

Capitolo 3

LA STRUTTURA DEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE

La costituzione dell'organismo edilizio e il ruolo della geometria nella sua rappresentazione

La costituzione dell'organismo edilizio e la sua progettazione sono intimamente connessi, perché progettare, cioè prefigurare il prodotto che si vuole realizzare, implica il conoscerne la costituzione unitamente ad una metodologia di progettazione.

La "costruzione del progetto" si opera attraverso la *rappresentazione* del prodotto futuro, che è anche l'entità che consente di effettuare preventivamente alla realizzazione le necessarie verifiche e i controlli che garantiscono la qualità del prodotto realizzato.

In tal senso *progettare* è sinonimo di *rappresentare, simulare, verificare, controllare*, attraverso un *modello*.

Per poter operare la costruzione di un modello bisogna scegliere opportunamente il tipo di rappresentazione, poiché questa è funzionale agli aspetti dell'organismo edilizio che si vogliono prendere in considerazione e alle operazioni che su di essi si intendono effettuare.

A tal fine va analizzato la natura *dell'organismo edilizio* per comprenderne la peculiarità e individuarne gli elementi che consentano di elaborare la rappresentazione ricercata.

Nel tener conto che sul concetto di organismo edilizio si stratificano migliaia di anni di elaborazioni (sia di pensiero che di azioni), bisogna, considerare la complessità di quest'oggetto che, in senso letterale, possiamo definire *ambiguo*, cioè comprensivo di due aspetti sempre e comunque compresenti e in assenza di uno dei quali esso non può esistere: la *spazialità* e la *fisicità*.

L'organismo edilizio è un insieme *strutturato di spazi* tra loro legati da relazioni di prossimità, di distanza, di adiacenza, di continuità,

immediatamente percepito dall'uomo, che ne è immerso, non soltanto con il ragionamento, ma con tutti i sensi.

Questo spazio, o insieme di spazi (a parte il caso in cui lo si trovi già definito in natura, come nel caso di una caverna), è un prodotto del secondo ordine, nel senso che è realizzato dall'uomo attraverso la manipolazione degli elementi fisici che lo determinano.

Ciò che rende assolutamente diverso l'organismo edilizio dagli altri oggetti è l'obiettivo del progettista e dell'esecutore, di definire un sistema strutturato di spazi interni ed esterni, raggiunto attraverso la definizione e la manipolazione di oggetti fisici, che a loro volta costituiscono un insieme strutturato.

Dire che anche gli elementi fisici sono un *insieme strutturato* significa che questi hanno caratteristiche morfologiche, tecniche e di relazione tali da rispondere alla struttura degli spazi, interessando tutti i sensi dell'uomo.

Innanzitutto la *vista*: uno spazio è definito in termini di immagine attraverso la visione.

Nella progettazione, nella realizzazione, nella percezione, nella fruizione di uno spazio, la vista è il sistema sensoriale più direttamente chiamato in causa.

Peraltro il primo dei cinque sensi che si cerca di soddisfare nella esigenza primordiale di costruire un edificio, è quello che in senso lato chiamiamo del *tatto*, del caldo e freddo, del ripararsi dagli agenti atmosferici, di non bagnarsi, di avere condizioni ambientali soddisfacenti.

Ancora, *l'udito*: lo spazio dentro cui si vive, ha una influenza determinante sulla percezione uditiva: pensate di ascoltare un concerto di organo in una chiesa barocca o di ascoltarlo in una stanza di una abitazione.

Infine *l'olfatto* e il *gusto*: ad esempio entrando in uno spazio dove c'è forte umidità, addirittura la muffa, se ne avverte non solo l'odore ma anche il sapore.

Il modo in cui questo complesso di sensazioni positive o negative, volute o non volute, sono trasmissibili dallo spazio all'uomo deriva dalle specifiche capacità degli elementi costitutivi di questo spazio, cioè degli elementi fisici. Pertanto il carattere di un organismo edilizio risiede non soltanto nell'immagine dello spazio, inteso come effetto estetico, ma anche nell'interazione di tutti questi aspetti riassunta complessivamente nel termine di *comfort*, inteso come capacità dello spazio di attivare un insieme di sensazioni positive nell'essere umano.

Premettendo che ogni definizione è sempre parziale e legata solo agli aspetti che si considerano, della costituzione dell'organismo edilizio possiamo

proporre la seguente: un organismo edilizio è un insieme strutturato di spazi con determinate caratteristiche, posti in essere da un insieme strutturato di elementi fisici (elementi costruttivi).

C'è quindi una perfetta corrispondenza tra questi due *insiemi strutturati*: essi sono due sottosistemi dell'unico sistema complessivo costituito dall'organismo edilizio, tra loro strettamente e intimamente interrelati come due pagine dello stesso foglio.

I sottosistemi degli elementi fisici e degli spazi interagiscono tra loro in modo tale che l'uno possa contribuire a realizzare l'altro nei modi e nelle forme volute.

Per procedere nell'esame della struttura del processo di progettazione e dell'oggetto da realizzare è necessario individuare l'entità che ci consente di poter esprimere in forma congiunta ed unitaria la *dualità* costituita dai due sottosistemi.

Questa dualità tra spazi e materiali, ovvero tra *sistema ambientale* (in quanto gli spazi coinvolgono sia la sfera dell'immagine sia la sfera sensoriale in genere), e *sistema tecnologico* (in quanto i materiali diventano elementi costruttivi attraverso adeguate tecnologie) è *rappresentabile* attraverso la *geometria*, che come possiede a tal fine grandi potenzialità.

La *geometria* consente di rappresentare la *dualità del rapporto tra spazi ed elementi costruttivi* costituenti l'organismo edilizio, che risulta fondamentale nel processo di progettazione - realizzazione.

Ricordiamo che la geometria, nell'accezione classica di geometria euclidea, era conosciuta in tempi antichissimi, da popoli come gli egiziani: nei disegni sui papiri, ma anche nelle pitture murali, gli egiziani antichi mostrano formidabili capacità di rappresentazione della sfera della vita quotidiana e della sfera soprannaturale.

Espongono anche rappresentazioni di oggetti edilizi addirittura in forma simile a proiezioni ortogonali, mostrando che la conoscenza e la perfetta padronanza di una geometria, perfettamente aderente al loro modo di esprimersi e di operare; in base ad essa hanno costruito le piramidi e i templi, opere di architettura assolutamente uniche nel loro ambito.

Ciò mostra che la tecnica e la capacità di rappresentarla costituiscono un binomio antichissimo risalente ad almeno 4000-5000 anni fa.

La complementarietà tra gli elementi fisici e gli spazi è dunque espressa dalla geometria: la descrizione geometrica dell'organismo edilizio rappresenta, in rapporto alle varie scale di approfondimento, sia

l'articolazione dei vari spazi sia la collocazione e la conformazione del sistema degli elementi costruttivi.

Per comprendere come la geometria rappresenti in primo luogo la collocazione e la conformazione dei due sub-sistemi dell'organismo edilizio esaminiamo nella **figura 3.1.** la pianta della basilica di Superga, quindi uno spazio barocco, molto ricco.

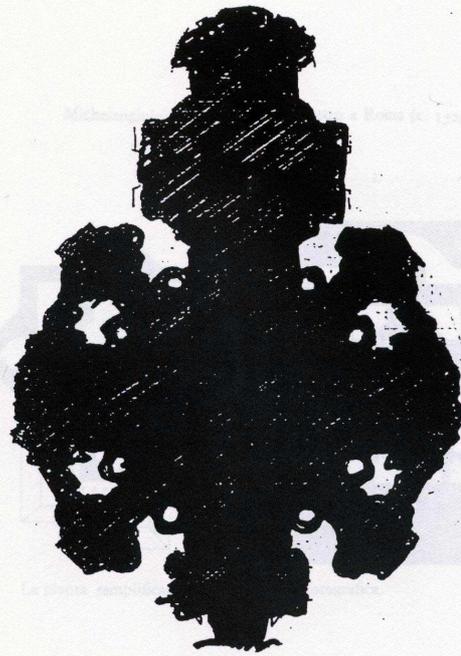
Dall'esame del disegno si rivela che le medesime linee individuano sia il vuoto, cioè lo spazio, sia il pieno, cioè l'elemento fisico.

Nelle **figure 3.2.** si vede in negativo la traccia sulla pianta del sistema dei componenti ed in positivo lo spazio esterno e lo spazio interno.

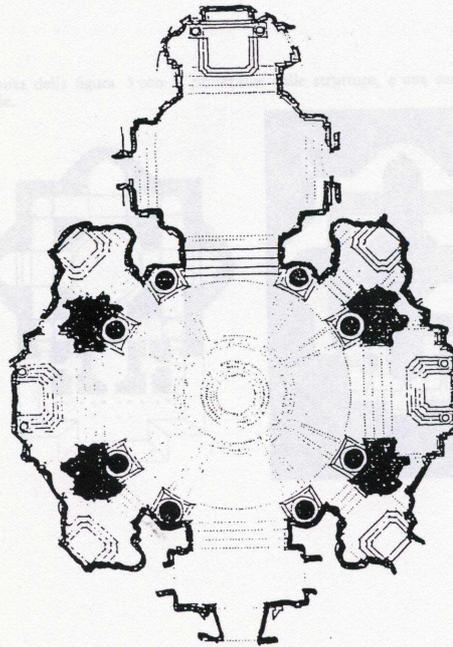
Interessa mettere in evidenza che la geometria, nel senso più ampio del termine, consente di produrre anche rappresentazioni schematiche, ma assai efficaci, come lo *schizzo* (vedi **figura 3.3.**), che può rappresentare con immediatezza il connubio tra spazio e sistema costruttivo.

Lo *schizzo*, così come il *plastico*, è una forma di rappresentazione geometrica descrittiva in grado di esaltare gli aspetti che interessa mettere in evidenza nella formulazione considerata (preliminare, avanzata o finale).

Può essere significativa ed utile anche una *rappresentazione geometrica astratta*, in cui si individuano i tracciati regolatori che sono alla base della definizione dello spazio (vedi **figura 3.4.**).



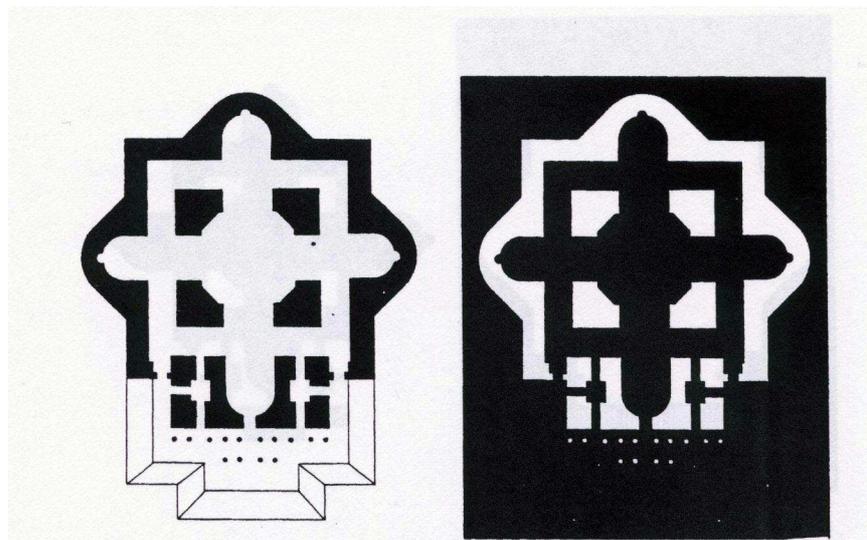
Superga: pianta della chiesa.



