tra aree tematiche potrebbero sicuramente essere ottimizzati. Estremamente ridotta è la dotazione di personale sanitario dedicato esclusivamente alla ricerca clinica o all’attività di supporto alla stessa (in particolare infermieri e data manager). A fronte delle criticità evidenziate, si noti che l’attività pubblicistica della Fondazione presenta un trend in costante miglioramento, il che suggerisce che l’ottimizzazione logistico-organizzativa e tecnico-amministrativa delle attività di ricerca e l’ulteriore rafforzamento delle sinergie tra Fondazione e Università di Pavia consentiranno di sfruttare il considerevole potenziale tecnico-scientifico della Fondazione.

## Scenari futuri

#### Spazi per la didattica

In considerazione della disponibilità del Campus della Salute, la necessità di Aule didattiche classiche appare soddisfatta, anche se l’incremento della numerosità degli studenti dei corsi di Laurea di Medicina (Golgi e Harvey) operati 3 anni fa e rinforzati dal MUR di recente, consigliano di prevederne alcune ad utilizzo condiviso Fondazione/Università, in modo che possano fungere da cuscinetto di espansione in caso di sovraccarico delle strutture disponibili al Campus, nonché per la formazione ECM e l’attività congressuale della Fondazione. Le difficoltà di erogazione dei tirocini suggeriscono l’utilità di realizzare piccole aule nelle aree cliniche dotate di sistemi informatici (telecamere, sistema audio) dove i tutor incaricati (accademici e/o ospedalieri, medici in formazione o dottorandi) potranno illustrare e discutere casi clinici reali o virtuali in presenza o in modalità ibrida o per altre attività formative. È da prevedere uno spazio adeguato per la stampa 3D di modelli di organo o di sistemi per la didattica pre-laurea e post-laurea, oltre che per attività di ricerca su nuovi materiali e nuovi approcci terapeutici. Indispensabile la realizzazione di un auditorium per eventi di comunicazione scientifica nazionali e internazionali, con la disponibilità di almeno una seconda aula di dimensioni minori e ulteriori spazi dedicati per l’organizzazione di seminari tematici o per riunioni di ricerca interne o con consorzi di ricerca. Indispensabile inserire in vicinanza dell’auditorium un’area di ristorazione e svago.

#### Spazi per la ricerca

Per l’attività di ricerca è necessaria un’infrastruttura up-to-date, avanzata e di alta qualità (Palazzina della Ricerca) che si ispiri ai seguenti obiettivi:

- centralizzazione potenziamento ed efficientamento dei servizi a supporto della ricerca (data management, biostatistica, bioinformatica, supporto alla stesura di grants nazionali ed internazionali, supporto all’internazionalizzazione, supporto legale per il trasferimento tecnologico, supporto per la stesura di richieste da sottoporre al comitato etico, etc.);

- centralizzazione ed efficientamento di quelle attività di ricerca sperimentale che possano essere declinate in “core facilities”;
- generazione di una logistica favorevole all’interscambio delle attività di laboratorio al confine tra ricerca di base e ricerca clinica traslazionale;
- formazione di ricercatori talentuosi in un ambiente di ricerca di eccellenza che metta a sistema le risorse e le interazioni tra Fondazione e Università;
- implementazione del trasferimento tecnologico degli ambiti di ricerca di base e applicata che si svolge in Fondazione e nell’Ateneo mediante il rafforzamento delle collaborazioni con i settori privati.

A corollario della ricerca, ma non di secondaria importanza, andranno previste attività incentrate sui seguenti aspetti:

- focus sull’innovazione attraverso: collaborazione con attività di business esistenti, collaborazione con il settore pubblico, contributo alla creazione di nuove opportunità di business;
- attività di comunicazione che renda la conoscenza sviluppata dalla sinergia Fondazione/Università visibile e accessibile alle persone e alla società, puntando anche sui giovani e contribuendo al dibattito pubblico evidence-based.

Le attività di cui agli ultimi due punti potrebbero essere idealmente accolte nella Direzione Scientifica, oppure presso la Direzione Strategica della Fondazione, pur necessitando di una stretta collaborazione fra le due direzioni. La Palazzina della Ricerca dovrà accogliere la Direzione Scientifica e le sue facilities (incluso il Clinical Trial center di fase 1), possedere adeguati spazi per i laboratori di ricerca pre-clinica e traslazionale, le postazioni di lavoro dei ricercatori, le core facilities, un servizio di aggiornamento bibliografico, sale riunioni di numerosità adeguata ai gruppi di lavoro e ai progetti collaborativi in corso o futuri, un’area di ristorazione a svago, che potrebbe essere la stessa di cui al punto precedente. Per la gestione dei laboratori è opportuno prevedere servizi tecnici e logistici, elementi vitali per l’efficienza e la continuità delle attività di ricerca e didattica; gli ambiti operativi integrati di questi servizi riguardano gli aspetti complementari della ricerca scientifica. Ai servizi andrebbero affiancate figure professionali quali il manager di laboratorio, che si dovrebbero occupare della gestione della sicurezza, la formazione tecnica dei nuovi ingressi e l’applicazione delle buone pratiche di laboratorio. Indispensabile un Centro Bioinformatico, per facilitare l’applicazione delle sempre più utili metodiche di acquisizione e analisi dei dati scientifici di laboratorio. Utile prevedere per ogni area clinica (o raggruppamento di aree cliniche) uno spazio dedicato alla ricerca clinica, dove figure dedicate (infermieri di ricerca) saranno messe a disposizione dei clinici e dei medici in formazione per progetti di ricerca clinica profit o non profit. Idealmente, questi spazi potrebbero essere collocati in contiguità o in vicinanza alla Palazzina della Ricerca, per poter usufruire delle facilities di preparazione dei campioni biologici. La Palazzina della Ricerca dovrebbe trovare collocazione in contiguità fisica ed essere integrata con ambulatori dedicati a casistica inserita in studi clinici profit e non profit con personale dedicato per il supporto del medico (research nurses, data manager), la gestione dei farmaci sperimentali e il monitoraggio, che andranno ad integrare i percorsi di ricerca misti con l’assistenza, i quali, per comodità del paziente e dei medici curanti, potrebbe essere dislocato nelle varie unità clinico-diagnostiche. In considerazione della sempre maggiore spinta verso la gestione del malato a casa (telemedicina, utilizzo di sensoristica, centrale operativa), appare opportuno valutare anche la creazione di un Centro per lo sviluppo di nuovi modelli di assistenza (magari affiancato al Centro Bioinformatico), struttura che sarebbe dotata di potenziale di traslationalità ed innovatività elevatissimo. L’attività di ricerca di base sull’animale proseguirà al di fuori del perimetro dell’Ospedale attraverso le collaborazioni già in essere con le strutture dell’Università di Pavia.

## Definizione e redazione delle linee strategiche di trasformazione

Le esigenze delle attività di ricerca e formazione all'interno dell'Ospedale del futuro fanno ritenere auspicabile che possa essere realizzata una Palazzina della Ricerca indipendente dall'edificio dell'accoglienza e della cura (con impiantistica e sistemi di collegamenti verticali e orizzontali autonomi), ma possibilmente in contiguità e integrata con laboratori diagnostici e in particolare quelli riferibili alla genetica, alla biochimica clinica e all'anatomia patologica, assicurando un collegamento fisico per facilitare gli spostamenti del personale e la gestione dei campioni. Particolare attenzione dovrà essere posta nella progettazione dei percorsi e dei flussi per garantire la massima funzionalità degli spazi e, al contempo e ove richiesto, il necessario livello di sicurezza. Ingressi indipendenti dovranno essere adeguatamente segnalati, indirizzando i diversi utenti in funzione delle loro esigenze; particolare attenzione dovrà essere adottata anche per gli spazi aperti circostanti, creando aree di svago attrezzate che possano essere sfruttate in sicurezza e che stabiliscano una connessione funzionale anche con gli altri spazi aperti dell'Ospedale. La Palazzina della Ricerca dovrà essere caratterizzata da soluzioni costruttive e materiali che ne valorizzino l'immagine, differenziandola dall'area della cura. L'organizzazione tipologica e la morfologia dell'edificio dovranno essere improntati alla massima razionalità e funzionalità, assicurando adeguata indipendenza ai diversi gruppi di ricerca ma anche una facile e diretta interconnessione che consenta di ottimizzare gli spostamenti e la condivisione di attrezzature ed impiantistica. In funzione della posizione e della dimensione del lotto si potrà scegliere tra due configurazioni che sembrano più indicate (tra le diverse possibili) alla luce delle indicazioni raccolte:

- impianto a corpo triplo (uffici – corridoio – laboratori) riproposto per il numero di piani necessari a soddisfare le esigenze del Policlinico; l'impianto potrebbe essere asimmetrico in funzione delle esigenze spaziali dei laboratori, la cui profondità potrebbe essere maggiore rispetto alla parte riservata agli uffici;
- impianto a corpo quintuplo con uno più piani dedicati agli uffici (uffici – corridoio – patio – corridoio – uffici) e uno o più piani dedicati ai laboratori (laboratorio – corridoio – patio – corridoio – laboratorio); il piano dedicato ai laboratori potrebbe anche essere distribuito con un solo corridoio nel caso in cui servano spazi per la ricerca di profondità significative.

In entrambe le configurazioni sarà comunque indispensabile collocare l'impiantistica a supporto delle attività di ricerca sul perimetro dell'edificio, favorendo la manutenzione dall'esterno, meno invasiva e costosa. Le soluzioni costruttive dovranno essere improntate alla flessibilità e alla trasformabilità tipica degli ambienti di ricerca moderni, capaci di adeguarsi ai mutamenti delle linee di ricerca e delle relative attrezzature. Anche per questo motivo una configurazione modulare e regolare, con interessi strutturali simili a quelli che verranno adottati nell'edificio per la cura, potrà assicurare durabilità, adattabilità e funzionalità. Gli spazi per la ricerca dovranno essere organizzati in parte come open-space e in parte come uffici individuali, inframezzati da spazi di incontro e socializzazione informali che possano favorire lo scambio e la condivisione di idee. La scelta di avere postazioni individuali fisse o a rotazione dovrà essere definita in sede di progettazione definitiva ed esecutiva; sicuramente, nell'intenzione di contenere i consumi energetici e di esercizio, appare opportuno che gli spazi di uso comune (sale riunioni, sale debriefing, sale per ristoro e consumo dei pasti, ecc.) siano condivisi tra diversi gruppi. I collegamenti verticali dovranno essere essenziali, facilmente individuabili e, dove possibile, integrarsi con la struttura portante dell'edificio per contribuire alla sicurezza statica. Sono da privilegiare soluzioni costruttive che garantiscano flessibilità e trasformabilità degli impianti: pavimentazioni galleggianti per la riorganizzazione delle reti dati ed elettrica, tramezze in cartongesso facili da rimuovere o spostare, controsoffitti (dove necessari) a pannelli capaci di integrare i corpi illuminanti, garantendo l'adattabilità impiantistica.

Nell'ottica di razionalizzazione dei consumi energetici si dovrà fare ampio ricorso a soluzioni domotiche per il controllo climatico e dell'illuminazione all'interno dei locali. Per soddisfare le esigenze di spazi per la didattica e per eventi di comunicazione scientifica nazionale e internazionale è auspicabile la realizzazione di un auditorium da 300-350 posti, eventualmente frazionabile in aule di capienza inferiore (30 e 50 persone) per l'organizzazione di seminari tematici o per riunioni di ricerca interne o con consorzi di ricerca. L'auditorium dovrà essere dotato di adeguate attrezzature e tecnologie per trasmettere eventi in streaming e ricevere informazioni e dati dall'esterno. La sua progettazione dovrà garantire una accessibilità indipendente dalla Palazzina (per poter essere utilizzata anche per eventi non strettamente legati alla ricerca che in essa si svolge) e dovranno essere garantiti tutti gli spazi accessori e complementari (foyer di ingresso con guardaroba, servizi igienici, deposito per materiale di supporto ad eventi, ecc.) che ne consentano un utilizzo a supporto dell'intero Ospedale. Indispensabile inserire in vicinanza dell'auditorium un'area di ristorazione e svago. In considerazione dell'audience anche esterna, sarà necessario prevedere aree di parcheggio dedicate. Desiderabile la collocazione in prossimità della futura stazione Ospedali della linea Pavia-Milano. Si riportano di seguito due possibili modelli che possono fungere da fonte di ispirazione ideologica per la costruzione della Palazzina della Ricerca.

Il primo modello fa riferimento al Knowledge Centre integrato nell'Ospedale Universitario St Olavs di Trondheim (Norvegia) (<https://stolav.no/en/about-the-hospital>), che si sviluppa su un'area di 18.000 mq e che, fatte le opportune proporzioni in riduzione degli spazi, potrebbe essere collocato in posizione esterna alle aree cliniche, ma adiacente ad esse e facilmente raggiungibile con percorsi connessi per il personale e per i pazienti (<https://www.archdaily.com/448218/knowledge-center-at-st-olavs-hospital-ratio-arkitekter-as-and-nordic-office-of-architecture>).

Il centro è stato completato nel 2013 applicando gli standard della 'casa passiva' che consente una riduzione dei consumi energetici del 75% rispetto alla media delle strutture ospedaliere.

*Area di sviluppo dell'Ospedale Universitario St. Olavs con indicazione della collocazione del Knowledge Center. Nella figura a destra si notino le passerelle che permettono la connessione diretta del centro con le varie strutture cliniche.*



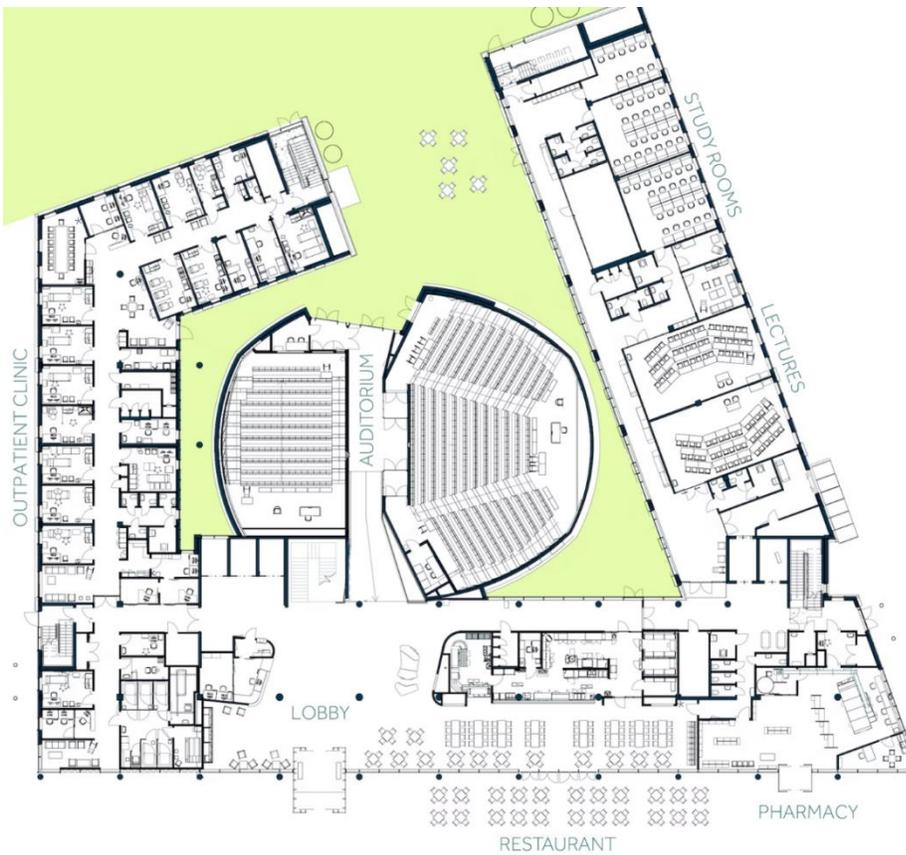
*Prospetto principale del Knowledge Centre*



*Auditorium del Knowledge Centre realizzato con struttura diagrid in legno, visto dal suo ingresso esterno*



*Piantina di un piano del Knowledge Center.*



Per analogia a questo livello potrebbe essere collocato il Clinical Trial Center fase I, gli ambulatori di ricerca, gli studi dei coordinatori dei laboratori, aule studio/postazioni di lavoro dei piramidati/collaboratori/borsisti, aule per riunioni seminari e l'area ristorazione.

*Pianta esemplificativa di altro piano del Knowledge Centre*



Qui potrebbero trovare collocazione i laboratori di ricerca pre-clinica e traslazionale, prevedendo un'area per le core facilities (grandi strumenti, sezione criostatica, biobanca, ecc.) ed una ulteriore area per la Direzione Scientifica e le strutture ad essa collegate.

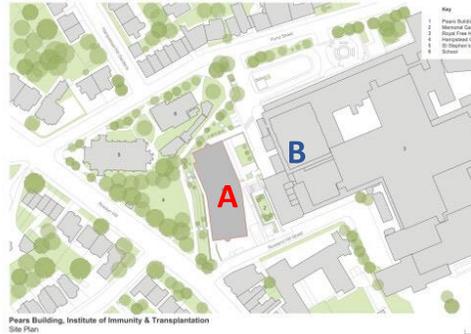
Il secondo edificio proposto come modello, che per dimensioni e funzioni potrebbe essere paragonabile al fabbisogno del nuovo San Matteo è il Pears Building di UCL integrato nel Royal Free Hospital a Londra (<https://www.ucl.ac.uk/immunity-transplantation/about/pears-building>).

