

GIACOMO RICCI

**MATERIALI DA COSTRUZIONE  
e  
PROGETTO DI ARCHITETTURA**



PREMESSA - MATERIALI E PROGETTO DI ARCHITETTURA  
LA TECNICA DEL PROGETTO DI ARCHITETTURA  
I MATERIALI LAPIDEI - I MATERIALI CERAMICI  
METALLI E LEGHE - I LEGANTI - IL LEGNO - IL VETRO  
RICHIAMI DI CHIMICA E FISICA

CUEN

**Giacomo Ricci**  
**Materiali da costruzione e progetto di architettura**  
Cuen, Napoli, 1996

## Premessa

Una delle caratteristiche innovative dei corsi che vanno sotto il nome di *Laboratori* (afferenti sia all'area della tecnologia dell'architettura che a quella della composizione architettonica) che sono stati introdotti dal Nuovo Ordinamento delle Facoltà di Architettura è certamente quella di delinarsi come luoghi di pratica sperimentazione del progetto e di acquisizione delle tecniche specifiche di questo complesso processo intellettuale e creativo.

Dai laboratori ci si aspetta, dunque, concretezza e possibilità di conoscenza specifica delle metodologie di progetto, in particolare, poi, il laboratorio di *Costruzione dell'architettura* - che vede come disciplina caratterizzante la materia *Materiali da costruzione e progettazione di elementi costruttivi* - si pone come promessa per l'approfondimento delle procedure costruttive e progettuali derivanti da una documentata conoscenza dei materiali da costruzione, delle relative tecnologie, delle precipue caratteristiche, delle modalità di impiego e così via.

Questo bagaglio di conoscenze, data la specifica articolazione degli orari di studio e degli ambienti di lavoro, dev'essere trasmesso mediante un'attività pratica di progetto da svolgersi *ex-tempore*, e, cioè, in aula, con l'aiuto di docenti ed assistenti, sovvertendo una tendenza, decisamente fuorviante, che si è andata consolidando nelle Facoltà di Architettura almeno da una ventina di anni a questa parte. Quella che viene messa in questione, da questo nuovo assetto del lavoro e dello studio universitario, è proprio la consolidata pratica di trasmissione del sapere basata su lezioni ed esercitazioni che, se è adeguata per gli studi di natura umanistica, risulta assolutamente insufficiente per le Facoltà professionali ed a indirizzo tecnologico come è quella di Architettura. L'aver impostato, per il passato, gli studi sul piano prevalentemente teorico, l'elevato numero di studenti nel complesso e, poi, il rapporto docente/studente (fissato per legge in 1/250) assolutamente sbagliato, queste tre circostanze hanno fatto sì che le esercitazioni si siano ridotte, nella stragrande maggioranza dei casi, in un lavoro periodico di revisione e controllo degli elaborati prodotti dagli allievi al di fuori delle ore di insegnamento ufficiale ed a casa propria. Il che ha rappresentato un inevitabile scadimento della qualità degli studi e della preparazione specifica e professionale degli allievi.

I Laboratori, da questo punto di vista, reimpostano il rapporto docente-allievi non soltanto in maniera più corretta dal punto di vista numerico ma anche da quello della qualità e del tipo di lavoro che essi svolgono insieme in un ambiente che dovrebbe assicurare al contempo la giusta riflessione teorica ma anche la specifica sperimentazione progettuale, la piena conoscenza delle metodologie che sostanziano questa particolare attività e delle procedure che è necessario seguire partendo dall'idea generale - inevitabilmente vaga - fino a giungere alla stesura dei disegni esecutivi, fase che immediatamente precede quella della effettiva costruzione del manufatto architettonico.

La raccolta di scritti e saggi che compongono questo libro ha lo scopo di integrare il lavoro svolto dagli allievi nel laboratorio e fornire, anche se naturalmente in maniera parziale, una risposta a tutte le necessità di approfondimento specifico e tecnico. Il

progetto di architettura ne costituisce l'argomento principale di riflessione; esso è stato riguardato sia nelle sue linee generali - dalla griglia geometrica di impostazione all'analisi delle attività umane che si svolgono negli spazi costruiti - sia nei suoi concreti aspetti costruttivi mediante l'analisi della natura, delle caratteristiche e delle prestazioni dei materiali da costruzione comunemente adoperati.

Ma ciò non toglie che, pur interessandoci dell'oggetto di architettura dal punto di vista pragmatico, tecnologico, costruttivo, immanente, è stato necessario addentrarci molte volte anche negli aspetti, per così dire, teorici, metodologici, "compositivi" della progettazione intesa come vera e propria *formalizzazione* di un procedimento logico-intellettuale. Ci si è dovuti occupare, di conseguenza, anche degli aspetti formali e delle strutture profonde che soggiacciono al di sotto della forma e della tecnica, cioè dei linguaggi di "tramite" (*metalinguaggi*) che si rendono necessari al passaggio dal dominio delle intenzioni e della logica a quello della materializzazione del manufatto architettonico.

Proprio in questo, d'altro canto, consiste la peculiarità del nostro lavoro di laboratorio: tentare di coniugare nuovamente assieme tutta una serie di aspetti, indicazioni, intenzioni e procedure che, sono stati, nel passato recente, tra loro separati il più delle volte per fini didattici e anche, molto spesso, in maniera surrettizia e speciosa per soli scopi accademici di delimitazione di "aree di competenza", valide piuttosto ai fini dei concorsi universitari che non per una corretta definizione disciplinare dell'architettura e delle relative metodologie progettuali.

I saggi che compongono questo lavoro sono stati suddivisi in tre parti: la prima dal titolo *Introduzione al progetto di architettura* ha per oggetto specifico il progetto ed in essa sono raccolti gli argomenti trattati nelle lezioni svolte nel laboratorio in un sintetico ma articolato *excursus* che va dalle riflessioni sul metalinguaggio progettuale dell'architettura rappresentato dalla geometria, alla valutazione del ruolo svolto dalle scelte tipologiche nella definizione del manufatto architettonico, al significato che può assumere, in determinate circostanze, la decorazione, per giungere, finalmente, alla definizione del "progetto semantico" inteso come luogo di sperimentazione e ricerca dei significati che si legano, in maniera più o meno inconsapevole, all'opera costruita. La seconda parte dal titolo *Tecnologie dei materiali da costruzione* ha per oggetto la trattazione approfondita dei vari materiali da costruzione dal punto di vista strettamente tecnologico e prestazionale, analizzati nelle loro caratteristiche fisico-meccaniche, nei processi di lavorazione ed utilizzazione nell'edilizia.

La terza parte, dal titolo *Interventi* è costituita dai contributi scientifici di tutti quelli che, con entusiasmo e dedizione, hanno partecipato con i risultati delle loro ricerche personali. Arcangelo Casillo si è occupato di alcune questioni fondamentali della costruzione gotica, mostrando lo stretto rapporto che esiste tra il metalinguaggio progettuale geometrico di costruzione della forma, i materiali da costruzione, il taglio appropriato dei conci e la loro distribuzione nello spazio. Giuseppe Decimo ha analizzato alcuni temi di fondo dell'architettura di Mario Botta partendo dall'analisi sistematica del valore mitopoietico degli elementi costruttivi ed architettonici intesi propriamente come segni di un complesso linguaggio espressivo. Daniele Galdiero propone un *excursus* logico-descrittivo lungo la storia evolutiva degli elementi architettonico-costruttivi dell'architettura mediterranea individuandone le matrici tecnologiche e la logica formale. Sergio Roselli analizza il peso ed il significato che alcuni materiali da costruzione hanno avuto nella determinazione degli aspetti linguistici tipici

di alcuni Maestri del Movimento Moderno.

Questo libro è dedicato a tutti gli allievi del *Laboratorio di Costruzione dell'architettura* che, nel corso dell'anno accademico 1995-96, con il loro entusiasmo giovanile e la loro voglia di imparare mi hanno fortemente incoraggiato nel mio lavoro spingendomi a dare il massimo possibile.

Napoli, maggio 1996

Giacomo Ricci

## Materiali e Progetto d'architettura

Nell'introdurre il lavoro di progettazione non si farà immediatamente riferimento alla cosiddetta "scienza dei materiali", disciplina molto ben individuata nelle sue regole, nei suoi orizzonti di senso, problemi e limitazioni. Ci torneremo, in questa raccolta di scritti, ampiamente in seguito, nella Seconda Parte. La cosa importante, che va qui evidenziata, è che applicheremo questa disciplina - in sé certamente arida ma la cui conoscenza è indispensabile per poter dar luogo ad una buona costruzione dell'architettura - ad una materia molto duttile e affascinante che è quella del progetto d'architettura. Affascinante perché legata immediatamente all'attività creatrice dell'uomo che è una delle sue capacità più interessanti.

Quando si opera nel campo del progetto d'architettura o, più in generale, si progetta in senso lato, ampio, complessivo, si mette in moto un'energia molto particolare. Questa non deriva tanto dal bagaglio cognitivo che ognuno di noi - chi più, chi meno - possiede (condizione necessaria ma non sufficiente per qualsiasi attività progettuale consapevole), ma scaturisce, in massima parte, da una facoltà mentale (associativa, libera) piuttosto imponderabile - almeno in apparenza - che chiamiamo "creazione", con ciò intendendo quella capacità propria dell'uomo d'immaginare delle cose che non esistono ancora ma che possono concretamente realizzarsi.

Da questo punto di vista, il progetto d'architettura permette di assimilare l'architetto allo scrittore quando inventa una storia, all'artista che dipinge un affresco o al musicista che costruisce una sinfonia. A questo proposito, va qui messo in evidenza che esiste grandissima affinità tra l'architettura e la musica dal punto di vista delle metodologie creative e dell'immaginario a queste connesso. Anche su questo si tornerà più innanzi quando si farà cenno alla ricerca progettuale di un architetto come Palladio ed alla lettura estremamente interessante che della sua opera ci hanno lasciato storici come Rudolf Wittkower. Quest' affinità, naturalmente, è pienamente verificabile sul piano puramente concettuale e logico. Ciò che cambia dall'architettura alla musica - e, ovviamente, non è poco - è la materia concreta che viene "manipolata" dall'uomo. Nel primo caso s'adoperano i materiali da costruzione, sostanze reali, tangibili, tattilmente esperibili come pietre, legno, tegole, calce, malta, cemento, e così via; nell'altra evenienza vengono utilizzati i suoni, una sorta di materia imponderabile o, come si dice sempre più spesso, "immateriale". Ma, ripetiamo, sul piano squisitamente logico e concettuale le due discipline sono molto simili.

Dicevamo, dunque, che, occupandoci delle metodologie di progetto e di costruzione dell'architettura, ci troviamo ad avere a che fare con questa capacità creativa dell'uomo la quale ha gran parte nella determinazione della forma dell'architettura e delle modalità di realizzazione del progetto architettonico. Però, per legare tutto ciò al fare concreto, all' insieme di leggi e norme che sono connesse ai materiali da costruzione, abbiamo bisogno di ricorrere a delle categorie logiche, a dei concetti, dei modi di pensiero che ci mettano concretamente in grado di operare.

Innanzitutto è necessario fare una premessa, e si tratta proprio dello scopo principale del discorso che qui si sta svolgendo. La premessa è di natura storica, anche se non ci si addentrerà nei meandri della storia dell'architettura, perché si tratta di un territorio molto lontano dai nostri orizzonti disciplinari; però, com'è noto, senza gli strumenti storici, poche cose si riescono a comprendere e questo, ovviamente, accade anche nelle faccende proprie dell'architettura. In tutta la lunga evoluzione tecnologico-costruttiva di questa disciplina esiste un periodo, piuttosto limitato in quanto a durata, nel quale ha luogo una radicale frattura tra il passato e il futuro.

La storia dell'evoluzione costruttiva dell'architettura non presenta, per un grande svolgersi di secoli, sostanziali e brusche variazioni di metodologie ideative e di tecnologie attuative; dal punto di vista costruttivo, i materiali adoperati sono, lungo il corso del tempo, in numero limitato e sempre gli stessi: pietre, calce, legno, malte, mattoni in argilla crudi o cotti e così via. Naturalmente il materiale lapideo offre, per la costruzione edilizia, una larga gamma di prodotti tra loro anche molto diversi sia sul piano tecnologico-costruttivo che su quello estetico-decorativo e la stessa circostanza si verifica per i legni. Vedremo, successivamente, in dettaglio la gran parte delle caratteristiche di questi materiali che costituiscono, poi, uno degli argomenti fondamentali del nostro studio. Ma, al di là della varietà, la natura stessa dei materiali ora elencati, dal punto di vista costruttivo, permette un numero limitato di soluzioni e di sistemi edilizi.

Che cosa succede allora? Accade che, per tremila anni, come si diceva, tutto rimane, nella sostanza, inalterato. Fino a giungere alle soglie di quel fenomeno generalmente conosciuto come "rivoluzione industriale". Si tratta, come è noto, di un sovvertimento radicale della vita dell'uomo. Durante il corso dell'Ottocento - ma le cause sono tutte già contenute nel secolo precedente - vengono introdotti, nel campo della produzione edilizia, due materiali nuovi o, per essere più precisi, due grandi raggruppamenti di materiali nuovi; da un lato quello che comprende le leghe metalliche e, in particolare, quelle ferrose e, dall'altro, quello dei nuovi leganti, delle nuove malte da cui scaturirà, in seguito, il cemento armato. Mentre le leghe ferrose trovano impiego, nel campo dell'edilizia o di settori a questa molto vicini, già dai primi decenni dell'Ottocento, per l'utilizzazione del cemento, nel campo delle costruzioni architettoniche, bisogna aspettare ben oltre la metà del secolo.

Quando si parla di leghe ferrose, naturalmente, per essere precisi dal punto di vista scientifico e tecnologico, bisogna dire che qui si fa riferimento alle leghe ottenute per fusione da materie prime contenenti ferro e carbonio. I prodotti tipici che si ricavano da procedimenti di questo tipo sono il ferro dolce, la ghisa e l'acciaio. Si tratta di materiali che si ottengono man mano che i processi di lavorazione industriale si affinano e vengono individuate specifiche soluzioni - e macchine - in grado di assicurare una sempre maggiore precisione dal punto di vista tecnologico e della composizione percentuale degli elementi costituenti la soluzione di base dalla quale trae origine la lega. All'inizio del secolo v'è soprattutto produzione massiccia di ghisa data la grossolanità e l'imprecisione dei sistemi di combustione che all'epoca si rendevano disponibili. Non si riusciva, infatti, ad assicurare quel grado di affinamento necessario a limitare in maniera sostanziale la percentuale di carbonio nella soluzione solida finale che

costituiva la lega. La ghisa, nonostante le sue alte caratteristiche fisico-meccaniche di resistenza alla compressione, proprio in conseguenza dell'alta percentuale di carbonio, non era, in definitiva, un prodotto radicalmente innovativo a causa della sua fragilità e, soprattutto, della sua sostanziale mancanza di elasticità e dell'incapacità di resistere ugualmente bene alla sollecitazione di trazione come a quella di compressione. Il materiale realmente innovativo è, infatti, l'acciaio che, contrariamente alla ghisa, presenta un ottimo comportamento non soltanto alla compressione ma anche alla trazione ed è, come il legno, altamente elastico.

Tutte queste circostanze permettono di concepire strutture edilizie completamente diverse da quelle del passato e di pensare organismi architettonici nei quali gli elementi costruttivi sono in grado di adeguarsi sia alla compressione che alla trazione in maniera pressoché equivalente. Permettono, di conseguenza, di sostituire tutti i componenti edilizi, originariamente pensati per essere costruiti in legno, con altri innovativi realizzati in acciaio. Mettono, inoltre, i progettisti in condizione di concepire strutture e sistemi edilizi capaci di sostenere -ed è questo l'aspetto più interessante - delle sfide ardite ai limiti tradizionalmente imposti alle costruzioni. La torre Eiffel è uno dei primi simboli di questa rivoluzione tecnologica. Ed è, allo stesso tempo, uno dei simboli più importanti del nuovo linguaggio architettonico e dell'epoca moderna.

Ma perché il nuovo materiale acciaio possa essere immesso sul mercato e consentire l'adozione di questi nuovi metodi di progetto e di costruzione è necessario, come si accennava, che vengano ideati dei processi di radicale trasformazione del prodotto iniziale ghisa, capaci di sottrarre a questa carbonio. Il processo ideato da Bessmer e poi quello Thomas rappresentano delle importanti tappe nell'evoluzione tecnologica.

A questo primo raggruppamento di materiali da costruzione si affianca, come s'è detto, quello dei nuovi leganti derivati da un'affinazione della lavorazione delle calci a temperature molto più elevate che porteranno, in seguito, alla creazione del cemento ottenuto per via artificiale.

Questo materiale è, poi, quello che ha maggiormente inciso - sia sul piano qualitativo e che su quello quantitativo - sull'aspetto delle odierne città. Anzi, si può dire che i manufatti in cemento armato sono diventati tanto comuni nel campo dell'edilizia da rappresentare una vera e propria invasione dei tessuti urbani di nuova formazione e, in generale, di tutto il territorio edificato. Si può affermare, senza ombra di dubbio, che il cemento armato ha invaso il territorio, l'ha distrutto, lo ha divorato. A questo proposito va fatta, però, una precisazione. Il lato negativo di tutto ciò non sta, ovviamente, nel materiale in quanto tale e nei sistemi costruttivi che esso induce, nella tecnologia che lo caratterizza. L'elemento negativo sta nell'uso che se ne è fatto, indiscriminato, massivo, acritico, scellerato. E questo, a ben riflettere, è la conseguenza di un insieme di cause che sarebbe troppo lungo qui analizzare in dettaglio ma che, in breve, può riassumersi nella mancanza di una adeguata e diffusa cultura tecnologica del progetto sia da parte degli operatori specifici del settore che della classe dirigente e politica in quanto tale.

Ma, tralasciando questa discussione che ci porterebbe troppo lontano dagli obiettivi e dai limiti di questo scritto, tutto quello cui s'è fatto finora cenno ci permette

di comprendere, con chiarezza, l'importanza che i materiali da costruzione rivestono non soltanto sul piano tecnologico-costruttivo e progettuale ma finanche a scala urbanistica. Non sarebbe stato possibile, infatti, ampliare a dismisura ed in maniera così massiccia le città ottocentesche dal vecchio impianto -ancora in gran parte risalente al periodo medioevale - allo stato attuale;

questo è stato possibile anche grazie alla presenza di tecniche costruttive più rapide ed efficienti di quelle tradizionali.

Alla luce di queste considerazioni appare evidente come esista un rapporto profondo tra i materiali da costruzione, la forma dell'architettura e lo sviluppo del progetto architettonico sia sul piano qualitativo che su quello quantitativo.