Superga: pianta della chiesa.

FIGURA 3.1

**MICHELANGELO: Progetto di San Pietro a Roma (c.1520).
Pianta**



Pianta semplificata e la sua negativa fotografica.

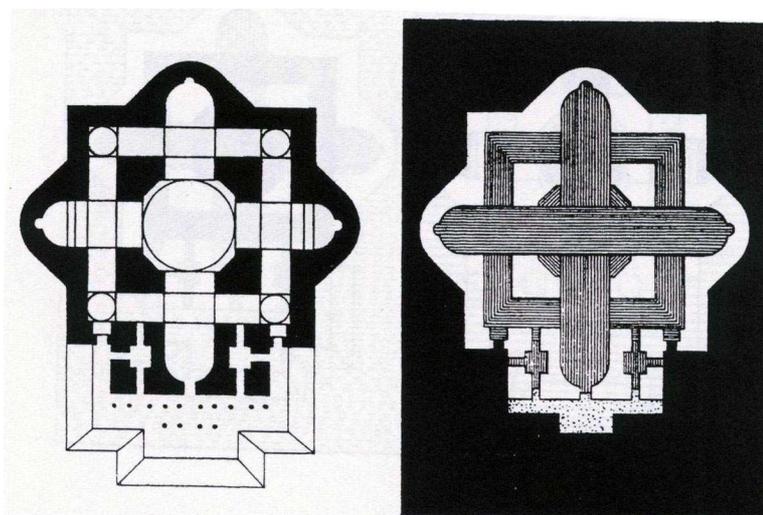


FIGURA 3.2

RAPPRESENTAZIONE DELLA GEOMETRIA
SCHIZZO-CONCEZIONE

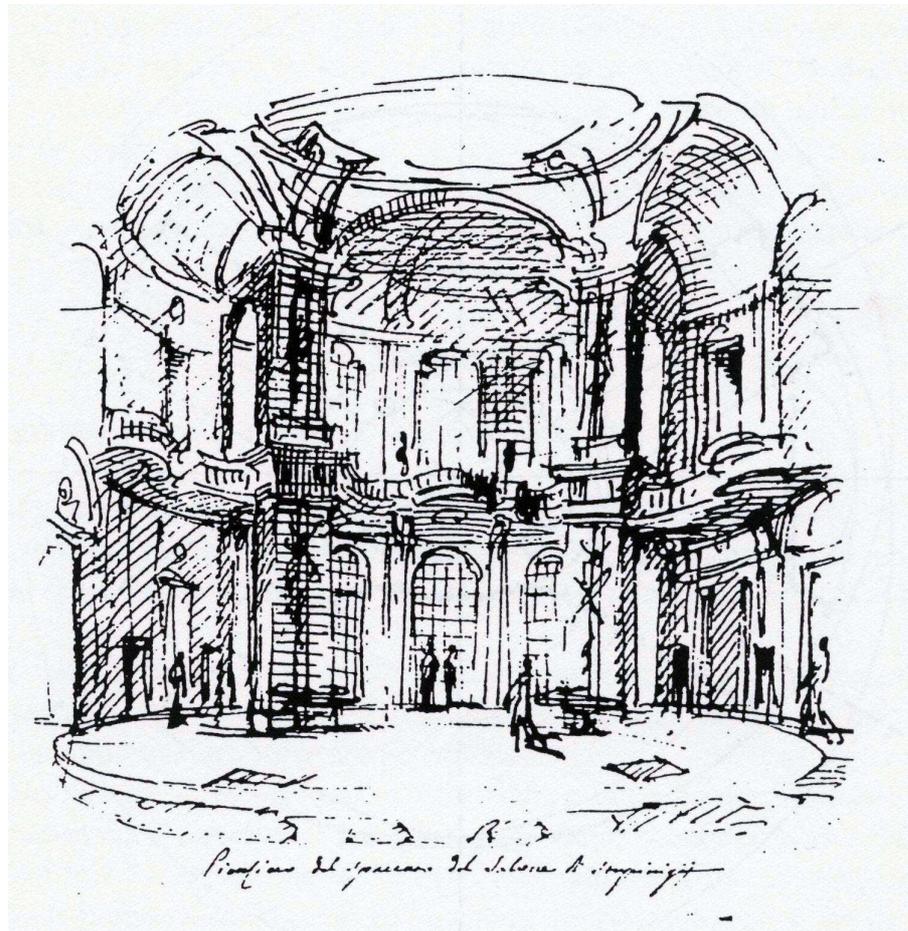
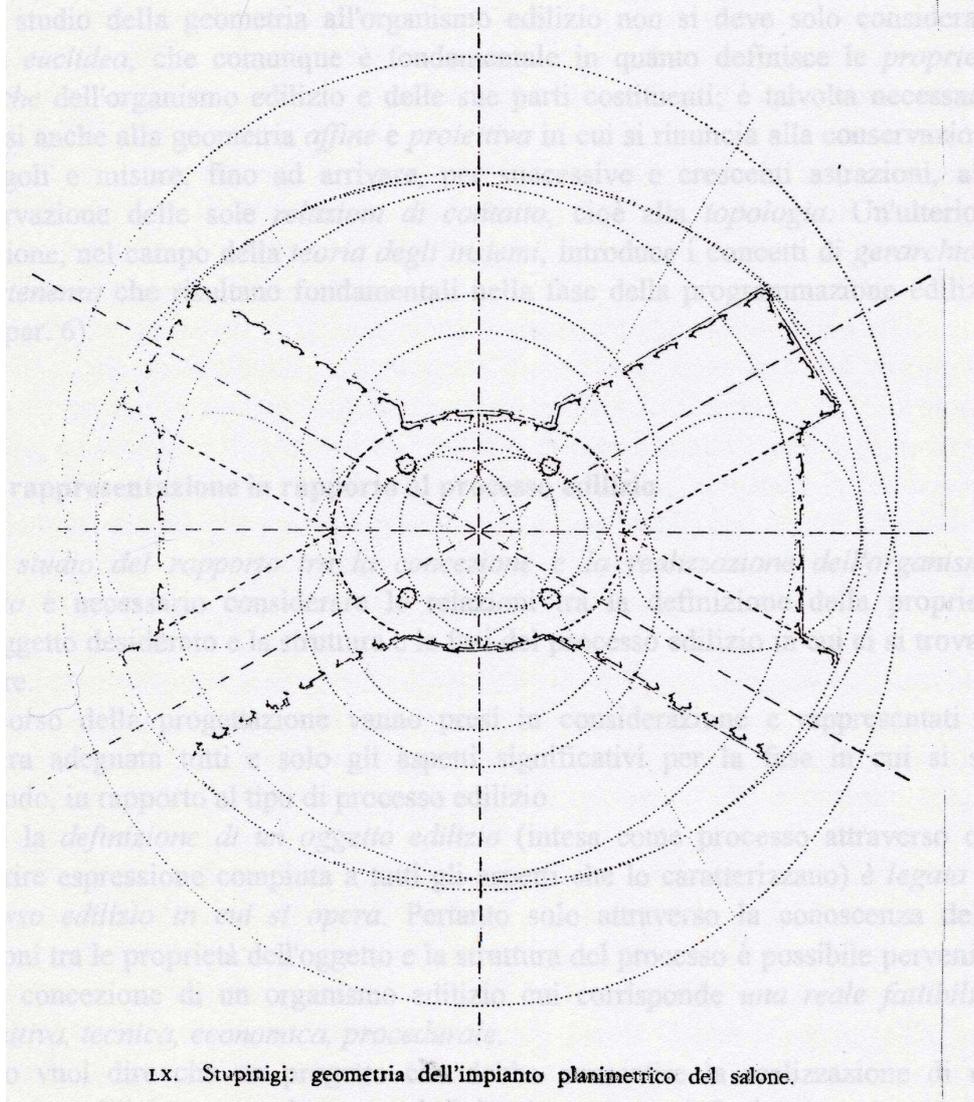


FIGURA 3.3

RAPPRESENTAZIONI GEOMETRICHE
TRACCIATI REGOLATORI



LX. Stupinigi: geometria dell'impianto planimetrico del salone.

FIGURA 3.4

La fotografia è anche essa uno strumento importante per la rappresentazione geometrica dell'esistente.

Per quanto sopra si ribadisce l'importanza dello studio della geometria nella progettazione come *elemento di relazione diretta fra il sistema degli spazi e il sistema degli elementi costruttivi*.

Nel corso della progettazione ogni elemento geometrico contemporaneamente acquisisce un significato di *positivo* o di *negativo*, e la mente umana nel corso del processo di progettazione compie una continua transizione interpretativa della geometria da rappresentazione dello spazio a quella del costruito.

La perdita di questa continua correlazione impedisce di comprendere il progetto come entità complessiva.

Nello studio della geometria all'organismo edilizio non si deve solo considerare quella *euclidea*, che comunque è fondamentale in quanto definisce le *proprietà metriche* dell'organismo edilizio e delle sue parti costituenti; è talvolta necessario riferirsi anche alla geometria *affine* e *proiettiva* in cui si rinuncia alla conservazione di angoli e misure, fino ad arrivare, per successive e crescenti astrazioni, alla conservazione delle sole *relazioni di contatto*, cioè alla *topologia*.

Un'ulteriore astrazione, nel campo della *teoria degli insiemi*, introduce i concetti di *gerarchia* e *appartenenza* che risultano fondamentali nella fase della programmazione edilizia.

La rappresentazione in rapporto al processo edilizio

Nello studio del rapporto tra la concezione e la realizzazione dell'organismo edilizio è necessario considerare le relazioni tra la definizione della proprietà dell'oggetto desiderato e la struttura e le fasi del processo edilizio in cui ci si trova a operare.

Nel corso della progettazione vanno presi in considerazione e rappresentati in maniera adeguata tutti e solo gli aspetti significativi per la fase in cui si sta operando, in rapporto al tipo di processo edilizio.

Infatti la *definizione di un oggetto edilizio* (intesa come processo attraverso cui conferire espressione compiuta a tutti gli aspetti che lo caratterizzano) è *legata al processo edilizio in cui si opera*. Pertanto solo attraverso la conoscenza delle relazioni tra le proprietà dell'oggetto e la struttura del processo è possibile pervenire a una concezione di un organismo edilizio cui corrisponde *una reale fattibilità costruttiva, tecnica, economica, procedurale*.

Questo vuol dire che un progetto che debba consentire la realizzazione di un organismo edilizio non può essere definito in astratto: infatti, come è noto, il processo edilizio non dipende solo dal progettista (o dal gruppo di progettisti), ma da una molteplicità di operatori, e le modalità di realizzazione dell'oggetto edilizio dipendono dalle relazioni che si instaurano tra questi.

Pertanto le caratteristiche finali dell'oggetto possono differire anche notevolmente da quelle di progetto, se nell'elaborazione di questo non si tiene adeguato conto delle caratteristiche dello specifico processo edilizio entro cui si opera.

Quanto più il processo edilizio assume connotazioni di processo industrializzato, cioè si avvale di procedimenti di industrializzazione

edilizia, tanto più si riducono i margini di variabilità e di deroga in fase esecutiva rispetto al piano di realizzazione.

Viceversa quanto più il processo assume connotazione di processo artigianale tanto più nel corso della realizzazione aumentano i margini possibili di variabilità e di deroga rispetto al progetto.