È un edificio di circa 7.000 mq calpestabili dove lavorano circa 200 persone (vedi sotto alcune immagini), completato nel 2021 e realizzato in modo da ottenere il livello di eccellenza dei criteri BREAMM per la sostenibilità ambientale.

*Il Pears Building di UCL adiacente e integrato con il Royal Free Hospital a Londra*



*Altre immagini degli ambienti del Pears Building con relativa mappa.*



**A.** Research building, **B** Royal Free Hospital

## Sostenibilità ambientale ed efficientamento energetico

### Il quadro internazionale della crisi energetica e il suo impatto ambientale nel sistema sanitario

L'assistenza sanitaria è una delle industrie più grandi al mondo. Negli Stati Uniti (USA), rappresenta il 17.9% del PIL (nel 2009), consuma 73 miliardi di kWh all'anno, impiega più di 5.3 milioni di persone e spende quasi 320 miliardi di dollari in beni e servizi (nel 2008). Produce inoltre 5.9 milioni di tonnellate di rifiuti/anno e l'8% delle emissioni totali di anidride carbonica degli Stati Uniti. Nel 2021 il settore sanitario dell'UE, secondo solo alla protezione sociale, rappresenta l'8% del prodotto interno lordo (circa € 1179 miliardi, Eurostat), il 15% della spesa pubblica e l'8% della forza lavoro dell'UE e ha un elevato potenziale di innovazione e crescita.

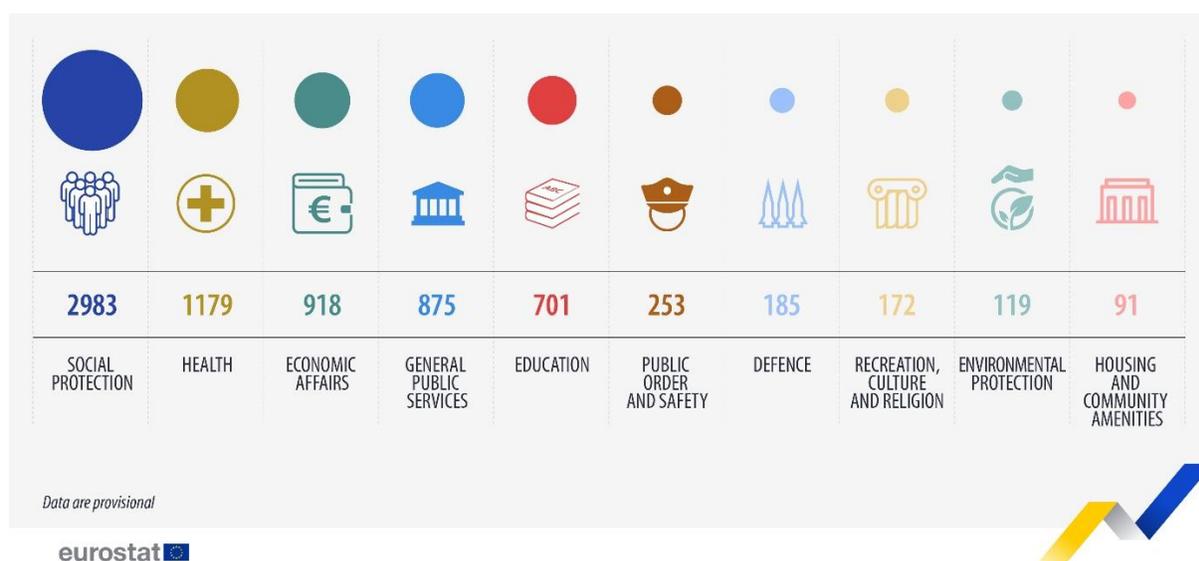
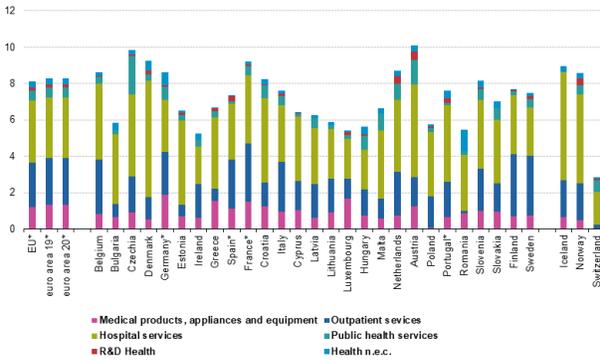


Figura 1. Spese governative (miliardi di €) in UE nel 2021 suddivise per funzione.

Analizzando una ripartizione più dettagliata per l'UE nel 2021, i “servizi ospedalieri” rappresentavano il 3.4% del PIL, i “servizi ambulatoriali” il 2.5%, i “prodotti, apparecchi e attrezzature mediche” l'1.2% e la “sanità pubblica servizi” per lo 0.6 %. L'importo più elevato della spesa pubblica per la sanità è stato registrato dall'Austria (10.1% del PIL), seguita dalla repubblica Ceca (9.8%), Danimarca e Francia (entrambe 9.2%) e Paesi Bassi (8.7%). Tra i paesi EFTA, l'Islanda ha registrato l'importo più elevato (8.9% del PIL). Gli importi più bassi sono stati registrati dall'Irlanda (5.3% del PIL), dal Lussemburgo (5.4%) e dalla Romania (5.5%). La Svizzera ha registrato l'importo più basso tra i paesi dichiaranti dell'UE e dell'AELS (2.8% del PIL). Mentre in alcuni paesi l'assistenza sanitaria è organizzata dal settore privato, la maggior parte dei paesi dispone di schemi governativi.

A livello dell'UE, la spesa sanitaria delle amministrazioni pubbliche è aumentata in modo relativamente regolare tra il 1995 e il 2021, raggiungendo l'11.1% della spesa totale nel 1995 e il 15.8% della spesa totale nel 2021. In rapporto al PIL, la spesa sanitaria del governo dell'UE è stata pari al 5.9% del PIL nel 1995 e all'8.1% nel 2021. Nel 2021, il rapporto con il PIL è aumentato di 0.1 punti percentuali rispetto al 2020, risultando nel rapporto più elevato nelle serie temporali disponibili. L'elevato importo registrato nel 2021 è dovuto agli aumenti della spesa pubblica per la sanità (un aumento di 103 miliardi di euro rispetto al 2020), tra l'altro legati alla pandemia di COVID-19, ad esempio relativi a cure, dispositivi di protezione individuale e vaccini, e a meno persone che cercano cure regolari nel 2020 rispetto al 2021.

Total general government expenditure on health, 2021 (% of GDP)



\* provisional  
Source: Eurostat (gov\_10a\_exp)

eurostat

Total general government expenditure on health, 2021, % of GDP

	Health	Medical products, appliances and equipment	Outpatient services	Hospital services	Public health services	R&D Health	Health n.e.c.
EU*	8.1	1.2	2.5	3.4	0.6	0.1	0.3
euro area 19*	8.3	1.3	2.6	3.3	0.6	0.1	0.3
euro area 20*	8.3	1.3	2.6	3.3	0.6	0.1	0.3
Belgium	8.6	0.8	3.0	4.2	0.4	0.0	0.2
Bulgaria	5.8	0.7	0.7	3.9	0.2	.	0.4
Czechia	9.8	0.9	1.9	4.5	2.1	0.1	0.2
Denmark	9.2	0.5	1.2	6.4	0.4	0.2	0.5
Germany*	8.6	1.9	2.4	2.9	0.7	0.1	0.7
Estonia	6.5	0.7	0.6	4.7	0.3	0.2	0.1
Ireland	5.3	0.6	1.8	2.1	0.4	0.0	0.3
Greece	6.7	1.6	0.7	3.9	0.4	0.1	0.0
Spain*	7.3	1.1	2.7	3.1	0.1	0.3	0.0
France*	9.2	1.5	3.2	3.7	0.5	0.1	0.2
Croatia	8.3	1.2	1.3	4.6	0.7	0.1	0.3
Italy	7.6	1.0	2.7	3.1	0.5	0.1	0.1
Cyprus	6.4	1.0	1.6	3.6	0.2	0.0	0.0
Latvia	6.2	0.6	1.8	3.1	0.5	0.0	0.2
Lithuania	5.9	0.9	1.9	2.7	0.2	0.0	0.2
Luxembourg	8.4	1.7	1.1	2.2	0.2	0.2	0.1
Hungary	5.6	0.7	1.4	2.2	0.7	0.1	0.4
Malta	6.7	0.6	1.1	3.7	0.9	0.0	0.3
Netherlands	8.7	0.7	2.4	3.9	0.9	0.4	0.3
Austria	10.1	1.2	1.6	5.1	1.3	0.5	0.3
Poland	6.8	0.1	1.7	3.5	0.2	0.1	0.1
Portugal*	7.6	0.7	1.9	4.3	0.1	0.2	0.4
Romania	5.5	0.9	0.1	3.1	0.2	0.0	1.2
Slovenia	8.1	1.0	2.3	3.8	0.6	0.1	0.3
Slovakia	7.0	0.9	1.6	3.5	0.6	0.0	0.4
Finland	7.7	0.7	3.4	3.3	0.2	0.1	0.0
Sweden	7.5	0.7	3.3	2.6	0.5	0.2	0.2
Iceland	8.9	0.6	2.1	5.9	0.0	0.0	0.3
Norway	8.6	0.5	2.0	4.9	0.5	0.4	0.3
Switzerland	2.9	0.0	0.2	1.8	0.7	0.1	0.0

\* provisional  
Source: Eurostat (gov\_10a\_exp)

eurostat

Figura 2. Spese governative nel comparto sanitario suddivise per servizio.

Tale cospicuo dispendio economico è accompagnato da un altrettanto elevato impatto ambientale; il settore ospedaliero contribuisce infatti al 4.4% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>, con metà di tali emissioni legate all'energia<sup>2,3,4</sup>. Pertanto, nell'ottica del rispetto delle linee guida sulla diminuzione delle emissioni globali di CO<sub>2</sub> indicate in programmi internazionali (Accordo di Parigi) e nazionali (PNIEC – Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, PNRR – Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) la riqualificazione dei sistemi di approvvigionamento energetico nelle strutture ospedaliere diventa indispensabile. In aggiunta a questo scenario, la crisi energetica ha portato all'aumento dei costi di produzione e di trasporto delle apparecchiature mediche e alla chiusura di alcune unità di cura o addirittura sull'orlo del fallimento di molti ospedali. Tali fattori potrebbero costringere i pazienti a percorrere lunghe distanze per ricevere cure. Questo nonostante gli sforzi degli ospedali per diventare più efficienti dal punto di vista energetico. In tale contesto, vale la pena sottolineare che gli ospedali in Europa in genere spendono dal 2% al 5% circa del proprio budget per l'energia. Nel 2020 infatti, la World Health Organization (WHO) ha evidenziato come i costi per la sanità siano destinati ad aumentare, superando il 10% del PIL globale<sup>5,6</sup>. A tal proposito, alcune realtà hanno iniziato ad attuare processi di rinnovamento finalizzati al risparmio energetico, economico e alla riduzione delle emissioni. Negli USA, il Gundersen Health System (WI) ha migliorato la sua efficienza energetica del 56%, grazie all'adozione di diversi sistemi rinnovabili basati sull'energia solare, eolica, geotermica e proveniente dalle biomasse, risparmiando fino a 3 milioni di dollari all'anno<sup>7</sup>. Lo stesso per il Rochester Regional Health (NY), che è stato il primo sistema sanitario ad annunciare l'obiettivo di raggiungere il 100% di elettricità da fonti rinnovabili entro il 2025, basandosi su un impianto solare da 500 kW ed una centrale solare da 5.5 MW<sup>7</sup>. In Europa, si distingue il caso del Czeszochowa Voivodeship Hospital (Polonia), dove l'installazione di oltre 1400 m<sup>2</sup> di solare termico hanno

<sup>2</sup> Liu et al, Energy Analysis and Forecast of a Major Modern Hospital, Buildings 2022, 12, 1116

<sup>3</sup> Karliner et al., Health Care's Climate Footprint How the Health Sector Contributes to the Global Crisis and Opportunities for Action, 2019

<sup>4</sup> <https://www.tecnosrl.it/blog/Sostenibilit%C3%A0/Monitoraggio-energetico-e-cogenerazione-per-1%E2%80%99efficientamento-di-ospedali-e-strutture-di-ricovero>

<sup>5</sup> Global Spending on health: Weathering the storm – World Health Organization, 2020

<sup>6</sup> Foglia et. Al, COVID-19 and hospital management costs: the Italian experience, BMC Health Serv Res. 2022

<sup>7</sup> <https://climatecouncil.noharm.org/>

permesso un recupero di energia di circa 600 GJ, circa l'8.5% di risparmio annuo sul riscaldamento dell'edificio e di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> di 170 tonnellate all'anno<sup>8</sup>. L'Italia gode di una posizione privilegiata per lo sfruttamento dell'energia solare. In particolare, si evidenziano due realtà ospedaliere che hanno investito in tale tecnologia; l'Ospedale del Mare di Napoli ha recentemente concluso un progetto fotovoltaico di 3.700 m<sup>2</sup>, in grado di produrre ogni anno 825 MWh, permettendo di risparmiare in media 230.000 euro l'anno sui costi energetici e 365 tonnellate di CO<sub>2</sub><sup>7,9</sup>. Il Meyer Children Hospital di Firenze ha affrontato la sfida energetica tramite la riqualificazione delle proprie strutture e l'installazione di un sistema fotovoltaico integrato nelle vetrate che gli permette di produrre fino a 37 MWh di energia l'anno<sup>8,10</sup>. Sebbene la massima priorità di un ospedale sia la fornitura di cure di alta qualità, programmi completi di minimizzazione dei rifiuti e riciclaggio possono far risparmiare risorse sia ambientali sia finanziarie, nonché garantire sicurezza negli approvvigionamenti di beni e servizi (dispositivi medici, energia, cibo, etc. ...)<sup>11</sup>.

I prezzi dell'elettricità e del gas sono in costante aumento in Europa dall'inverno del 2020. La riduzione della fornitura di gas naturale dalla Russia ha portato a un aumento di otto volte dei prezzi del gas in confronto con la media dell'ultimo decennio. Le istituzioni europee, le autorità nazionali e locali stanno adottando misure volte a limitare i consumi energetici e prevenire ulteriori aumenti del costo dell'energia. Tali disposizioni vanno dalla dissociazione dei prezzi del gas e dell'elettricità all'imposizione di limiti all'utilizzo degli apparecchi elettrici e del riscaldamento<sup>12</sup>. L'impatto della cosiddetta crisi energetica sulla sanità non è ancora stata discussa.

Fatture elevate e blackout parziali o totali hanno un effetto disastroso su strutture sanitarie, operatori sanitari, pazienti, imprese di tecnologia medica e catene di fornitura. Le strutture sanitarie sono ad alta intensità energetica. Le sale operatorie, e in particolare le infrastrutture di supporto, rappresentano la maggior parte dell'utilizzo di energia nell'assistenza sanitaria, pari al 4.8% del consumo energetico totale degli edifici commerciali. Oltre alle procedure chirurgiche, l'illuminazione, l'aria condizionata e i dispositivi biomedici possono culminare in un'intensità energetica superiore a 234 kWh/m<sup>2</sup><sup>13</sup>.