Per i tremila anni precedenti alla "rivoluzione industriale", a cominciare dalle più antiche costruzioni che risalgono all'era neolitica e, cioè, i primi sistemi trilitici, fino a giungere alle cupole ardimentose del Pantheon e di Santa Maria del Fiore, sostanzialmente i materiali da costruzione sono sempre gli stessi. In questa prima fase esiste un grande salto d'intelligenza, quando si passa dai sistemi architravati a quelli voltati, perché si intuisce che il materiale lapideo può lavorare meglio con questi ultimi. Come è noto il materiale lapideo, in questa seconda eventualità, è sottoposto prevalentemente a sforzo di compressione -cui resiste meglio per sua "vocazione" naturale - ed è dunque impiegato più correttamente e permette soluzioni architettonico-tecnologiche più spinte e complesse. I sistemi voltati utilizzano il materiale lapideo sotto forma di pezzi discreti, detti conci, al posto dei grandi massi monoblocchi necessari per realizzare gli architravi, che, in ogni caso, non potevano mai raggiungere luci troppo estese.

Le grandi rivoluzioni, nella storia delle costruzioni, sono, di conseguenza, sostanzialmente due: quella ora detta e quella conseguente all'introduzione, lungo il corso dell'ottocento, dei materiali nuovi. Si tratta di rivoluzioni di non poca portata, come si è tentato di mettere **in** evidenza in tutto quello che finora s'è detto.

Noi ci occuperemo di studiare i materiali da costruzione da questo particolare punto di vista e del ruolo che essi giocano nella definizione del progetto di architettura cercando, inoltre, di comprendere in che modo l'architetto sia andato affinando le metodologie di progetto e come queste siano state condizionate dai materiali adoperati nelle costruzioni e dalle relative tecnologie. E, dunque, ciò che ci guiderà nello studio non sarà tanto la curiosità della ricostruzione storiografica dei fenomeni nel campo dell'architettura e delle costruzioni, quanto, piuttosto, la necessità di ricostruire l'identità culturale di un nobile mestiere - quello dell'architetto, per l'appunto - e le strumentazioni -metodologiche, tecnologiche, culturali - a sua disposizione.

Senza la materia e senza la sua trasformazione non è possibile far nulla di tangibile e di durevole nel tempo. Ecco perché il lavoro che si svolge in un Laboratorio di *Costruzione dell'architettura* che abbia come sua materia caratterizzante quella che si occupa di *Materiali da costruzione e progettazione di elementi costruttivi* riveste una grande importanza professionale e culturale nella formazione dell'architetto e della identificazione delle competenze specifiche del suo mestiere.

E' indispensabile questa particolare forma di conoscenza a meno di non voler ricoprire quel ruolo, in parte subalterno ad altre figure professionali, che appunta la sua



attenzione soprattutto su questioni formali senza sapere come la forma possa concretizzarsi, da dove derivi e come possa giustificarsi. In questo senso il telaio in cemento armato, per la sua massiccia diffusione e per la sua "banalità" sul piano logico-costruttivo e progettuale, rappresenta una sorta di vero e proprio "disastro" professionale che fùnge, nella maggior parte dei casi, da paravento alla mancanza di competenza e professionalità di un mestiere sbagliato e mancante di una adeguata cultura specifica e tecnologica.

Passare dal sistema architravato a quello voltato, come si è detto e si è visto in dettaglio negli studi già effettuati dagli allievi del primo anno di corso, ha rappresentato una grandissima rivoluzione non soltanto dal punto di vista della genialità progettuale e costruttiva ma anche, e soprattutto, dal punto di vista formale. Con il sistema architravato si era limitati, dal punto di vista progettuale e tipologico-formale, a sistemi strutturali, costruttivi ed organizzativi dello spazio decisamente bloccati. Il tempio greco è la massima espressione possibile per questo tipo di architettura. Bisogna invece riflettere sullo straordinario significato che un sistema a cupola acquista dal punto di vista spaziale, espressivo ed architettonico. E', infatti, difficile definire in poche parole che cosa rappresenti, sul piano formale, ideale, architettonico, simbolico e tecnologico la cupola di Santa Maria del Fiore inventata da Arnolfo di Cambio e messa in opera, con un sistema che ha ancora ai nostri occhi dell'incredibile, da Filippo Brunelleschi con il suo grande diametro di impostazione e la distanza che si raggiunge tra la lanterna ed il suolo. Sono ormai 500 anni circa che essa domina il panorama fiorentino senza accennare ad alcun dissesto di qualche rilievo trasformandosi, nel tempo, nel simbolo non soltanto di quella città ma di un'intera stagione dell'architettura e dell'arte. Questo, in qualche maniera, sta a sottolineare il valore e il grande significato che può raggiungere la ricerca nel campo del progetto di architettura.

Se, al contrario, ci si sofferma sul telaio in cemento armato e l'architettura - si fa per dire - che è stata costruita in maniera massiccia nelle periferie delle grandi città, si vede lo scadimento sul piano intellettuale e culturale che segna la nostra epoca, l'avvilimento senza fine nel quale è caduta la scienza del progetto. Una delle motivazioni principali di questo scadimento è proprio la mancanza di consapevolezza della storia alla quale apparteniamo come intellettuali ed architetti e soprattutto, l'appiattimento di tutte le metodologie progettuali su schemi precostituiti, dati una volta per tutte, banali, scontati, privi di qualsiasi ricerca ed approfondimento.

E' dunque chiaro che la radicale rivoluzione che, mediante l'introduzione dei nuovi materiali, viene introdotta lungo il corso dell'Ottocento non ha un valore immediatamente positivo. Essa certamente ha rappresentato e rappresenta soprattutto una possibilità. Ma, in una grande quantità di casi, all'evoluzione della tecnologia e dei materiali non ha sempre corrisposto un'altrettanta sapiente e controllata evoluzione dei sistemi edilizi. Anzi, alla luce delle considerazioni che precedono si può dire che, con molta probabilità, l'intelligenza che è riposta nella costruzione dei sistemi tradizionali è molto più spinta che non quella che segna il progetto di sistemi edilizi moderni ed "innovativi".

Ma, al di là di queste considerazioni, a noi interessa comprendere le cause dei fenomeni e collocare il nostro punto di osservazione da un'angolazione scientifica.

Il cambiamento di cui stiamo parlando non ha, nell'evolversi della "rivoluzione industriale", immediatamente origine nel campo della tecnologia delle costruzioni. E questa sembra essere una specie di legge generale che segna particolarmente l'epoca moderna: i grandi mutamenti sembrano, infatti, sempre verificarsi in settori estranei all'architettura traendo origine da cause di tipo economico, produttivo, sociale, a seguito di domande più ampie, più forti, più potenti che, soltanto in un momento successivo fanno avvertire la loro presenza ed urgenza all'interno della scienza del progetto di architettura.

In realtà, come già si anticipava, succede qualcosa di straordinario nel corso del '700. Accade che, lungo il corso di questo secolo, viene mutando, radicalmente, il sistema produttivo. Con l'introduzione di un oggetto estraneo alla tradizione produttiva dell'uomo - e, cioè, della macchina - cambia tutto il sistema di lavoro e creazione dei manufatti. Il tipo di produzione tradizionale artigianale viene soppiantato, in un arco di tempo relativamente breve, da un sistema completamente diverso - oggi dominante - che è quello industriale. Nasce una figura imprenditoriale totalmente nuova, un soggetto economico-produttivo che acquista una o più macchine e non produce beni autonomamente ma **in** base alla prestazione di lavoro da parte di altri che non sono possessori dei mezzi di produzione.

Le prime macchine che vengono immesse in maniera massiccia in ambito lavorativo sono i telai automatici o semiautomatici (telai Ja-card) in Inghilterra. Nascono le prime fabbriche di produzione di tessuti e stoffe. Si assiste, dunque, ad un primo tentativo di industrializzazione dei filati come seta, cotone, ecc. basato sull'adozione, su larga scala, di macchine tessili. Da questo settore, a poco alla volta, l'uso delle macchine si estende anche ad altri settori produttivi perché si comincia a comprendere quali grandi vantaggi questo tipo di organizzazione del lavoro può consentire - dal punto di vista del profitto per l'aumento considerevole sul piano quantitativo - rispetto a quella artigianale.

La questione che, però, immediatamente si pone è quella dell'evidente perdita di qualità del prodotto industriale rispetto a quello artigianale. Il vantaggio di tipo economico rende, però, del tutto secondario quest'ultimo aspetto. Ed è proprio in questa discrasia quantità-qualità che si introdurranno gli architetti lungo tutto il corso del '900 assumendo un ruolo estremamente importante e significativo nel dibattito che si accese.

Ma, durante il corso dell'Ottocento, la cultura architettonica è ancora invischiata in accademiche discussioni sull'ottimizzazione dello "stile" anche se i nuovi materiali iniziano a fare la loro comparsa nelle costruzioni edili. Elementi in ghisa iniziano timidamente ad essere introdotti nelle costruzioni. Dapprima questo materiale viene utilizzato in alcune realizzazioni particolari come le serre e i ponti. Realizzazioni di poco conto, perché trattandosi di un materiale dal costo relativamente basso, venne soppiantando il legno. Poi, a poco alla volta, si sviluppa una ricerca di tipo scientifico e teorica nel campo della scienza delle costruzioni che segna, a sua volta, una differenza radicale tra l'epoca moderna e quell'antica. La prima, quella moderna, segnata dall'idea - forse l'utopia - del controllo assoluto della forma e della costruzione basato su metodi analitico-matematici, la seconda, quell'antica, fondata prevalentemente, se non esclusivamente sull'intuizione e la sperimentazione continua.

In questo periodo si sviluppano, assieme alla produzione dei nuovi materiali, i sistemi scientifici di controllo della costruzione. Tutto ciò non si impone immediatamente; si tratta, piuttosto, di un processo lento. La ghisa, per fare un esempio concreto, poco si adatta alle velleità di autorappresentazione proprie della borghesia. Si tratta di una classe in ascesa che desidera, per così dire, "nobilitarsi", costruire una veste formale alla sua natura economico-mercantile. Il ricco borghese, mercante, imprenditore, ha desiderio di forma. Vuole delle case che non ricordino più l'umile origine legata ai borghi medioevali, quelle case d'origine a schiera su lotti lunghi e stretti, a due piani, prive di luce e assolutamente scomode. Desidera costruzioni che, in qualche modo, ricordino gli splendidi palazzi della nobiltà rinascimentale, le ville di Andrea Palladio, da un lato; ma, dall'altro, l'anima borghese rimane - contrariamente alla nobiltà che non ha mai prodotto alcunché ma ha vissuto soltanto di rendita, tasse e gabelle - legata al denaro, che è la sua vera, profonda anima; e, dunque, cerca un compromesso tra il desiderio di forma e il profitto, la voglia di automagnificarsi e la paura di essere privata del suo reale strumento di potere che è il danaro, il capitale.

Insomma, il mercante borghese sa di non poter pretendere per sé il fasto di case regali come quelle di Versailles o di Caserta, eseguite da architetti prestigiosi come Vanvitelli. Non è più il tempo ne appartiene alla loro mentalità. Nella loro ristretta visione del mondo, attenta all'accumulazione ed al profitto economico, nel loro piccolo universo di significato, i borghesi, desiderano delle case, degli oggetti ed una città che siano formalmente rimarchevoli ma che tutto ciò sia, soprattutto, economicamente conveniente.

E' in questa luce che si possono comprendere i cosiddetti *Revi-vais* stilistici che nascono lungo il corso dell'800, pasticci stilistici che, pur facendo largo uso di tecnologie moderne e materiali nuovi come ghisa prima ed acciaio poi, adottano uno stile di superficie (di pellicola sarebbe più giusto dire) che imita le forme esteriori di periodi stilistici della storia dell'architettura ereditati dal passato. Ragionare sull'inutilità e sulla "falsità" di questa tendenza è stato uno dei compiti principali dell'architettura moderna del '900 ormai fin troppo noto per insistere ulteriormente in questa sede.

Nascono, così, nei paesi industrializzati, in Inghilterra prima, ma poi in Francia, i *Revivais di stile*; e non mancano le polemiche tra i sostenitori dell'uno o dell'altro stile. In Inghilterra vede luce il cosiddetto *Gothic Revival* che ha come suo principale obbiettivo quello dell'utilizzazione, su larga scala, dello stile gotico. Ma prende consistenza, nella stessa Inghilterra, anche il cosiddetto neo-palladianesimo, che ha il rinascimento di Andrea Palladio come modello ineguagliabile di perfezione formale.

Lo scopo ultimo di ogni *Revival* è quello di mascherare la reale struttura costruttiva dell'edificio. Si arriva a sostenere, in sede critico-teorica, che deve esistere uno stile per ogni funzione dell'edificio (gotico per un municipio, classico per una villa signorile e così via). E' del tutto ovvio che si tratta di argomentazioni che non poggiano su teorie di un qualche spessore. Si tratta, il più delle volte, di argomentazioni assolutamente inconsistenti e banali. L'architettura, da scienza e sperimentazione continua del buon costruire, del costruire secondo "la regola dell'arte", diventa scelta di gusto e basta. Non si tratta, evidentemente, di un periodo positivo per gli architetti.

Questo clima perdura per molto tempo e fino a spingersi ai limiti d'inizio di quello

che va sotto il nome di Movimento Moderno in architettura.

Dal nostro punto di vista didattico-disciplinare la cosa che maggiormente salta agli occhi è questo uso improprio e scorretto dei materiali da costruzione. I materiali vengono mascherati. Le tecnologie costruttive innovative sono adottate ma rifiutate nella loro integrità dal punto di vista formale. Gli unici che svolgono un discorso "sincero" nel campo delle costruzioni sono gli ingegneri. Non per scelta ma perché, per loro propria mentalità, non hanno granché in conto il problema estetico connesso agli edifici. Ed allora, proprio per questa motivazione, utilizzano i materiali nuovi per quello che sono, rivitalizzando uno dei principi di fondo della storia delle costruzioni (le tecnologie costruttive sono di per se stesse motivazioni formali) il quale diventerà uno dei fondamenti dell'architettura "moderna". Questa circostanza è, d'altro canto, favorita dal fatto che gli interventi cui gli ingegneri si dedicano (ponti, pensiline ferroviarie, serre, strutture industriali, ecc) non sono oggetto di valutazione estetica da parte della critica ufficiale così come gli edifici urbani civili e, quindi, sfuggono tra le maglie di questa e possono, paradossalmente, cominciare a porre le basi del nuovo gusto "estetico" ed architettonico che troverà sua piena espressione nell'architettura del '900.

In tutti questi casi i materiali nuovi vengono adoperati in maniera semplice, senza grandi problemi stilistici. I primi ponti ostentano, quindi, la struttura in bell'evidenza, i fazzoletti di collegamento e le loro chiodature, le travi composte di pezzi giuntati seguendo la sola logica della struttura e del buon equilibrio e così via. Bisogna inoltre notare che si tratta, poi, di strutture che oggi non mancano di apparire anche eccessive. Questo in parte è dovuto al fatto che si trattava di ghisa o acciaio molto meno spinto sul piano delle caratteristiche tecnologiche di resistenza e, dunque, proporzionato su sezioni resistenti molto esuberanti rispetto a quello che è attualmente possibile. L'acciaio dell'epoca non possedeva le caratteristiche meccaniche-tecnologiche cui può giungere oggi; si trattava, nella maggioranza dei casi, di leghe con un'alta percentuale di carbonio e, dunque, di ghise sprovviste delle caratteristiche di elasticità dell'acciaio.

Questo superdimensionamento del ferro in elementi complessi e composti, non saldati ma chiodati o bullonati, conferisce, alle realizzazioni ottocentesche, un caratteristico aspetto che può vagamente pretendere anche l'appellativo di stile "protoindustriale". Circostanza che appare particolarmente evidente nei ponti, grandi strutture metalli-che con elementi esorbitanti lasciati in vista senza alcuna preoccupazione di coprirli con stucchi o altro espediente formale. Queste costruzioni possono, a ben diritto, considerarsi le prime opere moderne, nel senso che in esse è pienamente presente quella che assumerà il ruolo di ideologia formale caratteristica e specifica dell'architettura moderna. Questa si distingue dal passato per molte motivazioni. Una delle principali è proprio la cosiddetta "sincerità espressiva" dei materiali da costruzione. Su questi argomenti quasi tutti i Maestri del Movimento Moderno si sono espressi favorevolmente da Gropius a Loos, a Wright, Aalto, Taut e così via.

Le serre, dal canto loro, non occupano un posto di secondo piano. Si tratta di costruzioni estremamente diffuse nei paesi nordici erette allo scopo di creare climi artificiali in cui immagazzinare piante che ricordano i climi più caldi e i colori splendidi del mediterraneo. Le serre rappresentano degli episodi costruttivi che, per la loro natura estranea all'architettura ufficiale, subiscono una sorte molto analoga a quella

dei ponti dal punto di vista formale e costruttivo. Anche in questo caso i nuovi materiali ferrosi, accoppiati al vetro in lastre (che si era cominciato a produrre a livello industriale sotto forma di lastre stirate a partire dalla metà del '700) danno luogo ad uno degli spunti formali -sarebbe il caso di dire un vero e proprio linguaggio specifico - più importanti dell'architettura moderna. Due materiali antichi quali il ferro e il vetro, una volta prodotti dall'industria con caratteristiche diverse ed accoppiati assieme, danno luogo ad una delle più felici soluzioni costruttive dell'epoca moderna, quello che potrebbe definirsi un materiale del tutto nuovo, che ha permesso, nel corso del '900, felicissime realizzazioni architettoniche assolutamente innovative dal punto di vista tecnologico e formale. Il vetro, dunque, non è più considerato, nell'architettura moderna, come un materiale "accessorio" di alcuni elementi costruttivi ma assume pienamente il ruolo di materiale da costruzione.

Questo nuovo modo di concepire materiali antichi inizia durante il corso dell'800 quando, le leghe ferrose prima e, successivamente, il cemento armato permettono la definizione di un linguaggio formale innovativo, pienamente moderno. L'utilizzazione massiva di questi materiali, come si è avuto modo di ricordare, provoca un cambiamento radicale sia dal punto di vista qualitativo che da quello quantitativo della forma dell'architettura e del territorio. Imparare a conoscere questi materiali e, soprattutto, imparare ad utilizzarli saggiamente nel progetto è uno dei compiti principali che si pongono all'attenzione dell' allievo-architetto alle prime anni con la progettazione architettonica.

