

Andrea Cambieri, Patrizia Laurenti, Alberto Lontano, Eleonora Marziali

Complessità ed evoluzione del modello di ospedale

La realizzazione delle strutture ospedaliere, da sempre sfida altamente complessa, risulta oggi ancora più impegnativa a causa delle continue innovazioni diagnostiche e terapeutiche. Tale contesto richiede forte collaborazione tra diverse figure professionali al fine di concepire edifici in grado di adattarsi alle mutevoli esigenze spaziali, gestionali e funzionali.

La prima realizzazione di strutture ospedaliere viene fatta risalire al Medioevo, quando l'assistenza sanitaria era strettamente connessa a quella sociale; successivamente, nel XIV secolo, queste strutture cominciarono ad essere dotate di settori specifici per i degenti. Nel 1456, Filarete, incaricato della progettazione dell'Ospedale Maggiore di Milano, ha introdotto ulteriori innovazioni, tra cui i servizi igienici per i degenti, il sistema fognario, la ventilazione e l'illuminazione.

Nel XIX secolo, il progresso scientifico in campo medico ha determinato lo sviluppo della tipologia ospedaliera a padiglioni, caratterizzata da settori divisi per funzione (amministrativa, di servizio e sanitaria). In seguito, agli inizi del XX secolo, si è diffuso il concetto di ospedale verticale per risolvere le problematiche legate ai tempi di percorrenza del personale e dei pazienti.

Negli anni '60 del Novecento, l'evoluzione dei sistemi di progettazione delle strutture ospedaliere si è incentrata sull'incremento modulare e sulla modificabilità degli spazi indoor per assecondare l'evolversi delle esigenze d'uso legate al servizio di ricerca, diagnosi e cura. L'obiettivo di concepire ospedali in cui gli spazi interpretassero e rispettassero la loro funzione, ma con la capacità di adattarsi a esigenze mutevoli nel tempo, ha reso centrale il concetto di flessibilità. La distribuzione planimetrica delle strutture ospedaliere da sempre rappresenta un fattore di estrema rilevanza, non solo per accogliere le attività assistenziali e terapeutiche, ma anche per facilitarne l'esercizio e l'efficacia. Inoltre, la progettazione degli spazi interni dei nosocomi deve essere conciliata con il continuo progresso delle pratiche mediche.

Negli ultimi decenni, il concetto di ospedale è ulteriormente cambiato, passando da semplice centro assistenziale a struttura organizzativa complessa ad alto contenuto tecnologico, in grado di offrire una vasta gamma di servizi specializzati in tempi ridotti.

Le dimensioni di una struttura ospedaliera, pertanto, non devono più essere considerate solo in termini di posti letto, ma anche sulla base alle prestazioni offerte, come dimostrato dalla riduzione dei posti letto e dall'aumento delle tecnologie e dei servizi di *day hospital*.

Al fine di garantire la qualità e sicurezza dell'assistenza ospedaliera, i progetti delle strutture dovrebbe ispirarsi ai principi riferibili al concetto di "ospedale modello".

Nel marzo del 2001, una Commissione ministeriale presieduta dal ministro Umberto Veronesi e coordinata dall'architetto Renzo Piano ha avviato lo studio per la "standardizzazione" dei criteri di realizzazione di nuovi ospedali, che ha condotto alla stesura di un decalogo incentrato sulle diverse aree di miglioramento e rinnovamento. Tale iniziativa fu confermata dal Piano sanitario nazionale 2003/2005, che individuò la necessità di un cambiamento strategico del ruolo dell'ospedale all'interno della rete dei servizi territoriali,

con l'obiettivo finale di creare una struttura sanitaria in grado di offrire prestazioni di qualità e di garantire il benessere percepito del paziente.

Il decalogo "Veronesi-Piano" è strutturato secondo i seguenti punti:

- **Umanizzazione:** stabilisce la creazione di un ambiente sicuro e confortevole, adeguato alle necessità specifiche del paziente e alle esigenze di privacy. Per promuovere tale aspetto viene introdotto il concetto di ospedale "aperto", nel quale il paziente possa trovare speranza e sollievo dal dolore e ricevere adeguate informazioni e supporto durante tutto il percorso di cura.
- **Urbanità:** configura la piena integrazione dell'ospedale nel contesto urbano ed una localizzazione tale da garantirne la massima accessibilità anche in situazioni di emergenza o catastrofi.
- **Socialità:** prevede che l'ospedale sia dotato di attività "perisanitarie", quali negozi, alberghi, ristoranti, servizi collettivi, spazi culturali e di intrattenimento. Inoltre, per favorire la socializzazione e l'inclusione, l'area di accoglienza dovrebbe includere spazi per associazioni di volontariato e assistenza sociale.
- **Organizzazione:** richiede un'ottimizzazione dei processi assistenziali e una maggiore efficienza nell'impiego delle risorse disponibili per migliorare l'efficacia di diagnosi, terapie e riabilitazione, insieme al benessere diffuso all'interno dell'ospedale.
- **Interattività:** prevede una stretta collaborazione, prima durante e dopo il ricovero, e una condivisione integrata delle informazioni con le strutture territoriali ed i Medici di Medicina Generale. Tale interconnessione permette di creare un sistema centrato sul paziente, ma richiede un potenziamento dei sistemi informatici per favorire la prenotazione da parte del territorio e la trasmissione telematica di esami, dati e risultati.
- **Appropriatezza:** garantisce la corretta erogazione delle cure e l'uso efficiente delle risorse disponibili. Come affermato in precedenza, il dimensionamento delle strutture non dovrebbe essere basato solo sul numero di posti letto, ma anche sulla capacità di fornire diverse prestazioni diagnostiche e terapeutiche in base alle mutevoli necessità di assistenza. Il ricovero dovrebbe essere riservato esclusivamente a pazienti acuti e non autosufficienti, ricorrendo, nei restanti casi, a *day hospital* ed ambulatori, per garantire un utilizzo ottimale delle risorse e un'offerta di servizi adeguata alle effettive esigenze del paziente.
- **Affidabilità:** sono richiesti un'adeguata preparazione e aggiornamento di tutti gli operatori sanitari, avvalendosi di protocolli basati su prove di efficacia e rispettando i flussi e i percorsi all'interno dell'ospedale. Al fine di garantire un ambiente affidabile e sicuro, è altresì importante che gli impianti e le apparecchiature siano mantenuti in condizioni ottimali e l'ospedale sia protetto da intrusioni indesiderate.
- **Innovazione:** prevede soluzioni costruttive innovative che consentano il montaggio, smontaggio e spostamento rapido e non invasivo degli elementi. Inoltre, dovrebbe essere prevista la possibilità di espansione, soprattutto nelle aree a forte potenziale innovativo (es. diagnostica per immagini), al fine di adottare nuove tecnologie e migliorare continuamente le prestazioni.
- **Ricerca:** prevede lo sviluppo di un'attività di ricerca clinica ed epidemiologica continua, integrata e in collaborazione con strutture esterne, mediante la predisposizione di spazi e strumenti dedicati, unitamente a sistemi informatici adeguati.
- **Formazione:** richiede che l'ospedale sia in grado di assicurare una formazione continua per tutti i suoi dipendenti, offrendo spazi dedicati alla didattica, alle riunioni scientifiche e ai convegni.

Pianificazione ospedaliera

La pianificazione e la progettazione di strutture ospedaliere richiedono analisi e valutazioni approfondite, in ragione dell'impatto significativo che esercitano sulle prestazioni a lungo termine dell'ospedale e sulla soddisfazione degli utenti, del personale e dei familiari dei pazienti. Un ospedale ben progettato non deve solo essere in grado di prevenire e curare lesioni e danni ma anche fornire supporto mentale, fisico e psicologico al paziente nel processo di guarigione.

Per arrivare ad elaborare una programmazione, una pianificazione ed un design che rispondano al meglio alle esigenze specifiche, ricopre un ruolo chiave la fase preliminare di pre-programmazione, unitamente a ricerche e valutazioni approfondite.

In tale contesto, è importante determinare le tendenze demografiche dell'area di riferimento e l'aspettativa di vita della popolazione da servire, nonché la sua composizione per età e genere. L'analisi delle patologie, sia infettive sia non trasmissibili, prevalenti nella popolazione è essenziale per pianificare i servizi da fornire,

gli spazi e l'attrezzatura necessaria, nonché il personale richiesto. Ulteriori fattori da tenere in considerazione includono il clima, la cultura, la religione, le tradizioni, il benessere finanziario ed il livello di istruzione della popolazione, soprattutto in termini di educazione sanitaria. Inoltre, l'occupazione, il reddito pro capite e lo standard di vita della popolazione rappresentano ulteriori elementi da valutare per garantire che la struttura ospedaliera sia adeguatamente dimensionata e in grado di fornire i servizi richiesti.

Ai fini di un'ottimale pianificazione, è altresì opportuno condurre un'analisi dettagliata per valutare il numero e i tipi di strutture sanitarie già presenti nell'area di riferimento e stimare le esigenze, il carico di pazienti previsto e la distribuzione degli spazi. Un ulteriore aspetto fondamentale è la scelta del numero e tipologia delle strutture e dei reparti necessari. Ciò implica la stima del numero di pazienti previsto e la pianificazione di ambulatori, reparti di degenza e unità di terapia intensiva in base ai bisogni di salute della popolazione.

Progettazione ospedaliera

La realizzazione o la ristrutturazione di un ospedale è il risultato di un complesso processo pluridisciplinare di programmazione sanitaria che considera i compiti specifici che l'ospedale deve svolgere e le risorse finanziarie necessarie per farlo. Se la programmazione non è corretta e le risorse non sono adeguatamente distribuite, è l'efficacia dell'intero sistema a risentirne.

Progettare un ospedale non è un compito facile, soprattutto per le strutture di grandi dimensioni e, per questo motivo, deve essere svolta secondo canoni progettuali che si discostano da quelli classici e tradizionali.

In questo senso, il cosiddetto meta-progetto rappresenta uno strumento essenziale. Esso si configura come uno "studio di fattibilità" e definisce le modalità secondo cui si effettuano gli interventi e i successivi controlli.

Le diverse fasi progettuali sono costituite dalla stesura di un programma di impostazione, un progetto di massima e un progetto esecutivo.

Il **programma di impostazione**, redatto da un gruppo di esperti, deve comprendere una relazione tecnico-sanitaria, un progetto di impostazione e un piano finanziario per la realizzazione e la gestione dello stabilimento ospedaliero.

La **relazione tecnico-sanitaria** deve indicare l'organizzazione sanitaria prevista ed il ruolo dello stabilimento ospedaliero in relazione alla rete dei presidi sanitari regionali, i criteri urbanistici di insediamento della struttura, l'utilizzazione dell'area e la sua sistemazione in relazione all'orientamento e alla morfologia del terreno, il rapporto della costruzione ideata con le condizioni climatiche locali (es: temperatura, umidità relativa, ventosità, ecc.).

Inoltre, la relazione tecnico-sanitaria ha la funzione di illustrare i criteri igienico-sanitari e funzionali sottostanti al progetto, la distribuzione dei corpi di fabbrica e dei vari servizi diagnostico-terapeutici, con specifici sui materiali e i componenti impiegati, la capacità ricettiva (complessiva e delle singole unità di degenza), i sistemi di approvvigionamento idrico, di smaltimento rifiuti e impiantistici; infine, essa deve essere corredata da una indicazione delle apparecchiature sanitarie previste e dalla loro modalità di installazione.

Il **progetto di impostazione** deve illustrare gli elaborati orografici e planimetrici relativi alle strutture descritte nella relazione tecnico-sanitaria.

In ultimo, nel **piano finanziario** è contenuta una stima dei costi dell'opera e dei mezzi finanziari necessari a sostenerli, dei costi di gestione e, in ultimo, il programma delle fasi e dei tempi di attuazione.