---

<sup>8</sup> [Guida all'Energia Rinnovabile per gli Ospedali Europei – UE](#)

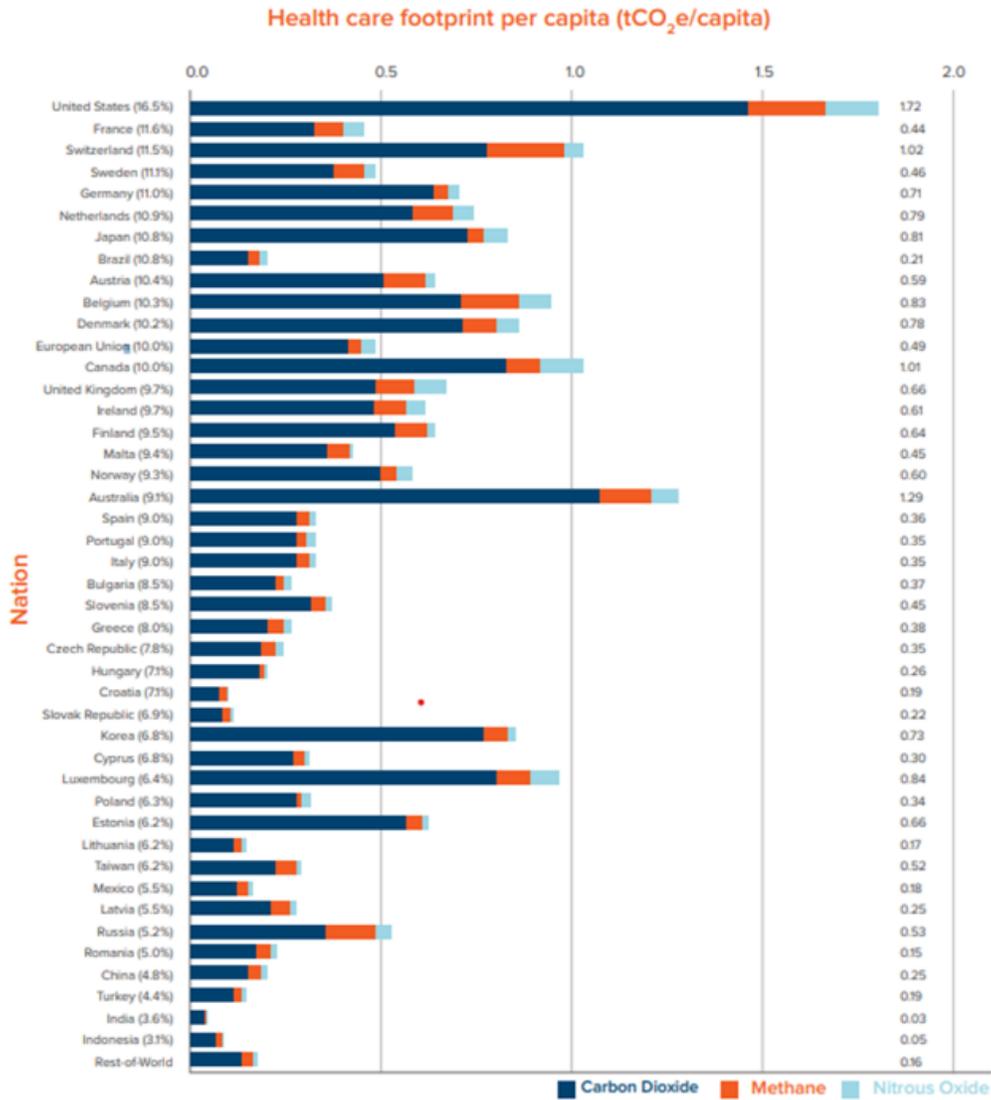
<sup>9</sup> [https://www.ansa.it/campania/notizie/2022/04/13/sanita-ospedale-del-mare-installato-impianto-fotovoltaico\\_522396e2-9a96-42b5-9cf8-a8dab277a383.html](https://www.ansa.it/campania/notizie/2022/04/13/sanita-ospedale-del-mare-installato-impianto-fotovoltaico_522396e2-9a96-42b5-9cf8-a8dab277a383.html)

<sup>10</sup> Sala et al., [Energy-Saving Solutions for Five Hospitals in Europe](#), Chapter 1, A. Sayigh (ed.), [Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy](#)

<sup>11</sup> [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2023-000270\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2023-000270_EN.html)

<sup>12</sup> World Economic Forum. 2022. What are European countries doing to reduce the impact of rising energy prices on homes and businesses? Accessed October 10, 2022. <https://www.weforum.org/agenda/09/what-is-the-cost-of-europe-s-energy-crisis> <https://foreignpolicy.com/2022/09/29/europe-energy-crisis-russia-policies-gas-nuclear-renewable-electricity-prices/>

<sup>13</sup> Bawaneh K, Nezami FG, Rasheduzzaman M, Deken B. Energy consumption analysis and characterization of healthcare facilities in the United States. *Energies*. 2019;12:3775. doi:10.3390/en12193775



Fonte: Healt Care's Climate Footprint Report

Figura 3. Emissioni prodotte dal sistema sanitario procapite.

I dati provenienti dall'Africa subsahariana suggeriscono che le interruzioni di corrente superiori a 2 ore aumentano la mortalità ospedaliera fino al 43%<sup>14</sup>. L'incoerenza dell'approvvigionamento energetico minaccia la vita e il benessere dei pazienti ricoverati e interrompe il continuum delle cure ospedaliere e la capacità dei reparti ambulatoriali e di emergenza. Una tensione irregolare può danneggiare le apparecchiature biomediche e provocare il degrado delle forniture termosensibili come vaccini, insulina e prodotti per trasfusioni di sangue.

<sup>14</sup> Apenteng BA, Opoku ST, Ansong D, Akowuah EA, Afriyie-Gyawu E. The effect of power outages on in-facility mortality in healthcare facilities: evidence from Ghana. *Global Public Health*. 2018;13(5): 545-555. doi:10.1080/17441692.2016.1217031



Figura 4. Impatto potenziale della crisi energetica sul sistema sanitario.

Gli operatori sanitari sono vulnerabili alle interruzioni di corrente. Durante il loro orario di lavoro, possono sperimentare stress psicologico ed esaurimento fisico nel caso in cui debbano gestire pazienti in condizioni critiche senza le necessarie apparecchiature elettriche. L'immagine dei medici che ventilano manualmente i pazienti in mancanza di respiratori è diventata comune durante la pandemia di COVID-19 e, ancora, probabilmente succederà che i medici dovranno ancora ventilare con le proprie mani a causa della mancanza di corrente elettrica per i respiratori. In una nota diversa, le restrizioni sul riscaldamento e l'aria condizionata negli ospedali potrebbero costringere il personale chirurgico a lavorare in condizioni che rendono insopportabile l'abbigliamento chirurgico e comprometterne le prestazioni<sup>15</sup>. Sperimentare blackout a casa o non essere in grado di permettersi la fornitura di elettricità può privare gli operatori sanitari della tranquillità di cui hanno bisogno per riprendersi dopo una giornata di lavoro impegnativa. Quest'ultimo vale in particolare per i residenti, i tirocinanti o il personale di assistenza, i cui salari relativamente bassi hanno già reso difficile per loro far fronte all'aumento dell'inflazione in un'ampia gamma di beni<sup>16</sup>. Allo stesso modo, gli operatori sanitari che utilizzano computer e altri dispositivi per informarsi sulle ultime linee guida nel loro campo o condurre ricerche durante il loro tempo libero non saranno in grado di svolgere questi compiti. Certamente, gli stessi operatori sanitari che soffrono di condizioni di salute delicate affrontano rischi simili ai pazienti come spiegato sopra (Figura 4).

È necessaria un'azione per salvaguardare la salute individuale e della popolazione e per proteggere l'industria della tecnologia medica e le catene di approvvigionamento durante l'imminente crisi energetica. Le precedenti crisi sanitarie hanno dimostrato che l'UE tende ad adottare un quadro di azione centrale, che funge da linea guida per gli Stati membri e le organizzazioni che operano in diverse regioni e Stati membri. Le specificità dell'affrontare la crisi ricadono sulla delega tra le istituzioni europee e i governi nazionali e locali. Tuttavia, sulla base di quanto sopra, si può raccomandare una strategia su due fronti, per garantire un approvvigionamento energetico sufficiente per la salute e i sistemi sanitari. Attori fondamentali in questo

<sup>15</sup> Hakim M, Walia H, Dellinger HL, et al. The effect of operating room temperature on the performance of clinical and cognitive tasks. *Pediatr Qual Saf.* 2018;3(2):e069. doi:10.1097/pq9.000000000000069

<sup>16</sup> Abraham K, Birgisson N, Ransbotham A, Novinson D. 2022. In the race against inflation, half of medical specialties are left behind, *Op- Med.* Accessed October 10, 2022. <https://opmed.doximity.com/articles/in-the-race-against-inflation-half-of-medical-specialties-are-left-behind>

quadro divengono le grandi realtà ospedaliere di concerto con le infrastrutture del sistema sanitario nazionale (ASST, etc.) distribuite capillarmente sul territorio.

### Fondazione Policlinico San Matteo: stato attuale e obiettivi futuri

Una riqualificazione delle strutture ospedaliere risulta dunque indispensabile, non solo per offrire servizi all'avanguardia, ma anche per ridurre l'impatto energetico ed ambientale. In risposta a tale necessità possono essere adottati differenti approcci, che possono variare e debbono essere valutati a seconda delle dimensioni, delle specifiche tecniche e della posizione geografica di ciascuna struttura. Tre sono le principali strategie che possono essere seguite:

1. *Salvaguardia e risparmio delle risorse correnti.* È stato dimostrato come, attraverso un miglioramento dei sistemi attuali, sia possibile ridurre drasticamente il dispendio energetico; per esempio, progettando sistemi di illuminazione funzionali (utilizzo di LED di nuova generazione e/o interruttori automatici), così come sistemi di ventilazione e condizionamento dell'aria più efficienti. Inoltre, è essenziale coinvolgere attivamente il personale nella promozione di comportamenti e pratiche energetiche sostenibili. L'organizzazione di sessioni di formazione sul risparmio energetico, la promozione dell'uso consapevole dell'energia e la diffusione di informazioni sulle azioni adottate per migliorare l'efficienza energetica possono incentivare il personale a partecipare attivamente agli sforzi complessivi di riduzione dei consumi.

2. *Monitoraggio e miglioramento dei sistemi attuali.* L'identificazione delle maggiori fonti di dispendio energetico, tramite monitoraggio istantaneo dei consumi, è indispensabile al fine di migliorare i sistemi correnti. Tale miglioramento non deve essere attuato solo sugli impianti, ma anche sulle infrastrutture stesse. Una loro riqualificazione, tramite opere di ristrutturazione e ammodernamento degli edifici (per i quali gioca un ruolo fondamentale la scelta accurata di materiali e tecnologie all'avanguardia), così come la progettazione degli spazi in base alla loro funzione e il loro accorpamento in reparti tematici, possono non solo migliorare l'efficacia dei servizi ma anche ridurre il loro impatto energetico.

3. *Utilizzo di fonti di energia rinnovabile.* Una delle strategie principali per ridurre la dipendenza dalle fonti di energia tradizionali e ridurre l'impatto ambientale è l'implementazione di fonti di energia rinnovabile, tra cui il fotovoltaico, l'eolico, il geotermico e lo sfruttamento delle biomasse. È noto come le fonti rinnovabili abbiano il potenziale per contribuire in modo significativo a soddisfare il fabbisogno energetico, ma potrebbe essere necessario adottare particolari accorgimenti per il loro completo sfruttamento tra cui combinare diverse fonti contemporaneamente e/o implementare sistemi di accumulo. La scelta della specifica fonte di energia rinnovabile da utilizzare è soggetta a valutazioni di tipo climatico e geografico.

Nella realtà pavese, la Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo, con oltre 90.000 m<sup>2</sup> di strutture, 3500 operatori e 30.000 pazienti ricoverati/anno (dati del 2021), rappresenta la più imponente realtà lavorativa nonché la più grande infrastruttura del comune di Pavia, sia in termini economici (performance) sia in termini di impatto ambientale.

### Quadro energetico attuale

Considerando i soli consumi elettrici che si attestano stabilmente attorno ai 40 GWh/anno e di gas attorno ai 7 milioni smc/anno (vedi Figura 5 dove sono riportati i consumi annui) la FPSM produce

emissioni di scopo<sup>17</sup> quantificabili in 17.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>, 18 tonnellate di SO<sub>2</sub>, 16 tonnellate di NO<sub>x</sub>, e 2 tonnellate di PM<sub>2.5</sub> (81g di Hg)<sup>18</sup>. La FPSM non è stata certamente esentata dalla crisi energetica come dimostrano gli aumenti di costo a parità di consumi illustrati in Figura 6. I dati degli ultimi 12 anni (2010-2022) mostrano un andamento costante dei consumi e dei costi fino al 2020. A partire dal 2021, a seguito dei noti avvenimenti geopolitici di cui sopra i costi di approvvigionamento energetico (corrente elettrica e gas) sono triplicati a parità di consumi.

La distribuzione mensile dei consumi rispecchia invece quanto atteso sulla base degli andamenti di analoghe strutture nazionali e internazionali. Come già accennato in precedenza, la maggior parte dei consumi energetici sono da imputarsi alle sale operatorie, e in particolare alle infrastrutture di supporto, seguite da illuminazione, aria condizionata e dispositivi biomedicali. Esempi di miglioramento nell'efficienza su questi temi sono vari, basti ricordare la Cleveland Clinic che dal 2019 grazie ai suoi sforzi per rendere più ecologiche le sue strutture ha intrapreso un piano di setback per le sale operatorie in cui riducendo i ricambi d'aria all'ora durante i periodi non chirurgici risparmia 25 milioni di kWh/anno nel consumo di energia e 2.5 milioni di dollari all'anno. A questo si è aggiunto un piano di sostituzione di più di 450.000 lampadine con un programma di retrofit LED aziendale, che li ha portati ad un risparmio più di 3 milioni di dollari all'anno. Questo intervento è stato supportato da uno studio del ciclo di vita (life cycle assessment, LCA) che ha consentito di sostenere il business case del retrofit LED che ha un costo di acquisto più elevato, considerando il costo totale di proprietà nei suoi calcoli, inclusi il consumo di energia, la manodopera e lo smaltimento per un periodo di 10 anni. Tenendo conto dei costi aggiuntivi del ciclo di vita nella valutazione, la Cleveland Clinic ha rilevato che l'installazione di LED costa il 70% in meno rispetto alle luci fluorescenti compatte. È evidente che la pianificazione della nuova struttura ospedaliera, che tra attività sanitarie, ricerca e servizi accessori potrebbe arrivare a occupare ulteriori 100.000 m<sup>2</sup> con un significativo aumento dei posti letto non possa prescindere da una pianificazione strategica di approvvigionamento e gestione delle risorse energetiche ottimizzato, sinergico con il piano di gestione dei dispositivi elettronici (biomedicali e non).

---

<sup>17</sup> Queste emissioni e impatti derivano dal consumo diretto di energia e non includono gli impatti derivanti dall'estrazione, dalla lavorazione, dal trasporto o dallo spreco di queste fonti energetiche, che possono essere sostanziali.

<sup>18</sup> Rates from green health practice. Marginal emission rates for CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NOX, and PM 2.5 are from AVERT, 2017 version.

Emission rates available at:

[https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-06/documents/avert\\_emission\\_factors\\_06-01-18\\_508.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-06/documents/avert_emission_factors_06-01-18_508.pdf).

AVERT available at: <https://www.epa.gov/statelocalenergy/avoided-emissions-and-generation-tool-avert>.

Each county is assigned to a specific AVERT region.

Average emission rates for CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, and NOX are from EIA, available at:

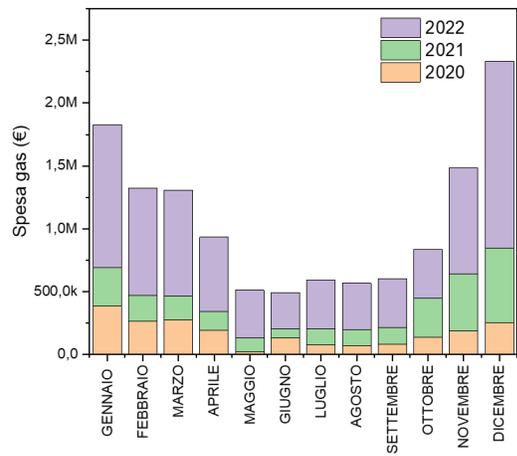
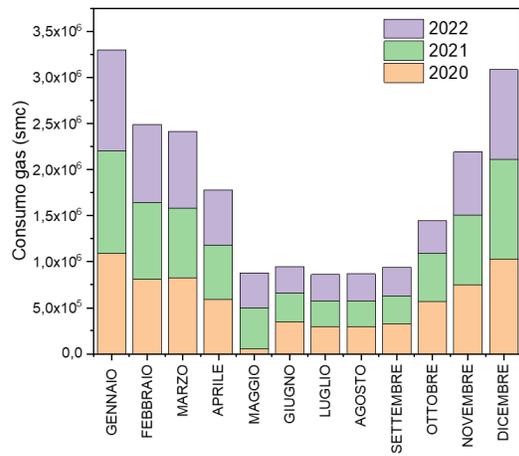
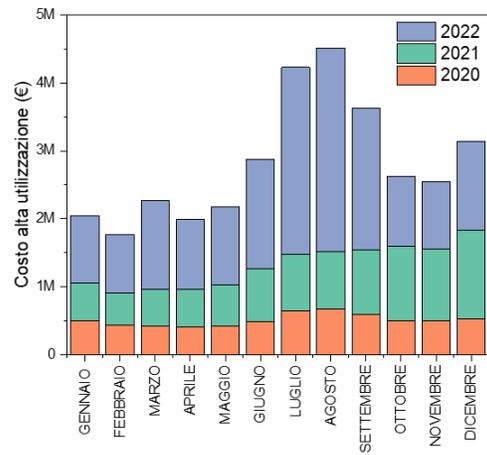
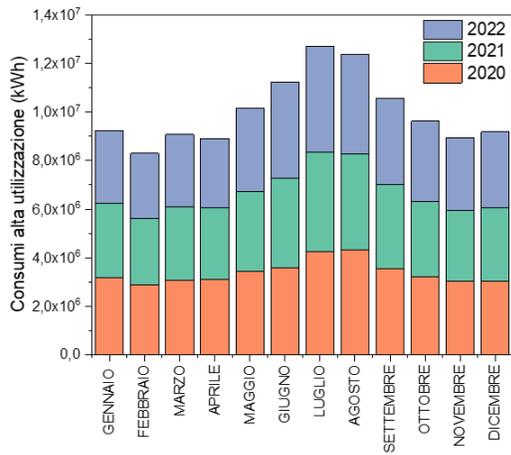
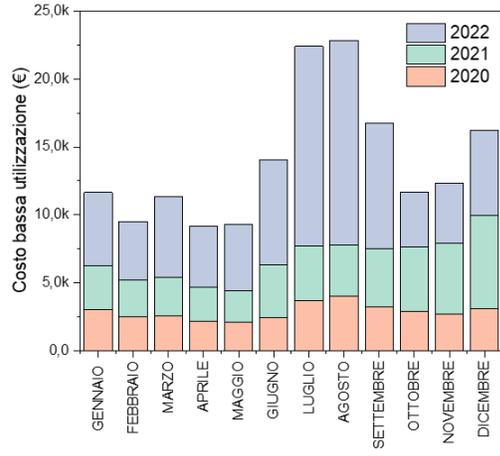
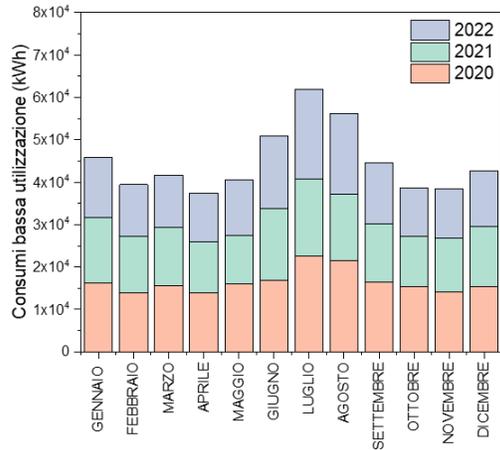
<https://www.eia.gov/electricity/data/emissions/>.