Più in generale, quanto più i momenti decisionali si spostano e si concentrano nelle fasi iniziali della progettazione, tanto più crescono e si complessificano le operazioni eseguite sulle rappresentazioni rispetto alle operazioni eseguite direttamente sugli oggetti.

Nell'edilizia industrializzata il progetto dev'essere interamente definito a monte con decisioni che non ammettono deroghe; pertanto il *piano di esecuzione* deve essere previsto nel dettaglio nell'ambito del progetto in modo che siano risolti in quella sede tutti i problemi dell'esecuzione.

Nel corso del processo di progettazione le decisioni che si assumono all'inizio, in fase di studio di fattibilità o di progetto preliminare, sono le meno modificabili successivamente: sbagliare l'ubicazione di un edificio è assolutamente irrimediabile, mentre, ad esempio, sbagliare il tipo edilizio in rapporto alle scelte organizzative e funzionali è un fatto rimediabile con estrema difficoltà; sbagliare le fondazioni è gravissimo, che talvolta peraltro, a determinate condizioni, può essere rimediabile e valutabile in termini economici; sbagliare l'impermeabilizzazione di un tetto comporta oneri economici, ma è sicuramente rimediabile.

Una rappresentazione dell'oggetto edilizio è un *modello* che mette in evidenza tutti e solo gli aspetti di interesse, che variano in funzione del tipo e della fase del processo edilizio, nonché degli operatori ai quali la rappresentazione si rivolge: la scelta del tipo di rappresentazione condiziona pertanto le operazioni che si possono eseguire sull'oggetto.

Per esempio, in un progetto definitivo, per il rilascio della concessione ad edificare, si devono predisporre gli elaborati conformi a quanto richiesto dal Comune a cui si deve presentare l'istanza.

Nella stessa fase di processo gli elaborati di progetto da sottoporre a un'impresa, perché ne valuti la realizzabilità preliminarmente allo sviluppo esecutivo, saranno diversi da quelli per il Comune perché all'impresa interessa in particolare avere indicazioni sui materiali, sulle quantità e sul procedimento costruttivo.

Gli elaborati di progetto saranno quindi sviluppati in modo tale da mettere in evidenza gli aspetti che interessano in quel particolare momento al destinatario degli elaborati stessi.

Altro esempio: nel caso in cui un progetto venga presentato in una mostra o pubblicato su una rivista, l'interlocutore sarà totalmente diverso dall'interlocutore tecnico coinvolto nel processo costruttivo.

In questi casi, in genere, non esista un elaborato idoneo già predisposto e si dovranno rifare i disegni apposta per questo nuovo scopo.

Più in generale, nel definire la concezione dell'organismo edilizio in rapporto alla fattibilità realizzativa, tenendo conto della struttura e della fase di processo in cui si sta operando, va scelta la rappresentazione degli aspetti considerati che sia la più efficiente in rapporto agli operatori ai quali è destinata.

Individuare la struttura di processo edilizio e scegliere la rappresentazione adatta a questo e agli operatori coinvolti non è un'operazione né deterministica né statica, bensì il risultato dinamico (e quindi variabile nel tempo) di complessi cicli di iterazione ed interazione, tipici del processo di progettazione.

Il progetto come modello della realtà

Ogni operazione di natura progettuale implica un rapporto con una realtà, della quale va effettuata una *rappresentazione*.

Rappresentare la realtà vuol dire prenderne in considerazione soltanto alcuni aspetti: infatti anche nella rappresentazione più analitica si hanno sempre ulteriori possibili margini di approssimazione.

Nell'elaborare il modello si tende ad ignorare tutto quello che al momento non interessa per concentrarsi solo sugli aspetti ritenuti in quel momento significativi.

Ogni rappresentazione costituisce pertanto un *modello* dei soli aspetti significativi.

Questo è modificabile attraverso un processo estremamente complesso (progetto) ciclico, iterativo, costituito da una molteplicità di fasi, di ritorni, di interazioni, di riferimenti in cui si riportano, di volta in volta, sempre nuovi elementi della realtà, che contribuiscono via via a complessificarlo.

Il passaggio dal progetto (modello) alla realtà avviene attraverso un *piano preordinato di sequenze di operazioni e di azioni* (vedi **figura 3.5**).

Il processo attuativo spesso non si svolge in maniera diretta, potendo iniziare prima della conclusione dello stesso progetto.

Ne è esempio il caso in cui il progetto possa avere una realizzazione per fasi; quindi in presenza di un progetto generale, l'esecuzione inizia prima che il modello complessivo sia completamente finito.

Talvolta addirittura questo modello, nel corso della realizzazione, può in parte essere modificato e aggiornato (specialmente in un processo di tipo artigianale).

**SCHEMA CONCETTUALE DEL PROCESSO
DI RAPPRESENTAZIONE DEL PROGETTO**

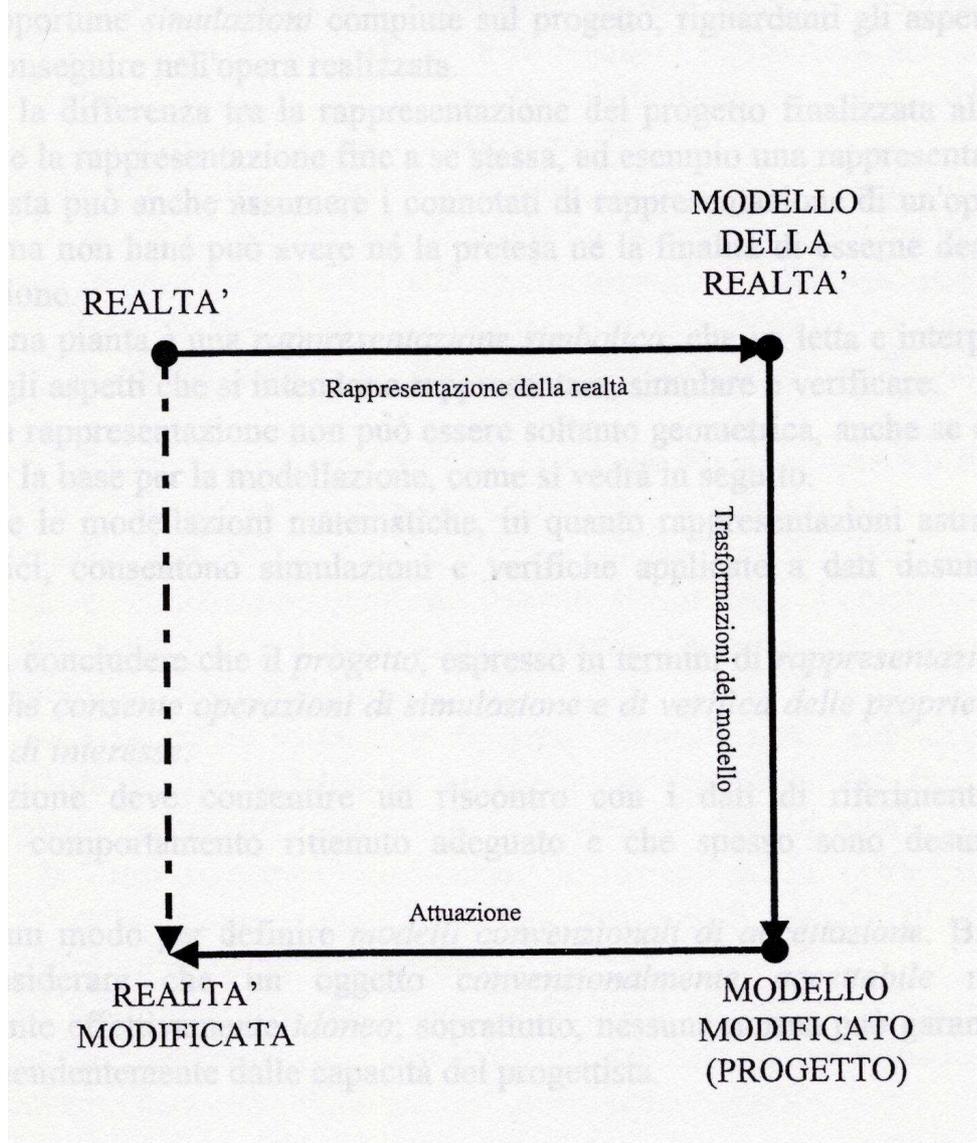


FIGURA 3.5

Il modello va rappresentato nelle forme più opportune: disegno, descrizione testuale, formule matematiche, modello fisico (plastico), modello animato (video), fotografie, etc.

L'insieme di rappresentazioni deve comunque consentire di dare una risposta alle aspettative, non soltanto funzionali, ma anche estetiche (con questo intendendo che uno spazio non solo debba essere adeguato alle attività per cui è destinato, ma anche soddisfare tutte le aspettative dell'utente incluse quelle attinenti alla sfera soggettiva e psichica).

Come si può utilizzare il modello per poter compiere le opportune verifiche? Attraverso opportune *simulazioni* compiute sul progetto, riguardanti gli aspetti che si vogliono conseguire nell'opera realizzata.

In questo sta la differenza tra la rappresentazione del progetto finalizzata alla sua realizzabilità e la rappresentazione fine a se stessa, ad esempio una rappresentazione pittorica, questa può anche assumere i connotati di rappresentazione di un'opera di architettura, ma non ha né può avere né la pretesa né la finalità di esserne destinata alla realizzazione.

In tal senso una pianta è una *rappresentazione simbolica*, che va letta e interpretata in rapporto agli aspetti che si intendono rappresentare, simulare e verificare.

A tal fine una rappresentazione non può essere soltanto geometrica, anche se questa ne costituisce la base per la modellazione, come si vedrà in seguito.

Analogamente le modellazioni matematiche, in quanto rappresentazioni astratte di fenomeni fisici, consentono simulazioni e verifiche applicate a dati desunti dal progetto.

Si può quindi concludere che il *progetto*, espresso in termini di *rappresentazione*, è un *modello che consente operazioni di simulazione e di verifica delle proprietà che sono oggetto di interesse*.

Ogni simulazione deve consentire un riscontro con i dati di riferimento che esprimono il comportamento ritenuto adeguato e che spesso sono desunti da normative.

La *norma* è un modo per definire *modelli convenzionali di accettazione*. Bisogna peraltro considerare che un oggetto *convenzionalmente accettabile* non è necessariamente effettivamente *idoneo*; soprattutto, nessuna norma può garantire la *qualità*, indipendentemente dalle capacità del progettista.

Rappresentazioni descrittive e rappresentazioni astratte

Nella elaborazione del modello della realtà esistente (*rilievo*) o da realizzare (progetto), le rappresentazioni si possono distinguere in due grandi classi: *rappresentazioni descrittive e rappresentazioni astratte*. Nell'ambito del processo di progettazione si usano entrambe con diversi ruoli.

Sono *descrittive* le rappresentazioni volte ad esprimere la costituzione dell'oggetto futuro (se è un oggetto da realizzare) o dell'oggetto esistente (se ci riferiamo a un rilievo per la conoscenza di un manufatto esistente). Le rappresentazioni descrittive includono quelle di tipo geometrico (basate su proiezioni ortogonali, fotografie, schizzi, prospettive o assonometrie), ma non si limitano solo a queste.

Un documento come quello nella **figura 3.6.** contiene il riferimento all'elemento di fabbrica considerato e l'identificazione degli elementi costitutivi, con la descrizione delle singole parti costituenti: è un tipico esempio della voce descrittiva di un capitolato relativo alle modalità realizzative di un'opera.

Ogni rappresentazione geometrica descrittiva è in generale *simbolica e convenzionale*.