## La tecnica del progetto di architettura

L'attività principale di un architetto è, com'è ovvio, quella di progettare, quindi sembra certamente ragionevole mettersi d'accordo, in via preliminare, sul senso da attribuire alla parola "progetto". E questa non è faccenda da poco perché ciò presuppone di entrare immediatamente nella logica del progettista e, quindi, di comprendere quali siano le fasi di un progetto, come sia possibile eseguirlo, quali siano le strade (intellettuali, cognitive, tecniche, normative, legislative e professionali) da percorrere e, alla fine, cercare di commettere il minor numero possibile di errori. E' anche vero che contribuisce non poco a questa confusione iniziale l'idea di fondo che quasi sempre ci accompagna - e che ci è stata tramandata, soprattutto dalla cultura ottocentesca - che il progetto sia, prima di ogni cosa, il risultato di una grande istanza creatrice, di uno slancio fantastico, insomma della capacità immaginativa dell'uomo.

Tutto ciò, almeno in parte, è certamente vero. Avere fantasia e creatività, essere disposti a mettere continuamente in crisi gli obiettivi che si sono appena raggiunti, riconsiderare parti del ragionamento compiuto in un costante e continuo processo di verifica - di *feed back* si direbbe in cibernetica - sembra pienamente appartenere alla cultura del progetto, al mestiere specifico dell'architetto. Ma è vero anche che il progetto è un'attività dell'uomo che si *impara* e che l' "arte del progettare" è trasmissibile, codificabile, ammette, cioè, delle regole e che queste, proprio in quanto tali, non possono che essere fisse, stabilite una volta per tutte. Conviene, dunque, prima di qualsiasi altra cosa, rendersi conto di un primo fatto fondamentale: tutto ciò che è immaginario, fantastico ed appare, alla conclusione dell'iter progettuale, come il prodotto esclusivo dell'immaginazione e della creatività ammette, comunque, un insieme normativo fondamentale di riferimento o, come più banalmente si suole dire, delle *procedure codificate*. La stessa spiccata attitudine di costante verifica che appartiene alla specifica mentalità dell'architetto, che mette continuamente in discussione il già fatto, ha delle regole fisse, delle metodologie che devono essere pienamente possedute dal progettista.

E, dunque, nel corso dello studio che qui si sta intraprendendo non ci si dedicherà a coniugare la "grande poesia" del progetto ed attingere ad una non ben identificata fonte dell'"arte" nel senso ottocentesco del *sublime* quanto piuttosto ad acquisire una *tekhne*, un'"arte del fare", un mestiere, insomma, in una sorta di vaga reminiscenza della "bottega" di rinascimentale memoria, per imparare le regole del progetto e perché si possa, poi, correttamente costruire.

Una definizione di architettura che, in qualche modo, si inserisce in questo discorso ed avvalorava quello che si sta qui sostenendo è quella fornita da Camillo Sitte<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> cfr. Camillo SITTE, *Die Städt-Ban nach seinen Künstlerischen Grundsätzen*, ti. di R. Della Torre, *L'arte di costruire la città, l'urbanistica secondo i suoi fondamenti artistici*, Jaka Book, Milano, 1984

che intende l'architettura soprattutto come *Stadtbaukunst*, termine che, alla lettera, significa "arte di costruire la città". Questa definizione è "tendenziosa", cioè partigiana, perché implica un'interpretazione delle finalità del mestiere di architetto, nel senso che più innanzi verrà precisato. Per ora basta osservare, a questo proposito, che con quest'affermazione si vuoi dire che la definizione è, ancorché scientificamente valida, ideologicamente pregnante. E', in altri termini, certamente autentica ma racchiude in sé un'intenzionalità aggiuntiva che connota il lavoro dell'architetto in un modo piuttosto che in un altro, lo orienta verso certe scelte, certe soluzioni, certi ben determinati atteggiamenti culturali e non altri. Quali questi siano, per l'appunto, lo analizzeremo in seguito.

E' importante rivendicare quest'autonomia ideologica del progetto e del progettista in un'epoca come la nostra che della tecnica disimpegnata, "super partes" fa una sorta di ineluttabile necessità. Noi non crediamo all'esistenza di una tecnologia e di una progettazione prive di motivazioni ideologiche e completamente staccate dalle implicazioni storiche, dagli interessi e dai condizionamenti esterni. Le definizioni di tecnologia e di progettazione che ci sentiamo qui di adottare sono implicitamente contenute in quanto Eduardo Vittoria ha scritto tempo fa:

"La progettazione concreta della scienza, strutturante una diversa condizione della realtà che soppianta la dinamica tradizionale dello sviluppo umano è la tecnologia. Essa configura quell'insieme di azioni genericamente intese con il nome di progresso tecnico-scientifico, nel momento in cui queste non coincidono più con il solo processo di industrializzazione del lavoro ma tendono a rappresentare le stesse conclusioni vitali dell'intero processo conoscitivo. E la tecnologia diventa una energia al di fuori di ogni legge statica e di ogni tema condizione naturale; il progresso che sollecita non collima più con i fini di un sistema socioeconomico ma con un processo di ricerca continua su tutti gli elementi fondamentali (leggi della natura e della vita) dati e non più accettati."<sup>2</sup>

Da queste parole emerge con chiarezza la convinzione che, in una fase avanzata e matura del processo di crescita intellettuale e culturale degli uomini, la tecnologia finisce per oltrepassare i limiti angusti ed asettici della "strumentazione tecnica", in tutto e per tutto accomodante con l'ordine costituito, per trasformarsi in un vero e proprio processo di autocoscienza, una sorta di "energia" disponibile alla "ricerca continua" e, cioè, all'autoverifica, alla messa in discussione costante ed impietosa degli equilibri consolidati nel mondo sociale, ivi compresi anche gli interessi del mercato e delle prospettive della grande industria. Da questo punto di vista la definizione di Camillo Sitte che prima si proponeva ci sembra oltremodo convincente perché dichiara, in maniera esplicita, la sua appartenenza ad un'area ideologica piuttosto che ad un'altra, la sua natura culturale. Noi saremo, nelle nostre riflessioni, per una tecnologia dichiaratamente schierata verso certe scelte piuttosto che altre proprio come una ventina di anni fa circa Vittoria annunciava nel suo articolo.

La definizione di Sitte conferisce, dunque, all'architettura il potere di costruire

---

<sup>2</sup> Eduardo VITTORIA, *Tecnologia, progettazione, architettura*, in "Casabella", n. 375

tutta la città. La città, per Sitte, dev'essere edificata partendo dai punti di vista della disciplina architettonica e non da altri (potere politico, economico, di gruppi socialmente emergenti, ecc.). Com'è noto, almeno nel panorama italiano degli ultimi trent'anni, la concreta costruzione della città è dovuta a figure professionali che poco hanno avuto a che fare con l'architettura. E, dunque, l'affermazione di Sitte acquista un significato di rilievo se confrontata con il panorama attuale della pratica costruttiva della grande città, dove le strade per governarne la forma e l'architettura sono state, in concreto, ben diverse e, in specie nel meridione, molto spesso addirittura fuori legge. La percentuale di cubatura realmente costruita firmata dagli architetti, vale la pena qui ricordarlo, è assolutamente irrilevante rispetto a quella imposta dalla speculazione edilizia o da altre figure professionali o, come sempre più spesso accade, dalle società di ingegneria, direttamente legate a grandi interessi finanziari.

Ma, tralasciando l'immediatezza polemica di questi ultimi aspetti, bisogna affermare con forza che il nostro lavoro intellettuale di architetti progettisti vuole apertamente schierarsi a favore di una società futura dove queste contraddizioni, assieme a tante altre non meno importanti e condizionanti, siano finalmente risolte. Di conseguenza, la nostra attenzione sarà appuntata, sul piano didattico, verso la comprensione delle regole del buon costruire in accordo con lo sviluppo e la liberazione dell'uomo da qualsiasi gioco, dal regno della necessità e della sfrenata competizione, in armonia con l'ambiente e gli esseri viventi che lo abitano.

Ciò premesso, come si diceva, il primo compito che si pone alla nostra attenzione è quello di comprendere che cosa significa la parola "progetto".

Se si volesse iniziare un corso di apprendimento delle tecniche del progetto di architettura, sarebbe conveniente che l'incipit fosse rappresentato da un'esercitazione libera, nella quale, cioè, dare libero corso ai pensieri così come questi affiorano alla coscienza con immediatezza, senza imporre modelli o schemi precostituiti, cioè basandosi soltanto sulle informazioni che si sono, accumulate dentro di noi. Si permetterebbe, in questo modo, a tutti i luoghi comuni che si sono raccolti automaticamente al nostro interno di manifestarsi. Non c'è, a questo punto, da farsi tante illusioni sull'esito di questo primo esperimento: si renderebbero evidenti soprattutto i pregiudizi, i modelli stereotipi interiorizzati senza esserne coscienti, in una parola quelli che noi definiamo veri e propri "errori". Dal che dovremmo, gioco forza, dedurre che il processo di apprendimento delle metodologie progettuali è un sentiero pieno di trappole. Come dire?, è necessario caderci dentro almeno una volta per poi evitare, nel seguito, di cadervi nuovamente. Gli errori, proprio sul piano dell'apprendimento, sono indispensabili alla comprensione; purché siano immediatamente analizzati dal punto di vista critico e entrino a far parte dell'esperienza del progettista. Ma, naturalmente, anche per la definizione di un metodo estremamente pragmatico, come quello che si è rapidamente ora descritto, sono necessarie alcune precisazioni preliminari, altrimenti non si sa proprio da dove iniziare.

Noi cominceremo dal punto di vista linguistico. "Progettare" è una parola che proviene dal latino *proiectare*. Intanto la definizione precisa del termine suona nel modo che segue:



"progettare = ideare e studiare, in rapporto alle possibilità ed ai modi di attuazione o di esecuzione".<sup>3</sup>

Sul piano fonetico la parola "progetto" rimanda, inoltre, alle parole latine *proiectus* (proiettile) e *proiecto-ionis* (proiezione) le quali richiamano, sul piano delle immagini, una operazione di lancio, di proiezione in avanti, lontano. Quindi, sul piano dell'immaginario linguistico, la parola "progetto" assume compiutamente il senso di "proiezione" di un qualcosa che è tesa a spingersi oltre i suoi limiti attuali o "naturali". Per questo il progetto, in qualche modo, è molto simile ad un'attività utopistica. Progettare significa inventare qualcosa che non c'è e, quindi, significa organizzare il futuro - se non altro una sua piccola porzione - e, dunque, procedere proprio come si fa con l'utopia.

La parola "utopia", non-luogo, riportata in un contesto nel quale si parla degli aspetti concreti, tecnologico-costruttivi del progetto di architettura, non deve spaventare; essa viene qui utilizzata nel suo significato progressivo, per l'appunto progettuale e non nella sua volgarizzazione di fantasticherie senza senso, proprio come una approfondita discussione in sede teorico-filosofica, che prende le mosse da studi come il *Geist der Utopie* del 1919 di Ernst Bloch, ha finalmente sancito; essa, dunque, finisce, in larga misura, per coincidere con il progetto<sup>4</sup>. La cosa progettata, infatti, non ha luogo concreto se non nel pensiero dell'uomo, proprio come accade per l'utopia. L'attività del progetto crea, dunque, qualcosa dal nulla ed è, per questo, certamente tra le attività più belle ed affascinanti che si possano svolgere. Naturalmente ne stiamo parlando in termini generali e, quindi, ci si può riferire tanto al progetto di architettura, come ad un qualsiasi altro tipo di progetto di idee, letterario, artistico, politico e così via.

---

<sup>3</sup> Giacomo DEVOTO, Gian Carlo OLI, *Dizionario della lingua italiana*. Le Monnier, Firenze, 1978

<sup>4</sup> Una bibliografia generale sugli studi sull'utopia e sul senso che essa assume cui si sta qui facendo cenno sarebbe certamente sterminata; ci limitiamo, pertanto, agli studi più recenti e significativi. Per il senso che assume il termine "utopia concreta" cfr. Ernst BLOCH, *Geist der Utopie*, F.a M. , 1964 (t.i. di V.Bertolino e F.Coppellotti, La Nuova Italia, Firenze 1980); per un'analisi complessiva del pensiero utopistico blochiano vedi pure "Aut-Aut", n. 173-74, settembre-dicembre 1979 e, ancora, Alessandro De PAZ, *Arte, utopia, politica*, in AA.VV. *Forme dell'utopia*. La Pietra, Milano 1979; cfr., ancora, AA.VV. *L'utopia e le sue/orme*. Il Mulino, Bologna 1982. Per il senso generale che assume l'utopia di Bloch in relazione alle utopie architettoniche mi permetto di rimandare al mio *La cattedrale del futuro. Bruno Taut 1914-1921*, Officina, Roma 1982, p.45 e ss.. Per Bloch vedi ancora: Stefano ZECCHI, *Utopia e speranza nel comunismo*, Feltrinelli, Milano 1975 e Giuseppe PIRO-LA, *Religione e utopia concreta*. Dedalo, Bari 1977. Per il concetto di "immaginario sociale" cfr. B.BACZKO, *Lumières de l'utopie*, Paris 1978; in particolare il cap.I; un'accorta analisi del significato del lavoro di BACZKO è nel saggio di Alessandro DAL LAGO, *Fortezze e labirinti. Utopie e costituzione del mondo sociale*, in "Aut-Aut", n.186, novembre-dicembre 1981, p. 19 e ss. La bibliografia su Walter Benjamin è vastissima; ricordo, per il particolare aspetto qui richiamato, il numero, a lui dedicato, in "Aut-Aut", n. 189-90, maggio-agosto 1982 dal titolo *Paesaggi benjaminiani* contenente saggi di J.Derrida, G.Agamben ed altri. In particolare cfr. P.SZONDI, *Speranza nel passato*. Su Walter Benjamin, p.10 e ss.. Remo BODEI, *Le malattie della tradizione. Dimensioni e paradossi del tempo in Walter Benjamin*, p.165 e ss; vedi anche Franco RELLA, // *silenzio e le parole*, Feltrinelli, Milano 1981, cap.3, p.138 e ss. Ancora su Benjamin cfr. A.ILLUMINATI, *Benjamin e Parigi*, in "alfabeta", n.54, novembre 1983, p.3 e ss.

Progettare è, dunque, un'attività propria dell'uomo. Anzi, si può dire di più: che non può esistere attività dell'uomo senza progetto. Ma si potrebbe obiettare che anche alcuni animali progettano; i castori, ad esempio, quando erigono le loro dighe sui fiumi, le api il loro alveare, le termiti i loro intricatissimi labirinti-tanè e così via. Ovviamente, la progettazione eseguita dall'uomo è molto più sofisticata e complessa e, così, d'istinto, il paragone con gli animali non sembra reggere del tutto. La progettazione eseguita dall'uomo è specificamente un'attività intellettuale, logica, ed è, di conseguenza, un intrico di pensieri e di soluzioni possibili, una fuga continua di domande che si accavallano e si aggrovigliano tra loro. Essa è una delle componenti fondamentali dell'attività cerebrale dell'uomo presa nel suo complesso.

Ma, dell'attività cerebrale dell'uomo e delle sue specifiche modalità noi conosciamo molto poco; come a dire che sappiamo molto poco di noi stessi. La domanda è, allora: come facciamo a parlare di una cosa che conosciamo molto poco? In tutti i casi in cui non abbiamo sufficienti informazioni, per procedere nella conoscenza dobbiamo immaginare, supporre, formulare delle ipotesi. Ed ecco che, allora, anche nel campo del progetto di architettura, ci lanciamo in un'operazione complessa di supposizioni, inventiamo soluzioni e strategie, formuliamo continuamente ipotesi le quali sono perennemente messe in crisi e lasciano il posto ad altre nuove. Per questo motivo tutto quello che si dirà tra poco è ipotetico, suscettibile di verifica, per certi versi addirittura opinabile. Formuleremo, insomma, delle ipotesi sui meccanismi di formazione del progetto. E, per evitare l'arbitrarietà di ipotesi comunque formulate, magari in maniera troppo disinvolta e affrettata, ci baseremo sull'autorevolezza culturale e scientifica di veri e propri protagonisti della storia dell'architettura e delle costruzioni come, ad esempio, Vitruvio.

In generale ogni disciplina esplicitamente fondata su attività progettuali si basa sui "crediti", per così dire, acquisiti nel tempo dalle opere teoriche (*manuali e trattati*) o da quelle costruite (esempio conclamati o *monumenti*) dei suoi protagonisti principali (*maestri*). Ogni maestro ha i suoi discepoli. I discepoli non sono soltanto quelli che gli sono vicini nel tempo e nello spazio come i ragazzi della bottega di Raffaello o gli allievi di Wright. Oltre questi, a giusto diritto, possono considerarsi discepoli tutti gli studiosi che si succedono nei secoli;

questi ultimi, insomma, vanno valutati diacronicamente, e, cioè, appartenenti a tutte le epoche storiche; e congiuntamente vanno inoltre presi in considerazione anche i detrattori di un certo personaggio o della sua scuola, tutti quelli che, cioè, si rifanno ad opposte teorie ed interpretazioni fondative della disciplina architettonica. È proprio la vivacità della dialettica e del dibattito culturale intorno all'opera di un maestro che ne rivela il grado d'influenza che essa esercita e, dunque, la permanenza di significato lungo il corso della storia.

Vitruvio è un esempio illuminante di questo rapporto che esiste tra il territorio delle teorie dell'architettura e le vicende della storia, a seconda delle stagioni culturali e delle visioni di significato che esse sottintendono. La valutazione intorno al significato dell'opera di Vitruvio ed al suo valore nel campo delle teorie dell'architettura e della progettazione, infatti, è certamente variato da epoca ad epoca. Il rapporto può anche mutare seguendo alterne vicende ma ciò che conta, per noi, è la sua presenza nel corso

del tempo, presenza che assume il significato di vero e proprio "nucleo culturale" che acquista il ruolo di uno dei tanti punti di riferimento diacronico, nel corso della storia, per le successive stagioni culturali.

E', dunque, possibile pensare di costruire dei lineamenti normativi per la disciplina architettonica e per il progetto se ci si riferisce ai trattati, ai manuali ed ai maestri e se si rapporta continuamente questo corpo teorico alla nostra epoca storica, alla contingenza delle situazioni particolari che ci troviamo a vivere, alle necessità del tempo presente nel quale siamo immersi ed alle prospettive future verso le quali siamo proiettati. Naturalmente, siamo portati a cogliere preferenzialmente del passato ciò che, per noi, è ancora vitale o, per dirla con Walter Benjamin, il "contenuto di futuro congelato nel passato che non si è potuto inverare" o, per usare le parole di Ernst Bloch, quelle utopie nascoste del tempo remoto, rivoluzionarie per il loro contenuto, che il tempo non volle consentire, vuoi per le limitazioni proprie della cultura e l'insufficienza degli effettivi mezzi dell'epoca, vuoi per l'ostacolo delle classi al potere che vedevano, in qualche maniera, i loro privilegi messi in discussione. O, forse, solo per paura, per ignoranza, pigrizia, incomprendimento, incapacità di coglierne il vero valore<sup>5</sup>.