Data aggregated by balancing authority, which has been aggregated to AVERT regions. Each county is assigned to a specific AVERT region.

Average emission rates for PM 2.5 are based on AVERT emission rates (which are marginal) for individual plant types in AVERT's Future Year Scenario Template. These emission rates were then applied to plant-specific emissions data from EIA at <https://www.eia.gov/electricity/data/emissions/>, then aggregated to AVERT region.

Hg emission rates (marginal and averaged assumed to be the same) is based on data estimated by EIA in the 2019 Annual Energy Outlook, available at:

<https://www.eia.gov/outlooks/aeo/>. Emissions data is available by EMM region, which have been aggregated to AVERT regions.



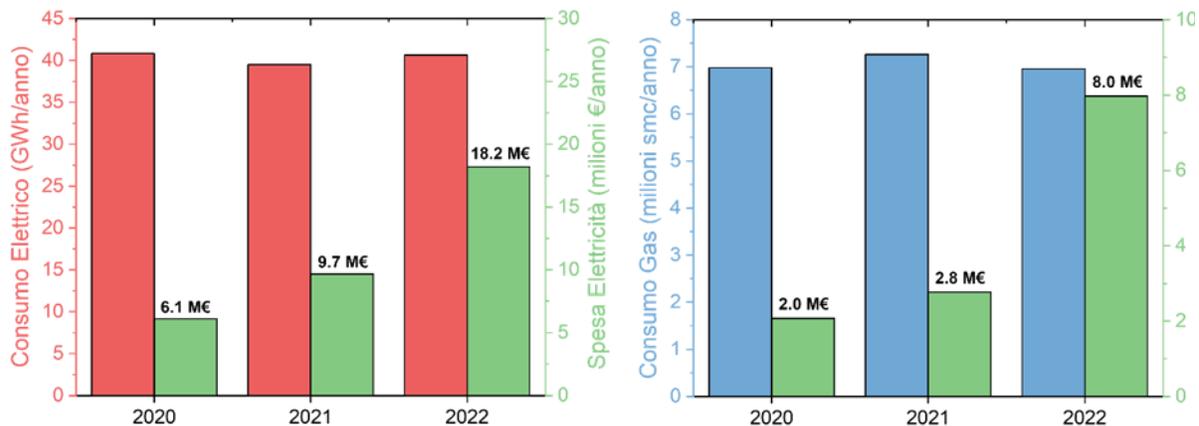


Figura 5. Andamento di consumi e costi di approvvigionamento energetico nel triennio 2020-2022.

In primo luogo, devono essere concordate linee guida relative alla fornitura continua di energia alle strutture sanitarie. Tutte le strutture devono disporre di sufficienti fonti secondarie di energia, come i generatori, in caso di interruzioni di corrente. Idealmente, i pazienti dovrebbero avere diritto a batterie o generatori in grado di mantenere in funzione dispositivi essenziali come i respiratori fino all'arrivo dei soccorsi (questo dovrebbe valere anche nel caso di pazienti assistiti attraverso telemedicina). Ciò indica che i servizi di assistenza pre-ospedaliera dovrebbero essere formati e impiegati con personale aggiuntivo in grado di coprire queste esigenze.

I fornitori di energia possono essere incoraggiati a investire parte dei costi percepiti dalle strutture sanitarie in fonti di energia sostenibili o direttamente nell'installazione di forme alternative di infrastrutture energetiche, come i pannelli solari, nelle strutture sanitarie. In questo modo, i fornitori di energia possono conservare e probabilmente aumentare i loro profitti, mentre i sistemi sanitari possono aumentare la loro sicurezza ed efficienza energetica.

Inoltre, dovrebbero essere compiuti passi verso la razionalizzazione dei consumi energetici nelle strutture sanitarie. A breve termine, questo comporta la definizione delle linee guida per ridurre l'illuminazione e l'aria condizionata non necessarie, in particolare negli spazi e nei tempi in cui né il personale né i pazienti ne beneficiano. Questo importante passo deve essere guidato dalla razionalizzazione degli spazi e delle loro destinazioni d'uso. Il personale sanitario dovrebbe essere istruito sull'intensità energetica dei dispositivi di uso comune e dovrebbero essere disponibili linee guida sulla gestione delle interruzioni di corrente. Allo stesso modo, i pazienti e gli operatori sanitari possono essere informati sulla gestione ottimale dei dispositivi elettrici a casa. A lungo termine, questa è una risorsa per accelerare la trasformazione sostenibile dell'assistenza sanitaria nella sua interezza. Si tratta di un'impresa complicata, la cui attuazione spazia dall'aumento della fornitura di energia verde alle strutture sanitarie e dalla costruzione o riforma di ospedali con materiali a risparmio energetico.

Come mostrato, nel caso specifico della FPSM il dispendio energetico ed i costi complessivi sono suddivisi in due macrosettori di utilizzo, la bassa utilizzazione comprendente gli ambulatori e le utenze minori con un consumo medio di 16 MWh mensili, e l'alta utilizzazione comprendente le utenze dei reparti ospedalieri (DEA) per una media di 3.3 GWh mensili. Nell'ottica di sopperire alle necessità energetiche della struttura tramite fonti rinnovabili, risulta fondamentale un'accurata scelta e dimensionamento dei diversi impianti, in modo che possano lavorare in maniera sinergica per fornire la potenza necessaria in ogni momento della giornata, in ogni periodo dell'anno. Pertanto, l'installazione di un impianto fotovoltaico è efficace nell'ottica di transizione energetica, ma non sufficiente a soddisfare l'intero fabbisogno

energetico che dovrà essere raggiunto tramite l'utilizzo sinergico di impianti di sfruttamento delle biomasse e geotermici (vedi più avanti nel testo la loro descrizione). L'impianto fotovoltaico deve essere progettato al fine di garantire le utenze della bassa utilizzazione, riferite principalmente ad ambulatori, uffici amministrativi e locali pubblici. A tal proposito, il dimensionamento si basa su un consumo annuo calcolato attorno ai 200 MWh. Considerando l'energia media prodotta in un anno da un pannello solare alla latitudine di Pavia, pari a 350 kWh, e le dimensioni di un singolo pannello (1.6 m<sup>2</sup>), è necessario destinare un'area di 920 m<sup>2</sup> per l'installazione di moduli fotovoltaici. Diversamente, invece, valutando la potenza di 250 kW con cui la bassa utilizzazione è attualmente sostenuta, lo spazio da destinare all'impianto fotovoltaico si aggirerebbe attorno ai 1350 m<sup>2</sup>, considerando un singolo pannello in grado di produrre sino a 0.3 kWp. Un impianto di tale dimensione sarebbe in grado di soddisfare il fabbisogno energetico annuale della bassa utilizzazione con un esubero di circa 100 MWh annui, che potrebbero essere sfruttati per scopi diversi dalla bassa utilizzazione o essere re-immessi nella linea elettrica riducendo il costo economico legato all'approvvigionamento energetico. Tuttavia, nel dimensionamento degli impianti vanno considerati gli spazi destinati ad apparecchiature e dispositivi destinati al funzionamento dell'impianto stesso, che possono innalzare lo spazio destinato all'impianto sino al doppio rispetto a quello dei pannelli presi singolarmente. Pertanto, in fase di progettazione e/o riqualificazione di edifici e spazi della struttura ospedaliera, diventa indispensabile porre attenzione all'eventuale disponibilità di superfici quali tetti degli edifici, coperture rigide di parcheggi o apposite aree da destinarsi all'allocazione di pannelli fotovoltaici.

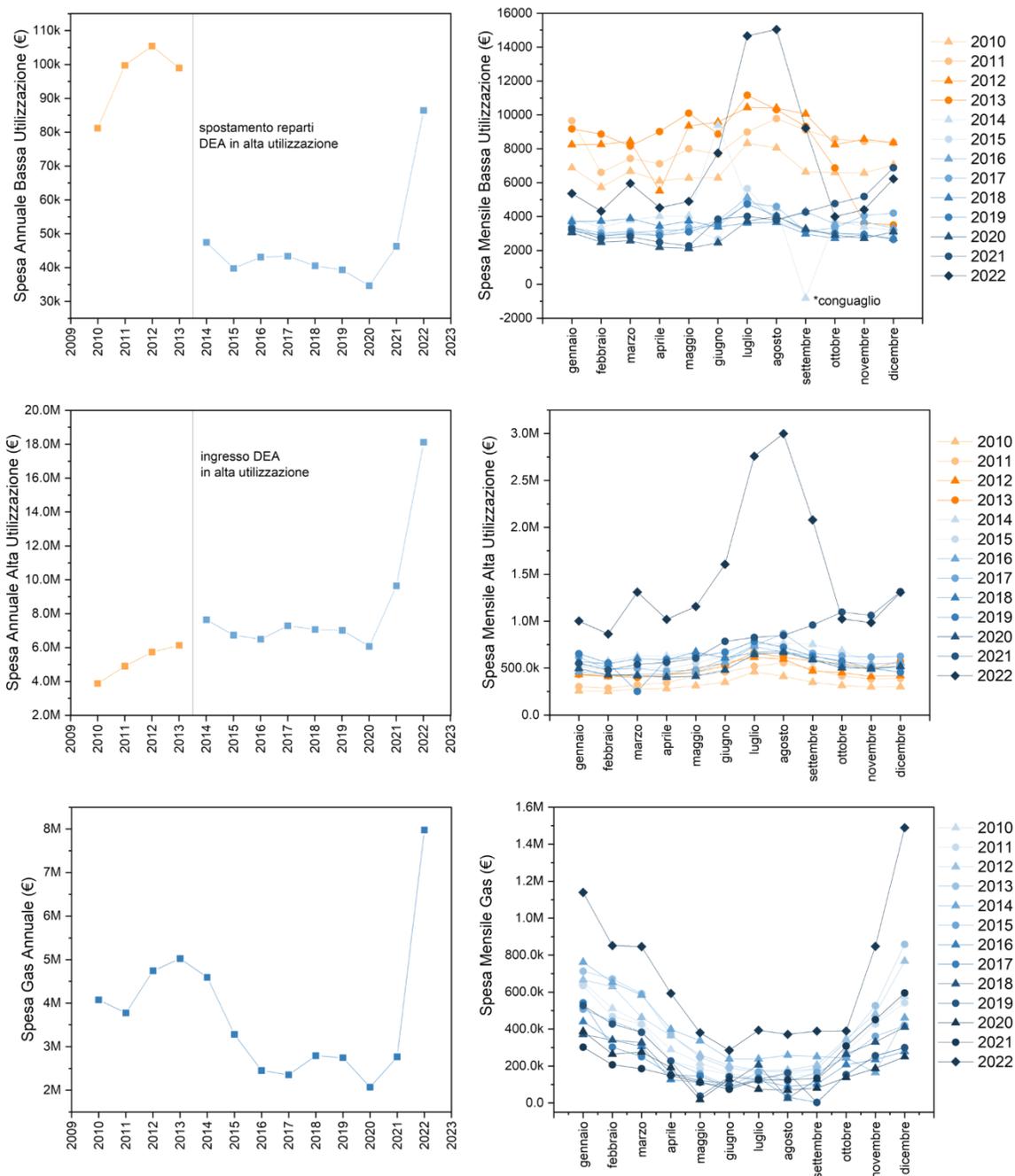


Figura 6. Andamento di costi annuali e mensili per il periodo 2010-2022.

## Riscaldamento e raffrescamento: opportunità offerte da sistemi di geotermia

### Premessa e stato dell'arte

La geotermia di bassa entalpia (con temperature mediamente inferiori ai 90°C) può essere sfruttata nella maggior parte del territorio nazionale e accoppiandola all'utilizzo di pompe di calore permette di ottenere il sistema di condizionamento (raffrescamento e riscaldamento) più efficiente in assoluto. È ormai

accettato a livello internazionale che gli impianti a pompa di calore geotermica rappresenteranno una risorsa energetica fondamentale per il futuro producendo energia pulita, gratuita e rinnovabile<sup>19</sup>.

Gli impianti geotermici di bassa entalpia prevedono normalmente la presenza di sonde tra i 20-25 e circa 250-300 metri di profondità utilizzando una temperatura dell'acqua costante intorno ai 15 °C circa. Questo permette uno scambio termico tramite pompa di calore sia d'estate (raffrescamento) sia d'inverno (riscaldamento). Un impianto geotermico di bassa entalpia con pompa di calore può generare un risparmio energetico fino al 70-75% rispetto ai sistemi di riscaldamento e raffrescamento tradizionali con un risparmio economico estremamente elevato e una riduzione fortissima delle emissioni di CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e particolato.

Su tali premesse, è evidente che qualsiasi tipologia di edificio di nuova costruzione e di notevoli dimensioni adibito ad attività fortemente energivore dovrebbe prevedere in fase di progettazione uno studio molto approfondito di fattibilità a livello geotermico/geologico/ingegneristico per poter installare impianti geotermici correttamente dimensionati. Nel caso di costruzione di una nuova struttura ospedaliera, tale necessità diventa ancora più impellente in quanto le strutture ospedaliere sono tra quelle a più alto consumo energetico con consumi da tre a quattro volte superiori ai consumi tipici di edifici residenziali<sup>20</sup>.

Impianti geotermici di bassa entalpia sono stati già adottati sia a livello internazionale sia in Italia. Un esempio di forte sostenibilità energetica basata sull'energia geotermica è certamente rappresentato da alcune strutture ospedaliere svedesi, come riportato dal Nordic Center for Sustainable Health Care. Il Forensic Psychiatric Centre a Trellebor riesce a produrre il 100% dell'energia necessaria per il suo riscaldamento e raffrescamento. L'edificio ricopre un'area di circa 12.000 metri quadrati ed è scaldato e raffrescato grazie all'energia geotermica ricavata da cinque pozzi, due per il raffrescamento e tre per il riscaldamento (Geoenergicentrum, 2016). Il Norrland University Hospital, sempre in Svezia, è molto più grande con 330 mila metri quadrati e riesce a riscaldare e raffrescare l'intera metratura grazie a due impianti geotermici. Il primo impianto costruito nel 2010 conta su 20 pozzi che raggiungono i 200 metri di profondità, mentre il secondo impianto costruito nel 2016 conta su ben 125 pozzi che raggiungono i 250 metri di profondità. I due impianti coprono il 95% dell'energia necessaria per il raffrescamento ed il 33% dell'energia necessaria per il riscaldamento. Questa struttura ospedaliera ha già previsto di costruire ulteriori due impianti.

In Grecia, l'Ospedale Pediatrico di Salonicco prevede l'installazione di celle fotovoltaiche e 30 km di pozzi geotermici per ottenere il 100% del riscaldamento e parte del raffrescamento; negli Stati Uniti, il Gundersen Lutheran Medical Center (Wisconsin) nel 2015 ha prodotto più energia di quella che ha consumato anche grazie ad impianti geotermici.

A livello nazionale, è da rimarcare la progettazione del Nuovo Ospedale di Cremona. Per quanto riguarda la parte non delocalizzata dell'Ospedale, l'estensione si aggira intorno agli 85 mila metri quadrati dislocati su sette piani. Tra i principi progettuali viene indicato che l'ospedale dovrà essere sostenibile con l'ambizione di azzerare l'impronta ambientale anche a livello energetico. Il progetto intende allinearsi a diversi obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 tra i quali l'obiettivo 7 (energia pulita e accessibilità), l'obiettivo 12 (consumo e produzione responsabili) e l'obiettivo 13 (agire per il clima). Allo stesso tempo, intende raggiungere gli obiettivi del Green Deal come la decarbonizzazione entro il 2050. Il Nuovo Ospedale di Cremona è dunque improntato ad un consumo energetico sensibilmente ridotto e a una

---

<sup>19</sup> Geotermia a bassa entalpia e decarbonizzazione, ENEA magazine, 2020, Anna Carmela Violante e Giambattista Guidi.