Una volta avvenuta l'approvazione del programma d'impostazione, il **progetto di massima** costituito da una relazione tecnico-sanitaria, da un piano finanziario per la realizzazione e gestione dell'opera e da elaborati tecnici in scala non inferiore a 1:200 è presentato agli organi regionali per l'approvazione tecnica.

Infine, in seguito all'approvazione del progetto di massima, il **progetto esecutivo** e i corrispettivi elaborati tecnici devono ottenere l'approvazione della medesima commissione.

Nonostante sia il progetto di massima sia il progetto esecutivo presentino contenuto simile e siano approvati dalla stessa commissione, tra di essi intercorrono alcune differenze sostanziali: il progetto di massima rappresenta lo "studio della soluzione migliore di un problema definito" e include numerosi grafici e disegni in formato di bozza, che, insieme a una relazione, descrivono le caratteristiche principali dell'opera; al contrario, il progetto esecutivo costituisce un progetto definitivo che comprende documenti e disegni atti a far conoscere esattamente le forme, le misure e il modo di costruzione dell'opera e, pertanto, è utilizzabile anche da parte di persone diverse dal progettista.

Scelta dell'area

Nonostante la recente tendenza alla localizzazione dei nosocomi nelle aree più centrali della città, la vicinanza con le abitazioni private, la ridotta ventilazione naturale, la presenza di inquinamento acustico, la limitata flessibilità ed espandibilità degli spazi e i possibili rischi di contagio nel caso di epidemie infettive, hanno messo in discussione questo trend, individuando la localizzazione dell'ospedale ai confini della città come preferibile.

La scelta del sito per la costruzione dell'ospedale è una questione importante e deve tenere conto di molti fattori.

Anzitutto, l'area deve rispondere a criteri di salubrità, da un lato essendo lontana da fonti di inquinamento acustico e ambientale, dall'altro presentando caratteristiche paesaggistiche accettabili (es. zone verdi circostanti, posizione panoramica).

Il terreno su cui sorgerà l'edificio deve essere asciutto e di medio impasto, evitando terreni sabbiosi ed argillosi, nonché la presenza di sottostanti falde acquifere, che porrebbero problemi di statica alla costruzione. L'area selezionata non dovrà essere a rischio di dilavamenti, essendo invece situata in posizione favorevole all'allontanamento delle acque di scarico, e dovrà essere al riparo dai venti dominanti. All'interno dell'area prescelta, l'edificio dovrà essere orientato in posizione diagonale, con il fronte delle degenze orientato a sud.

Prima ancora di definire le dimensioni del terreno, è necessario effettuare una valutazione dettagliata dell'area coperta necessaria per l'edificio ospedaliero: in primo luogo è necessario stabilire i servizi da fornire nell'ospedale e, conseguentemente, i locali necessari ad erogarli, dei quali vengono decise le dimensioni. La superficie totale non deve essere inferiore a 120 mq per posto letto per ospedali fino a 250 posti-letto e a 110 mq per ospedali fino a 500 posti letto (fatto salvo casi particolari che devono essere valutate dalle regioni); a questo deve essere aggiunta un'area di almeno 15 mq per posto-letto da destinare a parco o giardino e 1 mq previsto per i parcheggi ogni 10 mc di volume dell'edificio.

Moltiplicando le dimensioni con il numero di locali, si calcola la superficie totale, alla quale bisogna aggiungere una percentuale relativa agli spazi di movimento, come corridoi, scale e ascensori.

Rispetto a qualsiasi altro edificio commerciale, l'ospedale richiede normalmente grandi spazi a causa dei vari servizi che deve fornire. Inoltre, è necessario considerare sia la quantità di spazio necessaria per il presente sia lo spazio che potrebbe essere necessario per l'espansione futura, conseguente ad un aumento del carico di pazienti, all'aggiunta di più discipline, all'offerta di più specialisti, all'aggiunta di macchinari diagnostici più avanzati.

Altri fattori da considerare durante la definizione del terreno riguardano l'accesso al sito, che deve essere comodo sia per la comunità sia per i veicoli di servizio, la disponibilità di trasporti per facilitare l'accesso all'ospedale e, ad essa legata, la presenza di strade adeguate per un facile accesso all'ospedale.

Inoltre, l'ospedale deve sorgere in prossimità di servizi di pubblica utilità, quali acqua, gas, fognature ed elettricità. L'approvvigionamento idrico deve essere sufficiente a soddisfare l'uso normale e i requisiti antincendio. La linea di alimentazione elettrica deve essere vicina all'ospedale e deve avere un voltaggio e una frequenza stabili. La linea fognaria deve essere molto vicina all'edificio dell'ospedale.

Infine, l'area intorno all'ospedale deve avere sufficienti misure di sicurezza per salvaguardare i pazienti, le famiglie, il personale e il pubblico; questo include un'attenzione alla sismicità e alla predisposizione a inondazioni occasionali.

Caratteristiche costruttive

Tipologie architettoniche

L'evoluzione storica della struttura dell'ospedale ha seguito i cambiamenti della morbilità e della sensibilità culturale nei confronti della malattia.

Le differenti tipologie architettoniche ospedaliere, che rispondono ai mutamenti della funzione ospedaliera da spazio in cui la degenza si collocava al centro dell'intero sistema a sede di servizi diagnostici, di formazione e ricerca ad alta tecnologia, sono fortemente correlate alla collocazione della struttura ospedaliera nell'ambiente circostante.

Storicamente, si passò dai modelli rinascimentali concepiti per ridurre il contagio infettivo e per il ricovero dei malati in ambienti salubri, all'impostazione degli ospedali a padiglioni del XIX secolo e ai modelli di città

ospedaliera a padiglioni su ispirazione delle città giardino dei primi del Novecento. Presto però questo schema costruttivo venne superato sostituito quello a padiglioni collegati, che garantiva i vantaggi del precedente relativamente a illuminazione e ventilazione naturale, nonché ad una netta separazione fisica degli edifici in base alle patologie trattate e, allo stesso tempo, assicurava il collegamento delle strutture attraverso percorsi coperti.

In questa tipologia di ospedale, il ruolo di centro gravitazionale del resto della struttura è rappresentato, generalmente, dagli edifici destinati ai servizi di diagnosi e cura, con ruolo periferico delle degenze, e frequentemente, esso presenta una forma ad H; questo modello prevede inoltre che servizi amministrativi e generali possano essere situati all'interno di strutture ancillari e più decentrate.

Per quanto riguarda lo schema fabbricativo delle varie ali del nosocomio, il Decreto del Capo del Governo (DCG) 20/07/1939 prescriveva l'impiego del doppio corpo di fabbrica, al fine di garantire una ventilazione e illuminazione naturale degli ambienti, tuttavia, l'affermazione degli impianti di climatizzazione e dell'illuminazione artificiale ne ha consentito il superamento in favore del corpo di fabbrica parzialmente triplo, triplo o multiplo.

Tuttavia, anche questo modello, che richiede la disponibilità di grandi aree edificabili ed è associato a maggiori costi, è stato quasi completamente soppiantato in favore del monoblocco.

L'idea alla base di quest'ultimo risiede nel raggruppamento di attività assistenziali e di supporto tecnico-amministrativo in un'unica costruzione che può presentare sviluppo orizzontale o, nella maggior parte dei casi, verticale, secondo ulteriori sotto-tipologie:

- le verticali in semplice torre su piastra, torre a forma complessa su piastra, torre radiale su piastra, volumi articolati su piastra e monoliti verticali;
- le orizzontali in volumi indipendenti collegati, spine e padiglioni, a corte articolati, a corte compatte e blocco orizzontale.

Tali impostazioni, descritte da James and Tatton-Brown (1986), declinano in modo differente il tema organizzativo del rapporto tra le funzioni ambulatoriali, diagnostico-interventistiche e quelle di degenza.

Il nucleo centrale dell'ospedale, che include la piastra sanitaria, l'area logistica e la piastra tecnologica, può estendersi in orizzontale su uno o più livelli per garantire la fornitura dei servizi sanitari più complessi, come diagnosi, cura, emergenze e area critica. Su stecche o volumi verticali, si trovano invece le aree a bassa intensità di cura, come reparti di degenza, ambulatori, dipartimenti e ricerca.

La piastra orizzontale diventa uno spazio di relazione funzionale e spaziale tra le diverse funzioni sanitarie e non sanitarie, nonché un percorso per i flussi degli utenti (strada interna dell'ospedale). Esempi di progetti che illustrano questa concezione sono l'Hospital del Niño a Panama, l'Ospedale Galeazzi di Milano, l'Ospedale Quirón di Barcellona e il nuovo progetto dell'Ospedale Policlinico di Milano.

Esiste anche la possibilità di sovrapposizione delle due tipologie (orizzontale e verticale), che viene utilizzata in interventi recenti come il nuovo Karolinska Hospital a Stoccolma, il Sammy Ofer Heart Center di Tel Aviv o il Guy's Cancer Center di Londra.

Secondo Ferrari, esistono diversi argomenti in favore e contro le due tipologie, tenendo in considerazione non solo gli aspetti organizzativi e progettuali ma anche il benessere psicosensoriale degli utenti.

Per quanto riguarda gli ospedali a sviluppo verticale, evidenti vantaggi derivano dal fatto che la superficie ridotta di piano facilita la chiarezza degli schemi di circolazione, possono adattarsi a terreni di superficie ridotta (sia pure nel rispetto di una adeguata portanza del suolo) e, infine, i sistemi di trasporto verticale possono essere ottimizzati; di contro, i costi di produzione possono essere più elevati, la flessibilità di questo tipo di edifici è molto ridotta, il contenuto funzionale di ogni piano è limitato a causa della superficie ridotta, i sistemi di distribuzione verticale non sono affatto flessibili e creano problemi durante eventuali guasti meccanici, infine gli utenti si possono sentire isolati dal contesto urbano, soprattutto quando localizzati ai piani più alti, e ciò potrebbe causare stati d'ansia e stress.

L'organizzazione orizzontale, invece, garantisce un'espansione più facile dell'edificio, permette il raggruppamento di funzioni correlate e consente di ridurre il tempo percorso dal personale anche attraverso l'utilizzo di scale in alternativa ad ascensori e montacarichi; tuttavia, questo modello non è applicabile su aree di dimensioni limitate, l'efficienza del funzionamento dipende da quella del sistema di trasporto e distribuzione dei materiali, si possono verificare problemi relativi ai percorsi se la distribuzione non è correttamente progettata, e di mancanza di privacy nel caso in cui gli ambienti si affaccino all'interno di corti comuni.

Definito il modello organizzativo della struttura ospedaliera e l'area a disposizione, il progettista, può iniziare il lavoro di progettazione architettonica che deve tenere in considerazione la presenza delle seguenti aree funzionali:

- Servizi di emergenza. Sono rivolti ai pazienti gravemente malati o feriti accidentalmente e ai casi di trauma.
- Area di ingresso. L'area in cui i pazienti o i visitatori accedono prima di recarsi in qualsiasi altro reparto o prima di usufruire di altri servizi dell'ospedale.
- Ambulatori. L'area in cui vengono effettuate le visite dei pazienti che non sono critici o in follow-up.
- Servizi diagnostici. L'area in cui vengono eseguiti diversi tipi di indagini diagnostiche per supportare i medici nell'effettiva diagnosi della malattia e nella successiva gestione e trattamento del paziente.
- Altri trattamenti. Sono le aree in cui vengono forniti trattamenti di supporto come la dialisi o la fisioterapia.
- Servizi di terapia intensiva. L'area in cui i pazienti critici sono tenuti sotto stretta sorveglianza e monitoraggio e in cui vengono fornite le cure.
- Servizi terapeutici. È l'area in cui vengono eseguiti gli interventi e le operazioni chirurgiche, come la sala operatoria e la sala travaglio.
- Aree di degenza. È l'area in cui i pazienti vengono effettivamente ricoverati per essere gestiti e curati. Può trattarsi di reparti generali, stanze semi-private, stanze private, stanze di isolamento ecc.
- Servizi amministrativi/assistenziali. L'area in cui ci si occupa dell'amministrazione dell'ospedale. Comprende aree come l'ufficio dei direttori, il dipartimento "Tecnologie dell'informazione e comunicazione, e l'ufficio personale/acquisti/marketing/contabilità.
- Servizi ospedalieri. I servizi che aiutano indirettamente nella gestione e nel trattamento dei pazienti. Possono essere mensa, lavanderia, magazzini e camera mortuaria.
- Servizi di ingegneria. Il reparto di supporto mantiene in vita i sistemi dell'ospedale in modo che tutti gli altri servizi e reparti funzionino senza problemi. Si tratta di impianti elettrici, meccanici, di protezione antincendio, di comunicazione, di gas medicali, di condizionamento dell'aria e di varie officine.
- Altri servizi. Tutti gli altri servizi come la sicurezza, i trasporti, le pulizie, le conferenze e la cartella clinica.