Basti pensare al modo in cui di regola si rappresenta una porta in pianta alle varie scale di disegno per rendersi conto della natura simbolica, in quanto normata tale rappresentazione è anche convenzionale.

Come già detto la sola geometria non è sufficiente a rappresentare compiutamente un oggetto.

Un progetto relativo alla fase esecutiva per esempio, include una rappresentazione geometrica completa dell'organismo edilizio e delle sue parti unite alla descrizione delle modalità con cui le varie opere si realizzano. In assenza di questa la sola geometria non è in grado di dare indicazioni sufficienti alla realizzazione.

In primo luogo i disegni devono "parlare", nel senso che devono essere commentati con notazioni scritte (la geometria pura non sostanziata da indicazioni scritte non è sufficiente a rendere esecutivi i disegni).

Perché ciò sia possibile bisogna che a determinati tratti corrispondano riferimenti inerenti ai materiali, ai colori, e a tutti gli elementi necessari per precisare compiutamente l'oggetto che deve essere realizzato secondo la geometria indicata.

La geometria tuttavia, pur se sostanziata da questi elementi, non è sufficiente alla definizione dell'opera: essa va integrata dal *capitolato descrittivo*, che altro non è che il "progetto raccontato" sia nella complessità dell'organismo edilizio (indicandone la organizzazione funzionale, le caratteristiche architettoniche generali) sia a livello di tutte le parti costituenti, elementi di fabbrica ed elementi costruttivi, e delle loro modalità realizzative.

Una capitolato descrittivo comune a una molteplicità di edifici è denominato *capitolato descrittivo generale*, che è generalmente elaborato da una istituzione (per esempio il Ministero dei Lavori Pubblici, Inel, una Regione, ecc.).

Per procedere alla definizione complessiva di un'opera un progetto esecutivo, come è noto, comprende inoltre un *computo metrico*, che è una rappresentazione del tipo e delle quantità dei materiali e componenti, che devono essere, a loro volta, rapportate a *unità di prezzo* per dar luogo *alla stima complessiva* dell'edificio.

Per procedere alla realizzazione sono necessarie altresì rappresentazioni del *programma di realizzazione* in cui si evidenziano le sequenze temporali delle varie attività e lavorazioni.

C01 Facciata ventilata in tavole di cotto su pannello in muratura

CRITERI DI LOCALIZZAZIONE

Edificio Didattica e Ricerca:

- generalizzato (esclusi fronti con vetrocemento, fronti con facciate continue e fronti sotto portico)

Edificio Assistenza:

" pareti esterne perimetrali

DESCRIZIONE

Sistema di chiusura costituito da elementi murari di tamponatura e rivestimento in cotto ventilato.

Gli elementi di tamponatura saranno alternativamente:

- sui tratti verticali pareti in blocchi di conglomerato cellulare di spessore minimo cm 20, posti in opera con malta adesiva a base di cemento su strati di allettamento, con intelaiatura di irrigidimento realizzata mediante profili scatolari di acciaio zincato in posizione non visibile completa di dispositivi di ancoraggio alla struttura portante;
riempimento laterale e superiore con poliuretano espanso o altro idoneo sigillante gli ancoraggi ai pilastri, alle travi ed alle murature contigue, eseguiti con staffe o tondini, i necessari coprigiunto in rete di fibra di vetro, la relativa rasatura qualora il coprigiunto sia applicato su zone ove non è previsto intonaco;
- sui tratti inclinati pannelli in conglomerato cementizio armato vibrato di spessore minimo cm 10 completi di dispositivi di sollevamento e di collegamento alla struttura portante. Finitura sulle due facce atta a ricevere i rivestimenti e sigillatura dei giunti con idonei sigillanti previa spazzolatura ed imprimitura dei bordi dei giunti stessi;
- sui tratti inclinati sarà inoltre posto in opera un manto impermeabile monostrato di spessore non inferiore a mm 4

Il rivestimento in cotto ventilato è costituito da:

- isolamento a cappotto con pannelli di lana di vetro crespata ad alta densità, idrorepellente, trattata con speciale legante a base di resine termoindurenti, rivestiti su una faccia con velo di vetro incombustibile con densità minima di 30kg/mc, e spessore minimo mm 30, posati a secco mediante tasselli e ganci di fissaggio, completo di giunti di dilatazione coibentati fissati al supporto, di spessore e numero a scelta della DL;
 - il velo vetro che riveste il pannello coibente ha la funzione di freno al vapore
 - struttura di sostegno con montanti verticali e traversi in metallo collegati tra loro mediante piastrine filettate e bulloni ancorati alle pareti di chiusura a mezzo piastre di ancoraggio e/o tasselli ad espansione/pressione a seconda del tipo di supporto;
 - ulteriori piastrine di ancoraggio in alluminio complete di tasselli ad espansione a barre filettate, per il collegamento della struttura di sostegno alle murature esterne;
- " rivestimento in lastre di cotto con superficie rigata con scanalature da mm 8x8 e finitura arrotata, con bordi superiori ed inferiori opportunamente scanalati per l'alloggiamento sui traversi in alluminio; le lastre di cotto dovranno essere dimensionate in altezza ed in larghezza secondo sottomultipli degli interpiani e delle maglie strutturali, tenendo conto anche delle dimensioni e posizionamento delle aperture;

Il rivestimento sarà completato da:

- elementi terminali di ventilazione in lamiera microforata con retrostante rete antinsetti;
 - zoccolino di attacco a terra in cotto pieno, del medesimo tipo del rivestimento di facciata.
- coprigiunto coibentato ed impermeabilizzato sulle separazioni strutturali in lamierino;

In corrispondenza delle aperture:

- gli imbotti, davanzi e cielini estemi saranno realizzati mediante elementi speciali in cotto;
- ove indicato dai grafici di progetto le aperture saranno protette esternamente da brise-soleil verticali in cotto realizzati con pezzi speciali estrusi, fissati alla facciata mediante scatolari di acciaio inox non in vista;

Le tavole di cotto dovranno essere poste in opera a giunto chiuso.

I bordi inferiori e superiori delle tavole di cotto su tutta la lunghezza, dovranno essere giuntati con silicone onde evitare eventuali vibrazioni delle lastre.

Le tavelle di cotto dovranno essere trattate prima della posa con antiefflorescente water resistant per impedire la risalita dei sali e maggiore protezione dallo smog.

Il rivestimento ventilato dovrà essere rinforzato antiurto per un'altezza fino a mt. 2.00 dal piano di calpestio mediante incollaggio sulla faccia posteriore di rete in polietilene.

Le tavelle di cotto dovranno essere trattate dopo la posa con antigraffiti per un'altezza fino a mt. 2.00 dal piano di calpestio.

I montanti verticali della struttura di sostegno dovranno essere predisposti per accogliere tutti gli agganci sia a soletta che di ritenuta della lastra, senza bisogno di forare alcuna parte del profilo così da non intaccare la protezione dello stesso e garantire la massima durata.

Se i carichi di pressione o depressione del vento lo richiedono, si inseriranno punti di controventatura intermedi.

Le pareti verticali ed inclinate dovranno essere dotate di tutti gli elementi di irrigidimento necessari e sufficienti per garantire la stabilità dei pannelli murari, in relazione alla loro estensione ed alle prestazioni statiche e tecniche richieste.

Ecc

FIGURA 3.6.a

Sezione tipo su pareti in c.a. rivestite in mattoni a fv su zone calde

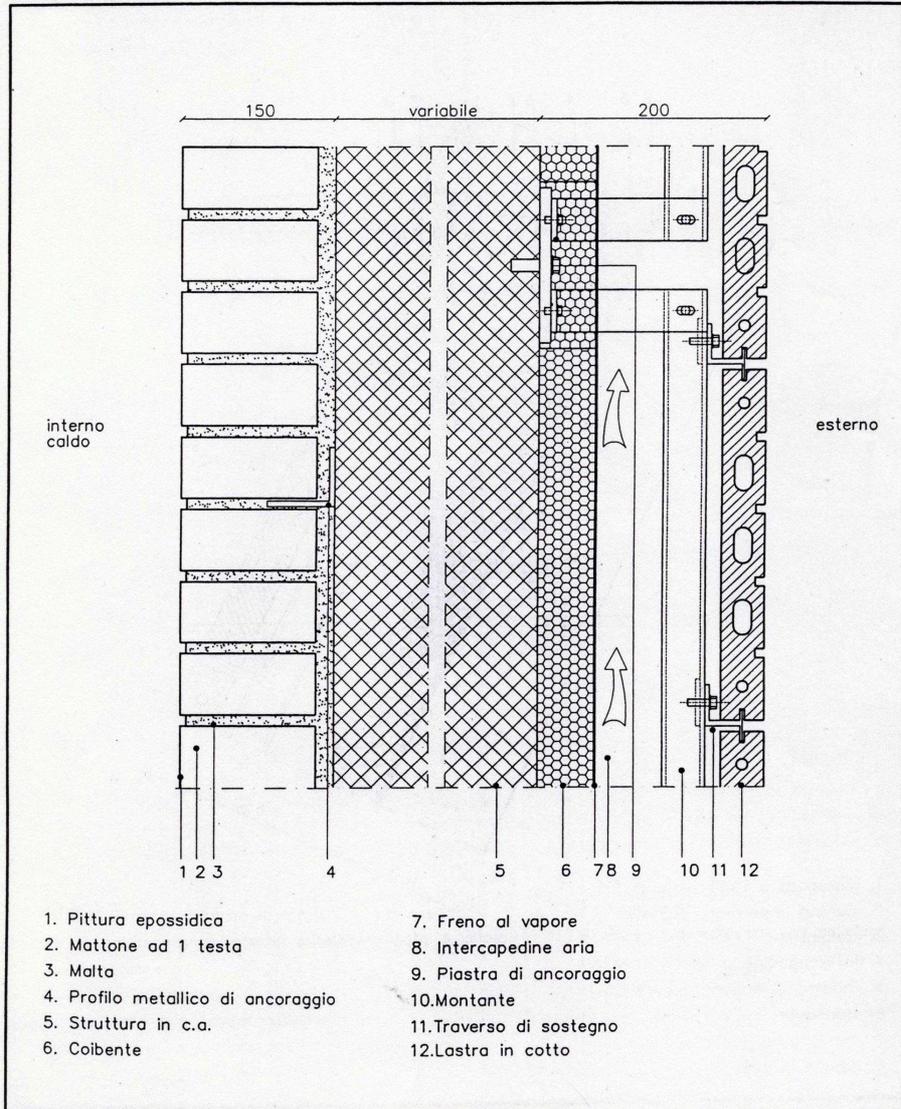


FIGURA 3.6.b

Come già accennato, nella progettazione non si fa uso solo di rappresentazioni descrittive.

Infatti scopo di un processo edilizio è definire e porre in essere un bene edilizio che soddisfi a determinate esigenze.

Questo scopo può essere perseguito in due modi: o definendo concretamente gli *oggetti edilizi* che soddisfano alle esigenze individuate (ciò richiede una descrizione compiuta, descrittiva di ogni *possibile oggetto considerabile*) oppure definendo in quale modo tali esigenze possono essere correttamente soddisfatte da una *classe di oggetti edilizi*.

Nel corso della progettazione in funzione del tipo di processo e della fase considerata, si presenta la necessità di ricorrere per alcuni aspetti alle rappresentazioni di *classi di oggetti* e, per altri, a rappresentazioni di *oggetti specifici*.

Una *rappresentazione per classi* consiste nel definire implicitamente una pluralità di organismi o di oggetti edilizi tutti *equivalenti sotto il profilo dell'aspetto considerato*.