<sup>20</sup> World's first passive house hospital completed in Frankfurt, 2022, Passive House Plus.

produzione e approvvigionamento di energia da fonti rinnovabili. La geotermia ricoprirà certamente un ruolo importante per raggiungere gli ambiziosi obiettivi indicati nel progetto.

In Veneto, una relativamente nuova struttura ospedaliera (inaugurata nel 2014) non ha solo previsto un impianto geotermico nel progetto iniziale ma ha realizzato l'impianto che va ovviamente ad affiancarsi all'energia prodotta con il solare. Il complesso dei nuovi Ospedali Riuniti di Padova Sud ricopre un totale di 75.000 metri quadrati (serve un'area di 46 comuni per circa 180 mila persone) e il tema della sostenibilità ambientale è stato tenuto in considerazione sin dalle prime fasi di progettazione. Questo ha portato all'installazione di un campo geotermico per aumentare l'efficienza energetica costituito da 1.300 sonde verticali a ciclo chiuso che raggiungono i 25 metri di profondità. Il campo geotermico in inverno produce acqua calda a 45°C mentre in estate produce acqua a 7°C. Solo considerando il campo geotermico, l'ospedale risparmia circa 3.400 kWh al giorno accompagnati da un taglio sulle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 203 tonnellate annue. In generale, l'ospedale grazie a tutti i sistemi di energia rinnovabile e alla specifica architettura della struttura stessa consuma circa il 27% in meno di energia rispetto a una struttura ospedaliera equivalente<sup>21</sup>. Il suo progetto di realizzazione risale ormai a oltre 10 anni fa e questo indica senza alcun dubbio che i nuovi impianti (sia geotermici sia fotovoltaici) su nuove costruzioni potrebbero portare a risparmi generali non lontani dal 50% se non oltre.

#### FPSM: studio di fattibilità e previsioni

Come già menzionato nella premessa, le strutture ospedaliere evidenziano consumi energetici significativi che posizionano tali strutture a livelli di consumi energetici intermedi tra edifici residenziali ed edifici industriali. Per l'FPSM diventa ancor più dirimente effettuare un'approfondita analisi dei dati sui consumi già disponibili (DEA) al fine di ottenere una previsione il più affidabile possibile relativamente alle esigenze energetiche delle aree ancora da realizzare (NPS). Tali previsioni dovranno essere effettuate sulla possibile realizzazione di circa 80.000 metri quadrati di cui 60.000 dedicati alle attività sanitarie, 10.000 alla ricerca, telemedicina e biobanca e i restanti 10.000 metri quadrati alla direzione, amministrazione e servizi tecnici.

In previsione della realizzazione dell'NPS sarebbe auspicabile prevedere un impianto geotermico che possa combinarsi con le altre fonti rinnovabili (vedi fotovoltaico e biomassa) e portare a riduzioni dei costi energetici importanti e, di conseguenza, alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM.

Una prima valutazione generale relativamente al risparmio economico e taglio di emissioni di CO<sub>2</sub> installando un impianto geotermico può essere eseguita considerando una superficie di 1.000 metri quadrati. La stima seguente è effettuata tenendo inoltre in considerazione un edificio di nuova realizzazione che preveda in fase di realizzazione pannelli radianti a pavimento e/o a parete. È evidente che qualsiasi confronto di risparmio rispetto ad una costruzione già esistente e caratterizzata da riscaldamento/raffrescamento tradizionali porterebbe ad un risparmio molto più elevato e ad una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> molto più significativa.

Considerando i costi del DEA per quanto riguarda sia il consumo elettrico sia quello di gas riferiti all'anno 2021, si può verificare che si sono raggiunti i 7.2 milioni di metri cubi circa di gas naturale e ben 39.7 milioni di kWh. Considerando un costo medio di 0.30 € per kWh e 0.80 € per smc (costi entrambi riferiti ad aprile 2023), si ricava che il DEA dovrebbe aver speso quasi 18 milioni di euro (si ribadisce che tale calcolo è basato sui costi attuali di elettricità e gas naturale).

---

<sup>21</sup> Ospedali ed energia: edifici e impianti, 2015, Giuseppe La Franca, STEAM S.r.l.

Un impianto geotermico di ultima generazione a bassa entalpia porta a un risparmio di circa il 50-55% per quanto riguarda il riscaldamento e circa il 40-45% per quanto riguarda il raffrescamento rispetto ai consumi sostenuti utilizzando un impianto a metano recente relativo a una costruzione di nuova realizzazione con riscaldamento a pavimento.

Sulla base di tale stima, considerando che la nuova realizzazione dell’NPS potrà contare certamente su pannelli radiali a pavimento o verticali, il risparmio annuale solo dovuto alla parte geotermica si avvicinerebbe a circa 7.5 milioni di euro rispetto a un impianto di vecchia generazione e probabilmente 4-5 milioni di euro annui per un impianto a metano di ultima generazione con pannelli radiali. È evidente che tali risparmi potrebbero essere inferiori qualora i costi per kWh e smc dovessero tornare ai livelli del 2018-2019.

In termini di payback, questo potrebbe addirittura aggirarsi intorno ai 2-3 anni rispetto se si considerano i risparmi rispetto a un impianto di vecchia generazione e non oltre i 4-5 anni rispetto a un impianto a metano di ultima generazione. Ancora una volta, si ribadisce che tale calcolo è legato al costo del kWh e del metro cubo di gas naturale. Inoltre, per una valutazione dei costi il più affidabile possibile si dovrebbe considerare anche la durata dell’impianto geotermico rispetto all’impianto termico tradizionale. Per quest’ultimo un periodo di 20 anni rappresenta una durata media affidabile; per quanto riguarda l’impianto geotermico, mediamente si considera la stessa durata. Tuttavia, è ben noto che la durata media delle sonde geotermiche (che rappresentano circa il 50-60% dell’intero costo dell’impianto geotermico) è stimata essere superiore ai 50 anni e questo sposta nuovamente il confronto verso il geotermico. In generale, si rimarca come gli impianti geotermici richiedano costi di manutenzione molto inferiori rispetto agli impianti tradizionali.

Per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>, le stime attuali indicherebbero che un impianto geotermico porterebbe a una riduzione superiore al 60-70% rispetto agli impianti tradizionali.

“Closing the loop” cibo, rifiuti e sostenibilità: Nuove sfide per una struttura ospedaliera moderna

Nel dicembre 2015 la Commissione Europea ha adottato un pacchetto di misure sull’economia circolare (Circular Economy Action Plan, 2015<sup>22</sup>), che comprende diverse iniziative legislative e non legislative per promuovere la transizione ecologica e la sostenibilità attraverso una economia più attenta all’utilizzo delle risorse non rinnovabili e alla riduzione dei rifiuti. Il concetto alla base dell’economia circolare è quello di “closing the loop” cioè l’obiettivo di creare un ciclo continuo di produzione, utilizzo, riciclo e riutilizzo dei materiali, evitando appunto la produzione di rifiuti da disporre in discarica con un evidente beneficio per l’ambiente. La gerarchia dei rifiuti delle “3R” (riduci, riutilizza e ricicla) diventa con l’economia circolare il punto di partenza per lo sviluppo del concetto di *closing the loop*, che permette di portare a chiusura il ciclo della materia in modo sostenibile. In questo contesto, si integra perfettamente l’utilizzo di energia rinnovabile in sostituzione dell’energia fossile, e l’efficientamento energetico avendo entrambi come obiettivo principale quello di ridurre l’utilizzo di risorse non rinnovabili, limitare le emissioni di gas serra e di inquinanti atmosferici.

Il modello di economia circolare applicato alle realtà ospedaliere coinvolge diversi settori dall’approvvigionamento dei beni e servizi, e quello della produzione, trasporto, gestione dei rifiuti e

---

<sup>22</sup> Circular Economy Action Plan, 2015. [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/first-circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/first-circular-economy-action-plan_en)

D. Lgs. 28/2011. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/03/28/011G0067/sg>

75/442/CEE, 1975. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:31975L0442>

assistenza sanitaria. In questo contesto le aziende ospedaliere avranno un ruolo sempre crescente e sempre più cruciale e realtà come quella di FPSM hanno la possibilità di istituire modelli di comportamento virtuoso con forti benefici ambientali, portando contestualmente a compimento azioni di riduzione dei costi.

Il metodo più virtuoso che una organizzazione sanitaria può intraprendere, per applicare in modo trasparente ed efficace i principi di sostenibilità, è quello di dotarsi di linee di azione strategica con obiettivi chiari e trasparenti e di redigere il **report di sostenibilità**, strumento fondamentale per l'accountability dell'organizzazione e per instaurare un dialogo trasparente con le diverse parti interessate (finanziatori, clienti, pazienti, dipendenti, comunità locali e istituzionali). Il rapporto di sostenibilità ambientale è un documento che fornisce una valutazione dettagliata delle performance ambientali della FPSM e consentirà all'ospedale di comunicare in modo chiaro e responsabile l'impatto complessivo della struttura sulla sostenibilità. In generale, il report include:

- un'analisi dei materiali in ingresso (prodotti sanitari, cibo, energia, acqua, etc.) e in uscita dall'organizzazione (rifiuti, emissioni);
- aspetti sociali (salute e sicurezza dei dipendenti, l'impatto sulla comunità);
- obiettivi e target di sostenibilità e le misure adottate per raggiungerli;
- azioni e strategie in atto per affrontare le sfide di performance di sostenibilità;
- indicatori di performance misurabili;
- comunicazione degli impatti positivi e negativi, e di come vengono gestiti i rischi e le opportunità ad essi collegati.

Tra le azioni che saranno fondamentali per la redazione del report di sostenibilità, ci possono quindi essere quelle elencate di seguito:

- Istituzione di una “squadra per la sostenibilità” e del **Sustainability Manager**: il **Sustainability Manager**, figura amministrativa con specifiche competenze nel settore della sostenibilità ambientali e sociali in ambito ospedaliero, coordinerà una task force di amministratori, governanti, infermieri e ingegneri, con funzioni specifiche in tema di sostenibilità all'interno dell'ospedale, quali i direttori degli acquisti e della salute e sicurezza (HCWH, 2001-2019<sup>23,24</sup>). La squadra per la sostenibilità suggerirà le linee d'azione strategiche da adottare per perseguire gli obiettivi di sostenibilità ambientale, in particolare sulla gestione dei rifiuti sanitari (HCW) all'interno del panorama normativo, e sociale e ne verificherà la corretta applicazione. Il team si occuperà cioè della stesura del **rapporto di sostenibilità** (stesura che potrà essere comunque affidata a terzi). Per quanto riguarda la misurazione della produzione di rifiuti sarà necessario tracciare il flusso di materiali in entrata e in uscita dall'ospedale, tenendo conto dei registri dei dipartimenti acquisti e gestione dei rifiuti. Ciò fornirà informazioni sulla composizione dei rifiuti e aiuterà a identificare le pratiche dispendiose e a decidere la linea d'azione per componenti di rifiuti specifici. Circa il 15-20% del materiale sanitario totale è pericoloso. Se la misurazione mostra frazioni pericolose molto più elevate, ciò indica che la segregazione dei rifiuti deve essere migliorata o quantità di rifiuti molto maggiori saranno trattate come pericolose, con un conseguente aumento significativo dei costi.

---

<sup>23</sup> HCWH – Health Care Without Harm, 2001. Going Green: A Resource Kit for Pollution Prevention in Health Care. Washington, DC (accessed 2016)

<sup>24</sup> <https://noharm-europe.org/documents/annual-report-2019>

- Minimizzazione dei rifiuti: una significativa riduzione della produzione di rifiuti sanitari può essere ottenuta mediante le seguenti azioni: (1) Ridurre la fonte mediante l'acquisto di materiali e forniture mediche che producono meno rifiuti, in particolare rifiuti meno pericolosi. Pertanto, gli ospedali dovrebbero mirare a eliminare i prodotti a base di mercurio (ad es. termometri, sfigmomanometri, amalgama, batterie) e sostituirli con alternative che non richiedano uno smaltimento specializzato. (2) Applicare buone pratiche di gestione e controllo, in particolare per l'acquisto di prodotti chimici, farmaceutici e altre forniture. Le confezioni personalizzate monouso, per esempio, sono costituite da materiali sterili e monouso da utilizzare in una specifica attività medica, con l'obiettivo di ridurre la contaminazione incrociata, i tempi e gli errori medici. Una volta aperto, il contenuto di una confezione personalizzata usa e getta finisce nel flusso dei rifiuti, anche se alcuni materiali non sono stati utilizzati. Per ridurre i costi e la produzione di rifiuti, le istituzioni sanitarie devono monitorare e ottimizzare regolarmente le loro confezioni personalizzate usa e getta, eliminando gli articoli obsoleti e non necessari. (3) Applicare la segregazione dei rifiuti in diverse categorie in base alla legislazione per ridurre al minimo le quantità di flussi di rifiuti pericolosi, che comportano un elevato costo di gestione. Le prime due azioni di cui sopra possono essere realizzate con “acquisti preferibili dal punto di vista ambientale” di prodotti e servizi, che producono rifiuti meno pericolosi e creano un ospedale più sano per i pazienti e il personale. La valutazione del ciclo di vita (LCA) è uno strumento utile per rendere più ecologica la catena di approvvigionamento e l'erogazione dell'assistenza sanitaria.
- Riutilizzare in modo sicuro: i materiali monouso sono stati inizialmente utilizzati nell'assistenza sanitaria per il controllo delle infezioni, la praticità e il risparmio sui costi. L'attuale abuso di tali materiali, tuttavia, ha portato a un aumento dei costi e alla produzione di rifiuti sanitari. Sebbene non possa essere generalizzato, l'LCA di diversi prodotti medici ha mostrato che alcuni potrebbero essere riutilizzabili (come strumenti laparoscopici, recipienti di aspirazione, vassoi di plastica per anestetici, solo per citarne alcuni) e hanno un costo ambientale e finanziario inferiore rispetto alle loro controparti monouso. Gli strumenti del ciclo di vita possono essere utilizzati per progettare confezioni personalizzate riutilizzabili invece di quelle usa e getta menzionate sopra. Le apparecchiature mediche e di altro tipo utilizzate in una struttura sanitaria possono essere riutilizzate, se sono progettate per il riutilizzo e possono essere soggette a sterilizzazione. Gli articoli riutilizzabili potrebbero essere camici chirurgici, teli, tovaglie, bisturi e contenitori per oggetti taglienti. Si stima che un ospedale da 1.000 posti letto potrebbe risparmiare 175.000 dollari/anno e ridurre i rifiuti di 15.500 kg/anno se si utilizzassero oggetti taglienti riutilizzabili invece di quelli usa e getta<sup>25</sup>.
- Riciclare: a causa di particolari preoccupazioni e normative relative alla manipolazione di materiale sanitario pericoloso, il riciclaggio può essere difficile o impossibile in alcuni componenti dei rifiuti. Tuttavia, ci sono molti materiali in un ospedale, che possono essere riciclati facilmente e in sicurezza, portando a risparmi sia ambientali sia finanziari. Questi includono involucro blu, cartone, vetro, carta per ufficio, lattine per bevande, giornali, riviste, plastica PETE e HDPE, batterie e apparecchiature elettriche ed elettroniche. L'involucro blu è realizzato in polipropilene e utilizzato per avvolgere materiali sterilizzati. Ha un alto potenziale di riciclaggio, perché è un materiale relativamente pulito e viene prodotto in grandi quantità. Ad esempio, circa il 20% dei rifiuti in sala operatoria negli Stati Uniti è costituito da involucro blu. British Plastics Foundation e Axion Consulting riciclano i rifiuti medici in PVC, come anestetici, maschere per ossigeno e tubi per ossigeno, che vengono deviati dal conferimento in discarica o dall'incenerimento e convertiti in prodotti per l'industria orticola, promuovendo così l'economia circolare e riducendo il materiale sanitario. Gli articoli per la ristorazione compostabili e i pannolini compostabili sono nuovi materiali che stanno guadagnando popolarità nel settore sanitario. Se

---

<sup>25</sup> Kwakye, G., Brat, G.A., Makary, M.A., 2011. Green surgical practices for health care. Arch. Surg. 146 (2), 131–136.

separati alla fonte, possono essere compostati in strutture di postazione commerciale<sup>26</sup>. Pensando in termini di economia circolare, l'obiettivo è quello di fare *upcycling* piuttosto che *downcycling*. Ciò significa convertire i rifiuti o il materiale non utilizzato in qualcosa di nuovo o di più prezioso del materiale originale, qualcosa con un valore ambientale migliore.