Tali aree funzionali dovranno essere organizzate in zone, che raggruppano diverse aree in base alla loro funzione e alla loro accessibilità per il paziente:

- Zona esterna o di spostamento rapido. Si tratta delle aree più frequentate da pazienti e visitatori e comprendono i servizi di emergenza, gli ambulatori, le caffetterie, l'ingresso e i servizi amministrativi.
- Zona intermedia o di spostamento ridotto. Sono le aree che accolgono i pazienti ma dove questi non si trovano in diretto contatto con gli operatori sanitari (salvo alcune eccezioni come il servizio di radiodiagnostica); include, oltre alla già citata radiodiagnostica, il laboratorio e la farmacia ospedaliera.
- Zona interna o di spostamento limitato. Include la maggior parte dei reparti dove viene erogata l'assistenza al paziente e che sono accessibili anche a visitatori.
- Zona preclusa: Comprende le unità critiche e le sale operatorie, che devono essere sterili, pertanto, il passaggio in queste aree è precluso ai non addetti ai lavori e tale zona è completamente separata dalle altre.
- Zona di isolamento. È destinata ai pazienti infetti, che pertanto devono essere separati dagli altri pazienti e che richiedono particolari accorgimenti nell'erogazione dell'assistenza.
- Zona dei servizi. Al suo interno sono inclusi tutti i dipartimenti che erogano servizi di supporto al funzionamento dell'ospedale, tra cui il Servizio di dietistica, la lavanderia, le officine, l'Ufficio cartelle cliniche.

Flessibilità ospedaliera

Le strutture sanitarie sono caratterizzate da un elevato grado di complessità, sia dal punto di vista tecnologico e architettonico che da quello sociale, culturale ed economico. Esse si trovano ad affrontare continue e molteplici sfide, tra cui essere resilienti alle mutevoli esigenze sanitarie e alle emergenze, nonché adattarsi alla continua evoluzione del contesto geografico, dei modelli organizzativi e dei servizi da erogare. Poiché la diagnostica medica, i trattamenti e le relative tecnologie sono in continua evoluzione, anche le esigenze e le modalità operative devono mutare nel tempo. In aggiunta, la pandemia di CoViD-19 ha evidenziato le carenze delle strutture sanitarie moderne nell'affrontare situazioni sanitarie impreviste, rendendo ancora più pressanti le sfide strutturali, organizzative e tecnologiche e l'urgenza di riqualificare le strutture esistenti.

Pertanto, al fine di permettere alle strutture sanitarie di svolgere efficacemente il proprio ruolo e rispondere ad esigenze e contesti in continua evoluzione, è prioritario tener conto sia della situazione attuale che dei possibili scenari futuri nel processo di pianificazione e progettazione di nuovi ospedali. In tale contesto, appare evidente come la flessibilità costituisca una componente chiave nella realizzazione delle strutture sanitarie.

La flessibilità di un edificio viene definita da D'Agnoletti Vallan come la capacità di adattarsi alle mutate esigenze delle diverse funzioni da assolvere, mantenendo al contempo la propria integrità architettonica.

Pati et al. hanno identificato tre aspetti fondamentali della flessibilità, da tenere in considerazione sia dal punto di vista architettonico che della gestione delle attività operative:

- **adattabilità:** capacità dell'infrastruttura sanitaria di adattarsi ai cambiamenti delle esigenze sanitarie senza apportare modifiche all'ambiente;
- **convertibilità:** capacità di trasformare l'infrastruttura sanitaria per soddisfare le mutevoli esigenze della struttura con piccole modifiche e a un costo ragionevole;
- **espandibilità:** capacità dell'infrastruttura ospedaliera di crescere verticalmente o orizzontalmente per far fronte alle continue evoluzioni delle esigenze sanitarie.

Secondo tali principi, l'ospedale dovrebbe essere progettato in modo tale da riuscire ad integrare agevolmente nuove attrezzature, servizi e strutture diagnostiche, evitando grandi alterazioni o modifiche. A tal fine, un nuovo complesso ospedaliero dovrebbe essere concepito abbracciando un arco temporale di almeno venti anni e prevedendo spazi idonei ad una eventuale futura espansione della struttura.

La natura e la particolarità delle attività e delle funzioni svolte in un edificio ospedaliero presuppongono la ricerca di adeguate e specifiche soluzioni di flessibilità, a partire da una conoscenza approfondita della realtà ospedaliera stessa.

Dai punti di vista sia tipologico che tecnologico, è possibile classificare gli edifici secondo tre diversi gradi di flessibilità, partendo da un grado minimo, caratterizzato da una bassa complessità tecnologica, passando ad un livello intermedio, fino ad arrivare ad un livello elevato, che prevede soluzioni progettuali altamente complesse.

Il primo livello di flessibilità caratterizza la fase di progettazione della struttura, durante la quale viene identificata la tipologia dell'edificio più adatta a rispondere alle esigenze specifiche. Tale scelta incide sulla capacità, dell'intero edificio e delle sue singole parti, di poter sostenere eventuali trasformazioni future nella distribuzione degli spazi.

Tra le due principali tipologie architettoniche, gli edifici a sviluppo verticale sono caratterizzati da maggiore criticità nel tempo, sia in termini di manutenzione che di trasformazione delle aree funzionali. Di contro, gli edifici a sviluppo orizzontale consentono la realizzazione delle seguenti tre tipologie di intervento, così come rappresentato in alcuni casi di studio internazionali:

- sviluppo a superficie variabile: ampliamento della superficie degli ambienti interni attraverso l'aggiunta di un elemento prefabbricato sulla facciata, così come realizzato nel Martini Hospital a Groningen;
- sviluppo a superficie costante: presenza di scheletro strutturale capace di rispondere a diverse configurazioni nel tempo (*Open Building*). Ne è un esempio l'INO Hospital a Berna;
- ampliamento orizzontale (attraverso il completamento dello schema a griglia di base) e/o verticale (attraverso il sovradimensionamento della struttura) dell'edificio ospedaliero, come nel caso del Nuovo Ospedale Civile di Legnano.

Al netto delle considerazioni che precedono, appare rilevante sottolineare che il concetto di flessibilità non comporta la possibilità di crescita illimitata dell'edificio, in quanto esiste un limite dimensionale oltre il quale la struttura perde funzionalità e coerenza architettonica. Pertanto, il comportamento dinamico della struttura deve essere stabilito all'interno di margini di oscillazione ben definiti.

Nell'ambito del progetto architettonico, il concetto di flessibilità si estende anche alla gestione quotidiana degli spazi, che deve essere pianificata per consentirne la rapida variazione in funzione delle diverse attività da svolgere. Al riguardo, è possibile intervenire sulla geometria degli spazi servendosi di svariate soluzioni riguardanti gli elementi di arredo, al fine di massimizzare le potenzialità e minimizzare gli aspetti negativi. Uno strumento utile di cui avvalersi per rispondere a queste esigenze è rappresentato dagli ambienti adattivi, sistema impiegato per la prima volta negli anni '60 da Robert Propst per creare mobili e ambienti di lavoro in grado di adattarsi ai cambiamenti. Gli ambienti adattivi sono specificatamente sviluppati in modo tale da poter rispondere e mutare in base alle esigenze dell'organizzazione e l'adattabilità quotidiana degli spazi alle

svariate attività degli utenti o ai diversi momenti di utilizzo può essere ottenuta facendo ricorso a soluzioni a bassa complessità, che riguardano principalmente la tipologia e la conformazione di porte e pareti interne. Tra queste si annoverano:

- pareti attrezzabili, cioè elementi polivalenti che associano la funzione di separazione tra due ambienti a quella di contenimento di mobili e accessori;
- pareti spostabili, la cui posizione può essere variata, ampliando le scelte di utilizzo dello spazio;
- pareti a pannelli mobili, che consentono di creare diverse configurazioni nello spazio. Tuttavia, esse richiedono complessi interventi per garantire un adeguato isolamento acustico tra ambienti adiacenti e rispettare le esigenze di privacy.

La flessibilità delle strutture ospedaliere deve poter essere mantenuta anche nel medio e lungo termine, consentendo incrementi o riduzioni dello spazio in base alle esigenze. In tale ottica, la scelta delle soluzioni strutturali e impiantistiche più confacenti riveste un ruolo fondamentale.

Livelli di flessibilità

Nel contesto ospedaliero, vengono individuati quattro “livelli di flessibilità” a seconda della scala architettonica presa in esame. La flessibilità deve pertanto essere considerata a partire dal generale, arrivando al particolare:

- **sistema ospedaliero**: tutti gli edifici e gli spazi esterni che costituiscono l'intera struttura sanitaria;
- **edificio**: singolo edificio identificabile all'interno del sistema ospedaliero generale (nel caso di un edificio monoblocco, esso coincide con il sistema ospedaliero stesso);
- **unità funzionale**: insieme di unità ambientali raggruppate secondo l'omogeneità di funzioni (reparti di degenza, sale operatorie, centrali termiche ecc.);
- **unità ambientale**: spazio confinato individuabile all'interno di un'unità funzionale (camera di degenza, studio medico ecc.).

Tipologie di flessibilità

In relazione a ciascuna scala possono altresì essere individuate ulteriori tipologie di flessibilità, di natura spaziale o operativa, realizzabili con l'impiego di specifiche strategie tipologico-spaziali.

Tali tipologie di flessibilità sono rappresentate da:

- **flessibilità a superficie costante**: capacità del complesso ospedaliero di adattarsi ed evolvere la propria organizzazione spaziale in funzione delle mutate richieste, dei progressi scientifici o dei cambiamenti funzionali;
- **flessibilità a superficie variabile**: capacità di espandersi o ridursi senza ostacolare le attività operative;
- **flessibilità gestionale**: capacità di ospitare diverse funzioni e variare i servizi, al fine di migliorare la gestione.

Per quanto concerne le unità ambientali, la flessibilità gestionale viene sostituita da:

- **flessibilità d'uso**: possibilità di variare le modalità di utilizzo dello spazio);
- **adattività dell'utente**: possibilità dell'utente stesso di variare le caratteristiche dell'ambiente in base alle proprie esigenze di comfort ambientale.

Nella **Tabella 20.1**, per ciascun livello di flessibilità, vengono descritte le diverse tipologie di flessibilità e le relative strategie tipologico-spaziali.