La rappresentazione astratta di tutte le possibili soluzioni progettuali attraverso l'individuazione delle esigenze è tipica della *fase di programmazione*, in cui si devono definire gli *obiettivi* del progetto, e non l'oggetto specifico.

Essa deve fornire pertanto una rappresentazione dell'insieme di tutte le possibili soluzioni alla domanda, individuando una *classe di equivalenza*, nella quale, cioè, tutte le soluzioni possibili sono tra loro equivalenti.

Nel corso del processo di progettazione si passa attraverso momenti in cui di volta in volta si rappresentano in forma astratta *classi* di oggetti per poi individuarne in forma descrittiva gli *elementi*, cioè le soluzioni.

Questi "elementi" a loro volta verranno sviluppati in un processo iterativo nel quale di nuovo si individueranno delle esigenze più circoscritte e a queste si daranno delle risposte.

Nel corso della progettazione l'individuazione delle classi corrisponde a un *processo di tipo analitico e deduttivo* e quindi a un processo *razionale ed oggettivo* mentre l'individuazione dei singoli elementi di ciascuna classe (soluzioni progettuali) corrisponde a un *processo intuitivo, induttivo*, e quindi *soggettivo*.

Questo processo è guidato in grandissima parte dell'esperienza, non solo personale, ma anche della cultura propria della società, di cui il progetto è espressione, in riferimento a soluzioni analoghe già conseguite.

In ciò la *storia dell'architettura* rappresenta un fondamentale punto di riferimento: storia del modo di costruire sia sotto il profilo formale e

tipologico, sia sotto il profilo costruttivo e operativo. fatti l'architettura è fortemente ancorata a un processo collettivo che tende a conseguire risposte soddisfacenti per una società che condivide determinati modi di pensare, di abitare, di vivere.

La conoscenza e lo studio delle soluzioni che storicamente sono risultate soddisfacenti costituisce un elemento fondamentale del processo di progettazione.

La rappresentazione delle esigenze

L'obiettivo di qualsivoglia processo progettuale è definire un organismo edilizio che soddisfi a determinate esigenze funzionali ed estetiche: ciò può essere fatto in due modi: (1) definendo uno specifico insieme di spazi e di oggetti edilizi insieme con i metodi della loro costruzione ed uso; e (2) definendo le condizioni che questi spazi e questi oggetti dovrebbero soddisfare.

I due modi indicati si affidano a due differenti tipi di rappresentazione: la prima consiste nella rappresentazione di *specifici* oggetti edilizi (p.e. pareti, muri, spazi, e materiali), mentre la seconda consiste nella rappresentazione di *insiemi di prestazioni desiderate* corrispondenti alle esigenze funzionali cui si desidera gli oggetti debbano rispondere pienamente.

Allo scopo di arrivare a una rappresentazione universalmente accettabile ed utile delle esigenze, esse devono essere definite in modo *oggettivo e non ambiguo*.

Ciò preclude per la maggior parte, se non del tutto, ai criteri estetici (e conseguentemente allo "spirito" dell'edificio) di essere qualificati come obiettivi progettuali.

Secondo la norma UNI n. 7867 *esigenza* viene definita *ciò che di necessità si richiede per il normale svolgimento di una attività*.

Questa definizione mette in luce la derivazione che *un'esigenza* ha dalle *attività* che debbono essere soddisfatte.

A loro volta le *attività* scaturiscono dai *bisogni* primari che vengono individuati come origine del processo di progettazione.

Infatti dalla individuazione dei *bisogni primari* deriva quella delle *attività* da svolgere, dei *soggetti* coinvolti nelle attività, e delle *risorse* necessarie per lo svolgimento delle attività stesse.

Il tutto va posto in relazione al *contesto storico, culturale, sociale, economico, giuridico e tecnologico* entro il quale si definiscono le attività, i soggetti e le risorse sopra individuate.

Le esigenze pertanto vengono definite in rapporto alle attività che si ritiene debbano essere svolte dai soggetti previsti, con le relative risorse, nell'organismo edilizio che, nel contesto prestabilito, si intende progettare.

Per quanto sopra detto le esigenze si caratterizzano per numerosi aspetti che sono sia di tipo *soggettivo* che di tipo *oggettivo*.

Al fine di determinare in forma generale gli *obiettivi della progettazione* è necessario prendere in considerazione soltanto gli *aspetti oggettivi* (quantificabili) delle esigenze operando così una *rappresentazione per classi* (vedi capitolo successivo).

Questa, operando solo sugli aspetti oggettivi delle esigenze, riduce notevolmente la quantità (e la qualità) di informazione sull'oggetto desiderato, a vantaggio di una maggiore generalità.

La separazione tra aspetti soggettivi ed oggettivi delle esigenze dà origine a due sfere di attività concettuali nel processo di progettazione: da un lato la *definizione della domanda* (la programmazione) mediante la rappresentazione per classi degli oggetti desiderati, espressi dagli aspetti oggettivi delle esigenze assunti come obiettivi; dall'altro lato la *elaborazione della risposta* (il progetto), mediante l'invenzione di un oggetto (o di un insieme di oggetti) che, definito soggettivamente, soddisfa i dati oggettivi posti come obiettivi.

L'aspetto oggettivo di una esigenza viene definito *requisito*.

Questo può essere definito come *funzione* in quanto pone in relazione un *aspetto* di una classe di oggetti con un *insieme di valori* assumibili.

Infatti un requisito dal punto di vista matematico può essere considerato come una *variabile* che può assumere un insieme di valori numerici in relazione ad un insieme (classe) di oggetti edilizi.

La *corrispondenza* instaurata da un requisito tra *oggetti edilizi* e *insiemi di valori numerici* può essere stabilita in diversi modi, tra i quali, più frequentemente: modelli matematici basati su teorie di fisica applicata (fisica tecnica - scienza delle costruzioni, ecc.); schemi di calcolo convenzionali; prove sperimentali convenzionalmente definite.

Si definisce prestazione il valore assunto da un requisito per un determinato oggetto.

Consideriamo all'interno della categoria di esigenze "*benessere ambientale*" l'esigenza di "*benessere termico*" e di questa il requisito "*temperatura media dell'aria*"; la prestazione rilevata in un determinato ambiente sarà definita dal valore letto sul termometro a fionda fatto ruotare orizzontalmente a m 1,5 dal suolo: per esempio 20°C.

Va notato che ad una esigenza può corrispondere più di un requisito, perché più di uno possono essere gli aspetti oggettivi di quella.

Ad esempio alla esigenza di benessere termico possono corrispondere i seguenti requisiti: temperatura media dell'aria, temperatura radiante delle pareti, del pavimento e del soffitto, velocità dell'aria, umidità relativa dell'aria.

Per ciascun requisito va definita l'*unità di misura*, il campo di variabilità della prestazione e il modo di verificarne il valore attraverso una *metodica di prova*.

Ad esempio per il requisito *temperatura media dell'aria*, l'*unità di misura della prestazione* sarà il grado centigrado, il suo *campo di variabilità* sarà continuo, da un valore minimo (pari alla minima temperatura esterna, es. -5°C) ad una massima (pari alla massima temperatura esterna es. 35°C); la *metodica di prova* definita dallo strumento termometro a fionda, fatto ruotare alla estremità di uno spago a m 1,5 da terra.

In questo modo si può verificare il valore assunto del requisito in un determinato contesto (l'ambiente prescelto per la misura) che chiameremo *prestazione fornita*.

Nella elaborazione di un progetto la prestazione viene fissata dal progettista in termini di *prestazione attesa* o desiderata, chiamata anche *specificata di prestazione*.

Questa va poi verificata in forma diretta o analitica sul progetto e successivamente in opera, mediante la metodica di prova definita.

Definire una *specificata di prestazione* per un oggetto equivale a definire una classe corrispondente a tutti gli oggetti che sono in grado di fornire una prestazione pari (o migliore) di quella richiesta.

In genere una classe di oggetti edilizi è individuata da un insieme di specifiche di prestazioni, piuttosto che da una singola.

Si definisce *comportamento un insieme strutturato* di prestazioni, ovvero un *vettore di prestazioni*, relativo alla classe di oggetti considerata.

Analogamente a quanto sopra si distingue tra *comportamento richiesto* (o *desiderato*) e *comportamento fornito*, o *effettivo*, espresso, il primo, nella

definizione degli obiettivi progettuali (programmazione) e il secondo nella valutazione della risposta progettuale (progetto).

Per quanto detto sopra ogni esigenza può dar luogo ad un *insieme di requisiti* i quali sono *variabili, reciprocamente dipendenti*.

Ciò sta a significare che le prestazioni di ciascun requisito non possono essere assegnate liberamente, ma vanno definite tenendo conto delle loro relazioni reciproche.

Va a questo punto rilevato che i requisiti possono essere distinti in relazione al loro *dominio di applicazione*.

Essi infatti possono essere riferiti ad un singolo spazio, o all'insieme strutturato degli spazi dell'organismo edilizio, cioè al *sistema ambientale*; ovvero possono essere riferiti ad un singolo elemento fisico, o all'insieme degli elementi fisici, dell'organismo edilizio, cioè al *sistema tecnologico*.

La conoscenza del dominio di applicazione di un requisito risulta necessaria nel processo di progettazione in quanto, come si vedrà nel seguito, un elemento qualsiasi, vuoi del sistema ambientale vuoi del sistema tecnologico, verrà dapprima rappresentato per classi attraverso l'insieme dei requisiti (e delle relative specifiche di prestazione) ad esso riferibili; successivamente esso verrà definito in forma descrittiva e su di esso si effettuerà la verifica della corrispondenza tra le specifiche di prestazione (domanda) e le prestazioni effettivamente fornite (risposte).

In rapporto alla articolazione delle esigenze i requisiti possono essere raggruppati per categorie, diversificate a piacere a seconda degli intendimenti e degli obiettivi progettuali nonché di quanto viene ritenuto significativo dal progettista in rapporto al contesto specifico in cui opera e alla fase del processo di progettazione.

La classificazione più sintetica dei requisiti consiste nell'ordinarli secondo le seguenti categorie:

- *requisiti relativi alle esigenze di fruibilità;*
- *requisiti relativi alle esigenze di sicurezza;*
- *requisiti relativi alle esigenze ambientali.*

Queste classi possono essere suddivise ricorsivamente in sottoclassi che costituiscono una struttura gerarchica di requisiti sempre più specifici e dettagliati, a discrezione del progettista che li definisce.

I requisiti relativi alle **esigenze di fruibilità** possono essere infatti distinti in numerose sottocategorie, tra le quali si individuano almeno le seguenti:

- *destinazione d'uso degli spazi;*

- organizzazione degli spazi, distinti in:
 - relazioni di appartenenza degli spazi;
 - relazioni di reciproca disposizione degli spazi;
- *caratteristiche geometriche* degli spazi;
- *comportamento nell'uso*:
 - degli spazi,
 - degli elementi fisici;
- *gestione e manutenzione*
 - degli spazi,
 - degli elementi fisici

I requisiti relativi alle **esigenze di sicurezza** possono essere distinti almeno nelle seguenti sottocategorie:

- *sicurezza statica*, distinti in:
 - stabilità dell'insieme degli elementi costruttivi;
 - resistenza dei singoli elementi;
- *sicurezza agli incendi e alla evacuazione*, tra i quali:
 - compartimentazione degli spazi;
 - caratteristiche delle vie d'esodo;
 - categorie di reazione al fuoco dei materiali,
 - resistenza al fuoco degli elementi;
- *sicurezza nell' uso degli spazi*;
- *sicurezza nell'uso degli elementi fisici*;
- *sicurezza agli eventi eccezionali prevedibili*

I requisiti relativi alle **esigenze ambientali** riguardano le caratteristiche degli aspetti edili legate alle *condizioni di benessere psico-fisico nell'uso degli spazi*.