- Preparazione al riutilizzo: i dispositivi medici monouso (SUD) sono convenienti prodotti monouso utilizzati dagli operatori sanitari invece di riparare, pulire e sterilizzare un dispositivo già utilizzato. Si va da articoli economici, come guanti e piastre monouso, a dispositivi costosi e complessi, come cateteri a ultrasuoni che costano fino a 5.000 dollari ciascuno. Per ridurre i costi e gli sprechi, molti operatori sanitari hanno iniziato a riutilizzare i SUD, dopo la riparazione, la pulizia e la sterilizzazione (ovviamente nel rispetto della normativa). Negli Stati Uniti, per esempio, la Food and Drug Administration regola il riutilizzo di circa 70 SUD, classificati in tre categorie con diversi requisiti di efficacia e sicurezza (USGAO, 2008): alto rischio (e.g., cateteri per ablazione, cateteri per monitoraggio cardiaco, mongolfiera cateteri per angioplastica); rischio medio (e.g., cateteri ecografici, apparecchiature laparoscopiche); basso rischio (e.g., polsini con laccio emostatico, bende elastiche). Per il riutilizzo, i SUD vengono immagazzinati e spediti ai fornitori in modo sicuro, per essere accuratamente puliti, sterilizzati, riconfezionati e rivenduti agli ospedali al 40-60% del prezzo di quelli nuovi. Ascent, un'azienda di riutilizzo di dispositivi medici negli Stati Uniti, ha riferito che nel 2009 i risparmi per alcuni dei suoi partner ospedalieri hanno superato i 600.000 dollari all'anno e la deviazione dei rifiuti SUD dalle discariche ha superato le 2.400 tonnellate. Ma il riutilizzo e il riutilizzo dei SUD non è solo una questione economica e ambientale, è anche una questione etica, dovuta alla mancanza del consenso del paziente, e una questione legale se un paziente subisce un danno dopo essere stato trattato con un SUD ritrattato, in contrasto con le istruzioni del produttore. Inoltre, è un problema di sicurezza del paziente, a causa di possibili malfunzionamenti e rischio di infezioni tra pazienti. Su quest'ultimo, l'Ufficio per la responsabilità del governo degli Stati Uniti ha riferito che “Le informazioni disponibili non indicano che l'uso di SUD rielaborati presenti un rischio per la salute elevato” (USGAO, 2008). Con l'avanzare della scienza e della tecnologia, il riutilizzo dei SUD deve essere rivisitato e migliorato. Forse la soluzione sarà la produzione di dispositivi riutilizzabili per sostituire i SUD.

## Energia da biomasse

### Premessa e stato dell'arte

La produzione di energia da biomasse è concreta e ampiamente utilizzata in tutto il mondo. Per biomasse si intendono le sostanze organiche di origine vegetale o animale, quali i residui agricoli, gli scarti forestali, le colture energetiche dedicate e i rifiuti organici. Le biomasse sono quindi una fonte di energia rinnovabile, poiché possono essere continuamente coltivate o provengono da materiali di scarto. Le sostanze organiche possono essere sfruttate per la produzione di energia attraverso diversi processi, tra i quali:

- digestione anaerobica: le biomasse sono sottoposte a processi di fermentazione (processi biologici a relativamente alto contenuto di solidi e in assenza di ossigeno) e convertite in parte in biogas (miscela composta prevalentemente di metano CH<sub>4</sub> e anidride carbonica CO<sub>2</sub>). Il biogas può essere utilizzato per generare elettricità o può essere purificato per produrre biometano, che può essere iniettato nella rete del gas naturale o utilizzato come carburante per veicoli. Una particolare tipologia di fermentazione è la *dark fermentation* che consente di produrre idrogeno H<sub>2</sub>. Anche se il processo ha raggiunto un buon livello di

---

<sup>26</sup> Colón, J., Mestre-Montserrat, M., Puig-Ventosa, I., Sanchez, A., 2013. Performance of compostable baby used diapers in the composting process with the organic fraction of municipal solid waste. *Waste Manage.* 33, 1097–1103.

sperimentazione, la tecnologia per la sua applicazione in scala reale è ancora in via di sperimentazione ma molto promettente;

- gassificazione: la biomassa viene parzialmente convertita in un gas (gas di sintesi) con un alto potere calorifico, attraverso un processo di gassificazione. Il gas di sintesi può essere utilizzato per produrre calore, elettricità o biocarburanti. Rispetto alla digestione anaerobica, la gassificazione è un processo che consente di ottenere rese energetiche maggiori ed è più flessibile, ma le tecnologie utilizzate sono meno consolidate;

- pirolisi: la biomassa viene trattata in assenza di ossigeno per produrre carbone vegetale (noto anche come biochar) o una specie di bio-petrolio. Questi prodotti possono essere utilizzati per generare calore o possono essere sottoposti a processi ulteriori per ottenere biocarburanti o prodotti chimici.

L'utilizzo delle biomasse per produrre energia può contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra, in quanto il carbonio rilasciato durante il processo è considerato neutrale in termini di emissioni nette di CO<sub>2</sub>, dal momento che il carbonio viene assorbito durante la crescita delle piante.

Un aspetto importante da tenere in considerazione riguarda la sostenibilità nell'utilizzo delle biomasse per la produzione di energia. Si cita, a proposito, il famoso dilemma TANK OR TABLE che contrappone la coltivazione delle biomasse per scopo energetico a quello della produzione di cibo: è fondamentale che le biomasse siano gestite in modo responsabile, evitando la deforestazione o la competizione con le colture alimentari. Inoltre, è necessario valutare l'impatto ambientale complessivo, incluso l'uso di risorse idriche, le emissioni di inquinanti atmosferici e il trattamento dei residui prodotti durante i processi di conversione.

In conclusione, la produzione di energia da biomasse è una possibilità concreta e può contribuire in modo significativo alla diversificazione delle fonti energetiche e alla transizione verso un sistema energetico più sostenibile.

L'utilizzo di processi di digestione per la produzione di energia è un settore che ha riscosso già da tempo notevole interesse in Italia, per lo sfruttamento della biomassa di scarto agricola e per la frazione organica dei rifiuti organici, nonché per trattare rifiuti organici prodotti da siti industriali. Per la sua applicazione sono stati determinanti soprattutto gli incentivi normativi (es.: D. Lgs. 28/2011, Codice delle Energie Rinnovabili<sup>27</sup>) e più recentemente le spinte provenienti dalla diffusione del concetto di economia circolare, che necessariamente, per perseguire gli obiettivi di sostenibilità, deve essere sostenuta da energie rinnovabili.

La digestione anaerobica produce una miscela di biogas il cui contenuto energetico viene espresso in termini di m<sup>3</sup> di metano prodotto per unità di biomassa utilizzata, ed essendo le biomasse tra loro molto diverse, tale produzione viene riportata in termini di m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> prodotto per kg di sostanza volatile contenuta nella biomassa. Per massimizzare la produzione di metano si possono miscelare diverse tipologie di biomasse e applicare temperature diverse di processo: temperature termofile intorno ai 55°C possono avere rendimenti di conversione del carbonio, verso la frazione gassificata, maggiori rispetto alla classica mesofila di 35°C. Per contro il processo necessita di maggiore controllo della biomassa in ingresso, risultando più instabile.

La digestione anaerobica è una pratica che risponde alle logiche del *closing the loop* dell'economia circolare, non solo per la produzione di energia rinnovabile, ma anche perché la frazione della biomassa convertita in digestato può essere a sua volta riutilizzata come fertilizzante, riportando il carbonio al terreno

---

<sup>27</sup> D. Lgs. 28/2011. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/03/28/011G0067/sg75/442/CEE, 1975>.

e arricchendo di nutrienti il suolo. In passato tale possibilità era consentita unicamente ai digestati provenienti dalla digestione anaerobica dei residui agricoli, ora è possibile anche per digestati misti di residui agricoli + frazione organica dei rifiuti solidi (direttiva UE 1009/2019).

#### FPSM: studio di fattibilità e previsioni

In questo paragrafo si esaminano le produzioni di rifiuti con l'obiettivo di verificarne l'utilizzo per la produzione di biogas tramite digestione anaerobica.

I dati forniti dal Servizio Smaltimenti Rifiuti, riferiti agli anni 2019, 2020, 2021 e 2022 indicano che il policlinico produce in media 1.231 t di rifiuti speciali e 1.004 t (dato stimato) di rifiuti assimilabili urbani. Analizzando nello specifico i rifiuti speciali possiamo notare che, facendo riferimento alla catalogazione CER – codice europeo dei rifiuti (75/442/CEE<sup>28</sup>):

1. una piccola quantità di rifiuti rientra nei capitoli 06/08/09/13 (rispettivamente: Rifiuti da processi chimici inorganici/ Rifiuti da produzione, formulazione, fornitura ed uso (PFFU) di rivestimenti (pitture, vernici e smalti vetrati), sigillanti, e inchiostri per stampa/ Rifiuti dell'industria fotografica/ Oli esausti (tranne gli oli commestibili CER 05 00 00 e 12 00 00));
2. il 3% dei rifiuti speciali ricade sotto i capitoli 16 e 17 dei CER (rispettivamente: Rifiuti non specificati altrimenti nel Catalogo/ Rifiuti di costruzioni e demolizioni (compresa la costruzione di strade));
3. il 27% dei rifiuti speciali ricade sotto il capitolo 15 dei CER (Imballaggi, assorbenti; stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi (non specificati altrimenti));
4. il 65% dei rifiuti speciali ricade sotto il capitolo 18 dei CER (Rifiuti di ricerca medica e veterinaria (tranne i rifiuti di cucina e di ristorazione che non derivino direttamente da luoghi di cura));
5. il 2% dei rifiuti speciali ricade sotto il capitolo 20 CER (Rifiuti solidi urbani ed assimilabili da commercio, industria ed istituzioni inclusi i rifiuti della raccolta differenziata).

I rifiuti dal punto 1 al punto 4 vengono gestiti attualmente con una convenzione con ATI Ecoeridania – Zanetti – Boromi per lo smaltimento dei rifiuti speciali. Su parte di questi rifiuti possono essere applicate le considerazioni precedentemente descritte relativamente al piano strategico di azioni da implementare e descrivere nel report di sostenibilità, secondo i principi dell'economia circolare (riuso, riutilizzo, riciclo, ritrattamento).

Per rifiuti al punto 5, Rifiuti Assimilabili Urbani e Rifiuti Differenziati – UMIDO, equivalente al 2% dei rifiuti prodotti, il ritiro dei rifiuti dalla piazzola ecologica della Fondazione è attualmente a carico di ASM. Per quanto riguarda il rifiuto differenziato umido si stima che sia una media di circa 4.000 kg per l'anno 2022. Il dato è riferito solo a questo periodo perché prima non veniva effettuata la raccolta dell'umido proveniente dalla cucina centrale e dalla mensa dipendenti. Considerando i dati riferiti alle degenze e i posti letto, il dato riportato fa supporre che l'ospedale non utilizzi la cucina per la preparazione dei pasti e quindi la produzione di rifiuto organico è veramente poco rilevante in ottica di recupero energetico.

Diversamente, se ci fosse una produzione di rifiuti organici dovuti alla preparazione del cibo e tenendo conto dei dati forniti in cui si fa riferimento a circa 30.000 ricoverati con una degenza media di 7.5 giorni ognuno si potrebbe arrivare ad una produzione di scarto organico di circa 50 t/anno, dato destinato a crescere se si considera poi l'ampliamento di 500 posti letto con la nuova unità.

---

<sup>28</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:31975L0442>

Considerando i valori di letteratura della produzione potenziale da rifiuto organico di circa 350 Nm<sup>3</sup>/tVS, la produzione totale di metano risulta essere di **5.100 Nm<sup>3</sup> di CH<sub>4</sub>**.

Per aumentare tale produzione, una soluzione suggerita dall'economia circolare, è quella di utilizzare il principio della **simbiosi industriale** e cioè creare delle sinergie all'interno di un distretto industriale e/o residenziale, per raggiungere un obiettivo specifico. In questo caso, la simbiosi industriale ha come obiettivo quello di mettere insieme i residui organici prodotti nelle proprietà della Fondazione, per la produzione di energia da biomasse. A questo obiettivo potrebbero partecipare anche altre realtà produttive della zona, con il duplice obiettivo di produrre energia rinnovabile e smaltire i propri rifiuti organici in modo sostenibile.

A questo proposito sono stati elaborati i dati forniti dal catasto dei terreni di proprietà, facendo delle ipotesi sulle produzioni agricole e utilizzando dei valori medi di produzione di metano da biomassa.

Nella Tabella 1 seguente sono indicati i valori utilizzati per il calcolo delle produzioni agricole e dell'estensione dei latifondi di proprietà di FPSM (dati sui mq da elaborazioni di dati dal catasto dei terreni).

<i>QUALITÀ</i>	<i>mq</i>	<i>ha</i>
SEMINATIVO	5.322.191	532
ALBERI DA FRUTTO	5.214	1
BOSCO	897.564	90
INCOLTO	50.069	5
RISAIA	10.219.307	1.022
PRATO	262.062	26
ALTRO	526.857	53
<b>TOTALE</b>		<b>1.728</b>

Tabella 1. Estensione dei latifondi di proprietà del FPSM e tipologia di cultura.

Immaginando che tutti i latifondi siano produttivi, si sono calcolate le potenziali produzioni alimentari e i conseguenti scarti agricoli provenienti dall'attività agricola da utilizzare per la produzione di energia rinnovabile. Non si sono prese in considerazione le produzioni potenziali di metano da produzione alimentare per evitare il conflitto sopra descritto TANK OR TABLE.

Per il calcolo, si sono considerate prima la produzione di riso, grandemente prevalente, e poi le altre culture presenti in modo significativo, facendo le ipotesi di seguito descritte.

Gli appezzamenti destinati alla produzione di riso sono 1022 ettari circa il 59% dei totali possedimenti. Le risaie sono coltivazioni fisse, che non sono obbligate a seguire l'avvicendamento (caso dei seminativi).

Gli appezzamenti destinati al seminativo sono 532 ettari circa il 31% dei totali possedimenti. Nei terreni ad uso seminativo, va rispettato l'avvicendamento, più comunemente noto come rotazione culturale. All'interno di questa pratica agronomica le colture si suddividono a loro volta in tre gruppi principali:

- **culture da rinnovo:** richiedono cure colturali particolari (ottima preparazione del terreno ed equilibrate concimazioni organiche) che a fine ciclo incidono positivamente sulla struttura del terreno (ad es. mais, barbabietola da zucchero, patata, pomodoro, girasole, etc.);
- **culture miglioratrici:** aumentano la fertilità del terreno, arricchendolo di elementi nutritivi (principalmente le leguminose, quali ad esempio l'erba medica o il trifoglio, che sono in grado di fissare l'azoto atmosferico);

- **colture depauperanti:** sfruttano gli elementi nutritivi presenti nel terreno e lo impoveriscono (e.g., frumento, avena, orzo, segale, riso, mais, sorgo e generalmente tutti i cereali da granella).

Per queste ragioni è stato difficile individuare esattamente le colture messe a dimora in ogni terreno, inoltre, sarebbero valori comunque imprecisi, a causa dell'avvicendamento. Per i calcoli sulla produzione di metano, si è quindi deciso di analizzare le colture più comunemente usate.

Facendo riferimento a dati di letteratura<sup>29</sup> e sperimentali, si riportano in Tabella 2, 3 i risultati del calcolo della potenziale produzione di metano da diversi residui agricoli.

<i>Coltura</i>	<i>Residui colturali (t/ha)</i>	<i>Residui colturali (t)</i>	<i>Produzione potenziale (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tTS)</i>	<i>CH<sub>4</sub> (m<sup>3</sup>)</i>
Riso	6,90	7.051,80	200,00	1.410.360

Tabella 2. Produzione potenziale di metano in Nm<sup>3</sup>, dagli scarti della coltivazione del riso applicata all'estensione attualmente utilizzata (TS=solidi totali).

<i>Coltura</i>	<i>TS scarto (t/ha)</i>	<i>VS (% of TS)</i>	<i>Produzione alimentare (t/ha)</i>	<i>Produzione potenziale da scarto (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tVS)</i>	<i>Coltivato</i>	<i>Raccolto</i>
Mais	8,72	95%	10,9	239,00	Mag-Giu	Ago-Set
Grano duro	5,32	93%	5,8	200,00	Ott-Nov	Giu-Lug
Colza	5,76	95%	3,3	208,50	Ago-Set	Apr-Mag
Girasole	8,82	96%	3,5	159,04	Mar-Mag	Ago-Set
Barbabietola	3,13	90%	65,6	300,00	Feb-Mar	Ago-Set
Avena	2,89	93%	3,9	200,00	Set-Ott	Mag-Giu
Grano tenero	6,11	93%	6,6	200,00	Ott-Nov	Giu-Lug
Orzo	3,62	93%	6,2	200,00	Nov-Dic	Giu-Lug
Sorgo	56,97	95%	70,9	239,00	Mar-Apr	Set-Ott
Triticale (insilato)	11,85	90%	-	400,00	Set-Ott	Mag-Giu
Lietto (insilato)	11,20	92%	-	400,00	Set-Ott	Apr-Mag

Tabella 3. Produzione potenziale di metano in Nm<sup>3</sup>/ha, dagli scarti della coltivazione delle diverse colture – seminativo (TS=solidi totali, VS=solidi volatili).

Non avendo ulteriori dati a disposizione, per valutare la produzione potenziale totale degli scarti agricoli in Tabella 3, si è deciso di utilizzare il valore medio di produzione di scarto per ettaro di coltivazione in VS, e un valore medio di produzione di metano per unità di sostanza secca volatile VS.

<sup>29</sup> Sara García-Condado, Raúl López-Lozano, Lorenzo Panarello, Iacopo Cerrani, Luigi Nisini, Antonio Zucchini, Marijn Van der Velde, Bettina Baruth, 2019. Assessing lignocellulosic biomass production from crop residues in the European Union: Modelling, analysis of the current scenario and drivers of interannual variability. Wiley OnLine Library. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12604>.