Tabella 20.1 Livelli di flessibilità e relative tipologie di flessibilità e strategie tipologico-spaziali nel contesto ospedaliero. Fonte: *Brambilla A, Sun T-z, Elshazly W, Ghazy A, Barach P, Lindahl G, Capolongo S. Flexibility during the CoViD-19 Pandemic Response: Healthcare Facility Assessment Tools for Resilient Evaluation. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021;18:11478. <https://doi.org/10.3390/ijerph18211147>.*

Livelli di flessibilità	Tipi di flessibilità	Strategie tipologico-spaziali
SISTEMA OSPEDALIERO	Flessibilità a superficie costante	Flessibilità funzionale del sistema
		Riutilizzo del complesso ospedaliero
		Ridondanza dello spazio per impianti
	Flessibilità a superficie variabile	Esistenza di terreni edificabili inutilizzati (per futuri ampliamenti)
		Strategie per aumentare il volume dei singoli edifici
	Flessibilità gestionale	Impianto modulare, sostituibile e manutenibile
		Presenza di sistemi informativi in rete
		Utilizzo di sistemi di automazione e controllo degli edifici (per la gestione globale)
		Utilizzo di accordi contrattuali/finanziari flessibili
EDIFICIO	Flessibilità a superficie costante	Esistenza di uno spazio per l'espansione strutturale
		Flessibilità strutturale
		Sovradimensionamento delle strutture portanti
		Modificabilità dell'involucro
		Presenza di spazi per la costruzione di infrastrutture impiantistiche
	Flessibilità a superficie variabile	Flessibilità e automazione dei percorsi pedonali segregati
		Sovradimensionamento delle strutture portanti
		Utilizzo di facciate vuote
		Possibilità di espansione modulare
	Flessibilità gestionale	Edificio su più livelli
		Impianto modulare, sostituibile e manutenibile
		Utilizzo di sistemi di automazione e controllo degli edifici (a livello di singolo edificio)
		Manutenzione programmata efficiente
		Costo del ciclo di vita
UNITÀ FUNZIONALE	Flessibilità a superficie costante	Utilizzo di partizioni interne a secco
		Utilizzo di pareti interne mobili e pareti con fissaggi a parete
		Utilizzo di partizioni interne mobili
	Flessibilità a superficie variabile	Presenza di spazi infrastrutture di servizio degli edifici
		Possibilità di estendere l'intera unità funzionale verso l'alto/lateralmente
	Flessibilità gestionale	Presenza di verande/retrotterra
	Pianificare con flessibilità d'uso	
UNITÀ AMBIENTALE	Flessibilità a superficie costante	Flessibilità funzionale della stanza
	Flessibilità a superficie variabile	Possibilità di estensioni verso l'alto/ai lati
	Flessibilità d'uso	Prevedere stanze multifunzionali
		Impianti per la multifunzionalità
		Servizi di sistemi informativi per la multifunzionalità
	Adattività dell'utente	Utilizzo di mobili mobili e schermature verticali
Umanizzazione personalizzabile della stanza		

Aspetti di cui tenere conto in fase di progettazione

Design per la produttività dei lavoratori

Il feedback e la soddisfazione dei pazienti e degli accompagnatori del paziente sono molto importanti per la crescita dell'ospedale, tuttavia, sono gli operatori sanitari e i dipendenti dell'ospedale che devono essere messi nelle condizioni di poter fornire un servizio di qualità. Un ambiente di lavoro sano garantisce la sicurezza fisica e la salute mentale, che possono essere raggiunte attraverso progettazione, gestione e miglioramento socioculturale, riducendo lo stress nell'ambiente lavorativo, a sostegno della salute e la produttività dei lavoratori.

Gli operatori sanitari e i dipendenti dell'ospedale devono, pertanto, fornire indicazioni circa i requisiti di progettazione e spaziali in base ai quali possono lavorare efficientemente e che possono consentire loro di svolgere il proprio lavoro in modo impeccabile per servire al meglio i pazienti e le loro famiglie.

Accessibilità per il paziente

Poiché un ospedale fornisce diversi servizi, è importante considerare quanto rapidamente e con quali mezzi il paziente e il suo accompagnatore possono raggiungere le diverse aree, e ciò deve essere fatto sin dalla fase di progettazione dell'edificio. Questo è ciò che si intende per accessibilità. Non tutti possono semplicemente entrare a piedi nell'ospedale, e potrebbero essere necessarie disposizioni speciali per garantire l'accessibilità, come ad esempio nel caso dell'accesso di un'ambulanza o di un elicottero. Pertanto, il design deve garantire un accesso rapido e facile alle strutture. Le corsie, le scale e le rampe dell'ospedale devono essere abbastanza ampie e spaziose. Inoltre, devono essere presenti ascensori sufficientemente ampi e veloci, inclusi gli ascensori per i letti. Bisogna inoltre prevedere spazi sufficienti per le aree di attracco delle ambulanze e, se previsto e necessario, costruire un eliporto adeguato.

Al concetto di accessibilità è strettamente collegato quello di usabilità, che consiste nel progettare uno spazio che possa essere navigato autonomamente dal paziente, anche in presenza di limitazioni motorie, possibilmente corredato di informazioni visive, tattili e verbali per supportarlo nel processo di orientamento all'interno della struttura.

Sostenibilità

Gli edifici ospedalieri si caratterizzano per un enorme consumo di risorse in termini di energia e acqua.

Lo sviluppo sostenibile di un ospedale è, pertanto, un importante prerequisito per garantire la salute, toccando le dimensioni sociali, economiche ed ambientali della sostenibilità. Esso include aspetti del sistema architettonico, dei componenti degli edifici, nonché dell'impatto sul contesto circostante e altre considerazioni di gestione. Per raggiungere un obiettivo di sostenibilità come gli edifici a consumo energetico netto zero (*Nearly zero-emission building*, NZEB), la gestione e il design devono essere coordinati fin dalle prime fasi e possono essere supportati da strumenti di digitalizzazione, come il *Building information Modelling* (BIM).

In particolare, dovrebbero essere considerati i seguenti aspetti:

- La sostenibilità degli edifici include il consumo energetico, le fonti energetiche, il comfort termico, l'uso dell'acqua, la gestione dei rifiuti, l'efficienza dei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria e l'efficienza dell'illuminazione. La sostenibilità dei componenti degli edifici comprende la sostenibilità dei materiali, con l'utilizzo di materiali riciclabili, riutilizzabili e locali, nonché scelte costruttive oculate.
- L'analisi dovrebbe essere condotta laddove esistano già strutture, al fine di ridurre il consumo di suolo e valorizzare le infrastrutture esistenti, ove possibile, per favorire strategie di rigenerazione urbana. L'analisi dell'impatto sul contesto circostante include aspetti come la gestione del sito, l'inquinamento ambientale, la sostenibilità dei trasporti, le strategie ambientali passive e l'effetto isola di calore. Altri aspetti comprendono la valutazione del ciclo di vita, gli strumenti di valutazione della sostenibilità, l'educazione alla sostenibilità e la gestione delle politiche ambientali.
- Il design degli NZEB implica tre fasi chiave: (i) un approccio di progettazione passiva, che include strategie di progettazione architettonica per il comfort termico e la sostenibilità energetica (come l'ottimizzazione delle aperture delle finestre per la ventilazione naturale); (ii) sistemi ad alta efficienza energetica; (iii) sistemi che impiegano energia rinnovabile.

Efficienza

Durante la progettazione di qualsiasi progetto, in particolare di un ospedale, la prima cosa da tenere presente è l'efficienza e il costo aggiuntivo necessario per ottenerla. È importante non mettere in secondo piano tale aspetto nella progettazione ospedaliera: anche se potrebbe essere necessario sostenere un costo aggiuntivo per la progettazione di una struttura efficiente, questo deve essere preso in considerazione in termini di ricadute che avrà sulla riduzione delle spese di gestione per i successivi anni di vita del nosocomio. Il concetto di efficienza in ambito ospedaliero implica la riduzione al minimo della distanza di spostamento necessaria tra le aree frequentemente utilizzate, garantire una risposta tempestiva alle emergenze, consentire la supervisione visiva dei pazienti, stabilire un sistema logistico efficiente per l'approvvigionamento di medicine e pasti, nonché la gestione dei rifiuti. Inoltre, implica mantenere gli spazi liberi da infezioni e contaminazioni crociate, sfruttare al massimo le aree multifunzionali e ottimizzare gli spazi in aree più piccole quando possibile.

Innovazione digitale

Oggi la maggior parte delle attrezzature negli ospedali è basata su tecnologia elettronica e, grazie ai continui progressi nel campo elettronico, le attrezzature mediche stanno cambiando.

La digitalizzazione coinvolge tutti i livelli, partendo dal sistema centrale della struttura e includendo la gestione digitale fino ad arrivare all'equipaggiamento utilizzato dagli utenti finali.

Dovrebbero essere considerati i seguenti aspetti:

- Dal punto di vista del progetto architettonico, il BIM ha il potenziale per facilitare una migliore gestione informatizzata degli *asset* costruiti attraverso l'integrazione di una vasta gamma di informazioni relative alle condizioni fisiche degli *asset* costruiti, alle risorse disponibili e al contributo dell'*asset* costruito alla fornitura di assistenza sanitaria all'interno di una organizzazione.
- Dal punto di vista della gestione delle strutture, dovrebbe essere sviluppata una strategia tecnologica completa come parte del processo di pianificazione principale di un nuovo ospedale, che tenga conto anche delle modifiche necessarie che dovranno essere apportate in futuro per adattarsi ai cambiamenti tecnologici.
- Dispositivi digitali connessi a Internet (come *smartphone*, *smartwatch*/braccialetti digitali) consentono agli ospedali di garantire un'esperienza personalizzata dedicata a ciascun utente, monitorando parametri vitali, ma anche il grado di comfort e di soddisfazione.
- La pianificazione modulare e la previsione di progetti o compiti possono sfruttare dati e analisi in tempo reale, ad esempio per indirizzare adeguatamente le ambulanze verso le strutture sanitarie, ottimizzare l'utilizzo delle risorse e migliorare i risultati.
- Il monitoraggio costante e i progressi tecnologici consentono l'uso remoto di alcuni apparecchi elettromedicali, riducendo il contatto tra i pazienti (infetti) e il personale ospedaliero e aumentando il controllo complessivo e un uso più efficiente delle risorse.
- Al fine di fornire diagnosi, trattamenti e interventi tempestivi e accurati, i medici hanno bisogno di informazioni complete e in tempo reale sul paziente, i sintomi, gli esami, le cure necessarie e le diverse opzioni di trattamento: tecnologie come Internet, le cartelle cliniche elettroniche e i sistemi di supporto alle decisioni cliniche possono essere di grande aiuto nel raggiungimento di tale obiettivo, riducendo il ricorso a spazi reali per lo svolgimento di tali funzioni, in favore di quelli virtuali.

Pulizia

Dato che gli ospedali si occupano di pazienti malati e contagiosi, un fattore importante da considerare nella costruzione di un ospedale è l'igiene. Gli ospedali devono essere mantenuti estremamente puliti per prevenire la diffusione di malattie e infezioni. Pertanto, il design deve favorire una pulizia, igienizzazione e disinfezione rapide ed efficienti. Le persone arrivano in ospedale portando germi e batteri, quindi è necessario assicurarsi che i materiali selezionati non trattengano questi elementi. La scelta accurata dei materiali è fondamentale in questo senso: il progettista deve tenere presente quanto siano facili da curare, quanto traffico possono sopportare, quali metodi possono essere utilizzati per la pulizia e se possono essere puliti e/o sterilizzati. Oltre ai requisiti già menzionati, i pavimenti negli ospedali devono essere resistenti a perforazioni, impatti, abrasioni e macchie.

Riduzione dei rumori

In un ambiente ospedaliero, il rumore disturba il comfort dei pazienti, influisce sulla comunicazione, diminuisce la concentrazione, distrae, compromette le performance cognitive e aumenta lo stress e la fatica. Il rumore può anche influire negativamente sulla guarigione, disturbare il sonno e ridurre il livello complessivo di soddisfazione dei pazienti. Le cause del rumore possono essere il movimento di molte persone e materiali in un determinato punto, le grida dovute al dolore e alla paura, rumori di vibrazione provenienti dal pavimento, rumori dei sistemi meccanici/elettrici/idraulici, clacson del traffico esterno.