Essi possono essere distinti in generale in due categorie fondamentali:

- requisiti relativi alle *condizioni interne agli ambienti*, che si desiderano conferire agli spazi o che nella realtà vi si stabiliscono; pertanto detti requisiti hanno per dominio di applicazione il *sistema ambientale*;
- requisiti relativi alle caratteristiche degli *elementi costruttivi*, che influenzano o determinano nel loro insieme le condizioni ambientali desiderate o riscontrate.

Questi requisiti, detti di *controllo ambientale*, hanno come dominio di applicazione il *sistema tecnologico*.

I requisiti relativi alle condizioni interne agli ambienti possono essere distinti, in una prima classificazione, in:

- *requisiti termoigrometrici*; quali temperatura invernale ed estiva, protezione all'irraggiamento solare, umidità relativa;
- *requisiti di illuminazione*:
 - a) naturale*, quali il fattore medio di luce diurna, visibilità dall'interno verso l'esterno e viceversa;
 - b) artificiale*, concentrata o diffusa, livello di illuminamento, numero di punti luce, composizione cromatica;
- *requisiti di ventilazione*: numero di ricambi orari (di volumi d'aria pari a quello dell'ambiente desiderato), velocità massima dell'aria;
- *requisiti acustici*: livello sonoro prodotto da sorgenti interne o esterne all'ambiente considerato, tempo di riverberazione, livello di rumore di sottofondo.

I requisiti di *controllo ambientale*, propri degli elementi e sub-sistemi costruttivi, a loro volta possono essere distinti, in forma parallela ai requisiti ambientali, in:

- *requisiti termoigrometrici*: quali la trasmittanza degli elementi di chiusura, la protezione dall'irraggiamento delle superfici trasparenti, l'inerzia termica, l'indice di trasparenza e riflessione delle superfici trasparenti, caratteristiche degli impianti termici e di condizionamento;
- *requisiti di tenuta e impermeabilità*: all'aria, all'acqua di pioggia, all'acqua sotterranea;
- *requisiti di illuminazione*:
 - a) naturale*, quale la dimensione delle finestre, trasparenza e riflessione delle superfici trasparenti, colore delle pareti;
 - b) artificiali*, quale numero e posizione dei punti luce, tipo e caratteristiche dei corpi illuminanti;
- *requisiti acustici*: assorbimento acustico delle pareti, isolamento acustico delle pareti.

I requisiti ambientali possono essere soddisfatti sia in termini di *controllo passivo*, cioè senza apporto di energia dall'esterno, per le sole caratteristiche costitutive dell'insieme degli elementi costruttivi, sia in termini di *controllo attivo*, mediante l'apporto di energia fornite attraverso gli *impianti tecnici* (impianti di riscaldamento, di condizionamento, impianto di illuminazione).

Va notato che tanto più si sviluppa la integrazione e la complessità delle parti del sistema tecnologico (edifici ad "alta tecnologia", in inglese *high-technology buildings* o più semplicemente *high-tech*) tanto più è difficile distinguere il limite tra componente "passivo" e componente attivo (impiantistico).

La struttura della rappresentazione degli oggetti edilizi

Si è già detto che ciascun requisito, individuato e definito come indicato nel capitolo precedente, afferisce ad una delle due categorie fondamentali della costituzione dell'organismo edilizio: il *sistema ambientale* e il *sistema tecnologico*, che ne costituiscono il dominio di applicazione.

Sia nel caso del sistema ambientale che in quello del sistema tecnologico ciascun requisito può riguardare l'intero sistema o una o più delle sue componenti, singola o associata ad altre.

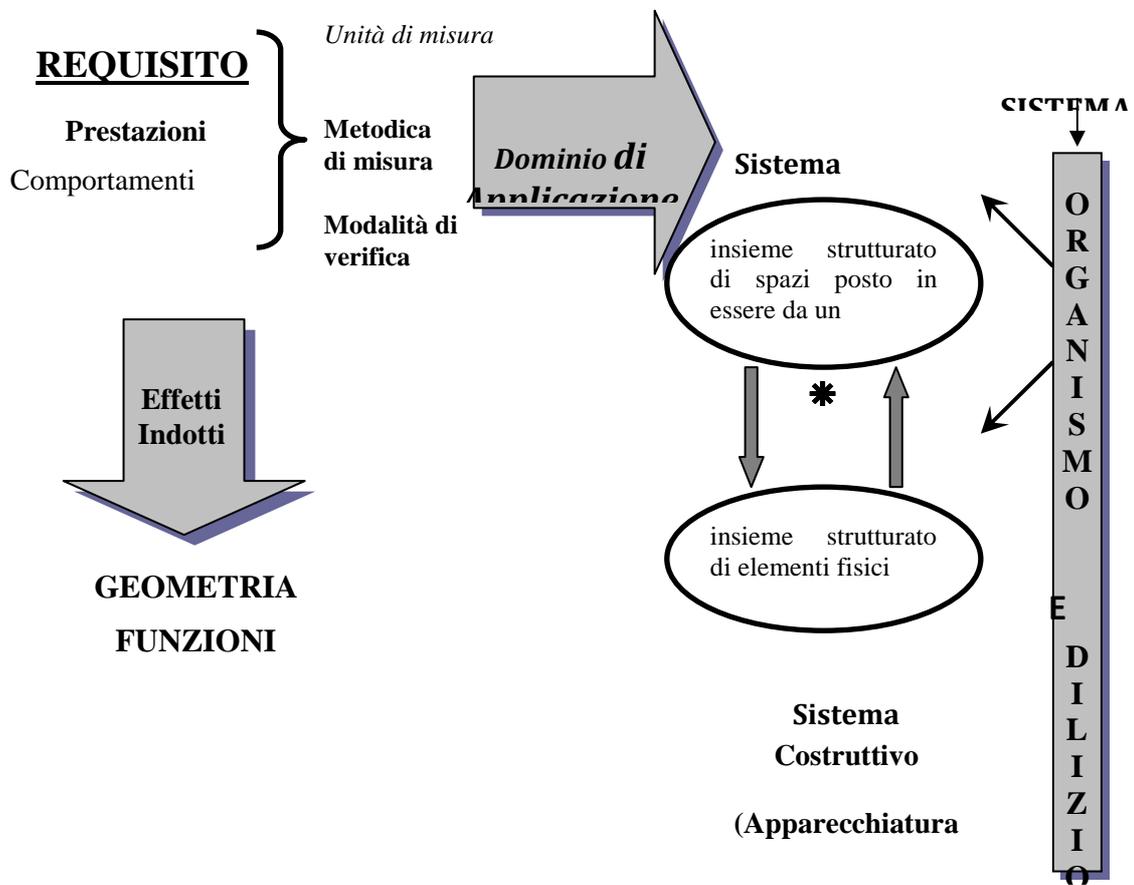
Ciascun requisito, espresso in termini formali come *parametro* che lega un aspetto oggettivo di una esigenza ad un insieme di valori, che abbiamo definito *prestazione*, induce sull'elemento cui è riferito (nel caso della definizione di obiettivi progettuali - programmazione) o di esso rappresenta (nel caso delle verifiche di soluzioni - nel progetto o nella realtà) degli *aspetti* che possono essere classificati in due grandi categorie: aspetti inerenti alla geometria ed aspetti inerenti alla *funzionalità* dell'elemento considerato (vedi **figura 3.7.**).

La *geometria* di un oggetto edilizio (o di un insieme di oggetti qual è l'organismo edilizio o i suoi subsistemi costituenti) va intesa nel senso più ampio del termine (vedi **figura 3.8.**).

In essa è inclusa la geometria euclidea, per quanto attiene alle *forme* e alle *dimensioni* degli elementi considerati (siano essi spazi o elementi costruttivi), cioè attinente alle *proprietà morfologiche e metriche* degli oggetti.

La geometria euclidea è la più diretta e immediata per la rappresentazione della forma e della dimensione degli oggetti nel progetto e nella verifica di questo nella realizzazione.

Vi sono peraltro alcune proprietà geometriche, essenziali nel processo di progettazione, che non attengono alle proprietà metriche e morfologiche, bensì ad un livello più elevato di astrazione: esse riguardano le *relazioni di contatto* tra gli oggetti, ed in particolare di *adiacenza* e di *contiguità* (passaggio diretto) tra spazi, di *connessione* e di *contatto* tra elementi costruttivi.



* La doppia freccia sta ad indicare il rapporto diretto e biunivoco tra i due sub-sistemi

FIGURA 3.7

EFFETTI DEI REQUISITI SULL'ORGANISMO EDILIZIO

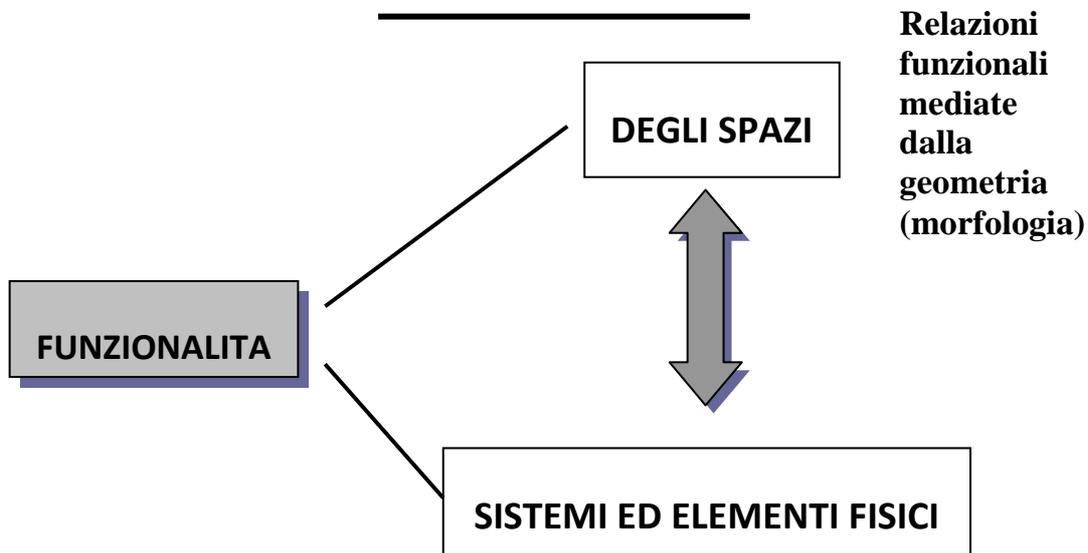
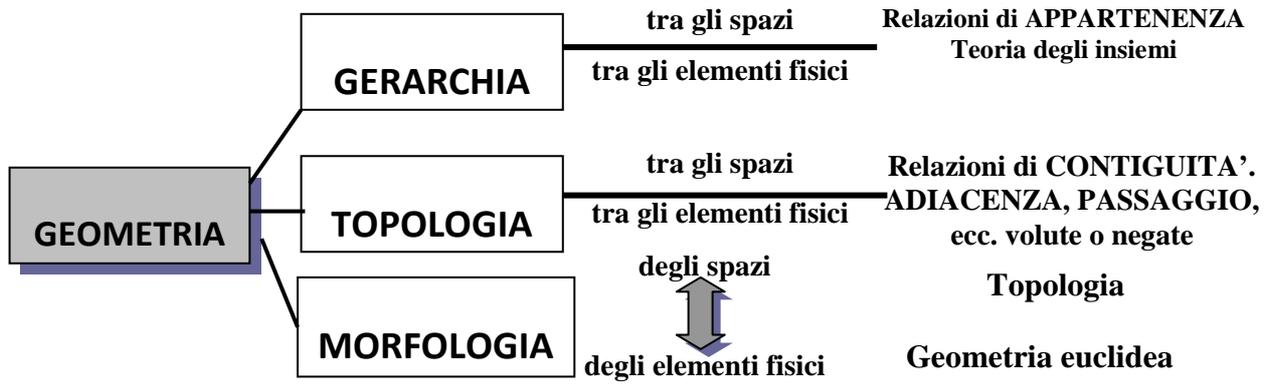


FIGURA 3.7

Dette relazioni possono essere volute (richieste) o negate.