E, riprendendo il senso che assume la speculazione logico-filosofica svolta da Benjamin rispetto al significato del termine "progetto" inteso in senso complessivo e - perché no? - metaforico vale la pena qui richiamare quell'immagine allegorica dell'angelo della storia" che da sempre si accompagna al suo pensiero. Molto è stato detto e scritto sull'angelo benjaminiano a proposito e moltissimo a sproposito, in specie dagli architetti. Basterà qui ricordare come esempio decisamente negativo il libro di Paolo Portoghesi<sup>6</sup> che appartiene ampiamente alla *vulgata* degli anni passati che, il più delle volte, ha avuto il solo scopo di ripiegare le tesi e la complessità dell'autore di *Angelus Novus* ai fini della dimostrazione delle proprie idee ed il raggiungimento di scopi di natura non precisamente culturale. In realtà l'operazione che Benjamin effettua leggendo ed decodificando l'omonimo acquerello di Paul Klee, paragonando l'angelo all'interpretazione progressiva e rivoluzionaria della storia, contiene una tesi molto più complessa ed affascinante che non la lettura banalizzata che è stata più volte proposta<sup>7</sup> Ma leggiamo direttamente Benjamin; innanzitutto la descrizione dell'*Angelus Novus* di Klee:

" C'è un quadro di Klee che s'intitola *Angelus Novus*. Vi si trova un angelo che sembra in atto di allontanarsi da qualcosa su cui fissa lo sguardo.

---

<sup>5</sup> Uno studio che esemplifica questa concezione di Bloch è quello sul significato di Thomas Munzer nei riguardi del cristianesimo e della chiesa cattolica; cfr. Ernst BLOCH, *Thomas Munzer als Theologe der Revolution*, Frankfurt am Main, 1969; t.i. a cura di S.Zecchi, Feltrinelli, Milano, 1980

<sup>6</sup> Paolo PORTOGHESI, *L'angelo della storia, teorie e linguaggi dell'architettura*, Laterza, Bari, 1982.

<sup>7</sup> Cfr., a questo proposito, Fabrizio DESIDERI, *Il nano gobbo e il giocatore di scacchi. Le "Tesi sul concetto di storia" di Benjamin*, in "Metaphorein", n.3, 1978.

Ha gli occhi spalancati, la bocca aperta, le ali distese. L'angelo della storia deve avere questo aspetto. Ha il viso rivolto al passato. Dove ci appare una catena di eventi, egli vede una sola catastrofe, che accumula senza tregua rovine su rovine e le rovescia ai suoi piedi. Egli vorrebbe ben trattenersi, destare i morti e ricomporre l'infranto. Ma una tempesta spira dal paradiso, che si è impigliata sulle sue ali, ed è così forte che egli non può chiuderle. Questa tempesta lo spinge irresistibilmente nel futuro, a cui volge le spalle, mentre il cumulo delle rovine sale davanti a lui nel cielo. Ciò che chiamiamo progresso è questa tempesta"<sup>8</sup>

Si tratta, come ha scritto Renato Solmi nell'*Introduzione alla* traduzione italiana della raccolta di saggi benjaminiani e come un attimo fa si è anticipato, di un'interpretazione schiettamente allegorica del quadro. Quello che Benjamin "...formula come ideale di ogni traduzione è, *mutatis mutandis*, anche l'ideale della sua critica. E come i commentatori medioevali distinguevano gradi diversi e successivi di interpretazione (letterale, allegorica, anagogica) così fa, in qualche modo, anche Benjamin: dove l'interpretazione allegorica sembra costituire, anche per lui, un grado legittimo e superiore di comprensione"<sup>9</sup>

La lettura critica è dunque, sul piano metodologico, del tutto simile all'interpretazione dei testi antichi (*Biblici*); essa è *ermeneutica e*, cioè, l'arte di interpretare il senso di antichi testi e documenti. L'immagine *dell'Angelus*, di conseguenza, è una sorta di "scrittura" da leggere, interpretare secondo i gradi stabiliti dai commentatori medioevali. Il senso più profondo sta, quindi, in come leggere il "passato".

"Nell'idea di felicità - precisa Benjamin - vibra indissolubilmente l'idea di redenzione. Lo stesso vale per la rappresentazione del passato, che è compito della storia. Il passato reca seco un indice temporale che lo rimanda alla redenzione. C'è un'intesa segreta fra le generazioni passate e la nostra. Noi siamo stati attesi sulla terra. A noi, come ad ogni generazione che ci ha preceduto, è stata data in dote una debole forza messianica, su cui il passato ha un diritto. Questa esigenza non si lascia soddisfare facilmente"<sup>10</sup>

La visione benjaminiana della storia presuppone che sia avvenuto un colossale disastro; eppure, al di sopra del tempo, nonostante tutto, nonostante la dissoluzione e la perdita assoluta di significato che conseguono ad una catastrofe immane, sono ancora sospese le speranze delle passate generazioni. Gli uomini del passato hanno fidato in noi che siamo comparsi successivamente su questa terra. Concetto, questo, straordinario che collega gli uomini in una sorta di spazio "metafisico" (culturale, politico, storico) sincronico nel quale il passato si attualizza e fa avvertire la sua presenza nel tempo presente. Si tratta di una convinzione comune a molti intellettuali moderni; ad esempio a Rene Daumal che, giunto alla fine della sua rapida esistenza, scrive le pagine

---

<sup>8</sup> Walter BENJAMIN, *Tesi di filosofia della storia* in *Schriften*, Suhrkamp Verlag, 1955 (ti. di Renato Solmi in *Angelus Novus, saggi e frammenti*, Einaudi 1962, pp.76-77

<sup>9</sup> Renato SOLMI, *Introduzione a BENJAMIN*, op.cit., p.X

<sup>10</sup> Walter BENJAMIN, op.cit., p.73.

straordinarie de *Il Monte analogo*, descrivendo una via di accesso ad un'umanità superiore che è (può, deve esistere materialmente "altrimenti - egli afferma - la nostra situazione sarebbe senza uscita") il cammino compiuto a tappe da gruppi di scalatori della montagna i quali lasciano, per quelli che verranno, tracce della loro esperienza nei rifugi alle diverse quote. In una lettera, spiegando il senso del suo ultimo lavoro letterario, Daumal scrive:

"Dopo aver descritto un mondo caotico, larvale, illusorio, mi sono impegnato ora a parlare dell'esistenza di un altro mondo, più reale, più coerente, dove esiste del bene, del bello, del vero - nella misura in cui i contatti che ho potuto avere con tale mondo mi danno il diritto e il dovere di parlarne. Sto scrivendo un racconto piuttosto lungo nel quale si vedrà un gruppo di esseri umani che hanno capito di essere in prigione (perché il dramma è l'attaccarvisi) e che partono in cerca di una umanità superiore, libera dalla prigione, presso la quale essi potranno trovare l'aiuto necessario. E lo trovano, perché alcuni compagni e io abbiamo realmente trovato la porta. Solo a partire da questo comincia una vita reale. Questo racconto avrà la forma di un romanzo d'avventure intitolato il monte analogo: è la montagna simbolica che unisce il Cielo alla Terra; via che deve materialmente, umanamente esistere, perché se no, la nostra situazione sarebbe senza speranza..."<sup>11</sup>

Questa visione della storia e del "debole spirito messianico" che caratterizza le generazioni future rispetto al passato accomuna, come si diceva, Benjamin a filosofi come Ernst Bloch. Se ripensiamo alla definizione di tecnologia contenuta nelle parole di Vittoria che in precedenza si sono ricordate ritroviamo una certa equivalenza di significato tra *l'Angelus di Benjamin* e il modo del tutto particolare con cui Vittoria intende il termine "tecnologia".

Molte volte, egli scrive, si è liquidato, sotto la generica dicitura di "fantastiche" tutto ciò che trasbordava, per così dire, dal perimetro culturale che divide, in ogni epoca, ciò che è ritenuto possibile e giusto da tutto ciò che non si ritiene sia tale.

La divisione tra "razionale" ed "irrazionale" è, com'è noto, "storica", culturale, contingente. Così pure quella tra "possibile" ed "impossibile" e, ciò che a noi interessa in questa sede, tra quello che è *giusto, possibile progettare* e ciò che *non lo è*. Ancora una volta Vittoria ci sostiene in questa tesi:

"...Il pensiero può essere non lineare, spontaneo; non discorsivo, fantastico e che

---

<sup>11</sup> Rene DAUMAL, da una lettera del 24 febbraio 1940, inserita in *Le Mont Analogue*, Gallimard, Paris 1952; ti. a cura di Claudio Rugafiori, *Il monte analogo, romanzo d'avventure alpine non euclidee e simbolicamente autentiche*, Adelphi, Milano 1968, p. 145. Nei frammenti e negli appunti lasciati da Daumal si legge, tra l'altro, a questo proposito: " Quando vai alla ventura lascia qualche traccia del tuo passaggio, che ti guiderà al ritorno: una pietra messa su un'altra, dell'erba piegata da un colpo di bastone. Ma se arrivi a un punto insuperabile o pericoloso, pensa che la traccia che hai lasciato potrebbe confondere quelli che ti seguissero. Torna dunque sui tuoi passi e cancella la traccia del tuo passaggio. Questo si rivolge a chiunque voglia lasciare in questo mondo tracce del suo passaggio. E anche senza volerlo, si lasciano sempre delle tracce. Rispondi delle tue tracce davanti ai tuoi simili", pp. 139-40.

si è forse abusato del discorso razionale come unico approccio conoscitivo e unico modo di comunicazione."<sup>12</sup>

Cercarsi, dunque, dei maestri non da imitare, in uno sterile gioco formale, dal punto di vista linguistico e poetico, ma comprendendo le regole che la loro "poetica" presuppone e le loro opere suggeriscono. Proprio come accade per la musica. E' necessario imparare le note, il solfeggio, le regole dell'armonia per poi comporre autonomamente della musica. Si potrà poi essere Bach o Beethoven a seconda delle inclinazioni personali e degli orizzonti culturali permessi dall'epoca nella quale ci si trova ad agire e delle possibilità espressive consentite dai mezzi concreti che si hanno a disposizione.

Ci si muoverà, nell'apprendimento delle specifiche procedure del progetto di architettura, nel campo delle regole, anzi alla ricerca delle regole. Progettare è un'attività creativa dell'uomo e, parlando di architettura, questo termine acquista il pieno significato di processo di previsione di tutte le azioni da compiere per la realizzazione concreta di un oggetto con ben determinate caratteristiche che chiamiamo manufatto architettonico.

Dalla discussione del termine progetto dovremmo, dunque, passare a quella del termine "architettura". E qui, se soltanto si volessero analizzare tutte le definizioni rischieremo di non finirla più. Procederemo, allora, in maniera dichiaratamente "scorretta" e definiremo architettura "tutto ciò che è architettura", ricorrendo, in altre parole, ad una *tautologia*. Questo modo di procedere ci permette, per il momento e, cioè, in fase di impostazione generale del problema, di eliminare dalla nostra indagine qualsiasi impostazione di natura funzionalista. L'attenzione si sposta, allora, nuovamente al progetto. A questo punto non è più possibile rimandare la domanda che ci attende dall'inizio di questo discorso: come si fa a progettare? Rispondere non è, ovviamente, né facile né cosa immediata.

Per cercare di comprendere il perché può tornare utile una storia. Un mio amico architetto racconta che suo nonno faceva il falegname ed era a capo di una minuscola azienda artigianale a conduzione familiare nella, quale tutti i componenti avevano un compito, dai più grandi ai più piccoli. Il nonno, pur essendo una persona amabile e disponibile, in specie con i suoi collaboratori più piccini, pretendeva che, quando preparava colle e vernici (i trucchi del mestiere, i "segreti"), tutti uscissero fuori dalla stanza e venisse chiusa la porta. Ma, poi, sapendo di essere spiato a turno dai suoi giovani aiutanti attraverso il buco della serratura, non faceva nulla per evitare che ciò avvenisse. Anzi, al contrario, andava bene che lo spiassero e, in questa maniera, carpiessero il "segreto" della composizione che stava preparando. La morale di questa storia è che, nell'apprendimento del mestiere, i fondamenti, le tecniche vanno carpite e che questo "rubare" acquista il significato e l'importanza di un vero e proprio metodo didattico, entra, cioè, a far parte dell'addestramento al lavoro.

Il mestiere di architetto, se mai riuscirà a sopravvivere all'attuale congiuntura ed

---

<sup>12</sup> Eduardo VITTORIA, op.cit.

avrà ancora un significato negli anni a venire, non potrà che essere artigianale come sosteneva Heinrich Tessenow e, più recentemente, Giorgio Grassi ha ricordato. E qui si apre una grande contraddizione - per ora apparentemente irrisolvibile - perché il mercato del lavoro e dell'organizzazione della professione sul piano sociale sembra favorire di gran lunga le cosiddette "società di ingegneria" per svariati motivi che sarebbe troppo lungo stare qui ad analizzare, mentre, per sue specifiche caratteristiche interne e metodologiche, il progetto di architettura è preferibile che sia il frutto di un processo produttivo artigianale.

Un mestiere ha i suoi trucchi, i suoi "segreti". Trucchi e segreti vanno, così, carpiri, strappati al maestro da parte degli allievi. D'altro canto, come si è potuto comprendere da tutto ciò che si è finora detto, il "fare poetico" quasi sempre connesso al mestiere non s'impara. Su questo aspetto i romantici di inizio Ottocento sembrano ancora aver ragione, il "genio" - l'anima del lavoro artigianale, lo spirito che ad esso sembra indissolubilmente connesso - è innato, connaturato ad un particolare linguaggio formale di un particolare individuo. Tutto ciò non può essere trasmesso o, almeno, è difficilmente inquadrabile nei necessari - ma assolutamente limitati - confini della didattica. Se la "poesia", di conseguenza, non sembra facilmente trasmissibile, al contrario, le regole non soltanto lo sono, ma devono essere esplicitate nell'ambito didattico, ne costituiscono lo spirito forte, l'anima.

Ma come si fa a carpire i "segreti" del mestiere? Nel caso dell'architettura, l'esperienza più istruttiva che si può fare è quella di osservare il comportamento di un architetto esperto e maturo al tavolo da disegno (o al computer, il che è lo stesso). Si tratta di osservare, in particolare, i movimenti delle mani, della penna o della matita mentre disegnano righe, figure, percorsi, tracciati. Sia nel disegno a mano libera (mentre l'autore è intento a tracciare linee, ad "accarezzare" a poco alla volta la figura che, man mano, si avvicina a quella definitiva) che in quello "geometrico" con riga e squadre, si noteranno i movimenti delle mani intente a ricercare corrispondenze, direzioni, punti notevoli, riferimenti e così via. La cosa che colpisce l'allievo alle sue prime esperienze è questo modo di "ragionare per figure", quell'obbligare il pensiero attraverso strani "filtri", strani "rituali" apparentemente incomprensibili.

Perché è questa la strada che si segue? E se provate a chiedere spiegazioni, molte volte le argomentazioni - pur se apparentemente complesse ed articolate - non sembrano convincenti; il più delle volte appaiono pretestuose complicazioni intellettualistiche, astratte elucubrazioni poco aderenti alla realtà. Il disegno - o i disegni, gli schizzi, i tracciati - al contrario, posseggono, il più delle volte, piena autonomia espressiva, una carica di comunicazione reale e coinvolgente.

Molte volte, insomma, un architetto si comporta come il millepiedi della storiella che lo vede ignaro protagonista di una performance non del tutto esaltante. La storia vuole che un tizio, incontrando un millepiedi sulla sua strada, gli chiedesse incuriosito come egli sapesse muovere, in maniera ordinata, tutta quella quantità di zampetto senza mai sbagliare il ritmo o l'ordine dei movimenti. Il millepiedi, sbalordito, gli rispose che non ci aveva mai pensato ma che era molto facile e cominciò a spiegare il movimento. Ma, non appena, volle farlo perse il controllo dei movimenti rimanendo inevitabilmente a terra, senza potersi più muovere, con le zampette impigliate in un groviglio senza fine.

Questa storiella ci dice che la conoscenza acquisita è, il più delle volte, sedimentata al di là dell'immediata coscienza tanto da essere, in 'gran parte automatica. Ne sono prova anche le descrizioni che gli architetti forniscono dei loro progetti. Il più delle volte essi si perdono in argomenti per così dire "collaterali" e poco significativi mentre il vero nocciolo, il perché di quel progetto risulta, per loro, impossibile spiegarlo a parole. Così la capacità progettuale si fonda su molti procedimenti automatici che diventano quasi inconsapevoli. I metodi e le procedure progettuali specifiche, in altre parole, si trasformano in un vero e proprio linguaggio (o, meglio, *metalinguaggio*), un assieme complesso di segni che sono utilizzati, dal progettista, in maniera quasi intuitiva, istintiva. Ecco, la definizione giusta potrebbe essere: strumentazioni adatte all'accadere dell'intuizione progettuale. In questo modo si dimostra, ancora una volta, che l'intuizione è il frutto di un lungo e difficoltoso procedimento di apprendimento e educazione ad un *corpus* disciplinare complesso ed articolato.

Si è, dunque, pienamente progettisti quando le pratiche e le metodologie perché il progetto si inveri sono in una certa misura automatiche. Dal che si deduce che il processo di apprendimento delle metodologie progettuali è, nella maggior parte dei casi, lungo, faticoso, impegnativo e sofferto.

Ma bisogna ora chiedersi: quali sono le regole che caratterizzano questo processo di apprendimento? A questo scopo va premesso un ragionamento. Quando si parla di una cosa che si deve costruire, se ne parla, cioè, e non si opera concretamente, si agisce su di un altro livello (più o meno astratto) che non è immediatamente quello delle norme e delle strumentazioni necessario alla costruzione concreta. Renato De Fusco ha ben descritto questa situazione ricorrendo alla definizione di *protolinguaggio*. Il protolinguaggio è tutto ciò che precede il progetto vero e proprio e metalinguaggio è quel discorso che serve a progettare il progetto. Ma ascoltiamo direttamente cosa sostiene De Fusco quando assimila la progettazione ad un protolinguaggio:

" Esso [il protolinguaggio] ha una funzione strumentale, pragmatica; è un insieme di segni tratti di volta in volta e a seconda dell'interprete, dal disegno come autonoma esperienza e dalle arti figurative in genere, dalla geometria, dalla topografia, dalla statica grafica, ecc., in relazione al servizio del lin-guaggio-oggetto ossia dell'architettura in carne ed ossa."<sup>13</sup>

Questa faccenda del metalinguaggio è una questione che ricorre spesso nelle operazioni intellettuali dell'uomo più di quanto si possa immaginare. Ogni volta che si svolge un discorso su qualche attività umana che non si attua con gli stessi mezzi linguistici che le sono propri facciamo ricorso ad un metalinguaggio. Ad esempio quando usiamo le parole per descrivere un'architettura. Se ora si desiderasse intraprendere una descrizione di Ville Savoye di Le Corbusier si farebbe ricorso ad un metalinguaggio, che è quello della parola, per tentare di illustrare ed interpretare un'architettura che, per sua natura, è stata realizzata utilizzando mezzi ed elementi linguistici appartenenti ad un altro dominio, ad un'altra area disciplinare ed espressiva.