Pertanto, durante la progettazione dell'ospedale, il progettista deve tenere presente tutti questi problemi e adottare misure per ridurre il rumore all'interno dell'edificio ospedaliero. Alcune delle misure possono includere la disposizione dei letti su pareti opposte invece che su pareti comuni, l'utilizzo di pavimenti silenziosi in gomma o PVC, finestre a tripla vetratura, l'utilizzo di sistemi di chiamata infermieristica con toni minimi e funzioni di vibrazione, l'utilizzo di supporti per vibrazioni per le macchine elettriche/meccaniche, l'isolamento adeguato delle pareti, l'adozione di controsoffittatura fonoassorbente.

Riduzione delle infezioni correlate all'assistenza

A causa del grande afflusso di persone, le possibilità di infezione sono molto elevate nell'ambiente ospedaliero.

Il rischio è che un paziente sano possa contrarre l'infezione dall'ospedale, fenomeno comunemente chiamato infezione correlata all'assistenza (ICA). Inoltre, le infezioni acquisite durante interventi o interventi chirurgici possono essere ancora più gravi per il paziente.

Pertanto, durante la progettazione dell'edificio ospedaliero, il progettista deve garantire che le possibilità di infezione siano ridotte al minimo. Alcuni fattori che possono contribuire a ridurre il tasso di infezione includono l'implementazione di un movimento a senso unico nel complesso operativo, la suddivisione delle aree in modo tale da garantire l'isolamento dei pazienti infetti, prediligendo stanze singole con soluzioni flessibili, la corretta delimitazione delle aree infette, la presenza di adeguati sistemi di filtrazione dell'aria compresi filtri HEPA (*High Efficiency Particulate Air filter*), l'utilizzo di luci ultraviolette nelle aree cliniche, l'implementazione di sistemi di flusso d'aria in cui l'aria pulita circola intorno al paziente e viene riciclata e filtrata, la presenza di ventilazione incrociata, l'utilizzo di pannelli radianti per eliminare la condensa e la riduzione delle aree di attesa nelle zone di trattamento dei pazienti, ecc.

Controllo dell'inquinamento ambientale

La progettazione, costruzione, ristrutturazione, espansione e gestione degli ospedali sono soggette alle disposizioni di diverse leggi e linee guida per il controllo dell'inquinamento ambientale, nonché ai relativi regolamenti normativi. Queste normative riguardano la qualità dell'aria, la gestione e lo smaltimento dei rifiuti biomedici, l'inquinamento acustico, i serbatoi interrati, lo stoccaggio di materiali e rifiuti pericolosi e lo stoccaggio e lo smaltimento dei rifiuti medici. Durante la progettazione dell'ospedale, è fondamentale assicurarsi di rispettare e soddisfare tutte le normative statutarie relative al controllo dell'inquinamento ambientale.

Gli ospedali producono generalmente una grande quantità di rifiuti, inclusi i rifiuti biomedici che rappresentano un pericolo. È necessario implementare un sistema adeguatamente progettato per gestire tali rifiuti.

Inoltre, gli ospedali consumano una grande quantità di energia; pertanto, è di estrema importanza adottare mezzi che ne garantiscano il risparmio. L'installazione di pannelli solari, l'utilizzo di materiali da costruzione ecologici, l'implementazione di sistemi di raccolta dell'acqua piovana e l'adozione di veicoli elettrici possono rappresentare un grande sforzo per ridurre l'impatto ambientale che l'edificio ospedaliero avrà sulle aree circostanti.

Qualità dell'aria indoor

La qualità dell'aria e l'assenza di fattori di rischio ambientali rappresentano il primo requisito per garantire qualità e sicurezza per pazienti e operatori in ospedale. La qualità dell'aria all'interno degli ospedali è influenzata dalla presenza di contaminanti biologici e chimici che non si trovano naturalmente nell'aria esterna, alterando la sua composizione e compromettendone la qualità.

I requisiti di qualità dell'aria nelle strutture sanitarie variano in base alla funzione sanitaria e spesso anche da stanza a stanza, a seconda dell'utilizzo. Aree come le sale operatorie, le unità di terapia intensiva e le stanze di isolamento richiedono una filtrazione ad alta efficienza per proteggere pazienti, personale e visitatori, mentre altre aree richiedono l'eliminazione di sostanze inquinanti gassose, chimiche e odori per garantire un ambiente di lavoro più sicuro e piacevole.

La qualità dell'aria interna nelle strutture sanitarie rappresenta una preoccupazione crescente a causa dei cambiamenti nelle pratiche mediche, dell'obsolescenza delle strutture e della presenza di utenti vulnerabili. Il design e l'organizzazione di queste strutture devono essere pensati per adempiere al loro ruolo primario, ovvero la tutela della salute degli occupanti.

Per garantire un'adeguata qualità dell'aria, è fondamentale che gli ospedali siano ubicati lontano da fonti di inquinamento come fabbriche, congestione del traffico, parcheggi e depositi di rifiuti. Altre due caratteristiche importanti sono una progettazione adeguata delle facciate e dei sistemi di ventilazione (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*, HVAC). Inoltre, il controllo dei microrganismi presenti nell'aria è cruciale negli spazi interni degli ospedali poiché l'aria può rappresentare un veicolo significativo per le infezioni. Nei contesti ospedalieri, in cui il controllo del microclima è associato a una forte necessità di sterilizzazione, è necessario introdurre sistemi di condizionamento dell'aria che, se progettati, gestiti e mantenuti in modo errato, possono diventare una fonte di contaminazione interna dell'aria. Infatti, numerosi studi sulla qualità dell'aria negli edifici climatizzati artificialmente hanno evidenziato una crescente attenzione alle malattie ben note come la *Sick Hospital Syndrome*.

La presenza di contaminanti nell'aria, come *Legionella pneumophila* nelle torri di raffreddamento e in varie sezioni dei sistemi HVAC, può causare diversi disturbi, dalle allergie e irritazioni a forme patologiche e infezioni respiratorie. Tra i componenti del sistema dell'aria, le condotte dell'aria svolgono un ruolo cruciale, poiché trasportano il ricambio d'aria negli ambienti di cura, garantendo livelli di purezza e quantità che favoriscono condizioni di comfort.

L'installazione, la manutenzione e i costi energetici dei sistemi HVAC sono aumentati nel tempo, pertanto, affinché essi siano sostenibili, è necessario uno studio attento della progettazione, una corretta valutazione della necessità dell'installazione nel luogo in questione e il requisito della loro pulizia e manutenzione efficaci, soprattutto in ambienti in cui sono presenti pazienti con un sistema immunitario depresso o immunosoppressione. Per questo motivo, il condizionamento dell'aria negli ospedali assume un ruolo sempre più importante rispetto al semplice comfort microclimatico.

Resistenza a condizioni avverse estreme

Gli edifici ospedalieri devono essere progettati in modo tale da affrontare le problematiche legate a terremoti, tornado, alluvioni, uragani e altre catastrofi regionali. La pianificazione e la progettazione devono tener conto della necessità di proteggere la vita e garantire la sicurezza di tutto il personale ospedaliero, degli occupanti e dei visitatori dell'ospedale. Inoltre, il design deve prevedere mezzi e percorsi di fuga che consentano la continuità dei servizi in seguito a una tale calamità.

Scelta dei materiali

Fin dall'inizio della costruzione, la scelta dei materiali rappresenta un fattore determinante. Per le opere in cemento armato si può optare per il calcestruzzo pre-miscelato, possono essere utilizzati blocchi cavi al posto dei mattoni e per i pavimenti possono essere scelti piastrelle al posto della pietra marmorea. È anche vero che i materiali svolgono un ruolo importante nell'aspetto complessivo e nell'atmosfera generale. Quando si progetta specificatamente un ospedale, i materiali devono essere presi in considerazione sia per la sicurezza sia per l'aspetto estetico, e devono resistere al costante movimento di persone e materiali. Pavimenti, arredi, rivestimenti murali, illuminazione e persino corrimano e altri elementi devono essere conformi alle misure di controllo delle infezioni e devono garantire una buona visibilità e resistenza allo scivolamento per massimizzare la sicurezza. Inoltre, è preferibile l'impiego di materiali che possano essere facilmente disinfettati e sanificati.

Elementi generali di impiantistica

Approvvigionamento idrico

Nel settore sanitario, specialmente in ambito ospedaliero, è essenziale assicurare un approvvigionamento idrico efficiente e un adeguato sistema di drenaggio e trattamento delle acque reflue al fine di garantire un'offerta di acqua potabile sicura e di alta qualità. A livello sia nazionale che locale, sono state promulgate normative per regolamentare la gestione dell'acqua fornita dagli ospedali, considerando il fatto che una struttura sanitaria deve garantire la sicurezza di tutte le tipologie di acque utilizzate. Tale aspetto è, infatti, fondamentale per la sicurezza dei pazienti e del personale sanitario e per il corretto funzionamento dei dispositivi medici.

Per la valutazione della potabilità dell'acqua sono necessarie analisi e controlli complessi che determinino le caratteristiche biologiche, fisiche e chimiche al fine di stabilire la compatibilità con il consumo umano.

In Italia, per molti anni il DPR n. 236 del 24 maggio 1988 è stato l'unico riferimento normativo sui valori standard dei parametri dell'acqua potabile. Successivamente, al fine di recepire la Direttiva Europea 98/83/CE sulla qualità dell'acqua destinata al consumo umano, è stato emanato il D.Lgs. n. 31 del 2 febbraio 2001, integrato e modificato dal D.Lgs. n. 27 del 2 febbraio 2002.

Inoltre, una menzione merita il D.Lgs. 81/2008 (Titolo X, "Esposizione ad agenti biologici"), che stabilisce gli obblighi del Direttore Generale e dello staff dirigenziale riguardanti i parametri da rispettare e le eventuali azioni da intraprendere.

Al fine di garantire la fornitura di acqua sicura nelle strutture ospedaliere, viene eseguito un processo di pre-trattamento, che normalizza e stabilizza i parametri chimici e fisici dell'acqua in ingresso. Tra i sistemi di pre-trattamento più comunemente utilizzati ricordiamo:

- i sistemi di pre-filtrazione, che preservano l'impianto da impurità e torbidità provenienti dall'acquedotto, prevenendo sedimentazioni di sostanze inquinanti negli accumuli e nelle tubazioni;
- i sistemi di addolcimento dell'acqua, che proteggono l'impianto dalle incrostazioni causate da ioni calcio e magnesio provenienti dall'acquedotto.

Come per il pre-trattamento, anche il sistema di distribuzione dell'acqua deve essere attentamente studiato, ricercando le tecnologie ed i materiali più appropriati a preservare la qualità dell'acqua fino ai punti di utilizzo. Le tubazioni negli ospedali, così come i serbatoi di accumulo dell'acqua per scopi di riserva o di esubero, sono realizzati con diversi materiali, a seconda dell'epoca di costruzione e degli interventi successivi effettuati sugli impianti. Le contaminazioni biologiche e chimiche nella rete di trasporto, considerando l'acqua di captazione come inizialmente pura, dipendono strettamente da:

- i materiali costituenti le tubazioni e la loro rugosità, nonché i giunti, i serbatoi, le piastre, le valvole e i rubinetti;
- lo stato di usura e le condizioni di manutenzione delle tubazioni, dei giunti, dei serbatoi, delle piastre, delle valvole e dei rubinetti;
- la tipologia dei sistemi di captazione, stoccaggio e distribuzione dell'acqua.