Esse sono valide indipendentemente dalle proprietà metriche e morfologiche degli oggetti considerati e sono esprimibili mediante le *relazioni topologiche* degli oggetti.

La definizione delle relazioni topologiche di un oggetto edilizio è fondamentale specialmente nella fase di programmazione, e la verifica ne diventa essenziale nel corso dell'esame delle soluzioni progettuali.

Vi sono infine ulteriori proprietà geometriche fondamentali nella definizione della struttura di un generico oggetto edilizio, costituite dalle *relazioni gerarchiche* tra le parti.

Con tale termine si intendono le *proprietà di appartenenza* di un dato oggetto ad un insieme che lo contiene, o, viceversa, quelle che definiscono di un dato oggetto quale sono gli elementi che lo compongono.

Tali relazioni si esprimono in termini formali con la *teoria degli insiemi*, e consentono di esprimere la costituzione di un oggetto complesso senza doverne ancora definire né le caratteristiche metriche né quelle topologiche.

Le *relazioni gerarchiche, topologiche e metriche* nel loro insieme definiscono le *proprietà geometriche* dell'oggetto (o dell'insieme di oggetti) considerato.

Nel loro complesso esse ne definiscono le *relazioni geometriche* tra gli *elementi* costituenti e pertanto ne rappresentano la *struttura geometrica*, che, per quanto detto, si articola in tre sottostrutture tra loro concatenate:

- la *struttura gerarchica*, che definisce le relazioni di appartenenza tra gli spazi o tra gli elementi fisici costituenti l'organismo edilizio e le sue parti;
- la *struttura topologica*, che definisce le relazioni di contiguità o di adiacenza tra gli spazi e le relazioni di connessione o di contatto tra gli elementi costruttivi costituenti l'organismo edilizio;
- la *struttura metrica*, che definisce le proprietà di forma e dimensioni degli spazi e degli elementi costruttivi dell'organismo edilizio.

Le *proprietà euclidee* vengono espresse attraverso le *proiezioni ortogonali* e le regole della *geometria descrittiva*, includendo in esse le *trasformazioni proiettive*, dando luogo le prime alle rappresentazioni in "pianta", in "sezione" e in "prospetto", le seconde alle *assonometrie* e alle *prospettive*.

Una rappresentazione "euclidea" pertanto è effettuabile mediante i grafici sopradetti.

Peraltro essa è definibile in forma di equazioni algebriche che ne esprimono la *struttura* secondo i principi della geometria analitica.

Proprio la possibilità di esprimere in forma algebrica una rappresentazione euclidea ne consente la formalizzazione in termini di *struttura di dati* trasferibile su calcolatore che su di essa può operare le trasformazioni volute. E' così possibile la scrittura di programmi di *informatica grafica* che largo uso hanno oggi nella rappresentazione geometrica euclidea (descrittiva) degli oggetti edilizi.

Peraltro una rappresentazione geometrica di un oggetto edilizio limitata alle sole relazioni euclidee (piante, sezioni, progetti, assonometrie, prospettive) non consente di esprimere in forma esplicita le caratteristiche topologiche e gerarchiche, che pure sono ivi implicitamente contenute.

E' così opportuno nella definizione della domanda (programma) esprimere le relazioni di contiguità, di adiacenza, di contatto in forma esplicita attraverso la rappresentazione delle proprietà *topologiche*.

Ciò può essere convenientemente effettuato mediante la teoria dei *grafi*, attraverso i quali se ne può rappresentare la *struttura* (vedi **nota 1**).

La individuazione della struttura topologica di un oggetto edilizio (in particolare dell'organismo edilizio nel suo complesso) è particolarmente significativa sia nella fase di definizione della domanda (gli obiettivi relativi alla distribuzione degli elementi del progetto), sia nella verifica della stessa nel progetto o nell'opera realizzata.

In termini tradizionali le relazioni topologiche sono raramente espresse in forma esplicita.

Se ne riconosce la struttura direttamente da una adeguata lettura della rappresentazione euclidea: infatti è il progettista stesso che attribuisce ai segmenti e ai campi che costituiscono la pianta e la sezione o il prospetto dell'oggetto edilizio significati che includono anche quello di relazione topologica.

Diverso è il caso di elaborazioni informatiche del progetto, per le quali è necessaria una *rappresentazione esplicita* della *struttura topologica* al fine di definire e successivamente verificare gli obiettivi inerenti, in generale, alla distribuzione degli spazi.

Proprio il diffondersi di strumenti e procedure di gestione informatica del progetto richiede di riconoscere, definire ed elaborare trasformazioni sulle stessa topologia dell'oggetto edilizio. La espressione formale mediante *grafi* consente infatti di elaborare una *struttura di dati* in termini di matrici numeriche elaborabili con il computer.

Allo stesso modo delle relazioni topologiche ogni *rappresentazione euclidea* include e assorbe in sé la propria *struttura gerarchica*, intendendo con questa la organizzazione degli elementi in termini di appartenenza di un elemento ad un altro di ordine superiore.

Come già detto la gerarchia tra gli elementi è esprimibile mediante gli strumenti propri della *teoria degli insiemi*, attraverso la esplicitazione delle relazioni di appartenenza, unione, intersezione (vedi **nota 2**).

Analogamente a quanto detto riguardo le relazioni topologiche ciò è particolarmente significativo per una completa rappresentazione della geometria di un oggetto in temi informatici, per i quali è necessario esprimere in *forma esplicita* anche le relazioni gerarchiche.

La indicazione della struttura gerarchica di insiemi edilizi è un elemento estremamente significativo nella definizione degli oggetti da progettare. Essa è stata spesso impiegata nella formulazione di programmi complessi di edilizie tradizionale.

Basti pensare alla formulazione dei programmi GESCAL per l'edilizia economico-popolare negli anni '60, nei quali era prevista la composizione degli alloggi attraverso l'indicazione del numero e tipo degli ambienti costituenti.

In conclusione la *struttura geometrica* di un oggetto edilizio complesso è costituita dall'insieme ordinato delle relazioni di *appartenenza* tra gli elementi (*struttura gerarchica*), delle relazioni di *contiguità* (*struttura topologica*) e delle relazioni *metriche e proiettive* (*struttura euclidea*), in ordine decrescente di astrazione.

Come si è detto in precedenza i requisiti inducono scelte sull'organismo edilizio che riguardano la geometria e la *funzionalità*.

Parimenti ogni elemento del sistema edilizio, sia esso parte del sistema tecnologico (elemento fisico) sia parte del sistema ambientale (spazio) viene definito dalla propria geometria e dalle caratteristiche funzionali (di comportamento) ad essa associate.

In rapporto agli obiettivi (esigenze) di fruibilità, di sicurezza e di controllo ambientale ad ogni elemento, subsistema e sistema dell'organismo edilizio, viene attribuito nel corso della progettazione o ne viene valutato nel corso della verifica o del rilievo (nel caso di un oggetto esistente) un insieme di aspetti attinenti al comportamento suo e dell'insieme di cui fa parte.

Alcuni di questi aspetti sono *direttamente attinenti all'oggetto in sé* e non al sistema che lo contiene (vedi ad esempio nella natura e al tipo delle finiture di un interno, alle caratteristiche di un pavimento nei confronti della sua durabilità, ecc.).

Altri aspetti sono *relativi non solo al singolo oggetto, ma anche al sistema che lo contiene* e di cui esso fa parte interagendo con le altre componenti.

Aspetti essenziali da questo punto di vista sono quelli che concorrono a garantire la *stabilità* di un insieme edilizio, e quelli che ne garantiscono le *condizioni ambientali*.

I fenomeni fisici associati a tali aspetti funzionali (stabilità e controllo ambientale) sono rappresentabili in termini di modelli fisico-matematici, espressi da strutture formali che consentono di effettuare previsioni e verifiche.

La *Scienza* e la *Tecnica delle costruzioni* forniscono gli strumenti disciplinari per lo studio e la verifica delle *condizioni di stabilità dell'insieme e resistenza della parti* di un sistema edilizio in determinate condizioni di sollecitazioni; la *Fisica tecnica* fornisce gli strumenti disciplinari per lo *studio dell'energetica di un sistema edilizio* al fine di *verificarne le condizioni ambientali* in determinate situazioni termiche, acustiche, e di illuminazione e per procedere alla *progettazione e verifica dei conseguenti sistemi impiantistici*.

In conclusione l'insieme degli aspetti di un sistema edilizio e delle sue parti può essere rappresentato in forma compiuta dalle sue *caratteristiche geometriche* e dall' *insieme delle caratteristiche fisiche e ambientali ad esse associato* (definite nel loro complesso *caratteristiche funzionali*).

Una rappresentazione siffatta è riconducibile ad una struttura formale di tipo loco matematico che ne consente opportune elaborazioni e simulazioni in termini di progettazione e di verifica.

Nota 1

Le *relazioni topologiche* di un qualsiasi sistema (e pertanto anche di un sistema edilizio, nelle sue componenti di *sistema ambientale* e *sistema tecnologico*) possono essere rappresentate da un ente matematico denominato *grafo*.

In forma astratta un grafo può essere definito un insieme $\{V\}$ di elementi associato ad un insieme $\{E\}$ di coppie di elementi di $\{V\}$.

In forma grafica un grafo può essere rappresentato sul piano con un insieme di punti detti vertici (corrispondenti agli elementi di $\{V\}$) e con un insieme di linee (corrispondenti alle coppie di elementi definite in $\{E\}$) detti *lati o spigoli* (vedi **figura 3.9**).

I *dominii connessi* nel piano delimitati dagli spigoli si definiscono *facce* del grafo.

Un *grafo planare* è un grafo che può essere rappresentato nel piano senza intersezioni tra gli spigoli (vedi **figura 3.10**).

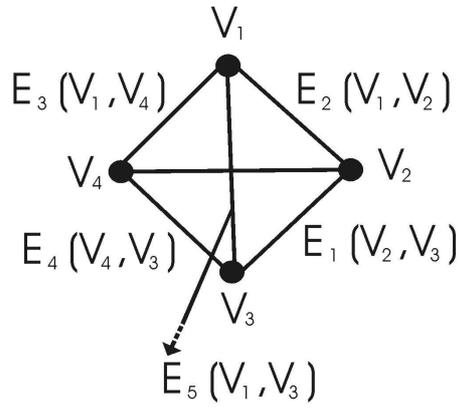
E' immediato rilevare che tutti i sistemi edilizi devono essere rappresentabili topologicamente attraverso *grafi planari*.