Giunti a questo punto, dobbiamo chiederci se esiste un metalinguaggio per il

---

<sup>13</sup> Renato DE FUSCO, *Il progetto di architettura*, Laterza, Bari, 1984, p. 20.



progetto di architettura e se la risposta è sì, quale esso sia. La risposta è ovviamente affermativa e, certamente, esiste più di un metalinguaggio al quale si fa ricorso nella progettazione. Per esempio, già il fatto che si è posto in evidenza e che, cioè, se ne possa parlare, che sia possibile tentare di descrivere a parole un oggetto di architettura, ci dice che la lingua è un metalinguaggio che può opportunamente essere utilizzato a questo fine, per cercare, cioè, di giungere alla comprensione delle norme - o di una parte di esse - che sono alla base di un buon progetto di architettura.

Ma la lingua non è il solo metalinguaggio utile a questo scopo. Tra i tanti disponibili, ne esiste uno che è, per così dire, più diretto, quello più importante e che deve essere posseduto fino in fondo da un architetto: questo metalinguaggio fondamentale è la *geometria*.

La geometria è il metalinguaggio per eccellenza che guida il disegno e, dunque, un vero e proprio elemento fondativo del progetto di architettura. Senza geometria non è possibile progettare. La geometria è tanto importante che le regole fondamentali che la costituiscono divengono, molto spesso, regole del progetto di architettura. Molti allievi-architetti non sono in grado di compiere un buon progetto perché non conoscono a fondo le regole e le procedure della geometria, perché non conoscono a fondo il rapporto che esiste tra la geometria e il progetto.

Nel discorso che segue ci renderemo conto di come mai nessun metalinguaggio al pari di quello geometrico sia sostanzialmente connaturato alla stessa volontà progettuale.

Il metalinguaggio geometrico utilizza delle, entità con le quali noi dovremo prendere confidenza per procedere nell'iter progettuale. Geometria non significa soltanto tecnica di rappresentazione dell'architettura e relativa strumentazione (squadratura del foglio, strumenti da adoperare, regole, ecc.) e convenzioni del disegno tecnico. Tutti questi aspetti sono elementi necessari e propedeutici all'iter progettuale ma ciò che ci interessa maggiormente dal punto di vista progettuale sono le entità geometriche. Dobbiamo tentare di comprendere, in profondità, quale sia il significato di termini come *asse*, *centro*, *bordo*, *perimetro*, *figura* e così via e le relative regole geometriche ad essi connesse. Sono queste, infatti, che influiscono profondamente sull'essenza stessa del progetto. Queste sono le regole che, ad esempio, Palladio introduce nei suoi ragionamenti progettuali quando è alla ricerca dell'armonia e quando lascia traccia di questi ragionamenti nei suoi scritti e nei suoi disegni di architettura. Ha scritto a questo proposito Rudolph Wittkower:

"Per lui [Palladio] le illustrazioni erano un mezzo per esporre le proprie concezioni non soltanto del disegno architettonico, ma anche della proporzione: è questo il motivo per cui le sue misure teoriche potevano deviare da quelle reali. Se questa deduzione è esatta, sembra giustificata l'ipotesi che Palladio desiderasse che le misure scritte sulle tavole rispondessero a rapporti di carattere generale e di valore universale, ben al di là dell'importanza degli edifici singoli. In molte delle sue piante i rapporti della larghezza rispetto alla lunghezza degli ambienti sono posti in luogo visibile e facilmente leggibili, mentre - ad eccezione di alcuni dettagli ingranditi - è assai più difficile leggerli nel prospetto. Quanto all'altezza degli ambienti, la quale è

data soltanto nelle sezioni, relativamente non numerose. Palladio spesso si riferisce nel testo al metodo impiegato. Tali disposizioni sembrano rilevare uno schema preciso..."<sup>14</sup>

Lo schema preciso cui Wittkower fa riferimento è quello di una corrispondenza tra i principi dell'armonia architettonica e quella musicale. Aggiunge, infatti, più innanzi:

"Nessuno può negare che i numeri di Palladio abbiano inteso suggerire alcuni rapporti e pertanto si può porre in dubbio non questo fatto, ma semplicemente il grado cui si è spinta la nostra interpretazione. Ora, la situazione nel campo architettonico è esattamente parallela a quella della teoria e della pratica musicale. Un brillante studioso di teoria musicale come Matthew Shirlaw ha descritto l'arte della composizione armonica ai tempi di Zarlino con queste parole:

'L'antica arte, sebbene non dipendesse per il suo effetto estetico soltanto dall'armonia, era tuttavia capace di altissimo grado di espressività armonica. I compositori del tempo non prendevano in considerazione il fatto che potesse verificarsi un esaurimento del materiale armonico; per essi esisteva una ricchissima riserva di varietà armonica nelle diverse consonanze e nei diversi modi di combinarle. Non solo, ma con le differenti disposizioni di queste consonanze, era possibile ottenere combinazioni di toni assai disparate, varie sia per effetto armonico che per espressività: un'arte delicata e sottile che in seguito è andata in gran parte perduta.'<sup>15</sup> Rileggendo poi le pagine di Daniele Barbaro, colto e raffinato committente di Palladio per la villa a Maser, Wittkower giunge alla conclusione che:

"Chi studia il capitolo di Barbaro sulla proporzione potrà anche metterlo da parte con la convinzione che l'autore presupponesse e vedesse in un edificio relazioni proporzionali che superano la nostra capacità di percezione. Ma il lettore, pensiamo, consentirà che Palladio, come Barbaro, credesse fermamente che la proporzione contenesse in sé 'tutti i segreti dell'Arte'. Inoltre l'analisi che abbiamo condotta di alcuni degli edifici palladiani dovrebbe aver dimostrato che l'architetto vicentino era maestro nell'applicare la 'proporzionalità'. Tenendo presente l'amicizia tra Palladio e Barbaro e la loro comunanza di interessi, si è indotti ad affermare che il primo era in certo senso predestinato a realizzare nella villa dello stesso Barbaro quelle sottili relazioni armoniche, nelle quali sia il committente che l'architetto ugualmente credevano"<sup>16</sup>

L'opera progettuale di Palladio, secondo il parere di un autorevole studioso come Wittkower, è, dunque, la piena realizzazione di un ideale di armonia, un vero e proprio assieme di teoremi geometrico-proporzionali che ha permesso la costruzione di un gran numero di prototipi ideali di qualsiasi architettura e, al contempo, un insieme di simboli nel quale vengono rielaborati gli antichi ideali classici, una sorta di architettura archetipica, profondamente radicata nell' inconscio progettuale collettivo degli

---

<sup>14</sup>Rudolf WITTKOWER, *Architectural Principles in the Age of Humanism*, London, 1962, t.i. di R.Pedio, *Principi architettonici nell'età dell'umanesimo*, Einaudi, Torino, 1964, pp. 124-25.

<sup>15</sup> Rudolf WITTKOWER, *op.cit.*, p.131.

<sup>16</sup> *ibidem*, p. 134

architetti; insomma, come s'è detto, un vero e proprio progetto totalizzante ideale di raggiungimento della piena armonia basato solamente sui rapporti tra lunghezze, una sfida logico-concettuale a realizzare la pienezza dell'espressione architettonica impostando e risolvendo un complesso problema di geometria.

Queste considerazioni che precedono ci permettono di affermare che, al di sotto delle costruzioni di architettura, quando questa può legittimamente chiamarsi tale, esiste una ricerca di armonia che si sostanzia mediante la geometria, attraverso la costruzione per figure e rapporti dimensionali di proporzionalità tra le parti.

Questa costruzione, poi, è anche - ed è quello che maggiormente ci interessa dal punto di vista tecnologico-costruttivo - alla base della corretta disposizione dei materiali (dei conci lapidei o di tutti gli altri componenti tecnologici del sistema edilizio) nello spazio. La geometria, da questo particolare punto di vista, assumerebbe il ruolo, insomma, della corretta matrice strutturale del *com-struere*, del mettere in relazione tra loro le parti secondo logica e senso; pesi e parti, figure e volumi verrebbero così relazionati tra loro in maniera intelligibile, trasmissibile ed a regola d'arte. Senza tutto ciò, cioè senza geometria, non sarebbe concretamente possibile alcun progetto.

D'altro canto questa circostanza non sembra vera soltanto quando si parla di architettura. Anche nelle arti figurative la geometria gioca, sul piano metalinguistico, un ruolo di fondamentale importanza. Se, ad esempio, analizziamo lo *Sposalizio della Vergine* di Raffaello - la cui struttura è schematicamente riprodotta nell'illustrazione - tra le tante cose va evidenziato come questa esemplare composizione pittorica, oltre ad essere il prodotto della grande capacità tecnica e creativa di Raffaello che rielabora in maniera originale le immagini, per così dire, prototipo che gli venivano dal suo maestro Pietro Vannucchi detto il Perugino, presenta un elemento costante che ritroviamo anche in opere di altri autori: si vuole qui fare riferimento alla costruzione geometrica dell'impianto scenografico-spaziale dell'assieme. Si tratta di una struttura posta in evidenza nel grafico, basata sulla presenza di alcune figure geometriche fondamentali come un quadrato, una semicirconferenza e una serie di triangoli che individuano alcuni punti notevoli che giacciono al di sotto del discorso costruttivo dell'immagine contenuta nel quadro e degli elementi fondamentali che intervengono nella definizione della sua dinamica formale e discorsiva, come la colomba dello Spirito Santo, l'anello, la struttura dei gruppi di personaggi e la loro disposizione spaziale sia in primo piano che sullo sfondo, la grande costruzione architettonica del battistero che fa da fondale, le due porte del -battistero l'una prospetticamente infilata con l'altra che riquadrano l'infinito e così via.

Questo complesso sistema geometrico di figure elementari regolari tra loro coordinate da luogo ad una griglia concettuale-strutturale sulla quale un'intera generazione di pittori costruisce i suoi quadri, le sue rappresentazioni. Lo hanno utilizzato, prima di Raffaello, Piero della Francesca, ad esempio, nel suo *Battesimo di Cristo*, Masaccio nella sua *Crocifissione* in Santa Maria Novella e così via. Si può osservare, inoltre, che questi luoghi notevoli della composizione, dal punto di vista geometrico, coincidono esattamente con i punti geometrici significativi della costruzione che soggiace alla figura.

Analogamente ai maestri della pittura, i grandi architetti, come Palladio, utilizzano

un'impalcatura geometrica estremamente rigorosa per ordinare la logica e gli elementi dell'architettura.

Ma chiediamoci ora: quali sono gli elementi geometrici che intervengono nella costruzione metalinguistica dell'architettura? Se si lavora sulle figure geometriche semplici, bisogna comprendere che ci sono pochi elementi fondamentali connessi ad ogni figura geometrica che acquistano un grande significato per il progetto di architettura, i quali giocano un ruolo di estrema importanza non soltanto dal punto di vista compositivo-metodologico-progettuale ma, come si è già ricordato poc'anzi, anche da quello statico, costruttivo e tecnologico.

Se, ad esempio, appuntiamo la nostra attenzione su di una figura elementare regolare come il quadrato e riflettiamo sulle sue precipue caratteristiche geometriche, ci rendiamo conto che è possibile isolare alcuni punti notevoli del piano in relazione alla sua forma. Un punto notevole di particolare importanza è, ad esempio, il punto di intersezione delle due diagonali che è indicato in figura con la lettera A. Perché questo è un punto fondamentale? Perché è il centro (il baricentro, con maggiore precisione) della figura; l'importanza del baricentro dal punto di vista statico è a tutti nota; esso è quel punto ideale nel quale, per convenzione e per un notevole grado di approssimazione a quello che nella realtà veramente avviene, si concentra il peso del corpo quando questo sia dotato di massa omogenea e di concretezza di materiale. Ma, dal punto di vista del progetto di architettura, se il quadrato in figura rappresenta una pianta (anche se molto schematica) di un ambiente, il punto A è un punto fondamentale perché è il punto d'incrocio dei due assi principali della figura che hanno direzione uguale a quella dei lati (a e b in fig.). Quindi se il quadrato rappresentato nell'illustrazione è la pianta di una stanza con quattro aperture uguali sulle quattro pareti, situate nella mezzeria di ognuna di esse, il punto A rappresenta (nel progetto, nella sua restituzione geometrica) un luogo dello spazio reale nel quale si verifica l'equivalenza di tutte le prospettive che dall'interno del luogo che si sta considerando si proiettano verso l'esterno.

E' del tutto ovvio che, in assoluto, il punto A non ha alcun significato né serve a qualcosa. Esso è importante ed assume significato se è accoppiato al bordo, al *perimetro*. Quest'osservazione ci dice che esiste una prima dinamica fondamentale in ogni progetto di pianta: ogni progetto di pianta presenta una stretta relazione dinamica (rispetto all'uso, alla percorribilità, ai punti di visione dell'osservatore al suo interno, alle regole costruttive dell'assieme, alla copertura e così via) rappresentata dalla dialettica che viene a stabilirsi tra il centro geometrico della figura e il disegno di contorno della figura stessa. Questo è uno dei primi elementi - gestaltici, confermativi, propri dell'entità geometrica che si sta prendendo in considerazione - che danno significato alla fenomenologia progettuale di un spazio architettonico, di un ambiente riguardato strettamente dal suo interno.

Palladio fa un largo e sapiente uso di queste caratteristiche specifiche delle figure geometriche coinvolte nella strutturazione delle piante delle sue opere architettoniche. La pianta della Rotonda, ad esempio, è strutturata, dal punto di vista geometrico, dalla dialettica che si instaura tra il centro della pianta risultante - a forma di croce - e dall'assommarsi di significato che il centro acquisisce perché è contemporaneamente il punto d'incrocio dei due assi principali della figura d'assieme ma anche il centro della

sala circolare centrale e del quadrato di base che definisce il volume principale dell'edificio; esso è, infine, anche la proiezione della cupola di copertura.

Dunque: prima questione fondamentale è quella di individuare il peso progettuale che possono acquistare, in una data figura geometrica, il baricentro, il perimetro e gli assi. Questo discorso è anche intimamente connesso al significato che l'architettura assume a livello simbolico. Basta pensare al valore che ha, per esempio, nella cattedrale, il sistema costituito dall'asse longitudinale della navata principale, da quello del transetto e il punto di intersezione di queste due entità geometriche. Su queste invarianti geometriche di fondo si impiantano grandi eventi architettonici (dal punto di vista formale e costruttivo) come la cupola di S.Maria del Fiore. Il punto di culmine della cupola (il punto più alto della costruzione e quello più significativo dell'intero manufatto architettonico) è situato sulla verticale che s'innalza dal punto planimetrico, intersezione dei due assi principali, le due braccia della croce latina. Tutta l'articolazione della pianta, poi, si basa su questa struttura fondativa. Le tre entità geometriche delle quali si sta qui discorrendo sono, quindi, i principi architettonici e costruttivi che determinano la logica e l'articolarsi consequenziale degli elementi e delle parti di tutta l'intera costruzione.

La stessa costruzione del *castrum* romano (e della città), tanto per fornire un ulteriore esempio, si basa su principi formali e geometrici di questo tipo. Gli elementi fondamentali che la contraddistinguono sono : la pianta quadrata, i quattro ingressi, il *pomerium* che evidenzia, in senso religioso-sacrale, il significato assunto dalle murazioni difensive (il perimetro, per l'appunto) i quattro quadranti in cui gli assi principali suddividono l'intera pianta urbana che sono, a loro volta, composti da isolati, il centro nel quale è ubicato il Foro, e così via. Tutti gli elementi urbani fondamentali rispettano un ordine geometrico ed una legge insita nella figura planimetrica di base che è sinteticamente esprimibile dal principio "dialettica centro-perimetro".

Da tutto quello cui s'è fatto cenno finora si comprende come la semplice dinamica ora descritta tra le entità geometriche di bordo, assi, centro e così via, determina la gran parte delle opere di architettura lungo il corso dell'evoluzione di questa disciplina<sup>17</sup>.

L'obiezione di fondo che si può muovere a questo discorso è rappresentata da tutte quelle architetture (che sarebbe meglio chiamare sperimentazioni spaziali) come le opere di Malevic, del gruppo De Stijl, Wright, Finsterlin<sup>18</sup>, l'espressionismo architettonico tedesco tra le due guerre, da tutte quelle opere che, cioè, sembrano seguire tracciati geometrici assolutamente liberi ed imprevedibili. In realtà si tratta di progetti spaziali-figurativi o di architettura che presentano costruzioni geometriche assai complesse e sofisticate, non facilmente decodificabili e riconducibili a figure semplici ed elementari di base ma che, comunque, fondano la loro interna strutturazione sempre su di un metalinguaggio geometrico.

---

<sup>17</sup>Mi permetto di rimandare, a questo proposito, al mio *La logica di Dedalo. Tecnologia e Progetto dell'Architettura*, Liguori, Napoli di prossima pubblicazione (pubblicato da Liguori nel 2001)

<sup>18</sup>Per un approfondimento dell'opera di Finsterlin mi permetto di rimandare al mio *Hermann Finsterlin, dal "gioco di stile" all'architettura marsupiale*, Dedalo, Bari 1982

Possiamo, allora, dire che tutta la storia dell'architettura - una volta che sia analizzata sul piano metalinguistico geometrico - si regge su pochi elementari principi di fondo strutturali. Questi principi non sono soltanto veri dal punto di vista formale e compositivo - come già si è avuto modo di ricordare più volte in precedenza - ma anche dal punto di vista tecnologico, statico e costruttivo e rispondenti alla logica di assemblaggio imposta dai materiali da costruzione impiegati e dai componenti edilizi preordinati.

I sistemi simmetrici e di semplice articolazione spaziale probabilmente sono stati molto diffusi per il passato per questioni statico-organizzative del modello spaziale e del suo comportamento e perché il materiale stesso, per sue caratteristiche "natural" e l'assieme di prestazioni che poteva assicurare sul piano pratico, rispondeva bene a questo tipo di organizzazione del manufatto edilizio. Cambiati i materiali sono mutate le limitazioni costruttive e, dunque, anche le forme complessive dell'architettura.