Per quanto riguarda i materiali utilizzati per le tubazioni, sono stati ormai abbandonati quelli organici (come il legno), in terracotta o in cemento semplice, dato che si sono rivelati facilmente usurabili e poco impermeabili. Al loro posto, sono state introdotte diverse tipologie di tubazioni metalliche o di cemento armato. Le tubature metalliche sono principalmente realizzate in ferro, ghisa ed acciaio, e offrono numerosi benefici, come eccellente tenuta, notevole resistenza e flessibilità, nonché un costo vantaggioso. Altri materiali metallici utilizzati per le tubature includono rame, ottone e bronzo; tuttavia, a causa dei costi elevati, vengono generalmente impiegati solo per raccordi e rubinetteria nelle strutture terminali. È importante notare che il rame è stato identificato come in grado di inibire lo sviluppo della *Legionella pneumophila* e delle uova o larve di *Aedes albopictus*.

La *Legionella* è un batterio ubiquitario, presente nelle acque dolci stagnanti, come laghi, fiumi e piscine, ma anche nell'acqua potabile, nelle acque di scarico e nei sistemi di condizionamento dell'aria. È responsabile della legionellosi, una grave forma di polmonite, e viene trasmessa tramite l'inalazione, l'aspirazione o la microaspirazione di aerosol contenenti *Legionella* o di particelle derivate dalla sua essiccazione.

Pertanto, i luoghi più comuni di contagio includono docce, piscine, vasche idromassaggio, impianti di condizionamento centralizzati, unità di trattamento dell'aria (UTA), apparecchiature mediche, fontane ornamentali, torri di raffreddamento e sistemi antincendio. La *Legionella* si sviluppa principalmente a temperatu-

re dell'acqua comprese tra 20 °C e 50 °C. È inattiva al di sotto dei 20 °C, mentre muore rapidamente quanto più la temperatura supera i 50 °C (sopravvive circa 5-6 ore a 55 °C, 2 minuti a 65 °C).

Pertanto, la prevenzione della legionellosi deve iniziare già nella fase di progettazione dei sistemi idrico-sanitari, al fine di evitare il funzionamento dell'impianto all'interno della fascia di temperatura a rischio. La scelta del materiale delle tubazioni utilizzato nella costruzione del sistema di distribuzione dell'acqua riveste un ruolo chiave. Secondo evidenze recenti, il rame sembra essere il materiale più adatto per prevenire lo sviluppo di biofilm e la proliferazione di *Legionella*. Oltre a vantare proprietà antimicrobiche, il rame è un eccellente conduttore termico, ideale per mantenere l'acqua a temperature elevate. Infatti, la norma UNI 9182:2014 raccomanda che la temperatura dell'acqua nell'intera rete debba essere sempre superiore a 55 °C.

Per quanto riguarda l'acqua fredda, al fine di mantenere la temperatura al di sotto dei 25 °C, è necessario prevedere la coibentazione e/o l'isolamento termico della rete di distribuzione per evitarne il surriscaldamento. Inoltre, la posa delle tubazioni deve essere attentamente pianificata per evitare influenze da fonti di calore esterne, ad esempio posizionando le linee di acqua fredda il più lontano possibile da tubazioni di riscaldamento, acqua calda o ricircolo, radiatori o impianti radianti.

Inoltre, per garantire la purezza del prodotto e la sua conservazione all'interno della distribuzione fino al punto d'uso, è essenziale disporre di un sistema chimico e/o fisico di trattamento locale e/o terminale per prevenire eventuali problemi chimici e microbiologici derivanti dalla complessità della distribuzione.

Infine, è di fondamentale importanza che l'acqua utilizzata per le operazioni igienico-sanitarie su pazienti "critici" (sottoposti a trapianti o ricoverati in chirurgie specialistiche, neonatologie, terapie intensive, ematologie e oncologie, ostetricie, centri ustioni ecc.) sia sottoposta a un controllo microbiologico per prevenire possibili infezioni. A tal fine, è necessario stabilire rigidi protocolli di sorveglianza e monitoraggio microbiologico, almeno due analisi all'anno su un numero significativo di punti acqua destinati all'utilizzo per pazienti immunocompromessi. Inoltre, bisogna adottare misure adeguate di prevenzione e protezione per garantire il rispetto degli standard forniti dalle più recenti pubblicazioni tecniche e linee guida in materia.

La metodologia considerata sperimentalmente più efficace ed economicamente conveniente è l'applicazione di idonei sistemi di filtrazione ai punti di utilizzo. Questi sistemi devono essere adeguatamente caratterizzati come misure di sicurezza collettive conformi alle normative vigenti e, oltre a non alterare la composizione o la potabilità dell'acqua, devono essere compatibili con le eventuali misure di trattamento e sanificazione applicate a monte.

Rifiuti sanitari

Al pari di ogni attività produttiva, anche l'attività sanitaria comporta la produzione di rifiuti. L'ospedale produce rifiuti solidi in quantità di circa 1,5-2,5 kg/die per posto letto, con una media di poco inferiore ai 2 kg, pertanto, un ospedale con 1.000 posti letto produrrà circa 700 tonnellate di rifiuti l'anno, quantità pari a quella prodotta da un Comune di circa 3.000 abitanti.

La problematica dei rifiuti generati in ambito sanitario è di notevole rilevanza, dal momento che essa coinvolge aspetti sia igienico-sanitari che economici ed organizzativi, relativi, oltre che alla gestione dei rifiuti stessi, alla sicurezza degli operatori ed ai diversi fattori di rischio professionale.

Il D.Lgs. n. 22 del 5 febbraio 1997, noto come Decreto Ronchi, definisce i rifiuti come "qualsiasi sostanza od oggetto" appartenente alle categorie di rifiuti elencate nell'allegato "A" del Decreto e di cui il detentore e/o produttore si disfi o abbia intenzione di disfarsi.

Il D.Lgs. n. 22/1997 recepisce il Catalogo Europeo dei Rifiuti (CER) come metodo di classificazione dei rifiuti, conformemente alla direttiva 75/442/CEE. Tale catalogo si basa sull'assegnazione di uno specifico Codice CER a ciascuna tipologia di rifiuto, consentendo una chiara distinzione tra "rifiuti pericolosi" e "rifiuti non pericolosi". La prima edizione del CER conteneva due elenchi distinti: uno generale, in cui venivano inclusi tutti i rifiuti, e un altro specifico solo per i rifiuti considerati pericolosi. Successivamente, nella nuova edizione, in vigore dal 1 gennaio 2000, tutti i rifiuti sono stati inclusi in un unico elenco, e quelli pericolosi sono contrassegnati con un asterisco.

Per quanto concerne i rifiuti prodotti in ambito sanitario, il DM 26 giugno 2000, n. 219 li definisce come "ciò che deriva da strutture pubbliche e private, individuate ai sensi del D.Lgs. n. 502/1992 e successive modificazioni, che svolgono attività medica e veterinaria di prevenzione, di diagnosi, di cura, di riabilitazione e di ricerca, ed organo le prestazioni di cui alla Legge 23 dicembre 1978 n. 833".

La gestione e la corretta eliminazione dei rifiuti sanitari viene regolata dal Decreto del Presidente della Repubblica n. 254 del 15 luglio 2003, con il fine di garantire una maggiore salvaguardia dell'ambiente e della salute pubblica, nonché di agevolare l'effettuazione di adeguati controlli.

Tale Decreto fornisce indicazioni specifiche per ciascuna categoria di rifiuti sanitari, stabilendo le modalità di gestione adeguate e richiamando, salvo diversa specificazione, gli obblighi amministrativi relativi alla gestione dei rifiuti contenuti nel D.Lgs. n. 152 del 2006 e ss.mm.ii.

Pertanto, conformemente alla normativa vigente, i rifiuti ospedalieri possono essere distinti in:

- rifiuti sanitari non pericolosi;
- rifiuti sanitari assimilati ai rifiuti urbani;
- rifiuti sanitari pericolosi non a rischio infettivo;
- rifiuti sanitari pericolosi a rischio infettivo;
- rifiuti sanitari che richiedono particolari modalità di smaltimento;
- rifiuti da esumazioni e da estumulazioni;
- rifiuti speciali, prodotti al di fuori delle strutture sanitarie, che, come rischio, risultano analoghi ai rifiuti pericolosi a rischio infettivo, con l'esclusione degli assorbenti igienici.

Tale categorizzazione non comprende i rifiuti radioattivi e gli scarichi fognari, poiché essi sono disciplinati da specifiche normative.

In ambito ospedaliero, l'iter procedimentale per garantire una gestione adeguata dei rifiuti può essere ricondotto a una serie di fasi ben definite:

- caratterizzazione e classificazione dei rifiuti in base alla loro tipologia, al fine di determinare l'idonea modalità di eliminazione;
- rispetto scrupoloso dei tempi di stoccaggio all'interno del luogo di produzione (reparto/servizio) per evitare situazioni di pericolo o potenziale esposizione;
- trasporto dei rifiuti verso le apposite aree di deposito temporaneo, dove vengono gestiti in conformità con le normative vigenti;
- avvio allo smaltimento mediante la corretta conferenza a ditte autorizzate, al fine di garantire la sicurezza e l'adeguato trattamento dei rifiuti.

La criticità legata ai rifiuti sanitari, sia di natura solida che liquida, deriva dalla loro potenziale pericolosità per gli individui esposti, a causa della presenza di agenti biologici e/o chimici. Pertanto, al fine di mitigare tali rischi e promuovere un approccio uniforme, risulta imprescindibile l'adozione di comportamenti standardizzati e pratiche omologate per la manipolazione e la gestione dei rifiuti.

Rifiuti sanitari non pericolosi

In questa categoria sono compresi tutti i rifiuti sanitari privi di caratteristiche di pericolosità, secondo quanto definito dal D.Lgs. 152/2006.

Rifiuti sanitari assimilati ai rifiuti urbani

Rientrano in questa categoria i rifiuti derivanti da:

- attività di ristorazione: scarti delle cucine e delle attività di preparazione dei pasti, residui dei pasti provenienti dai reparti di degenza non infettivi;
- attività di pulizia: rifiuti generati dalle attività di pulizia quotidiana dei locali (es. contenuto dei cestini di stanze di degenza, medicherie, uffici ecc.) e dalle attività di pulizia delle aree esterne;
- raccolta differenziata: vetro, carta, cartone, plastica, polistirolo, metalli, imballaggi;
- attività di giardinaggio: sfalci, foglie, rami ecc.;
- attività di ristrutturazione;
- materiali dismessi perché fuori uso: apparecchiature elettromedicali, dispositivi elettronici, arredi sanitari e da ufficio;
- materiale monouso non contaminato: indumenti e lenzuola, pannolini pediatrici e pannoloni per anziani, assorbenti igienici, contenitori e sacche per le urine, gessi ortopedici e bende ecc.

Rifiuti sanitari pericolosi non a rischio infettivo

Rientrano in tale categoria i rifiuti di tipo liquido, caratterizzati da un prevalente rischio chimico, derivanti da attività di laboratorio, analitiche e diagnostiche, nonché quelli derivanti da processi di disinfezione

farmaceutica o da attività di servizio che non possono essere smaltiti tramite la rete fognaria. A titolo esemplificativo, non esaustivo:

- soluzioni acide/basiche;
- miscele di solventi;
- soluzioni con metalli pesanti;
- oli esausti;
- liquidi di fissaggio o di sviluppo;
- reagenti acidi/basici/alogenati;
- rifiuti contenenti mercurio.

Rifiuti sanitari pericolosi a rischio infettivo

Tale categoria comprende:

- materiali non taglienti e non percolanti: materiali esposti a fluidi biologici presumibilmente infetti e che contengono sangue in quantità sufficiente da renderlo visibile;
- materiali taglienti o acuminati: aghi, *butterfly*, lame di bisturi, aghi cannula, rasoi ecc.;
- materiali percolanti sangue, liquidi biologici a rischio o altri liquidi contenenti sangue.