Wendy Mussoline, Giovanni Esposito, Andrea Giordano & Piet Lens, 2013. The Anaerobic Digestion of Rice Straw: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 43, 9 <https://doi.org/10.1080/10643389.2011.627018>.

<i>Ettari totali</i>	<i>Sostanza Secca media degli scarti (t/ha)</i>	<i>VS (% of DM)</i>	<i>Produzione potenziale media da scarto (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tVS)</i>	<i>Produzione totale potenziale da scarto (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>)</i>
532	11,31	93%	249,6	1.398.948

Sommando i due contributi provenienti dalla coltivazione del riso e degli altri scarti agricoli da seminativo, la produzione potenziale di metano risulta essere la seguente:

$$1.398.948 \text{ (seminativo)} + 1.410.360 \text{ (riso)} = 2.809.408 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$$

Questa stima potrebbe aumentare se si considera che spesso nelle aziende situate nelle zone pianeggianti, grazie ad una buona gestione dell'acqua, si riescono a fare due raccolti all'anno. Questo comporterebbe una maggiore quantità di residui colturali e quindi di metano.

Aggiungendo il contributo dei rifiuti organici, si arriva ad una produzione potenziale di **2.814.508 Nm<sup>3</sup>** di CH<sub>4</sub>, che confrontato con le necessità della struttura (attualmente circa 7 milioni di m<sup>3</sup> di gas) consentirebbero di risparmiare una percentuale notevole di approvvigionamento di gas fossile. A queste quantità potrebbero aggiungersi quelle derivanti dall'utilizzo di reflui da allevamento, ed eventuali altri residui da industrie della lavorazione dei prodotti agricoli.

La soluzione prospettata non è ovviamente scevra di criticità e saranno da valutare, attraverso uno studio più approfondito, la convenienza economica per l'installazione e la gestione dell'impianto, e la compatibilità ambientale considerando anche le emissioni per il trasporto degli scarti verso un impianto centralizzato.

## Materiali

Il tema relativo all'impiego di materiali innovativi e sostenibili nell'ambito della progettazione ospedaliera può essere affrontato solamente tenendo anche in considerazione l'organizzazione tipologico – distributiva e le scelte costruttive che si andranno a compiere in sede di progettazione definitiva ed esecutiva.

Alla luce però dell'importanza sempre crescente che si attribuisce alla “umanizzazione” dello spazio ospedaliero<sup>30</sup>, che non è legata esclusivamente a una logica meramente funzionale, l'ospedale deve possedere qualità architettoniche e ambientali definite da tutti i componenti del progetto (dalla forma dello spazio agli arredi, ai colori, ai materiali, alle viste e all'illuminazione)<sup>31</sup>.

Dalla analisi di recenti realizzazioni nazionali e internazionali (per alcune delle quali sono state redatte schede sintetiche che riassumono le caratteristiche principali dell'impianto ospedaliero e del sistema edilizio per la sua realizzazione – Allegato 1 – ed in coerenza con le ultime direttive europee (relative anche ai CAM – Criteri Ambientali Minimi) è possibile individuare alcune indicazioni progettuali che possano indirizzare verso una realizzazione sostenibile, che assicuri nel tempo comfort e benessere per gli utenti (da intendersi sia come pazienti e visitatori ma anche come tutto il personale medico sanitario e gli addetti ai servizi necessari per il funzionamento della struttura) e durabilità e facile manutenibilità per l'Amministrazione ospedaliera.

In generale saranno da privilegiare materiali caratterizzati da cicli produttivi a basso impatto ambientale e con elevata possibilità di riciclaggio (per favorire un processo edilizio sostenibile e circolare).

La trattazione che segue è articolata in due sezioni:

- 1) rivestimento dell'edificio (con due trattazioni separate tra chiusure verticali e coperture);
- 2) aree interne (suddivisa in 4 sottoparagrafi: ingresso – reception; connettivo di distribuzione orizzontale e verticale; aree per la cura e per le degenze; aree per la ricerca, la didattica e l'amministrazione).

### Rivestimento edificio

La recente tendenza nella realizzazione delle strutture ospedaliere ha riportato al centro del processo progettuale la Persona, secondo un approccio rimarcato anche dalla *Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile* (2015) che evidenzia con l'Obiettivo 3 l'importanza di “Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età” e che porta a una inevitabile esigenza di personalizzazione del servizio di assistenza, che non viene erogato solamente dall'Ospedale ma si basa su un sistema integrato di cure e sostegno anche al di fuori dalla struttura sanitaria<sup>32</sup>.

Ne consegue un approccio alla progettazione che prevede una separazione chiara tra le diverse funzioni (accoglienza, ambulatori e day hospital ben separate dalle degenze; pronto soccorso e blocco operatorio indipendenti, aree per la ricerca e la didattica – ormai imprescindibili nel terzo millennio – separate ma collegate per una ottimizzazione funzionale dei flussi e delle attività), ma anche con una relazione più stretta con l'intorno urbano, con accessi chiari e semplici (possibilmente differenziando ingresso e uscita) e in alcuni casi collocando nella struttura ospedaliera alcune funzioni tipiche della città

---

<sup>30</sup> <https://architizer.com/blog/practice/details/perfect-hospital-design/> (5 giugno 2023)

<sup>31</sup> <https://healthcarearchitecture.in/wp-content/uploads/2013/12/Hospital-Design-Guide.pdf>.

<sup>32</sup> <https://healthcaredesignmagazine.com> (6 giugno 2023).

consolidata, con l'obiettivo di ricreare un ambiente che allontani la percezione di sofferenza che nel passato si associava a queste strutture.

La necessità di realizzare un edificio che dimostri un carattere urbano, magari permeabile alla città che lo ospita, ma nello stesso tempo capace di ospitare una significativa dotazione di strumentazioni sia per la cura sia per la gestione a distanza di dati e informazioni, si traduce in una progettazione modulare, flessibile e adattabile, che punta su tecnologie costruttive prevalentemente a secco, basate su logiche di semplicità, robustezza e funzionalità, orientate alla sostenibilità e nella scelta di materiali per l'involucro che assicurino una facile ed economica manutenzione e gestione, oltre all'adeguato comfort interno<sup>33</sup>.

### Chiusure verticali

I sistemi costruttivi scelti per l'involucro edilizio devono assicurare comfort all'interno dell'edificio, sicurezza statica anche in condizioni di carico particolari o di eventi eccezionali e controllare il rapporto interno – esterno, consentendo o impedendo il passaggio di persone o cose dall'esterno verso l'interno in funzione delle diverse esigenze.

Quando si parla di comfort all'interno delle strutture ospedaliere, occorre ricordarsi che da un lato ci sono i pazienti e i loro familiari, che possono trovarsi in uno stato emozionale da renderli fragili e insicuri, dall'altro il personale sanitario, che può trovarsi a operare in condizioni di significativo stress; per tutti è dunque fondamentale trovarsi in un contesto costruito che favorisca il benessere psico - fisico: non devono mancare ampie parti vetrate (una volta non considerate soprattutto per alcuni reparti come le terapie intensive, oggi invece ampiamente ammesse in virtù delle influenze positive della luce diurna solare e della sua alternanza con la notte) che favoriscano una illuminazione naturale e un contatto visivo con l'intorno, che deve essere il più possibile verde (come negli ospedali greci progettati da Renzo Piano per Salonico, Sparta e Komotini)<sup>34</sup>.

Le parti di involucro trasparente dovranno essere opportunamente controllabili, con sistemi domotici automatizzati che governino brise-soleil (meglio se metallici e orientabili) per il controllo della luminosità e per evitare il surriscaldamento delle vetrate stesse. Le parti trasparenti, inoltre, potranno essere variamente lavorate (vetro a specchio, serigrafie, vetro inciso, etc.) per concorrere da un lato ad una immagine urbana contemporanea della costruzione e dall'altro per favorire la percezione dell'intorno ed il passaggio delle stagioni.

Per quanto riguarda le parti opache dell'involucro, anche in considerazione della significativa impiantistica che caratterizza l'ospedale del terzo millennio, sono sempre più adottate le soluzioni stratificate a secco, che prevedono assemblaggi meccanici (avvitamento, chiodatura, imbullonatura, etc.) e che risultano facilmente smontabili sia per le operazioni di intervento sugli impianti eventualmente inseriti all'interno delle intercapedini sia per la manutenzione ed eventuale sostituzione di componenti che si dovessero deteriorare nel corso del tempo.

Questa soluzione costruttiva, inoltre, risponde adeguatamente all'esigenza di circolarità che sta caratterizzando il processo edilizio negli ultimi anni, favorendo al momento della dismissione dell'edificio una demolizione selettiva che consente di differenziare i diversi materiali e componenti per un eventuale riutilizzo.

---

<sup>33</sup> <https://greenfieldflooring.com/flooring-options-for-healthcare-facilities/> (17 giugno 2023).

<sup>34</sup> <https://www.rinnovabili.it/greenbuilding/come-dovrebbe-essere-un-ospedale-secondo-renzo-piano-i-tre-esempi-in-grecia/> (7 aprile 2023); <https://www.domusweb.it/it/notizie/gallery/2022/08/24/renzo-piano-building-workshop-tre-nuovi-ospedali-per-la-grecia.html> (7 aprile 2023).

La soluzione della facciata ventilata, soprattutto per edifici fino a 6-7 piani di altezza, appare il sistema costruttivo più idoneo per la chiusura verticale opaca, con un rivestimento che può essere scelto in funzione della relazione che si vuole instaurare con il contesto urbano in cui si inserisce l’Ospedale. Questo sistema infatti consente l’impiego di diversi materiali per la finitura esterna: pietra naturale, pietra artificiale, cotto assemblato a secco, materiali metallici e anche legno (o pannelli compositi derivati dal legno stesso); dalla loro scelta dipenderà la sotto-struttura portante e lo spessore dell’isolamento termico necessario per garantire il giusto comfort all’ambiente interno.

La facciata ventilata consente la protezione dell’isolante termico dall’acqua (garantendo maggiore durata ed elevata prestazionalità dello stesso), isolamento e assorbimento acustico, isolamento termico sia estivo sia invernale, l’annullamento dei ponti termici, igro-sensibilità, buon comportamento al fuoco, sismo-resistenza, durabilità e manutenibilità<sup>35</sup>.

La strutturazione della facciata ventilata consente la messa in opera di uno strato termoisolante continuo, di alto spessore sulla facciata esterna della muratura di tamponamento. Si possono usare diversi materiali termoisolanti, in diverse forme (pannelli rigidi o semi-rigidi, materassini, etc.) e dimensioni funzionali alle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale, delle modalità di movimentazione e messa in opera, oltre che del valore di trasmittanza termica da assegnare alla parete. I prodotti in lana di roccia si sono rivelati quelli che hanno migliore propensione all’impiego nei sistemi sopra citati.

Non si deve trascurare, nella scelta dell’involucro, l’opportunità fornita anche dalle pareti verdi, che oltre a garantire le analoghe prestazioni di una facciata ventilata (continuità dell’isolamento termico sottostante, protezione dello strato di isolamento dagli agenti atmosferici, riduzione del surriscaldamento dei tamponamenti interni, ecc.) assicurano la possibilità di una vista “naturale” anche alle aperture che si trovano ad altezze significative.

Per realizzarla si utilizza un sistema costituito da una o più reti in acciaio inossidabile che vengono ancorate alla facciata attraverso particolari distanziatori fissati alle pareti, sulla quale s’inserisce uno strato in cui si sviluppano le essenze e uno strato per l’approvvigionamento idrico, con sistema d’irrigazione automatizzato e nascosto alla vista. Questa tecnologia protegge l’involucro edilizio dal punto di vista termo-acustico, raccoglie le particelle di polvere dovute all’inquinamento e difende l’edificio dall’irraggiamento solare, migliorando il comfort interno e dell’ambiente circostante, contenendo il fenomeno del surriscaldamento che caratterizza alcune aree urbane.

Si può anche ipotizzare la realizzazione di una facciata ventilata con rivestimento esterno affidato a un sistema di pannelli modulare ideale per il rivestimento di superfici esterne verticali. Grazie a una sottostruttura portante in alluminio, si possono creare facciate ventilate efficienti e piacevoli alla vista, che offrono le stesse performance delle facciate ventilate precedentemente descritte, oltre ad una buona velocità di posa e un aspetto estetico che si mantiene nel tempo a fronte di una minima manutenzione.

## Coperture

Le coperture possono essere trattate secondo due approcci profondamente diversi:

- coperture praticabili, prevalentemente con un sistema di camminamenti che si integri con sistemi verdi estensivi o intensivi;

---

<sup>35</sup> <https://www.infobuildenergia.it/Allegati/16489.pdf>.

- coperture non praticabili destinate ad ospitare una significativa dotazione impiantistica, orientata allo sfruttamento di risorse rinnovabili a integrazione di altri impianti per il soddisfacimento del fabbisogno energetico della struttura ospedaliera.

Le coperture praticabili attrezzate con un sistema a verde (come quella in corso di realizzazione presso il Nuovo Policlinico di Milano, che prevede un roof garden di circa 6.000 mq<sup>36</sup>) si pongono come opportunità per offrire uno spazio coadiuvante nella terapia e nella qualità della degenza ospedaliera. La scelta di questa soluzione può consentire di realizzare percorsi riabilitativi in quota, lontano dal traffico (quindi sicuri e silenziosi) oltre a laboratori di ortoterapia e aree per il relax di tutti gli utenti (non solo per i degenti e loro familiari ma anche per gli operatori sanitari). Questa soluzione favorisce la riduzione dello stress, migliora lo stato d'animo e favorisce la socializzazione e l'attività fisica<sup>37</sup>.

Si possono avere sistemi estensivi (leggeri, caratterizzati da piante grasse che richiedono poca acqua e manutenzione e sono praticabili solo parzialmente) e sistemi intensivi (pesanti ma che consentono di mettere a dimora anche alberi di medie dimensioni e possono assumere la configurazione di veri e propri giardini sospesi). I sistemi estensivi costano meno in termini sia di installazione sia di manutenzione, ma offrono meno possibilità di sfruttamento da parte degli utenti.

Il ricorso a sistemi verdi consente di controllare e rallentare lo smaltimento delle acque meteoriche, soprattutto quando ci si trova in presenza di fenomeni intensi e concentrati, grazie alla loro capacità di accumulare acqua piovana (che in parte viene trattenuta per alimentare le essenze arboree messe a dimora e in parte evapora lentamente contenendo il riscaldamento della copertura) e rilasciare lentamente alla rete fognaria l'eventuale acqua in eccesso. Non secondario è anche il contributo all'isolamento acustico della struttura.

Tra gli effetti positivi di una copertura verde non si devono dimenticare anche l'assorbimento di anidride carbonica e delle polveri, la possibilità di incrementare la biodiversità e favorire corridoi ecologici, se messi a sistema con altre soluzioni analoghe nel medesimo contesto urbano, e la possibilità di considerare queste superfici nei calcoli di compensazione e mitigazione ambientale che sempre più frequentemente la normativa urbanistica italiana richiede.

Infine, non si deve dimenticare che la predisposizione di una copertura verde e di camminamenti in copertura garantiscono ai componenti edilizi di completamento della chiusura (guaina impermeabilizzante, isolamento termico e barriera al vapore) una maggiore durata dal momento che godono di adeguata protezione dagli agenti atmosferici e non risentono delle elevate escursioni termiche che caratterizzano altri tipi di coperture.

Questo si traduce in minori costi di gestione e manutenzione, cui si devono sommare i vantaggi derivanti dal fatto che una copertura verde garantisce un ottimo sistema di isolamento termico che contribuisce a ridurre i consumi energetici in fase sia di riscaldamento sia di raffrescamento.

Una alternativa al verde può essere destinare le coperture all'alloggiamento di impiantistica a supporto delle attività ospedaliere dell'edificio sottostante e allo sfruttamento delle risorse rinnovabili. La necessità di significativi ricambi d'aria e di assicurare condizioni di comfort termico richiedono una dotazione impiantistica dalle dimensioni importanti che può essere collocata in copertura ed essere integrata

---

<sup>36</sup> <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/project/ospedale-maggiore-policlinico/> (24 marzo 2023);  
<https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/policlinico-milano-progetto-226> (24 marzo 2023);  
<https://blog.italcementi.it/it/lospedale-del-futuro-e-in-costruzione-nel-centro-di-milano> (24 marzo 2023).

<sup>37</sup> Russo A., Andreucci M.B., *Raising Healthy Children: Promoting the Multiple Benefits of Green Open Spaces through Biophilic Design*. Sustainability 2023, 15, 1982. <https://doi.org/10.3390/su15031982>.

con pannelli fotovoltaici e collettori solari che possono contribuire all'efficientamento energetico dell'Ospedale. Questa soluzione ben si coordina con la scelta di facciate ventilate, che possono agevolmente ospitare le diramazioni verticali, proteggendole con il rivestimento esterno dagli agenti atmosferici e assicurando agevoli operazioni di ispezione, manutenzione ed eventuale aggiornamento.

In funzione dell'estensione delle superfici coperte del nuovo ospedale si potranno ipotizzare anche situazioni in cui entrambe le soluzioni costruttive sopra presentate vengono applicate: per esempio, nel caso in cui gli spazi per la ricerca abbiano una collocazione in un edificio specifico si può prevedere che le esigenze impiantistiche delle attività dei laboratori orientino verso una copertura ad elevata componente e dotazione impiantistica, mentre per gli edifici destinati alla cura si può preferire una copertura verde, soprattutto nel caso in cui ci si orientasse verso un modello piastra – torre, con la piastra dotata di copertura verde praticabile e che possa essere ammirata dalle torri di degenza (come avviene in alcune strutture ospedaliere americane)<sup>38</sup>.