Un esempio che si è già studiato a fondo è quello suggerito dal passaggio dal sistema trilitico-architravato a quello spingente. Questo passaggio - che trova una sua plausibile spiegazione nell'uso più razionale e sapiente del materiale lapideo - ha generato un universo espressivo assolutamente nuovo ed impensabile se si fosse continuato a far ricorso ai soli sistemi architravati. I materiali lapidei, come s'è detto, funzionano bene se intervengono nella costruzione di strutture simmetriche (ad esempio gli archi di un sistema porticato che sfruttano il principio statico della spinta e contropinta, le due parti di un arco che sono simmetriche rispetto all'asse verticale passante per la chiave, la simmetria circolare delle cupole, quelle bi- o pluriassiali delle volte composte, e così via); entrano in crisi o funzionano generalmente molto male se vengono utilizzati in strutture dissimetriche.

Da questo punto di vista ci si spiega in maniera piuttosto soddisfacente come l'asse di simmetria rappresenti un'entità metalinguistica profondamente radicata nel pensiero progettuale architettonico, soprattutto nel passato, perché esso deriva da considerazioni, o per meglio dire da vere e proprie necessità strutturali, costruttive, tecnologiche, formali, compositive; i progettisti ed i costruttori dell'antichità, partendo dall'analisi teorico-progettuale ma, il più delle volte, dalla sperimentazione pratica, di cantiere proprio come accade nella costruzione della cattedrale gotica, compresero a fondo la logica spaziale dell'assieme costruttivo che andavano man mano creando, le ragioni costruttive dell'organismo architettonico e l'intimo rapporto di queste con i materiali che lo andavano concretizzando.

La razionalizzazione della forma dell'arco che viene compiuta gradualmente, durante il corso dell'evoluzione tecnologica e costruttiva dell'architettura, è il risultato di un'alta intelligenza progettuale. Nel caso, infatti, dei costruttori gotici che realizzano con intelligenza e consapevolezza progettuale l'arco a sesto rialzato, si raggiunge una soglia molto elevata della costruzione architettonica e una grande conoscenza, ancorché intuitiva, delle possibilità insite nel materiale lapideo. Altri esempi fondamentali dell'intelligenza costruttiva sono le scale napoletane del settecento<sup>19</sup> sia per il taglio e la

---

<sup>19</sup> Cfr, a questo proposito, il bel lavoro di Francesco ABBATE, *Sollecitazione e Forma: scala struttura voltata*. Napoli, 1990 e, ancora, dello stesso autore *Sollecitazione e Forma: La forma delle strutture*,

disposizione spaziale dei conci lapidei che, soprattutto, per il loro disegno di assieme e per le ardite geometrie spaziali che riescono a descrivere con grande eleganza formale e costruttiva.

Quello che, dunque, si è voluto qui sostenere e mettere in evidenza è che il linguaggio geometrico, nella sua intemrn articolazione e nei suoi elementi fondativi, costituisce una piattaforma di base assolutamente indispensabile per la costruzione metalinguistica del progetto di architettura. Non si può progettare alcun componente tecnologico o soluzione formale se non si è preventivamente studiato a fondo e ci si è impadroniti degli strumenti geometrici intesi come strutture metalin-guistiche.

L'esempio del *Crystal Palace* di Paxton ci insegna, a riguardo, molte cose. La correttezza procedurale, nella semplicità sostanziale della forma, la linearità dell'impianto geometrico-metalinguistico del progetto, danno luogo ad un manufatto architettonico esemplare dal punto di vista formale ed assolutamente corretto dal punto di vista tecnologico, costruttivo e delle tecniche di assemblaggio dei componenti a quel tempo prodotti dall'industria.

Il *Crystal Palace* è la chiara esemplificazione del teorema che stiamo qui cercando di dimostrare: come la chiarezza dell'impianto geometrico-strutturale venga a costituire una vera e propria matrice logica che genera la forma ed impone le norme costruttive. Geometria e tecnologia, nell'opera di architettura, non possono essere separate, l'una determina l'altra in una sorta di scambio dinamico, di mutua influenza dialettica.

Il modo di pensare di un architetto maturo, consapevole delle possibilità e dei limiti del mestiere acquisito, è basato su questi principi. Egli esegue continuamente delle costruzioni geometriche per individuare la logica e le relazioni tra le figure che rappresenta. Su quest'impianto logico-geometrico si sviluppano, poi, la ricerca delle proporzioni tra le parti: l'individuazione degli equilibri, la ricerca d'armonia, come non soltanto Palladio sosteneva ma anche maestri molto più vicini a noi nel tempo come Le Corbusier.

Dunque la geometria è, per così dire, il pane quotidiano del progettista. Senza geometria non si da progetto, anche quelli più semplici, come il disegno di una mattonella, di una cassettera, una pentola o un qualsiasi utensile domestico. Se tutti questi oggetti non sono costruiti secondo affidabili geometrie di base non sono utilizzabili dall'uomo ne sul piano immediatamente funzionale, ne su quello più ampio dei significati che pretendono di trasmettere o sul piano dell'occupazione e della definizione intenzionale dello spazio vissuto ed interpretato dall'uomo.

La geometria appropriata e commisurata all'uso, alle tecniche costruttive relative, d'altro canto, evita gli inutili e, il più delle volte, dannosi espedienti di natura formalistica, gratuiti e, quasi sempre, poco validi proprio sul piano estetico. D'altro canto, si inseriscono in questo discorso anche altre considerazioni di non secondaria importanza, riguardanti la permanenza, nel tempo, di alcune caratteristiche strutturali degli oggetti progettati dall'uomo; si tratta di invarianti che sono direttamente connesse

alla funzione intesa non soltanto sul piano dell'utile immediato ma anche, e soprattutto, in senso complessivo e, dunque, sul piano simbolico ed espressivo più profondo dell'uomo; in questi casi si è parlato di "archetipi" costruttivi, tecnologici, oltre che formali.

Per quanto ci riguarda bisogna dire che, al di là di qualsiasi tentazione estetizzante, le cose rimangono sostanzialmente immutate nel tempo - nelle loro invarianti strutturali - perché invariate sono le cause che le determinano, le motivazioni che ne sono alla base. Un oggetto d'uso, un contenitore, si presta ad assolvere alle stesse funzioni tanto nell'era neolitica quanto nella nostra epoca e il modo dell'uomo di farne uso e trarne vantaggio è sostanzialmente lo stesso. Allo stesso modo le leggi della fisica sono finora rimaste immutate, un corpo cadrà dall'alto verso il basso, il suo peso sarà proporzionale alla massa, la sua resistenza dipenderà, tra l'altro, da quella dei materiali di cui è costituito e così via. Ecco perché molti dei prodotti dell'uomo rimangono, nella sostanza, immutati.

Vale la pena, a questo proposito, ricordare la frase di Tessenow che ci ricorda che "una casa è sempre una casa"; frase che era diretta contro tutti coloro che, abusando della decorazione, degli stili ereditati dal passato, della tecnologia "forte", finirono per stravolgere, lungo il corso dell'Ottocento e dei primi anni del Novecento, il significato semplice, profondamente umano dello spazio domestico, trasformando la costruzione in una sorta di inusitato, quanto gratuito, campionario fieristico di forme ed "estetismi" inessenziali e di pessimo gusto. Discorso, questo di Tessenow, quanto mai calzante se si pensa allo spettacolo attuale offerto dall'edilizia residenziale di periferia e in provincia ma che ci mette in guardia anche nei confronti di prodotti edilizi partoriti da architetti troppo legati a motivi formali gratuiti.

In genere le entità geometriche che hanno maggior peso progettuale e che vengono utilizzate, come si è già detto, sono gli assi, il perimetro, la figura intesa nel suo complesso, il peso, le linee, le polilinee e, cioè, l'assieme unitario delle linee quando queste siano tra loro connesse e questa circostanza sia necessaria per il particolare discorso progettuale che si sta conducendo; le polilinee sono entità introdotte dai sistemi CAD e che è bene tenere nella giusta considerazione anche nel metaliguaggio geometrico progettuale tradizionale. Come sanno gli utenti esperti dei sistemi CAD, la polilinea è un'entità che ha un grande peso nella costruzione del modello spaziale elettronico del progetto;

ma ha un'eguale importanza dal punto di vista progettuale; i progettisti fanno spessissimo ricorso a quest'entità anche se, molte volte, in maniera inconsapevole. La polilinea è, in realtà, un profilo che, una volta estruso lungo una direzione nello spazio, o, più in generale, lungo una qualsiasi linea direttrice - proprio come nella generazione di volte, calotte e cupole anche nell'antichità - serve per creare figure prismatiche tridimensionali. Quindi si tratta di una entità fondamentale non soltanto nella modellazione spaziale CAD ma anche nel concepimento tridimensionale di entità complesse che intervengono nella definizione del progetto di architettura.

Altre entità geometriche di fondamentale importanza sono gli *angoli* e le *direzioni*. Vale la pena qui soffermarsi, anche se brevemente, su di esse. Spendiamo qualche parola sugli angoli. In genere, nella storia dell'architettura tradizionale, gli



angoli che maggiormente ci interessano sono quelli formati dai muri tra loro (in pianta) e quelli che individuano l'inclinazione delle falde di copertura degli edifici. Trascuriamo qui di occuparci del valore degli angoli e delle direzioni dei lati di base degli isolati urbani perché, il più delle volte, essi sono determinati da motivazioni esterne alla logica progettuale (impedimenti, vincoli, forme precostituite dei lotti edificatori, limiti di proprietà, ecc) e, dunque, vedono alla base della loro conformazione ragioni che non sono strettamente attinenti al pensiero progettuale ma che, al contrario, esercitano su questo una qualche pressione. Gli angoli dei muri che si incrociano, invece, sono determinati dalla logica interna del progetto e sono, quasi sempre, di 90°. Solo in un caso questa logica varia per ragioni teorico-progettuali ed è, precisamente, nei castelli. I castelli e le fortezze, le murazioni difensive presentano torrioni, bastioni i cui andamenti seguono un'altra logica in conseguenza della funzione precipua cui sono chiamati a rispondere: spezzare le truppe d'assalto, frantumare il fronte degli attaccanti, diminuire l'onda d'urto a tutto vantaggio dei difensori della città. La forma dei bastioni è a cuneo, oppure l'angolo è ancora a 90° ma è molato, rispetto alla direzione della murazione, di 45°.

Ma, tornando all'architettura domestica, che poi costituisce l'oggetto privilegiato del nostro discorrere progettuale perché rappresenta il tema portante del Laboratorio, mai si trova, nell'antichità, una casa con angoli tra i suoi muri interni inferiori ai 90°; questo per ovvie ragioni di corretta distribuzione e conformazione degli spazi interni. Questa circostanza, generalmente vera per l'antichità, è contraddetta molto spesso nell'architettura contemporanea. Bisogna dire, però, che non si tratta, quasi mai, di architettura di alta qualità. E' buona norma lasciare gli angoli a 90°. Se ci si vuole a tutti i costi sbizzarrire, si lascino inalterati gli angoli e ci si produca in ardite decorazioni parietali;

sarà meglio per la funzionalità della casa e per la stessa estetica. Una decorazione che alla fine stanca per la sua prepotenza formale può sempre essere rimossa con maggiore facilità che non dei muri interni.

Angoli diversi sono, al contrario, utili per determinare l'inclinazione delle falde dei tetti in conseguenza di motivazioni squisitamente funzionali (declivio delle acque e della neve). Vale la pena avere sempre presenti le parole di Tessenow che si ricordavano innanzi prima di imporre variazioni rispetto agli schemi tradizionali di progetto di distribuzione ed organizzazione degli ambienti domestici.

Per le direzioni va svolto un discorso molto più complesso. Intendiamo qui parlare delle direzioni assunte dagli elementi della costruzione rispetto all'ambiente esterno ed ai punti cardinali.

Per quanto attiene alla progettazione della casa bisogna dire che esistono delle direzioni preferenziali di orientamento ed organizzazione dell'edilizia residenziale. La casa, infatti, va sempre orientata in un certo modo piuttosto che in un altro ai fini della salubrità dell'ambiente interno che si viene a creare. Gli antichi preferivano l'orientamento secondo l'asse Nord-Sud, ubicando le aperture verso Sud e un muro cieco a Nord. Il razionalismo tedesco, poi, ha inventato un vero e proprio sistema di organizzazione della casa rispetto all'asse *eliotermico*, quell'asse, cioè, che permette la migliore esposizione ai raggi e alla luce del sole ai fini dell'ottimizzazione del regime

termico dell'alloggio. Le zone che sono automaticamente create dalla presenza dell'asse eliotermico sono quella "notte" e quella "giorno"; la prima è ubicata verso ovest in modo da catturare gli ultimi raggi del sole verso il tramonto e mantenere il calore nelle camere da letto verso sera e l'altra, verso Est, Sud-Est, viene ad essere esposta ai raggi solari nel periodo in cui si soggiorna in essa e vi si svolgono le attività giornaliere.

Si tratta di una invenzione del razionalismo tedesco di grande rilievo che ha messo ordine in maniera pressoché definitiva in questa materia. Tutto ciò che era naturalmente chiaro ai maestri costruttori dell'antichità era stato, infatti, stravolto dalla logica ottocentesca di occupazione dei suoli urbani, orientata prevalentemente, se non esclusivamente, alla maggiore rendita piuttosto che alla più razionale organizzazione delle tipologie di pianta.

La sola logica del profitto applicata ai lotti edificabili non tiene conto, nel corso dell'Ottocento, di tutti quegli argomenti tipici dell' antichità che molto bene sono stati messi in luce in studi come quelli condotti da Saverio Muratori e Gianfranco Caniggia<sup>20</sup>. Nel razionalismo si orienta la casa secondo l' andamento dei raggi del sole per ottenere un risparmio energetico e, come si può ben intuire, si tratta di una impostazione progettuale che torna, oggi, assai utile. Una buona orientazione Nord-Sud non serve soltanto a catturare i raggi del sole in inverno ma è utile anche per assicurare una buona refrigerazione nei mesi estivi perché tra la parte esposta a Nord e quella esposta a Sud si può generare facilmente un riscontro e perché una serra opportunamente ombreggiata a Sud favorisce naturalmente questa circostanza.

Le direzioni, dunque, sono estremamente importanti nel progetto. Tra l'altro è stato dimostrato che l'orientazione secondo i punti cardinali esercita la sua influenza anche direttamente sullo stato di salute, di benessere della persona. Sembra ormai accertato, infatti, che si dorme bene se il letto è orientato secondo l'asse Nord-Sud e la testa è posizionata a Nord. Questo sarebbe dovuto proprio all'influenza del campo magnetico terrestre. D'altro canto questo non deve destare meraviglia visto che i campi magnetici naturali ed artificiali, i corsi d'acqua e così via, secondo alcune teorie sempre più accreditate, influiscono in larga misura sulla salute dell'uomo<sup>21</sup>.

Tutte queste influenze positive e negative esercitate dall'ambiente sulla persona e condizionate dalla forma e dalla disposizione dell' abitazione erano state, come si è avuto già modo di evidenziare, in qualche maniera, intuite nell'antichità e, poi, dimenticate o trascurate dallo spirito positivistico che si è accompagnato, quasi sempre, allo sviluppo moderno della tecnologia e dell'industrializzazione. Nell'antichità queste cose intervenivano a definire la "razionalità" dell'abitazione anche se in maniera molte

---

<sup>20</sup> Saverio MURATORI, *Studi per un 'operante storia urbana di Venezia*, in "Palladio", 1959, fase. III-IV, luglio-dicembre, p.97 e ss. vedi ancora: Gianfranco CANIGGIA, GianLuigi MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia*, Marsilio, Venezia 1979 e Gianfranco CANIGGIA, *Strutture dello spazio antropico, studi e note*. Alinea, Firenze 1985,

<sup>21</sup> Sui sistemi di raffrescamento più idonei vedi Virgionio BETTINI, Andrea BIZZOZERO, Paolo RABITTI, *La casa del sole, architettura e risparmio energetico*, Cuen, Napoli, 1995, p. 46 e ss.cfr. Karl Ernst LOTZ, *Wilist du gesund Wohnen*, 1975 Reimscheid; t.i. *La casa bioecologica*, ed. Terra Nuova, Firenze 1991. Vedi anche latesi medita di

volte inconsapevole, attraverso giustificazioni magico-religiose.

Però nulla è stato detto, finora, a proposito del concetto-strumento di *pianta o planimetria* nella progettazione architettonica. Il concetto di pianta deriva dal metodo di Monge che è quella schematizzazione-convenzione geometrica che serve per rappresentare, in due dimensioni, un oggetto che, al contrario, è situato nello spazio e ne ha perlomeno tre. Si tratta della ben nota questione di dover rappresentare su di un foglio (che è un insieme a due dimensioni) un'entità che ne ha tre o più.

Uno dei problemi geometrici più importanti (e di difficile soluzione) per i progettisti di architettura è questo ora ricordato. Il sistema inventato da Monge razionalizza tutte le acquisizioni sulla notazione tridimensionale dello spazio che si erano andate accumulando ed evolvendo dal rinascimento in poi. Il sistema delle proiezioni ortogonali è, com'è noto, fondato essenzialmente sul ribaltamento di due dei tre piani di un diedro cartesiano sul terzo. In questo modo si rendono visibili contestualmente più viste dello stesso oggetto tridimensionale da differenti angolazioni.

Il concetto di pianta deriva, come s'è ricordato, da questo assieme di convenzioni e notazioni, sezionando le parti in elevazione mediante un piano parallelo al piano di base ad un'altezza arbitrariamente definita dal progettista o dal disegnatore.

Se dal punto di vista geometrico una pianta è definita nel modo che si è detto, dal punto di vista progettuale essa è molto di più; una pianta è un elemento fondamentale dal quale si parte, quasi sempre, per impostare il progetto di architettura. Perché questo accade? Perché non partire dal prospetto, per esempio? Molte volte può accadere di partire da un prospetto quando questo sia il fine più importante da raggiungere dal punto di vista progettuale come, ad esempio, nello studio di un negozio nel quale la vetrina sulla strada gioca un ruolo strategico di primo piano rispetto agli altri elementi che intervengono nella definizione dei dati di partenza del problema progettuale da condurre a termine.