Rifiuti sanitari che richiedono particolari modalità di smaltimento

Sono compresi in questa categoria rifiuti derivanti da:

- residui informatici di stampa: toner per fotocopiatrici, cartucce per stampanti e fax;
- pile e batterie esauste;
- termometri rotti e neon;
- farmaci scaduti o inutilizzabili;
- sostanze stupefacenti e psicotrope;
- farmaci citotossici/citostatici e materiali contaminati generati dalla loro manipolazione ed uso;
- organi e parti anatomiche riconoscibili.

Rifiuti da esumazioni e da estumulazioni

Sono compresi tutti i rifiuti generati da attività cimiteriali.

Rifiuti speciali, prodotti al di fuori delle strutture sanitarie, che come rischio risultano analoghi ai rifiuti pericolosi a rischio infettivo, con l'esclusione degli assorbenti igienici.

I rifiuti inclusi in questa categoria richiedono le stesse modalità di gestione previste per i rifiuti sanitari pericolosi a rischio infettivo.

Climatizzazione

Il controllo del microclima all'interno degli ambienti ospedalieri è un aspetto di rilevante importanza, che deve essere tenuto in considerazione non solo durante la progettazione di nuove strutture, ma anche durante la loro ristrutturazione.

Ambienti con condizioni microclimatiche inadeguate, quali contaminazioni ed umidità e temperature non controllate, rappresentano un rischio sia per i pazienti che per il personale, soprattutto in reparti critici quali sale operatorie, terapie intensive, reparti di malattie infettive e laboratori.

Pertanto, in questi ambienti è necessario garantire un'elevata qualità dell'aria per assicurare condizioni ottimali di igiene e asepsi. A tal fine, nella progettazione climatica degli edifici ospedalieri, devono essere garantiti due aspetti fondamentali:

- controllo completo delle condizioni termoigrometriche (umidità relativa e temperatura), con possibilità di regolazione differenziata in base alle specifiche aree;
- gestione dei flussi d'aria tra diversi ambienti e ricambio d'aria in ciascun locale.

Per soddisfare tali requisiti viene generalmente adottato, almeno nelle nuove costruzioni, un sistema di ventilazione forzata che prevede l'utilizzo di aria esterna, escludendo il ricircolo e la ventilazione naturale anche nei reparti di degenza. Inoltre, l'umidificazione dell'aria viene preferibilmente eseguita tramite vapore, mentre per la purificazione dell'aria ci si avvale di un sistema di filtrazione dotato di filtri di diversa efficienza.

Nelle strutture ospedaliere il benessere termoigrometrico è assicurato principalmente dagli impianti HVAC, che garantiscono sicurezza e comfort agli utenti. Inoltre, tali impianti permettono di rispondere alle esigenze specifiche delle attività svolte in diversi ambienti e reparti. Ad esempio, devono essere in grado di garantire condizioni di asepsi nelle sale operatorie e di isolamento nelle stanze di degenza per pazienti affetti da malattie infettive.

Gli impianti HVAC permettono il controllo di diversi parametri all'interno degli ambienti confinati, tra cui:

- temperatura dell'aria;
- umidità assoluta e relativa;
- portata minima di aria esterna;
- sovrappressione rispetto all'esterno e/o ad altri ambienti;
- concentrazione di particolato e contaminanti aeriformi;
- presenza di virus e batteri.

Nella fase di progettazione degli impianti, è inoltre essenziale considerare le varie tipologie di reparti ospedalieri che saranno presenti nella struttura, dal momento che ogni area avrà bisogno di condizioni termoigrometriche specifiche, a seconda delle diverse tipologie di pazienti e patologie trattate.

Un aspetto critico riguarda il bilanciamento delle pressioni all'interno degli ambienti, con alcuni locali, come camere di isolamento di pazienti infetti e sale autoptiche, che andranno mantenuti in leggera depressione, ed altri, quali sale operatorie e terapie intensive, in cui andrà invece mantenuta una lieve sovrappressione. Inoltre, l'implementazione di "anticamere" può contribuire ad assicurare la sterilità degli ambienti in molteplici contesti.

Illuminazione

Gli impianti di illuminazione di una struttura ospedaliera devono essere attentamente progettati per garantire il benessere dei lavoratori e dei pazienti, tenendo in considerazione la tipologia di attività svolte, le caratteristiche ambientali e le sorgenti luminose presenti. Innanzitutto, è fondamentale prevenire il disagio visivo, generalmente causato dall'abbagliamento visivo. Tale fenomeno è associato all'eccessiva luminosità di una sorgente luminosa presente all'interno del campo visivo e può determinare lacrimazione, iperemia congiuntivale e dolori periorbitali.

Inoltre, per evitare che si verifichi l'affaticamento visivo è necessario garantire un adeguato livello di illuminazione, proporzionato all'impegno visivo richiesto dalle diverse attività svolte.

Le prime normative a stabilire precise direttive per adattare l'ambiente di lavoro alle necessità fisiologiche delle persone risalgono al 1974; in seguito, il D.Lgs. 626/1994 ha dettato i requisiti strutturali obbligatori per i luoghi di lavoro, definendo specifici standard volti a tutelare la salute dei lavoratori. In ambito sanitario, ciò inevitabilmente influenza anche il benessere psico-fisico dei pazienti.

Il medesimo Decreto stabilisce che, salvo particolari esigenze operative o nel caso di ambienti sotterranei, i luoghi di lavoro devono essere adeguatamente illuminati con luce naturale.

Al contrario, i corridoi ed i locali utilizzati come magazzini possono essere privi di illuminazione naturale, essendo considerati luoghi di passaggio. Tuttavia, deve essere garantita una corretta aerazione.

Per quanto riguarda l'illuminazione naturale, essa deve essere progettata in modo tale da evitare l'esposizione diretta alla componente solare, ma sfruttando soltanto la luminosità del cielo. Infatti, le radiazioni luminose potrebbero causare effetti fotochimici, soprattutto in caso i soggetti esposti presentino fattori fotosensibilizzanti, esogeni (farmaci) o endogeni (porfirie).

Nella pianificazione dell'illuminazione artificiale, invece, è raccomandato prestare attenzione alle qualità cromatiche dell'illuminazione, ossia il "colore della luce" e la "resa cromatica".

Impianto di gas medicali

I gas medicali maggiormente utilizzati in ambito ospedaliero sono rappresentati da ossigeno, protossido d'azoto (a scopo anestetico) e aria medica.

La distribuzione dei gas avviene attraverso sistemi centralizzati, che ottimizzano l'approvvigionamento e garantiscono un elevato livello di sicurezza. Infatti, proprio ai fini della sicurezza, all'interno delle strutture

sanitarie sono previste restrizioni alla presenza di sostanze infiammabili o esplosive e i depositi sono soggetti alle normative dei vigili del fuoco.

Nella scelta del tipo di approvvigionamento dei gas deve essere presa in considerazione la tipologia costruttiva dell'ospedale, con possibilità di adottare:

- un impianto completamente centralizzato, nel caso di ospedali monoblocco;
- soluzioni miste, più adeguate nel caso di ospedali a padiglioni. In tal caso, alcuni gas (es. ossigeno e aria) sono forniti da un unico deposito centrale e distribuiti capillarmente all'interno della struttura; mentre altri gas specifici (es. protossido di azoto, principalmente utilizzato nel blocco operatorio) sono distribuiti attraverso bombole portatili installate direttamente in prossimità del punto di utilizzo.

Gli impianti centralizzati sono costituiti da:

- centrali di stoccaggio/produzione;
- reti di distribuzione;
- punti di prelievo (prese).

A livello sia delle centrali che della rete di distribuzione vengono predisposte ridondanze e riserve in funzione delle caratteristiche del gas e alla sua criticità per le attività sanitarie.

Centrali di stoccaggio/produzione

Includono:

- Centrale ossigeno.
- Centrale protossido.
- Centrale aria medica, in cui l'aria viene prodotta mediante miscelazione di azoto e ossigeno provenienti da serbatoi con gas allo stato liquido o da bombole di aria premiscelata ad alta pressione.
- Centrale aria compressa, in cui l'aria viene prodotta mediante elettrocompressori, deumidificata e filtrata prima di essere inviata a reparti che la utilizzano per attività non direttamente correlate ai pazienti (es. laboratori, lavanderie ecc.).
- Centrale vuoto (sistema di aspirazione), distinta in:
 - impianto generale dell'ospedale;
 - impianto di evacuazione gas anestetici, che collega direttamente le apparecchiature del blocco operatorio alla rete di aspirazione.

Sistemi di distribuzione

Le dimensioni delle tubazioni di distribuzione devono essere stabilite tenendo conto della compatibilità dei gas con i materiali utilizzati e della velocità dei gas al loro interno, per prevenire fenomeni di autoaccensione provocati da attriti con eventuali polveri presenti.

Inoltre, anche l'impianto di distribuzione di gas liquidi utilizzati per alimentare laboratori e cucine (es. metano, GPL) deve essere considerato nella fase di progettazione delle aree di stoccaggio e delle reti di distribuzione, nonostante non sia strettamente correlato ai gas medicali.

Prese

Devono rispettare specifiche caratteristiche indicate dalla norma UNI 9507 per consentire il collegamento con le apparecchiature mediche.

Manutenzione di strutture e impianti

Un ospedale, nella sua complessità strutturale, richiede una manutenzione continua, con interventi orientati alla struttura edilizia, agli impianti tecnologici e alle apparecchiature diagnostiche e terapeutiche.

Per manutenzione si intende “quella funzione aziendale cui sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento”: essa si configura come un lavoro programmabile e continuo, che prevede adeguata formazione del personale e che riveste un ruolo fondamentale per il buon andamento, anche economico, dell'ospedale.

Tra le azioni messe in atto durante la manutenzione vi sono interventi correttivi o preventivi su macchinari e impianti, riconoscimento dei casi per i quali può essere necessario attivare consulenze esterne, revisioni

periodiche, collaborazione con le altre funzioni aziendali nella gestione e utilizzo di macchinari e impianti, gestione delle scorte di materiale da tenere a magazzino, mantenimento di una memoria storica di tutti gli interventi effettuati.

Il responsabile del servizio di manutenzione assume pertanto i connotati del manager, che rappresenta l'anello di congiungimento tra il personale operativo e il complesso aziendale e si trova a determinare le politiche di manutenzione più appropriate e a dimensionare risorse umane e tecniche dedicate.

La manutenzione in un ospedale deve tener conto del particolare contesto in cui si esercita, dove l'attività prioritaria è la salvaguardia della salute delle persone, pertanto deve essere organizzata tenendo in considerazione le attività sanitarie e la presenza dei pazienti.

Il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), in relazione all'attività manutentiva, tiene conto dei rischi di sistema verso i pazienti nelle diverse condizioni e prevede la redazione di un *Maintenance Master Plan* (MMP), documento aziendale dove vengono riportate in modo chiaro ed univoco tutte le attività manutentive con la quantificazione e tipologia degli impianti, i loro manuali d'uso e i piani di manutenzione, l'attribuzione delle responsabilità, le procedure, la classificazione degli interventi, la pianificazione delle attività.

Nel corso del tempo si è assistito a una evoluzione del concetto di manutenzione.

La prima idea di manutenzione è quella correttiva: essa viene eseguita alla comparsa di un guasto ed ha come scopo quello di riportare un'entità a uno stato funzionante; questo approccio, che da un lato presenta il vantaggio di un costo di manutenzione nullo, ha di contro lo svantaggio di un'elevata perdita di ricavi per fermo della macchina quando si guasta, dell'imprevedibilità dell'intervento e quindi delle eventuali operazioni di deviazione del flusso produttivo in corso, alti costi di riparazione.

Questa strategia può essere applicata laddove esistano macchine singole ma duplicate, il cui ruolo nel processo produttivo possa essere ricoperto da un'altra unità.