## Aree Interne

Nel passaggio dall'esterno all'interno dell'edificio, la scelta dei materiali da impiegare dovrà essere coerente con l'obiettivo di realizzare un ambiente confortevole e capace di soddisfare le diverse esigenze degli utenti, assicurando anche una notevole flessibilità per rimodularli e riclassificarli in funzione di nuove tecnologie e modelli di cura (dalla integrazione della IA alla robotica, dalla realtà aumentata alle stampanti 3D). Secondo anche quanto affermato da Renzo Piano in più occasioni a riguardo della progettazione ospedaliera, dovranno essere applicate logiche di semplicità, robustezza e funzionalità; inoltre, l'applicazione di un processo costruttivo modulare e industrializzato consentirà di ridurre i costi di costruzione tra il 10 e il 20% assicurando nel futuro anche una più facile attività di manutenzione, gestione e adattamento a nuovi quadri esigenziali<sup>39</sup>.

Di seguito si forniscono alcune informazioni in merito ai materiali da utilizzare nelle diverse aree funzionali; scelte definitive potranno essere effettuate in fase di progettazione definitiva ed esecutiva, rispettando i principi sopra espressi.

### Ingresso – accettazione

La zona di ingresso e accettazione dovrà essere facilmente riconoscibile dall'esterno, accessibile e fruibile senza barriere architettoniche e sensoriali e facilitando l'orientamento senza la necessità di una segnaletica ridondante ed eccessiva<sup>40</sup>; in considerazione dell'elevato numero di persone che vi transitano ogni giorno si dovrà scegliere per la pavimentazione un materiale resistente, adatto magari ad essere posato sia all'esterno sia all'interno per far sentire meno traumatico l'ingresso nella struttura di cura<sup>41</sup>.

La differenziazione dei flussi di entrata da quelli di uscita deve rappresentare un obiettivo prioritario; è importante infatti assicurare la giusta riservatezza e dignità a chi magari si trova a lasciare l'ospedale utilizzando ausili e protesi (anche solo temporaneamente) e nello stesso tempo non generare

---

<sup>38</sup> <https://healthcaredesignmagazine.com/projects/>

<sup>39</sup> <https://www.healthcarefacilities.com/posts/Material-Health-in-Healthcare-Facilities--25210> (10 giugno 2023).

<sup>40</sup> Al-Sharaa A., Adam M., Nordin A.S.A., Mundher R., Alshasan A., *Assessment of Wayfinding Performance in Complex Healthcare Facilities: A Conceptual Framework*. Sustainability 2022, 14, 16581. <http://doi.org/10.3390/su142416581>.

<sup>41</sup> [https://www.healthfacilityguidelines.com/ViewPDF/ViewIndexPDF/iHFG\\_part\\_b\\_main\\_entrance\\_unit](https://www.healthfacilityguidelines.com/ViewPDF/ViewIndexPDF/iHFG_part_b_main_entrance_unit)

condizioni di stress nel paziente o nel visitatore che sta entrando e potrebbe essere suggestionato dall'osservazione di situazioni deficitarie.

Si dovrà favorire l'ingresso della luce naturale durante il giorno e assicurare una adeguata e calda illuminazione notturna; saranno da privilegiare i materiali caldi, che evitino riverberi e abbagliamenti e che allontanino l'idea che si sta entrando in uno spazio per la cura. È importante creare le condizioni per una accettabilità dell'ambiente ospedaliero, concorrendo a ridurre per quanto possibile il disagio psicologico, creando una immagine il più vicino possibile a una struttura residenziale e ricettiva.

L'ingresso deve essere caratterizzato da materiali caldi e da una buona illuminazione (favorendo l'impegno di soluzioni al LED<sup>42</sup>) integrata con l'organizzazione spaziale e le soluzioni di arredo, con sedute e allestimenti confortevoli e magari impreziosito da spazi con opere d'arte e musica per alleviare lo stress. Un ambiente "bello" rappresenta il miglior biglietto da visita e anche il miglior ricordo al momento di lasciare la struttura. Per questo motivo, e per quelli già citati, il ricorso a pietra naturale e seminato potrebbe essere una ottima soluzione per la pavimentazione così come il PVC (polivinilcloruro), che consente anche trattamenti cromatici differenti utili per fornire indicazioni direzionali o comunque per creare "aree" funzionalmente differenti<sup>43</sup>.

Grande attenzione dovrà essere posta all'acustica, facendo ricorso a materiali e soluzioni costruttive che consentano di minimizzare il riverbero e garantire un adeguato comfort.

La scelta del materiale dovrà essere coerente con le scelte costruttive generali, suggerendo calma e serenità, favorendo anche la pulizia dell'ambiente, la facile ed economica conservazione e manutenzione, la possibilità di rimodulare lo spazio in funzione di nuove esigenze.

Da non sottovalutare dovrebbe essere l'inserimento di verde naturale, soprattutto se si prevedono aree per la permanenza di persone in attesa; le sedute dovranno essere realizzate con materiali che richiamino l'immagine di uno spazio urbano, facendo sentire l'utente a proprio agio e in un ambiente protetto. Si raccomanda la scelta di arredi inclusivi, dotati di ausili che ne facilitino e rendano comodo e sicuro l'utilizzo (sedute con schienali e braccioli, banconi e piani di appoggio ad altezze consone anche per le persone su carrozzina) e che vengano assicurati gli spazi di manovra per le persone che si muovono con sedia a ruote o con girello.

Le finiture devono essere selezionate in funzione del loro valore estetico, delle loro proprietà acustiche, nel rispetto della normativa relativa alla sicurezza al fuoco e assicurando la facilità di pulizia e manutenzione oltre a rispettare i requisiti di sostenibilità ambientale minimi previsti dai CAM.

#### Connettivo di distribuzione orizzontale e verticale

Si raccomanda l'impiego di materiali igienici, antiscivolo, antitrauma, facili da posare in opera, pulire e mantenere. Il PVC appare il materiale più adeguato, grazie alle sue caratteristiche: resistenza agli urti, igienicità, perfetta saldabilità, assenza di pericolo per la salute degli utilizzatori, altissima resistenza all'usura, ottima stabilità dimensionale e comportamento al fuoco. Rispetto ad altri materiali, i costi di manutenzione sono inferiori, il rumore di calpestio è basso (oltre alla capacità di assorbire il rumore

---

<sup>42</sup> Gurieff N., Green D., Koskinen I., Lipson M., Baldry M., Maddocks A., Menictas C. Noack J., Moghtaderi B., Doroodchi E., *Healthy Power: Reimagining Hospitals as Sustainable Energy Hubs*. Sustainability 2020, 12, 8554; doi: 10.3390/su12208554.

<sup>43</sup> Masciardi I., *Ospedali in Italia. Progetti e realizzazioni*. Tecniche Nuove, 2012 (978-88-481-2442-6).

nell'ambiente) e il materiale ha un'ottima resistenza agli agenti chimici, agli oli e ai grassi, oltre a non condizionare minimamente la qualità dell'aria<sup>44</sup>.

Le pavimentazioni in PVC sono estremamente versatili: ci sono prodotti tinta unita, stampati con disegni vari o marmorizzati (in maniera direzionale o meno); si possono anche simulare altri tipi di pavimentazione (ad esempio il parquet) favorendo una percezione dell'ambiente meno ospedaliero. Il PVC si pone tra le alternative più valide in ambito sanitario perché con la sua superficie liscia e compatta, priva di rugosità e di soluzioni di continuità, riduce il rischio di ritenzione e moltiplicazione batterica. Lo sporco e i contaminanti microbici non possono penetrare la sua resistente superficie, che risulta quindi estremamente facile da sanificare. Non esistono crepe e giunture in cui lo sporco possa incrostarsi.

L'ampia gamma di tipologie differenti per spessori e colori rende il PVC un materiale adatto anche ad altri ambienti ospedalieri, non solo il connettivo. È possibile applicarlo in formato piastrella o nastro, quest'ultimo preferibile perché minimizza i tempi di realizzazione.

Una valida alternativa al PVC è costituita dalla resina, oggi considerata un materiale straordinariamente evoluto e versatile per la realizzazione di pavimenti e rivestimenti di vario tipo, tanto da essere diventata nel tempo la scelta d'elezione di molteplici strutture operanti nel settore sanitario. Questa soluzione si rivela infatti in grado di assicurare le prestazioni necessarie ad ambienti asettici, in cui l'igiene delle superfici gioca un ruolo cruciale (non a caso, la resina è impiegata diffusamente anche in ambito chimico e farmaceutico), associando ad esse anche i più elevati standard estetici e un altissimo grado di personalizzazione.

Un ulteriore vantaggio delle soluzioni in resina per il settore ospedaliero riguarda la possibilità di realizzare superfici continue e prive di fughe, non soltanto a livello di pavimentazione ma anche di rivestimento: in termini pratici, questo significa che il progetto potrà comportare la produzione di un sistema resinoso con sguscio tra superfici orizzontali e verticali, contribuendo ancor di più a incrementare la sicurezza e salubrità degli spazi.

Inoltre, una pavimentazione in resina ha tempi di applicazione molto rapidi ed è la soluzione ottimale per recuperare quote e pendenze. Garantisce un'alta resistenza all'azione di sostanze chimiche anche molto aggressive così come alle macchie che potrebbero derivare dall'impiego di liquidi e disinfettanti. È inoltre estremamente facile da pulire e sanificare e dunque rispetta i più alti standard di igiene imposti al settore sanitario, è impermeabile, durevole e antistatica (ossia riduce in modo drastico il rischio di cariche elettrostatiche che potrebbero condizionare in funzionamento di apparecchiature elettroniche), è elastica e duratura a fronte di una manutenzione minima e regolare nel corso del tempo.

Per quanto riguarda i collegamenti verticali si raccomanda una attenta differenziazione di flussi e di conseguenza anche una trattazione materica differente, nel pieno rispetto delle vigenti normative di sicurezza definite in funzione del numero di posti letto e di reparti ospedalieri previsti, oltre che della morfologia e altezza dell'edificio.

I collegamenti verticali del personale medico e dei degenti dovrebbero essere indipendenti da quelli riservati ai visitatori e dei manutentori, realizzati di dimensioni adeguate al passaggio delle lettighe e dotati di una segnaletica chiara e di avvisatori acustici; si dovranno preferire soluzioni con materiali resistenti agli urti e facilmente pulibili e manutenibili. Si consigliano velocità non superiori a 1 m/s e la scelta di sistemi con azionamenti silenziosi.

---

<sup>44</sup> Fonseca A., Abreu I., Guerreiro M. J., Barros N., *Indoor Air Quality in Healthcare Units – A Systematic Literature Review Focusing Recent Research*. Sustainability 2022, 14, 967. <https://doi.org/10.3390/su14020967>.

I collegamenti verticali riservati ai visitatori dovranno essere ben riconoscibili, illuminati e realizzati con materiali facilmente pulibili e manutenibili. La segnaletica dovrà essere chiara ed essenziale e assicurare un facile passaggio dal connettivo verticale a quello orizzontale.

I collegamenti verticali di servizio dovranno essere essenziali, senza interferire con i flussi dei visitatori e dei degenti.

In funzione del numero di posti letto e di piani dell'edificio si raccomanda l'installazione di un adeguato numero di ascensori antincendio, da progettarsi in conformità agli standard comunitari EN 81 alle EN 81-1&2 e ai 1&2 e ai prEN 81-5, prEN 81-6 e prEN 81-7; chiaramente questo tipo di ascensori dovrà essere realizzato con il soffitto, le pareti e il pavimento della cabina con materiale non combustibile.

#### Aree per la cura e la degenza

A livello di pavimentazione si può considerare ancora il PVC come migliore materiale possibile alla luce delle caratteristiche precedentemente descritte.

A livello di partizioni verticali si consiglia il ricorso a soluzioni a secco e modulari che consentano una facile e veloce realizzazione ma anche una rapida ed economica trasformabilità dello spazio; il ricorso a soluzioni a secco consentirà inoltre una circolarità del processo costruttivo capace di soddisfare gli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, riducendo gli scarti di lavorazione in fase di realizzazione e una facile re-immissione nel processo edilizio una volta che il componente sarà stato smontato e disassemblato per lasciare posto a una nuova articolazione e organizzazione spaziale<sup>45</sup>.

La stratificazione a secco dei sistemi di partizione interna consente di ottimizzare i tempi di costruzione e permette, a partire da una configurazione di base, un facile adeguamento alle diverse esigenze tra spazi di cura e spazi di degenza, spazi per la ricerca o per la didattica, garantendo integrabilità impiantistica e l'inserimento di eventuali componenti aggiuntivi necessari per soddisfare diversi quadri esigenziali. La loro leggerezza, inoltre, impatta positivamente sul peso dell'edificio, riducendolo e agevolando la progettazione e realizzazione dell'ossatura portante dell'edificio.

Pareti divisorie e contropareti devono assicurare un elevato isolamento acustico, per garantire privacy e comfort ai degenti e ai loro visitatori, l'adeguata compartimentazione dal fuoco, una buona resistenza meccanica e durabilità.

I controsoffitti dovranno essere continui e modulari e potranno essere realizzati con pannelli in lana di roccia e lastre di gesso che permettono di migliorare il comfort acustico all'interno delle camere ma anche negli spazi comuni e di ristoro, abbinando elevata valenza estetica ed integrando il sistema di illuminazione artificiale.

Controsoffitti idonei per ambienti più specifici come sale operatorie o comunque ambienti che necessitano di frequente pulizia e igienizzabili dovranno essere realizzati con materiali adeguati.

#### Aree per l'amministrazione, la didattica e la ricerca

Gli spazi per l'amministrazione, la didattica e la ricerca dovrebbero trovare collocazione in un edificio indipendente dall'edificio destinato alla cura e alla degenza, per quanto le due strutture dovranno essere adiacenti e con un collegamento fisico che faciliti lo spostamento del personale.

Per le aree amministrative e gli spazi per la didattica, assimilabili a uffici ed edilizia scolastica e caratterizzati da una impiantistica ordinaria, valgono i principi costruttivi legati alla modularità e flessibilità

---

<sup>45</sup> <https://www.tecnicaospedaliara.it/>

precedentemente descritti che devono privilegiare sistemi costruiti a secco (per garantire flessibilità e trasformabilità oltre che leggerezza e possibilità di adeguare la stratigrafia dei componenti in funzione del quadro esigenziale degli ambienti da compartimentare). In fase di progettazione dovranno tenersi in considerazione le necessità di collegamento da remoto (sia per agevolare lo smart working sia per i collegamenti per teleconferenze e per la ricezione di dati sempre più importante in un ospedale che coniughi cura e ricerca di avanguardia) che dovranno essere gestite con le più moderne tecnologie; soprattutto la struttura dovrà essere capace di adattarsi all'implementazione di nuove tecnologie senza necessità di stravolgimento dell'impianto edilizio.

Per le aree della ricerca, fermi restando i principi di trasformabilità e adattabilità già ricordati, occorrerà una attenta valutazione delle esigenze impiantistiche determinate dalle attività che si vorranno insediare. L'intenzione di accorpare aree per la ricerca in una unica palazzina consentirà di razionalizzare attrezzature e spazi, ottimizzando anche i consumi energetici. Il ricorso alla tecnologia costruttiva a secco appare anche in questo caso la soluzione migliore per quanto riguarda le chiusure verticali e le partizioni interne, garantendo anche una facile ispezionabilità degli impianti dei quali si raccomanda un posizionamento all'esterno dell'involucro per poter effettuare interventi di manutenzione o adeguamento senza interferire con le attività che si svolgono all'interno dell'edificio.

## Conclusioni

La flessibilità e la modularità devono essere alla base della concezione architettonica, garantendo adeguamenti e trasformazioni secondo le esigenze terapeutiche, tecnologiche, organizzative e formali.

Il modello più consono sarebbe quello che prevede vari edifici inseriti nel verde in modo che i flussi di persone vengano selezionati e suddivisi per usi. I limiti tra verde, edificio ospedaliero e città non dovrebbero essere rigidi come in passato e nella progettazione e realizzazione devono confluire sicuramente efficienza e sostenibilità perché il verde, oltre a svolgere la funzione di barriera acustica, assorbe lo smog, crea un microclima e abbassa le temperature estive, dà pace e serenità ai degenti, aiutandoli nella terapia di riabilitazione.

La complessità di un ospedale che sia centro di cura ma anche spazio di ricerca e formazione richiede un processo progettuale partecipato, allargato a diverse competenze e in cui gli aspetti architettonici (nonché strutturali e impiantistici - elettrici e meccanici), funzionali e organizzativi sono sviluppati parallelamente a quella medica, anche attraverso l'utilizzo di software BIM-based che garantisce un efficace coordinamento fra le fasi di progettazione, lavorazioni di cantiere e installazione delle tecnologie biomediche, ottimizzando le fasi di lavoro ed evitando successive rilavorazioni.

Allegato- Schede di analisi tipologico – organizzativa e tecnico –  
costruttiva