In questo caso l'architetto è, in qualche modo, tenuto a privilegiare questo risvolto del problema progettuale ed a tenere in particolare considerazione le preesistenze ambientali e formali al contorno (le caratteristiche della facciata dell'edificio nel quale verrà inserito il suo lavoro, l'ampiezza e le peculiarità formali della strada, le connotazioni degli altri prospetti vicini, le condizioni di luce e di prospettiva, le angolazioni visive, e così via). Dovrà, inoltre, tener conto di tutte le normative e restrizioni imposte dagli Enti addetti al controllo (Soprintendenze, Autorità Comunali, Vigili del Fuoco, ecc); ma lo scopo principale del committente è, comunque, quello di ottenere una vetrina, un'impaginazione formale che attiri i potenziali clienti e li invogli all'osservazione della mercé ed all'ingresso nel negozio.

In un caso come questo si parte dal prospetto. Ma se si sta organizzando la sistemazione di una casa, gioco forza si deve partire dalla pianta. Anche se dobbiamo progettare un ospedale partiamo dalla pianta anche se il processo sarà certamente più complesso, più difficile per la grande quantità di parametri che, in questa seconda eventualità, entrano in gioco.

Quando si organizza una pianta, il lavoro progettuale si complica perché, congiuntamente all'aspetto geometrico del quale ci si è occupati in precedenza, nell'individuazione delle matrici geometriche e delle entità che compongono la "struttura"

metalinguistica di fondo, comincia a fare ingresso un'altra struttura logica che va sotto il nome di *distribuzione*, più che delle funzioni, come era in uso anni addietro, delle *attività*, dei modi di essere degli uomini in quegli ambienti in ben determinate circostanze. Se, infatti, ci si trova in un ambiente piuttosto che in un altro, ad esempio nella camera da letto, questa presenta delle determinate caratteristiche fisico-spaziali ed organizzative e non altre, in ragione delle azioni che vi si andranno a svolgere. La cucina avrà altre caratteristiche perché in questa vi si svolgono altre attività; e così accade per il soggiorno e per tutti gli altri ambienti della casa.

Tutto ciò, poi, se si fanno salve, ovviamente, le specificazioni impiantistico-tecnologiche, è vero per il tempo di oggi come per quello degli antichi romani: dormire, mangiare, passeggiare, parlare e così via sono attività pressoché costanti nella loro definizione nonostante il grande arco di tempo trascorso. Un letto sarà un letto, un tavolo un tavolo e una sedia, pur variando la sua forma, dovrà pur sempre essere un utile - e, fa sempre bene sottolinearlo, comodo - strumento per sedersi. La logica di aggregazione e definizione di alcuni spazi e di alcune loro caratteristiche di fondo si è trasformata, nel tempo, in alcune regole generali che sono rimaste, nella sostanza, immutate.

Disegnare una pianta di architettura, come ha ricordato De Fusco nel suo *Segni, storia e progetto dell'architettura*<sup>22</sup>, equivale a fissare il significato dell'architettura. Questa definizione è, in qualche modo, ripresa anche da Zevi quando sottolinea la differenza tra architettura e scultura fondandola sulla presenza o meno dello spazio interno. E', quindi, lo spazio interno del manufatto architettonico ad assumere pienamente il ruolo di significato dell'architettura perché rappresenta la sua peculiarità strutturale e semantica. Questo è, ad esempio, particolarmente vero per una casa; l'esterno rappresenta, infatti, il dato sociale, legato com'è al decoro ed alla bellezza dei luoghi urbani che concorre a definire, ma l'interno è tutto quello in base al quale l'abitante riesce a rintracciare un significato più profondo, ritrova se stesso, le sue abitudini. L'interno della casa di abitazione assume, addirittura, il senso pieno di un complesso linguaggio.<sup>23</sup>

Ma, tornando al nostro discorso, il significato si sostanzia con il disegno di pianta e, dunque, il progetto di pianta è fondamentale per l'architettura. Ha scritto, a questo proposito. Renato De Fusco:

"La principale figura dello spazio interno - 'significato' è la pianta. Essa è la generatrice di quello spazio, il luogo sul quale maggiormente s'è appuntato l'interesse dei progettisti e committenti, il sottosegno più indicativo della funzione, della tipologia, del gusto, dell'economia, del costume di una data società, ecc.; è insomma il fattore più significativo del segno architettonico. Sebbene si parli spesso di concepire un edificio nella sua totalità, ci sembra indubbio che, fin dai tempi più antichi, il principale procedimento architettonico è consistito nel conformare uno spazio partendo da un piano, nell'aver immaginato un vaso, una volumetria, degli alzati e una copertura

---

<sup>22</sup> Renato De FUSCO, *Segni, storia e progetto dell'architettura*, Laterza, Bari, 1973

<sup>23</sup> Mi permetto di rimandare, per questo, al mio *Casa, dolce casa, teorie e poetiche dell'abitazione moderna*, Clean, Napoli, 1988

muovendo appunto da un disegno, da una figura di pianta."<sup>24</sup>

Dunque, il disegno di pianta è estremamente importante. Da questo, infatti, scaturisce tutta la logica di generazione del progetto di architettura. Il primo atto generalmente compiuto da un architetto è quello di produrre un disegno di pianta ed è anche il primo elaborato che egli sottopone all'attenzione della committenza. Poi, a poco alla volta, in un continuo processo di andirivieni e di modifiche tra loro dialetticamente connesse, passa agli altri elaborati. Molte volte è contemporaneo alla pianta un altro grafico che è la sezione o, per meglio dire, una delle sezioni più importanti e significative del manufatto che si sta progettando. Si tratta di un grafico che permette al progettista di comprendere quello che Adolph Loos indicava come *Raumplan*, l'organizzazione dei piani e dei volumi nello spazio; quest'organizzazione può essere molto articolata, con dislivelli, passaggi a quote diverse, sbalzi, sporti, solai in aggetto, volumi che si compenetrano e così via.

Una volta premesse tutte le considerazioni generali che precedono, cerchiamo adesso di comprendere come concretamente è possibile addentrarsi nell'iter progettuale. Finora si è implicitamente supposto che all'allievo-architetto sia concessa la libertà di scegliere, in piena autonomia, l'impostazione e la metodologia del progetto. Così in genere non è, nel senso che, in tutta la storia dell'architettura e, più in generale, dell'arte, in ogni bottega che si rispetti, il metodo progettuale e lo stile sono decisamente ed inevitabilmente imposti all'apprendista. Andare a bottega da Michelangelo, Leonardo o Vasari significava, tra l'altro, imparare per forza le modalità attraverso le quali questi Maestri portavano a compimento il loro lavoro, dipingevano, progettavano. E' questo, di fatto, era implicito nelle cose stesse perché, di solito, si imparava un mestiere cominciando con lo svolgere i lavori più umili e semplici - ma faticosi - come impastare le tempere, macinare i colori e così via, per poi passare, man mano, a compiti più delicati che andavano dalla campitura omogenea di superfici alla stesura delle parti pittoriche meno impegnative (fondali, scenari, figure sullo sfondo e così via) fino a giungere all'impegno richiesto dai particolari più espressivi ed importanti della composizione, gomito a gomito con il Maestro.

Il metodo che si sta qui tentando di seguire - anche se molto anacronistico rispetto alla reale e corrente organizzazione del lavoro di architetto - è di questo tipo, fondato su un modo del tutto artigianale di concepire il mestiere. Al contrario il lavoro va sempre più delineandosi - per ragioni economiche e di organizzazione del mercato - sul modello delle cosiddette "società di ingegneria", organizzazioni di più progettisti, con un grosso capitale versato o che sono in stretto accordo con società finanziarie, che suddividono i compiti in moduli estremamente parcellizzati e specialistici. Da questo punto di vista il lavoro artigianale sembra non avere nessun futuro ma, a parere nostro, continua ad avere un grande significato sul piano concettuale ed intellettuale. Ecco perché si insiste, almeno sul piano didattico, su questo modello.

Il primo problema serio per chi progetta è proprio quello della esatta configurazione del metodo. Va detto che le metodologie di impostazione ed esecuzione

---

<sup>24</sup> Renato DE FUSCO, op.cit, p.136

del progetto di architettura sono molteplici. Cerchiamo, dunque, di comprendere perché esistono tanti metodi, perché esistono tante possibilità di progettare. La risposta è semplice: perché essi dipendono dal criterio base che il progettista sceglie di seguire.

Supponiamo, ad esempio, che si debba progettare una stanza utilizzando come principio-guida quello dei colori, piegando tutto il resto, forma compresa, alla realizzazione di questo solo principio. Il problema formale, cioè, interverrà nel progetto ma si può dire, in fase di impostazione metodologica, che esso giocherà un ruolo del tutto secondario rispetto a quello dei colori. Stabilito ciò, tutte le considerazioni che verranno svolte sul piano metalinguistico e geometrico ai fini della definizione del progetto saranno tese ad enfatizzare il dato coloristico ed a porre in secondo piano tutte le altre istanze. Ad esempio, quando si prenderà in considerazione il parametro della luminosità dell'ambiente lo si posporrà al tipo di colori che si vorrà che prevalgano nell'ambiente stesso. Se un criterio come quello cui si sta facendo cenno potrà apparire assurdo se si sta progettando una stanza di un appartamento perché esso è, di fatto, del tutto secondario rispetto alla illuminazione con luce naturale ai fini di una più razionale ed efficiente resa progettuale, non lo è affatto se l'ambiente che si sta progettando è un locale di esposizione di un museo per cui la luce più adatta generalmente non è quella naturale quanto piuttosto quella artificiale, parti-colarmente studiata ai fini dell'esposizione che si sta progettando e di ciò che si dovrà mostrare. Il colore, in questo caso, finisce per acquistare una funzione predominante rispetto alla luce naturale perché assume una forte connotazione sul piano percettivo ed è ciò che condiziona la possibilità di visione dell'utente nel sistema di esposizione che si sta realizzando.

Questo semplice esempio ci mostra come la scelta di un parametro rispetto ad un altro, di un metodo piuttosto che un altro deve essere la logica conseguenza di una serie di valutazioni che non è possibile effettuare una volta per tutte in maniera definitiva ma che, al contrario, la scelta dei parametri più importanti, la loro organizzazione in una sorta di graduatoria delle priorità ai fini della corretta impostazione del progetto varia da caso a caso. Ma l'impostazione della metodologia progettuale non dipende solo da questo. Essa dipende, in larga misura, anche dall'epoca storica. Noi ci troviamo ad agire in un'epoca "moderna" (o postmoderna a seconda dei punti di vista). In quest'epoca ciò che segna in maniera prevalente le possibilità di progetto è, tanto per fare un esempio, il criterio funzionalista, cioè quel criterio che attribuisce valore predominante alle funzioni che si svolgono in un determinato ambiente. Secondo questa precipua modalità di impostazione della metodologia progettuale, che deriva direttamente dalla scuola americana d'inizio secolo, viene a stabilirsi un rapporto di filiazione quasi automatico

tra la forma di un oggetto architettonico e la funzione cui esso è destinato.<sup>25</sup>

Ciò risulta molto evidente se, per esempio, pensiamo di dover eseguire il progetto di un ospedale e, in particolare, di una sala operatoria. Se si pensa, infatti, ad una sala operatoria, proprio perché si tratta di un luogo che, per sua stessa natura, è fortemente caratterizzato dallo scopo cui è destinato e deve contenere apparecchi e strumentazioni specifiche che non è dato ritrovare altrove e che condizionano fortemente l'assetto e i comportamenti degli uomini, non si fa fatica a rendersi conto che tutto ciò influenzerà in grande misura la conformazione spaziale di questo particolare ambiente. Ma se, al contrario, si sta progettando una sala da ballo, siamo certamente più liberi e possiamo pensare, indifferentemente, di ubicarla in un grande ambiente con una copertura a volta o in un capannone con una copertura a capriate metalliche. La funzione "ballare" impone la necessità di un piano uniforme, privo di scalini o buche, ma nient'altro. Tutto il resto è libero ed è lasciato all'inventiva ed alla sensibilità creativa del progettista. Anche in questo caso la forma è del tutto indifferente alla funzione ed assume un pieno carattere di autonomia.

Questi due esempi, un po' estremizzati, per dire che uno dei criteri fondamentali che hanno guidato il progetto d'architettura in tutto il Novecento è certamente quello funzionalista. Ma si è anche visto che questo criterio è strettamente legato all'epoca. E dobbiamo da ciò dedurre che esiste un'epoca nella quale si vengono fissando dei parametri generali di riferimento (ideologici, di pensiero, di visione del mondo) i quali determinano un particolare modo di affrontare il progetto; questi, generalmente, in un'altra epoca sono destinati a mutare. Nel mondo moderno prevale il carattere funzionalista dell'architettura. Ma in altre epoche, come ad esempio in periodo barocco, questo carattere funzionalista passa del tutto in secondo piano. Che significato hanno, dal punto di vista schiettamente funzionale, la sovrabbondanza di decorazioni, l'accartocciarsi degli elementi costruttivi, le superfetazioni di stucchi, modanature, ornamentazioni floreali e così via? Tutto ciò che è assolutamente incomprensibile dal punto di vista schiettamente funzionalista, assume pieno significato soprattutto dal punto di vista formale.

Quindi i criteri generali da epoca ad epoca cambiano. Noi, in quanto progettisti, per non essere anacronistici, non possiamo oltrepassare il perimetro espressivo (le convenzioni, lo stile, le forme linguistiche e così via) proprie della stagione culturale nella quale siamo, volenti o nolenti, coscienti o non, totalmente immersi. In realtà si possono anche valicare questi confini ma si rischia di essere ritenuti fuori dal mondo. E fuori dal mondo si è per ignoranza e stupidità o per troppa intelligenza. Chi va contro i

---

<sup>25</sup> Ha scritto, a questo proposito, Peter BLAKE: "Nessuno è certo sul nome di chi per primo proclamò lo slogan 'la forma segue la funzione'. La maggior parte degli storici ritiene che sia stato Horatio Greenough e tutti sono d'accordo che Louis Sullivan, il maestro dei grattacieli americani a cavallo tra questo e il secolo scorso, fece suo il motto, senza però fame la regola assoluta. Come disse infatti Marcel Breuer 'Sullivan non consumava il suo funzionalismo così caldo come lo cucinava'. In ogni caso, 'la forma segue la funzione', o tout-court, il 'Funzionalismo', divenne fin dall'inizio il dogma del Movimento Moderno" in Peter BLAKE, *Form follows Fiasco, Why Modern Architecture hasn't worked*, t.i. di G. Villa, Alinea, Firenze, 1983, p.29.

dettami generali di un'epoca o è uno stupido o un genio. In questi casi non esistono vie di mezzo; perché nel primo caso si tratta di una stupidità scialba, totalmente scollata dall'epoca cui si appartiene, perché si rimane, da stolidi, ancorati ad un passato definitivamente tramontato senza aver compreso nulla del tormento particolare che ha portato al superamento ed alla distruzione dei passati stili. Nel campo della pittura uno degli esempi più calzanti da questo punto di vista è rappresentato da Gregorio Sciltian che si è ostinato, nel pieno del secondo dopoguerra del Novecento, ad inseguire ideali di "rinascimentale" memoria assolutamente anacronistici, privi di qualsiasi significato, finendo per costruire una pittura decisamente brutta e banale.

E', però, altrettanto vero che vi sono personaggi che non aderiscono all'epoca per genialità, perché hanno compreso a pieno le sue limitazioni e, perché, per capacità e potenza di analisi, riescono a vedere lontano, oltre i limiti imposti dalle convenzioni e dagli equilibri del presente. Uno di questi uomini geniali fu, ad esempio, Arthur Rimbaud, poeta che anticipò, in pieno clima ottocentesco, le tensioni e le tragedie che sarebbero state proprie del Novecento. Il suo *Una stagione all' inferno* è una piena anticipazione del baratro culturale proprio della "modernità". Così, allo stesso modo, si può dire di Alfred Kubin che, nel 1907, scrisse *L'altra parte* nel quale si anticipano gli orrori del nazismo.<sup>26</sup>

Il progetto è, dunque, frutto dell'epoca in cui vede la luce. Il progettista, in genere, non riesce a cambiar nulla del linguaggio progettuale che è già formulato nella sua completezza da quelli che abbiamo chiamato "maestri". Questi sono tali perché, nel corso delle loro sperimentazioni, hanno stabilito i limiti ed i pregi del modo di progettare e di concepire l'architettura che è proprio dell'epoca storica. Tanto vale, allora, "copiare", nel senso alto di questa parola. E questo è uno dei fondamentali principi della progettazione: saper copiare, saper trarre il maggior partito dalle innovazioni concepite dai maestri che si sono trasformate, consolidandosi, in veri e propri fondamenti teorici, principi normativi dell'agire progettuale in architettura. Naturalmente il termine "copiare" va inteso in senso largo, ampio; significa, cioè, comprendere un progetto, le regole che sono state messe in pratica in esso e coglierne tutti gli aspetti positivi, le risoluzioni offerte per i problemi che esso ha affrontato.

Questi sono aspetti piuttosto importanti ed anche estremamente difficili da rintracciare negli architetti contemporanei. L'atteggiamento di questi, infatti, è quasi sempre molto presuntuoso e sarà estremamente difficile far ammettere la dipendenza di una loro scelta progettuale da quella di un maestro. E' invece ovvio che i discorsi progettuali, quale che sia la loro effettiva qualità, sono inseriti in un panorama più ampio e complessivo che fa del passato e dell'esperienza acquisita (del suo studio sistematico ed approfondito) un indispensabile territorio di ricerca. Ogni eventuale innovazione non può prendere le mosse se non da questo territorio, da questo background culturale complessivo. Pensare di dover inventare ogni volta un linguaggio è certamente ingenuo. Ognuno, poi, quando raggiunge una sua maturità espressiva, fa di

---

<sup>26</sup> Jean Arthur RIMBAUD, *Une Saison en Enfer*, t.i. in *Opere*, a cura di Diana Grange Fiori, Mondadori, Milano, 1975; Alfred KUBIN, *Die andere Seite, Ein phantastischer Roman*, t.i. di Lia Secci, Adelphi, Milano, 1965



questo linguaggio un uso proprio e, alle volte, non privo di originalità.

In un corpo linguistico comune e consolidato ognuno ricerca la sua libertà, le modalità di espressione che gli sono proprie. Ma i temi del progetto sono, generalmente già dati ed ognuno dei grandi maestri ha contribuito a fornire la sua soluzione per un determinato problema. In tutti questi casi, quando le risposte progettuali sono soddisfacenti, si trasformano in soluzioni canoniche, tipologie o argomenti da manuale. I manuali sono, per definizione, proprio quei libri che hanno lo scopo di raccogliere gli esempi conclamati, le soluzioni in alternativa che si sono mostrate, nel tempo, le maggiormente riuscite.

L'allievo-architetto, dunque, per imparare a fare un buon progetto deve imparare a copiare, a trasportare nelle sue proposte le soluzioni canoniche fornitegli dal manuale o dagli esempi dei maestri che studierà con particolare attenzione. In particolare il manuale dell'architetto è un libro complesso, molto ben fatto, che appartiene ampiamente alla storia dell'architettura italiana del secondo dopoguerra. La sua prima versione del 1948 fu curata da Mario Ridolfi.