Un altro approccio alla manutenzione è quello preventivo, che prevede l'esecuzione di controlli a intervalli predeterminati e ha come scopo la riduzione delle probabilità di guasto: esso prevede la sostituzione programmata di un determinato componente della macchina o dell'impianto, ancora perfettamente funzionante, con uno nuovo, in modo da prevenirne la rottura. A sua volta l'approccio preventivo può essere programmatico statico, quando la i criteri di intervento sono prestabiliti per tutta la vita della macchina, programmatico dinamico, quando gli interventi sono determinati in base alla storia della macchina stessa, su condizione, con valutazione periodica dello stato delle componenti che potrebbero essere all'origine del guasto ed eventuale sostituzione.

Si distingue, infine, la manutenzione predittiva, che si pone come obiettivo riconoscere la presenza di una anomalia in stato di avanzamento attraverso la scoperta e l'interpretazione di segnali deboli premonitori del guasto finale; essa, pertanto, si propone di minimizzare il numero di ispezioni e di revisioni che potrebbero, a loro volta, dare origine a guasti o deterioramenti.

La funzione di manutenzione è svolta generalmente da un Servizio di Ingegneria clinica, che può essere costituito da personale interno alla struttura sanitaria, può derivare dall'appalto del servizio ad una società esterna, oppure può vedere la coesistenza delle due forme.

Cantieri in ospedale

Le strutture sanitarie per adeguarsi all'evoluzione scientifica assistenziale e tecnologica sono continuamente in fase di costruzione e ristrutturazione.

Il cantiere, in ambito di strutture assistenziali sanitarie, è un'area di lavoro temporanea nella quale si svolge la costruzione di un'opera di ingegneria civile o di un fabbricato edile. Esso può essere fisso (costruzione e/o ristrutturazione di un edificio o parte di esso) o mobile (solo una parte degli ambienti assistenziali sono oggetto di cantiere, mentre altra parte presenta continuità nell'attività assistenziale quando questa non sia trasferibile o arrestabile).

I lavori edili possono comprendere:

- opere di manutenzione, riparazione e demolizione;
- opere di conservazione, risanamento e ristrutturazione;
- scavi;
- montaggio e smontaggio di elementi prefabbricati;
- realizzazione di nuovi edifici e/o delle opere civili per le nuove infrastrutture, ecc.

Durante le fasi di cantiere in ospedale, particelle di polvere e sporco che trasportano batteri e miceti sono sollevate e disperse e costituiscono un rischio per la salute di pazienti, personale, visitatori e degli stessi operai.

La programmazione nella pianificazione multidisciplinare dei progetti di costruzione e ristrutturazione delle strutture sanitarie deve integrare la prevenzione e il controllo delle infezioni, considerando il rischio sia per i pazienti sia per il personale sanitario, gli amministrativi ed i visitatori, quanto per gli stessi operai in opere di demolizione e costruzione, riducendo, inoltre, al minimo il carico di allergeni ed altri rischi sul luogo di lavoro.

La presenza di cantieri in ospedale può associarsi a episodi di infezioni nosocomiali legate alla costruzione causate da differenti microrganismi (schizomiceti, virus, miceti, ecc.) sebbene siano ricondotte anche alla presenza di cantieri in ospedale alcune epidemie dovute al genere *Aspergillus* spp. e *Legionella* spp.: tali infezioni associate a cantiere possono essere causa di grave malattia e mortalità, specie per i pazienti fragili e immunocompromessi.

La maggior parte delle infezioni correlabili a cantieri sono dovute ai sistemi di ventilazione non adeguati per l'inizio del cantiere, alla mancata sigillatura delle zone di probabile diffusione di polveri dalla zona di cantiere verso le degenze e al termine delle attività in caso non vengano messe in atto adeguate misure di sanificazione e contenimento dei residui del cantiere.

La presenza di un team multidisciplinare, costituito da professionisti sanitari e non, referenti di diversi servizi e funzioni, deve seguire i cantieri sin dalla fase di pianificazione del progetto e, successivamente, durante le attività di installazione e funzionamento, fino allo smantellamento.

I cantieri sono classificabili in base al tipo di attività di costruzione/ristrutturazione svolta:

- **Tipo A1:** ispezioni e attività di cantiere non invasive, che potrebbero creare polvere minima (es: verniciatura).
- **Tipo A2:** minori lavori interni e attività di cantiere non invasive, che potrebbero creare polvere minima ma che può essere contenuta e asportata con l'utilizzo di barriere antipolvere e una aspirazione con filtri HEPA (es: attività che richiedono l'accesso a spazi di conduttura o intercapedini).
- **Tipo B:** attività di cantiere su piccola scala e di breve durata che creano polvere minima o moderata (es: levigatura di pareti o manutenzione impianti idraulici medi).
- **Tipo C:** attività di cantiere su media scala che creano un livello medio o alto di polvere o che richiedano la demolizione o la rimozione di qualsiasi componente o assemblaggio di elementi fissi; sono incluse in questa categoria anche attività di cantiere esterne minori le cui polveri non siano contenibili (es: scavi di pozzi di prova e fondazioni minori, ecc.).
- **Tipo D:** attività di cantiere per grandi progetti di demolizione, costruzione e ristrutturazione, oppure attività di cantiere per costruzioni esterne che generano grandi quantità di polvere (es. scavo del terreno principale, demolizione di edifici, ecc.).

L'utilizzo di una matrice che incrocia attività di costruzione e gruppo di rischio degli individui considerati, consente di definire un punteggio e le relative misure preventive delle infezioni da attuare.

Si distinguono misure preventive di costruzione e ventilazione, volte alla riduzione della polvere dalle aree di costruzione e alla protezione fisica dei pazienti a rischio e misure di controllo delle infezioni, che si propongono l'informazione ed educazione dei soggetti coinvolti dal cantiere, il contingentamento degli accessi al cantiere, con limitazione ai soli soggetti autorizzati e l'impiego di procedure di pulizia finalizzate a ridurre la polvere nelle aree critiche, con bonifica e sanificazione straordinarie degli ambienti al termine dei lavori. Infine, è possibile valutare il ricorso alla chemioprolassi nei pazienti a rischio, secondo linee guida, procedure e policy aziendali.

Effetti del CoViD-19 sul design ospedaliero

La pandemia CoViD-19 ha messo in evidenza l'inadeguatezza strutturale, organizzativa e tecnologica delle strutture sanitarie nell'affrontare rapidi cambiamenti epidemiologici, sociali ed economici.

La pandemia, in particolare, ha sottolineato l'importanza del concetto di flessibilità, già evidenziato nel paragrafo precedente: in piena emergenza pandemica, tutti gli ospedali si sono trovati a corto di spazi e risorse per curare i pazienti affetti da CoViD-19 con sintomi gravi e, allo stesso tempo, dovevano occuparsi dei pazienti con sintomi lievi o totalmente asintomatici, che però rappresentavano una possibile fonte di contagio per gli operatori sanitari e gli altri pazienti.

Per far fronte al primo aspetto, sono state adottate due strategie: da un lato la costruzione in tempi record di strutture temporanee con materiali prefabbricati, dall'altro la riconversione di strutture non sanitarie quali centri commerciali, palestre, scuole e hotel.

Si è assistito alla creazione di aree cuscinetto tra i reparti, alla divisione tra aree contaminate e non conta-

minate, alla trasformazione delle sale operatorie in spazi per le cure acute, alla predisposizione di spazi dedicati per l'indossamento e la rimozione dei dispositivi di protezione individuale e di ambienti core e shell vuoti a disposizione (i cosiddetti spazi "polmone") e, infine, alla riconversione di aree inutilizzate, palestre, parcheggi o centri congressi.

È tuttavia necessario evidenziare come tali spazi, spesso, non disponessero di impianti, servizi e collegamenti adeguati con il resto dell'ospedale.

Da qui l'importanza di una maggiore flessibilità dei futuri progetti ospedalieri, al fine di gestire pandemie e altre situazioni emergenziali che causino picchi temporanei di afflusso.

A questo proposito, e a riassunto del capitolo, si riporta un decalogo concepito da Capolongo et al. inerente alle strategie da adottare nella fase di design e in quella operativa delle strutture ospedaliere in costruzione o in ristrutturazione:

- Definizione strategica della posizione dell'ospedale al di fuori dei centri abitati, al fine di evitare il diffondersi di malattie infettive e di garantire l'espansibilità delle strutture.
- Configurazione della struttura ospedaliera in modo tale da garantire il contenimento infettivo, possibilmente con un corpo centrale connesso a padiglioni di supporto con aree funzionali separate dal resto da quelle del resto dell'ospedale.
- Flessibilità e rapida convertibilità degli spazi, per esempio attraverso il ricorso a pannelli di PVC e a pavimenti provvisori di vinile che possano da un lato essere sanificati facilmente e, dall'altro, garantire la creazione di una adeguata compartimentazione dello spazio.
- Definizione di un programma funzionale, che preveda accessi separati per pazienti e operatori sanitari, collocazione dei dipartimenti di emergenza e di malattie infettive in modo tale da garantire connessioni rapide e orizzontali, massimizzazione del numero di stanze singole che possano essere convertite in doppie in caso di iperafflusso di pazienti.
- Creazione di locali dedicati per il riposo degli operatori sanitari e di spazi in cui gli operatori sanitari e gli utenti possano recuperare benessere fisico e psicologico (es: aree verdi).
- Rafforzamento della rete ospedale-territorio, al fine di favorire l'accesso alle cure per la popolazione, diminuendo il sovraffollamento dei dipartimenti di emergenza e minimizzando la contaminazione crociata in ospedale tra gli utenti e il personale sanitario.
- Definizione di strategie di design atte a rispondere a possibili emergenze e a garantire la sicurezza del paziente.
- Introduzione di sistemi per il riscaldamento, la ventilazione e il condizionamento dell'aria (HVAC) flessibili e con un funzionamento modificabile in termini di aria utilizzata e di pressione.
- Impiego di materiali ad alte prestazioni, di lunga durata e facili da sanificare per ridurre la carica microbica sulle superfici di finitura e il mobilio, tra cui anche quelli ecoattivi e le vernici fotocatalitiche.
- Utilizzo delle nuove tecnologie digitali sia per le attività ordinarie sia in situazioni di emergenza, garantendo una migliore gestione dei flussi dei pazienti e delle risorse e riducendo il contatto tra operatori sanitari e pazienti infetti.

Bibliografia

Catananti C, Cambieri A. *Igiene e tecnica ospedaliera*. Roma: Il Pensiero Scientifico; 1990.

Ferrante MNV. *La sanità ospedaliera. Manuale teorico operativo*. Napoli: Idelson-Gnocchi; 2021.

SinghVK, Lillrank P (a cura di). *Planning and Designing Healthcare Facilities A Lean, Innovative, and Evidence-Based Approach*. Boca Raton (FL, US): Productivity Press, Routledge; 2017.

Mastrilli F. *Il governo tecnico dell'ospedale. Manuale di sopravvivenza per la direzione ospedaliera*. Roma: Panorama della Sanità; 2011.

Hospitals of the future: a technical brief on re-thinking the architecture of hospitals. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Libero Accesso

Questo capitolo è concesso in licenza d'uso gratuita, consentendone l'utilizzo, la condivisione, l'adattamento, purché si dia credito adeguato all'autore originale e alla fonte.

Le immagini o altro materiale di terze parti in questo capitolo sono e restano di proprietà della casa editrice, salvo diversamente indicato.

L'uso del capitolo è quindi consentito all'interno delle norme di legge a tutela del detentore del copyright.

La Edizioni Idelson Gnocchi 1908 si riserva comunque anche di mettere a stampa l'intera opera, offrendola al mercato a titolo oneroso, secondo i consueti canali di vendita sul territorio.