Le relazioni topologiche di un sistema ambientale possono essere rappresentate con:

- 1) grafi di adiacenza nei quali i nodi rappresentano gli spazi e gli spigoli rappresentano relazioni di contiguità;
- 2) grafi di pianta nei quali le facce rappresentano gli spazi e gli spigoli rappresentano relazioni di contiguità, i nodi rappresentano le intersezioni tra gli spigoli.

I due tipi di rappresentazione corrispondono allo stesso sistema e sono l'una derivate dell'altra mediante semplice sostituzione dell'insieme $\{V\}$ con l'insieme $\{E\}$ e viceversa.

Pertanto vengono definiti *grafi duali* (vedi **figura 3.11**).



V: Vertici
E: Spigoli

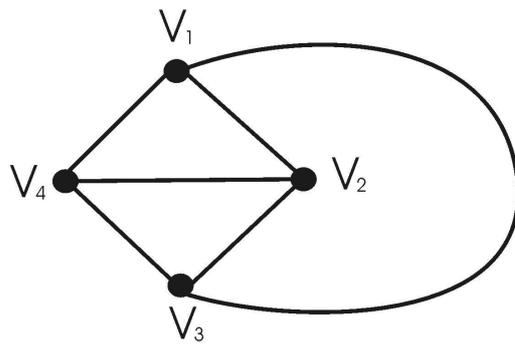
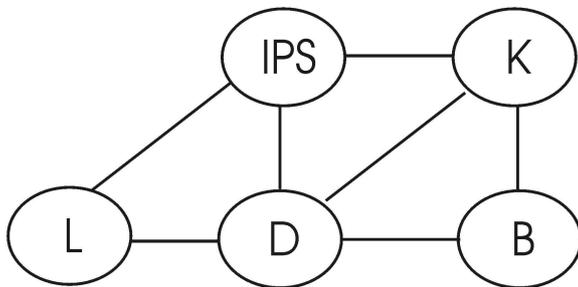


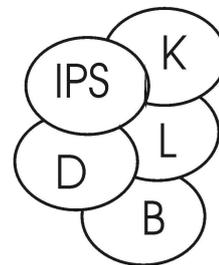
FIGURA 3.9

FIGURA 3.10
FIGURA 3.11

GRAFO DI ADIACENZA



GRAFO DI PIANTA

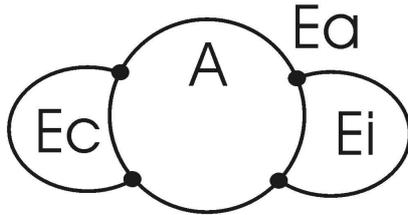


ESEMPI DI RELAZIONI DI CONTATTO

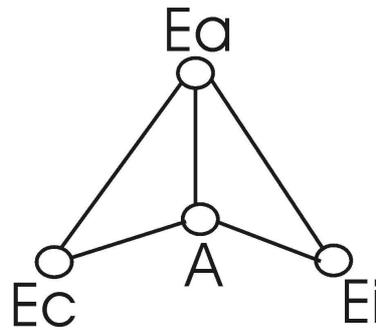
VINCOLI DI CONTIGUITA'

ALL'ESTERNO DELL'ALLOGGIO

GRAFO PRIMALE



GRAFO DUALE



A: Alloggio

Ea: Esterno-Aerazione e Illuminazione

Ec: Esterno-Contiguità con altro alloggio

VINCOLI DI CONTIGUITA'

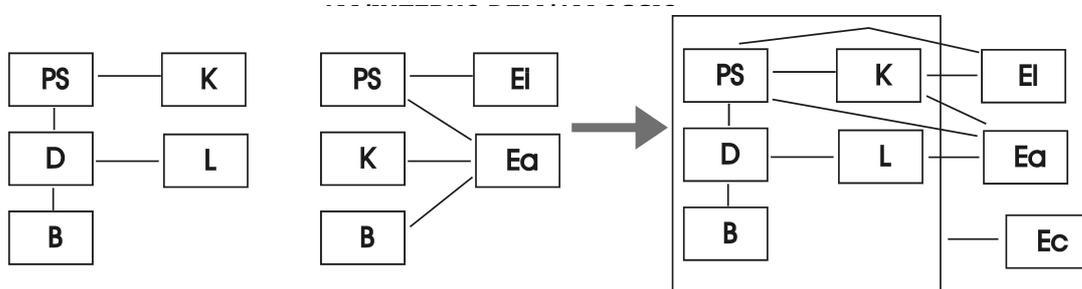


FIGURA 3.12

Nota 2

Una *rappresentazione gerarchica* consente di esprimere le relazioni di appartenenza richieste in un programma edilizio.

La gerarchia tra elementi (spaziali e costruttivi) può essere rappresentata con gli strumenti propri della teoria degli insiemi.

La rappresentazione più semplice è la *struttura ad albero* come negli esempi sottoriportati nei quali ad ogni elemento di un livello corrispondono uno o più elementi di livello inferiore e ad uno o più elementi di livello inferiore corrisponde uno e un solo elemento di livello superiore (vedi **figure 3.13.** e **3.14.**).

La gerarchia tra gli spazi di un sistema edilizio è espressa in termini di *semireticolo*, tale cioè che ad ogni elemento di livello superiore corrispondono uno o più elementi di livello inferiore ed ad ogni elemento di livello inferiore corrispondono uno o più elementi di livello superiore.

ESEMPIO DI ARTICOLAZIONE GERARCHICA DEL SISTEMA TECNOLOGICO

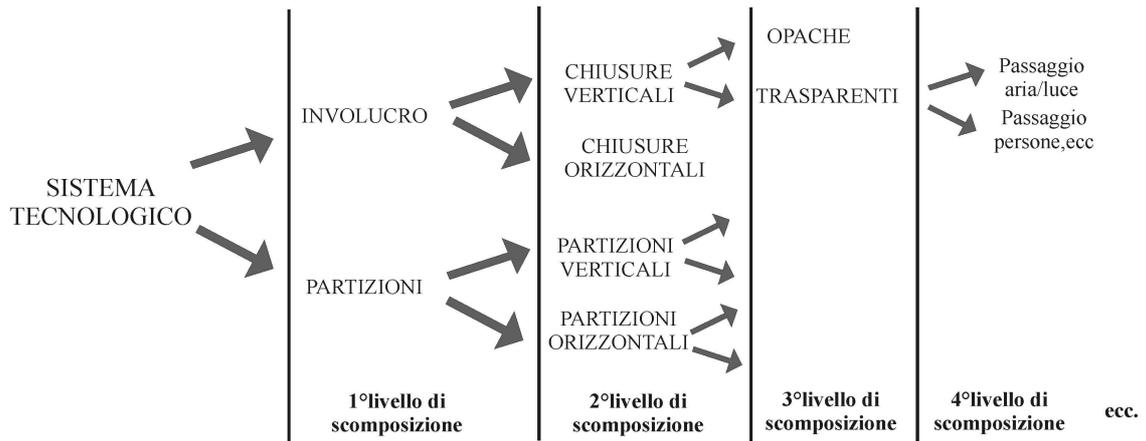


FIGURA 3.13

ESEMPIO DI ARTICOLAZIONE GERARCHICA DEL SISTEMA AMBIENTALE

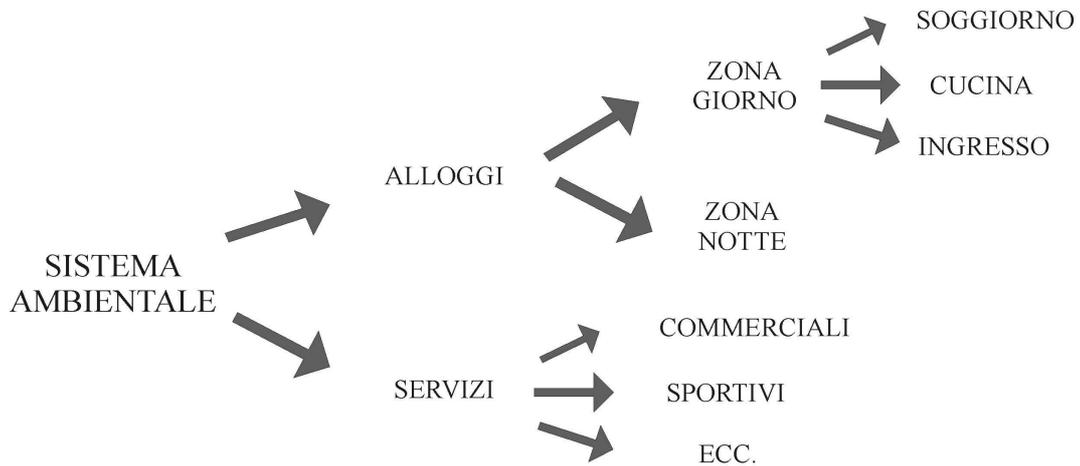


FIGURA 3.14

RAPPRESENTAZIONE DELLA GERARCHIA TRA UNITA' EDILIZIE E UNITA' AMBIENTALI DI UN INTERVENTO EDILIZIO

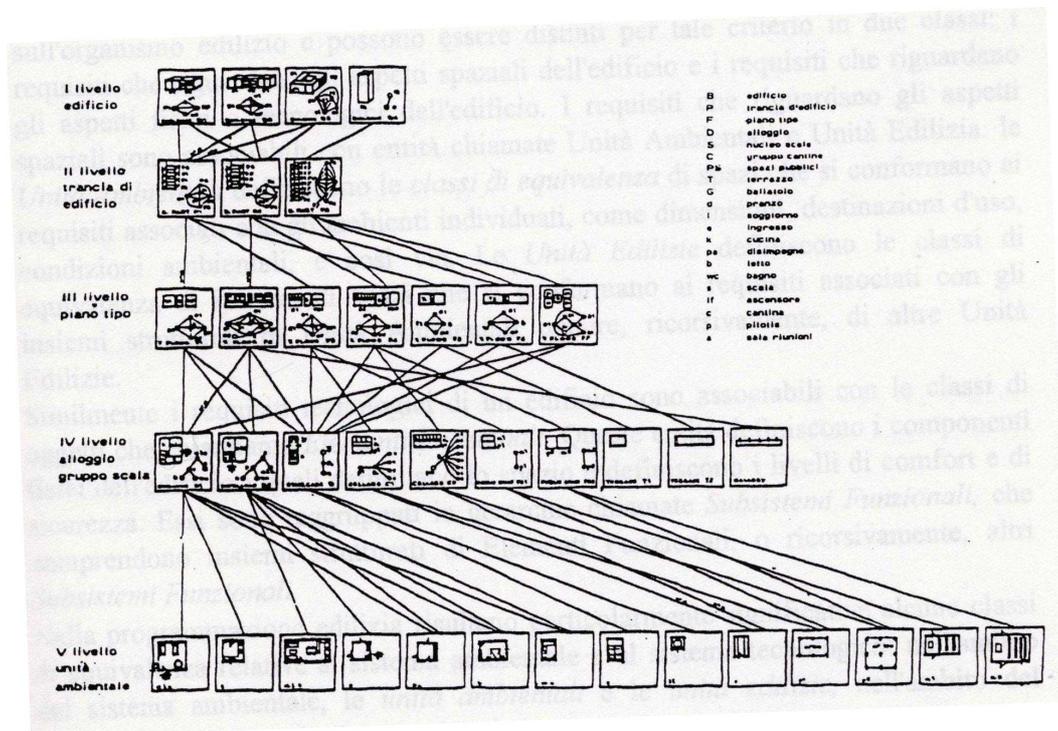


FIGURA 3.15