Si hanno a disposizione molti metodi per progettare; tra questi si possono ricordare a solo titolo d'esempio:

1. Il progetto funzionalista
2. Il progetto parcellizzato per attività
3. Il progetto tipologico
4. Il progetto in stile
5. Il progetto semantico

E così via, l'elenco potrebbe allungarsi a seconda del criterio-guida prevalente che il progettista sceglie. Di quello funzionalista si è già fatto cenno in precedenza. Però è bene approfondire ulteriormente il concetto. Innanzitutto chiediamoci, che cos'è una funzione, in che cosa consiste? La funzione può intendersi come una sorta di sintesi, di etichetta che si applica ad un determinato ambiente (o insieme di ambienti) per individuarne le caratteristiche di fondo che - si suppone -debbano determinare il significato e che, conseguentemente, possano individuarne univocamente la forma, l'architettura.

Ma la funzione, in quanto concetto sintetico, può essere scomposta, suddivisa nei suoi elementi costituenti. E l'interesse sta proprio in come essa può essere scomposta. Soffermiamoci ad esempio sulla definizione dell'ambiente cucina in un'abitazione. Si sa bene che in cucina si svolge la funzione prevalente della preparazione del cibo. La scomposizione può avvenire chiedendosi quali siano le attività umane che l'azione di preparare i cibi presuppone. Le attività sono molteplici:

lavorazione dei cibi (lavaggio, preparazione e cottura), l'immagazzinamento delle materie prime e degli strumenti necessari alla lavorazione, la particolarità degli impianti (idraulico, di smaltimento dei rifiuti) e così via.

Se si effettuano queste operazioni il progetto funzionalista diventa estremamente più interessante. In generale, nella schematizzazione funzionalista, quest'analisi dettagliata non viene mai condotta avanti con il rigore necessario; e, inoltre, uno degli

errori più frequenti commessi da chi è alle prime armi con il progetto è proprio quello di sottovalutare, se non di trascurare del tutto, questa complessità. Si tratta di una dimenticanza non lieve perché, poi, nella fase di progettazione esecutiva, si sarà costretti a scegliere soluzioni già prefabbricate (a livello industriale) che non sempre si adattano alle scelte e soluzioni di progetto del caso particolare di cui ci si sta occupando. Il risultato sarà, molto spesso, quello di un cattivo funzionamento e certamente di uno scadimento del livello formale-qualitativo del manufatto architettonico. Come già si è già avuto modo di sottolineare in precedenza, non è richiesto ad un architetto di essere ogni volta radicalmente innovativo ed inventare, ad ogni occasione, tutto daccapo. Ma certamente è richiesto alla sua competenza di armonizzare le scelte generali di progetto (quelle che fanno parte del cosiddetto progetto di massima, per intenderci) con le soluzioni di dettaglio proposte dall'industria e sapersi orientare con sapienza e professionalità tra le tante esistenti in commercio ed individuare quelle che maggiormente si adattano al suo caso e, inoltre, di saper progettare *ex-novo* le soluzioni non esistenti sul mercato, affidandosi a bravi artigiani e controllando a fondo il particolare iter creativo-costruttivo di ognuno di loro, con dovizia, discernimento, verificando che le tecnologie siano le più appropriate, con buon gusto e capacità di prevedere tutte le soluzioni particolari che si dovessero rendere necessario lungo l'intero corso della progettazione, fino a conclusione dell'opera nella sua totalità.

Di conseguenza il primo approfondimento che si rende indispensabile nel progetto funzionalista è rappresentato dall'analisi puntuale delle attività. Nel caso del progetto di un'abitazione l'operazione di scomposizione analitica diventa assai interessante perché, spezzando il predominio sintetico della funzione, permette di cogliere quella miriade di schemi che sostanziano l'attività degli uomini. Ad esempio, quello dei *percorsi*. Viene qui in mente la complessa operazione teorico-progettuale condotta da Alexander Klein per mettere l'architetto in condizione di verificare, sul piano analitico, i criteri di progettazione degli alloggi razionalisti. Afferma, a questo proposito Klein:

" L'alloggio che ci costruiamo deve essere in relazione attiva ed organica con le condizioni di vita ed i bisogni culturali della nostra epoca, inoltre deve soddisfare le necessarie richieste di maggiore economia e semplicità; in una parola, deve aiutare in ogni sua parte e sotto ogni punto di vista a renderci più facile la vita e nel contempo a mantenere le nostre energie fisiche e spirituali. Tutte queste condizioni sono da rispettare specialmente per gli abitanti delle grandi città."<sup>27</sup>

Per ottenere questi obiettivi generali, Klein escogita una serie di metodi di progettazione e di verifica molto interessanti che, anche se in maniera molto succinta, vale la pena qui ricordare. Il sistema da lui messo a punto è basato su di una serie di metodi analitici che vanno dall'analisi sistematica dei dati generali del problema da affrontare e risolvere (lo schema generale di lavoro per l'individuazione delle tipologie residenziali razionali), all'esame preliminare per mezzo di questionari, al metodo di

---

<sup>27</sup> Alexander KLEIN, *Alexander Klein, lo studio delle piante e la progettazione degli spazi negli alloggi minimi. Scritti e progetti dal 1906 al 1957*, t.i. di s. Wettstein, Mazzetta, Milano, 1975.

riduzione dei progetti alla stessa scala - dove per scala è da intendersi "l'omogeneità di alcuni parametri dimensionali e dello schema distributivo che permettono la confrontabilità sistematica delle varie soluzioni, riferite al numero dei posti letto"<sup>28</sup> - ed al successivo raffronto delle caratteristiche tipologiche, e, per concludere, al "metodo grafico". Quest'ultimo metodo di verifica è il più affidabile. Prosegue Klein:

"Il metodo grafico si differenzia da tutti gli altri attuali metodi di valutazione delle piante poiché con la sua applicazione possono venire letteralmente ed in modo evidente le caratteristiche di una pianta. Inoltre può venir utilizzato a scopo didattico per i principianti e come autocontrollo da i più esperti"<sup>29</sup>.

Il sistema grafico proposto da Klein ha, come scopo ultimo, quello di indagare e di mettere in luce le caratteristiche più importanti di ogni pianta del progetto. Esso si suddivide in quattro fasi diverse che, sinteticamente, sono:

1. Andamento dei percorsi e disposizione delle aree per la circolazione
2. Concentrazione delle superfici libere e ombre portate.
3. Analogie geometriche e relazioni tra gli elementi della pianta.
4. Frazionamento ed ingombro delle superfici delle pareti.

Le fasi di cui ai punti 1-4 hanno lo scopo di verificare percorribilità, disponibilità delle superfici libere, fattori di illuminazione ed utilizzazione delle pareti e confrontare tra loro soluzioni diverse.

Questi criteri generali cui s'è fatto fin qui brevemente cenno appartengono, a pieno diritto, alla teoria generale elaborata dal razionalismo architettonico in merito ai requisiti che devono essere propri dell'alloggio.

Ritornando al nostro discorso, si vede, dunque, come il criterio di analisi dei percorsi che si possono tracciare in un ambiente ha illustri precedenti nella teoria dell'architettura moderna. Se si prova a tracciare una sorta di diagramma delle attività che si svolgono in un ambiente, si prenderà coscienza della grande quantità di azioni che si compiono e ci si renderà conto non soltanto della compatibilità ma anche, e soprattutto, dei conflitti che si generano tra le stesse. Proprio questi ultimi sono estremamente importanti da conoscere in fase di progetto ai fini di un corretto funzionamento del prodotto edilizio che si va costruendo. Di conseguenza gli aspetti da tenere a mente sono molteplici. Molto di questo lavoro di scomposizione delle funzioni in attività si trova già catalogato nei manuali specifici cui si deve fare costantemente riferimento. La manualistica, inoltre, propone, per tutte (o quasi tutte) le attività, quali debbano essere gli oggetti o gli organismi architettonici, di arredo fisso e mobili, già pensati e proporzionati in termini dimensionali. Ad essi bisogna fare riferimento per evitare di incorrere in errori o, quanto meno, di affaticarsi in un lavoro già svolto, e bene, da altri fin nei minimi dettagli dimensionali, correttamente proporzionato al corpo degli utenti, alle varie esigenze e nelle varie eventualità che effettivamente possono presentarsi nella pratica professionale.

---

<sup>28</sup> Alexander KLEIN, op.cit, p.89

<sup>29</sup> Ibidem, p.93.

Il lavoro da svolgersi, dunque - per la parte manualistica già data e per quella che sta alla nostra esperienza e bravura professionale - è quello di legare la scomposizione delle funzioni in attività ad uno schema dimensionale di base che rappresenta l'adeguamento degli oggetti che compongono lo spazio fisico al corpo dell'uomo.

Grande maestro in questo compito è stato certamente Le Corbusier che ha studiato, per quasi tutte le attività fondamentali dell'uomo, in maniera quasi maniacale, quali fossero le possibilità di razionalizzazione del sistema delle misure. In quest'ottica va inquadrato il suo lavoro di costruzione del *Modulor* e della sua vera e propria mania di rilevamento degli antichi monumenti.<sup>30</sup> Importante è qui ricordare la sua posizione nei riguardi dei sistemi di misura ed il suo richiamare al significato che le passate unità di misura possedevano. Con l'introduzione del metro come unità di misura, s'è perduto qualcosa di molto importante che apparteneva ai sistemi di misurazione adottati nel passato, la rispondenza, cioè, tra unità di misura e parti del corpo o azioni compiute dall'uomo.

Le moderne unità di misura sono, conseguentemente, per Le Corbusier, frutto di un errore. Il metro è un'unità di misura completamente astratta dal corpo e dalle azioni dell'uomo; si tratta, in altri termini, di una misura imposta, un'unità estranea. Che un uomo sia alto, mediamente, 1 metro e 75 centimetri ci dice poco. Mentre, al contrario, i metodi di misurazione degli antichi erano fondati su principi completamente diversi, meno precisi ma più comprensibili con immediatezza. Ad esempio, la profondità delle acque era misurata a braccia, perché la lunghezza di un braccio umano era un'unità concretamente esprimibile durante l'azione che veniva compiuta mentre si mandava giù nel fondo una corda con un peso che fungeva da scandaglio. Come la velocità di una barca veniva misurata a nodi con ciò intendendo riferirsi al modo in cui una corda, segnata con nodi, buttata in acqua, scorreva lungo la fiancata dello scafo, dando conto della sua velocità e così via.

Questo modo di misurare entità e grandezze era, per Le Corbusier, profondamente razionale perché, rapportare l'entità estranea al corpo o alle azioni di questo ad essa correlate, significava fare in modo che fossero con queste congruenti e immediatamente comprensibili, comparabili con le reali possibilità di comportamento dell'uomo.

Un'unità come il metro implica una profonda astrazione dell'entità misurata dall'esperienza propria dell'uomo. Quest'astrazione se, da un lato, sembra sposarsi con una razionalità, una logica progettuale (e, dunque, un'interpretazione del mondo) più oggettiva, più precisa e controllabile, - quella dovuta allo spostamento delle tolleranze di lavorazione dall'imprecisione delle azioni dell'uomo alla micrometrica precisione della macchina - dall'altro estrania, di fatto, in maniera radicale l'uomo dal mondo che lo circonda, pone una distanza più grande tra la sua mente progettante e la realtà esterna e ciò, contrariamente a quanto si è creduto per un lungo periodo di tempo, non appare più un fatto completamente vantaggioso.

Giunti a questo punto, ci rendiamo conto che, nel nostro lavoro di progettazione,

---

<sup>30</sup> Cfr. LE CORBUSIER, *Le Modulor*, Paris, t.i. Mazzetta, Milano, 1974. Per un'analisi del significato del *Modulor* mi permetto di rimandare al mio *Casa, dolce casa*, p.79 e ss.

si vengono incapsulando, ai fini progettuali tre tipi diversi di insiemi parametrici come: le funzioni, le attività che sostanziano le funzioni e le misure che sostanziano gli spazi, gli oggetti e l'invaso che rendono possibili queste attività. Viene in mente, a questo proposito, lo splendido disegno di Leonardo che rappresenta il corpo dell'uomo e le "figure" nelle quali i movimenti vengono ad essere inseriti. Esso esprime pienamente una volontà razionalizzatrice tesa a proporzionare lo spazio che circonda il corpo dell'uomo al corpo stesso.

Un'altra forma di progetto che è stata inserita nell'elenco che si è in precedenza proposto è quella del "progetto tipologico". Che cosa deve intendersi con quest'espressione? Qui ci spostiamo in un'area concettuale del progetto di notevole significato ed importanza. Se si fa riflessione all'esempio della cattedrale gotica, si deve dire che, nell'insieme di tutto ciò che la caratterizza, ciò che colpisce è il tipo di pianta "a croce latina" come si è già avuto modo di evidenziare in precedenza. Più compiutamente questa circostanza si esprime dicendo che la "tipologia" della cattedrale gotica è "a croce latina".

Si è anche ricordato come, in epoca successiva, si tenda a sostituire questa tipologia con quella "a croce greca". Ad esempio, quella che caratterizza il tempio di Bramante a Roma, situato nel cortile del monastero di S. Pietro in Montorio sul Gianicolo, nel posto dove, secondo la leggenda, il Santo avrebbe subito il martirio ed eretto nel 1502. Che cosa significa utilizzare il termine "tipologia"? E' un concetto generale? Il concetto di tipologia, che qui è stato riferito ad alcune chiese, è estensibile a qualsiasi edificio, tanto da assumere il significato di definizione universalmente valida per qualsiasi architettura. La definizione più appropriata di tipologia edilizia, ripresa più volte da molti dei più autorevoli architetti contemporanei, è quella fornita da Quatremere de Quincy che suona nel modo seguente:

"La parola tipo non rappresenta tanto l'immagine di una cosa da copiarsi o da imitarsi perfettamente quanto l'idea di un elemento che deve egli stesso servire di regola al modello"<sup>31</sup>.

Definizione che permette a Rossi di aggiungere che:

" Il tipo è costante e si presenta con caratteri di necessità ed universalità: ma già pure determinati questi caratteri reagiscono dialetticamente con la tecnica, con le funzioni, con lo stile, con il carattere collettivo e il momento individuale del fatto architettonico"<sup>32</sup>.

Il concetto di tipologia, così definito, permette di individuare dei criteri fondamentali alla luce dei quali è possibile mettere a fuoco con chiarezza le proprie scelte progettuali. Ma, nonostante questo significato di rilievo, esso rimane pur sempre un concetto e, dunque, dotato di un certo grado di astrazione rispetto alle esigenze e le

---

<sup>31</sup> Riportato in Aldo ROSSI, *Scritti scelti sull'architettura e la città*, p.303

<sup>32</sup> ibidem, p.304

necessità della costruzione concreta. Esso ci permette l'adozione di criteri generali di aggregazione e definizione degli spazi e degli ambienti che intervengono nella individuazione dell'opera architettonica considerata nel suo insieme ma non ci dice nulla, ad esempio, circa le dimensioni da adoperare, nulla intorno all'analisi delle attività umane che è previsto che si svolgano all'interno del manufatto architettonico, meno che niente sui materiali da costruzione, non ci dà alcuna informazione su come si costruisce la forma, niente di niente sulle proporzioni tra le parti. Di conseguenza si tratta di un concetto generale, tanto generale da diventare generico. La definizione di una scelta tipologica non è, dunque, assolutamente sufficiente per individuare il processo progettuale in tutta la sua completezza. Questo è uno dei più comuni - e più grossolani - abbagli che si sono presi negli studi di architettura e di progettazione da circa vent'anni a questa parte, in base al quale è invalso l'uso - del tutto scorretto - che basta affermare la propria scelta tipologica per ritenere assolto pienamente il proprio compito progettuale.

Le cose non stanno affatto in questo modo. Per fare un buon progetto si può partire da una corretta e chiara scelta tipologica. La scelta di una tipologia rispetto ad un'altra implica profonde conseguenze formali nel tipo di oggetto architettonico che risulterà alla fine dell'iter progettuale ma non è assolutamente sufficiente a garantire il risultato. Dall'astratto, generico, rarefatto bisogna procedere, poi, verso il concreto. E in questo v'è la maggior parte dell'impegno che si richiede ad un buon progettista.

In altre parole, il vero lavoro dell'architetto sta proprio nella definizione della tecnologia, nella sua messa a punto, delle proporzioni, della definizione strutturale-costruttiva delle forme, scelta, quest'ultima, strettamente legata ai materiali da costruzione che si intendono adoperare e dei relativi criteri costruttivi. Ma, al di là di tutto ciò, appare chiaro che il concetto di tipologia è di natura squisitamente formale.

Seguitando nella nostra rassegna sintetica del breve elenco schematico riportato all'inizio, cerchiamo di capire che cosa voglia intendersi con la definizione di "progetto di stile".

Ancora oggi ci si può far tentare, solleticare dalla bellezza di uno "stile". Ad esempio, basta pensare allo splendore dello Jugendstil, quello che agli inizi del Novecento, in Italia, viene denominato "stile floreale". Per comprendere il perché del fascino di questo stile non è necessario rifarsi alla bellezza della Vienna d'inizio secolo o all'eleganza dei lavori di Horta, ma basta guardare più vicino a noi, alla bellezza del lungomare di Messina, con le sue splendide ville floreali d'inizio secolo che si affacciano sullo stretto o, ancora più vicino, ad alcune costruzioni disseminate nella città di Napoli tra la via del capo di Posillipo, il parco Margherita, alcune zone del Vomero e il parco Grifeo. Lo splendore di quelle soluzioni formali è, nonostante il tempo trascorso, ancora intatto. Anzi, quella leggera patina di tempo che lo segna, lo confina in un'area della mente e dell'immaginario che automaticamente lo circonda di un'"aura" di magnificenza, non più gaudente gioventù ma il ricordo un po' nostalgico di questa.

Questo accade perché, nonostante gli anni, lo Jugendstil conserva quasi del tutto inalterato il suo carattere sensuale, di richiamo ad alcune forze - pur se di sola superficie - della natura. La stilizzazione floreale, il suo colore, il suo disegno danno corpo ad

un'atmosfera pienamente erotica anche se lontana nel tempo.

In particolare, poi, i villini di Posillipo uniscono ai caratteri del "floreale" anche motivi schiettamente mediterranei, nella scelta dei colori, negli accoppiamenti dei materiali, maioliche, stucchi dorati, legni ed inferriate lavorate con estremo gusto e capacità artigianale e così via. Ma - come dire? - lo Jugendstil è pienamente ed esclusivamente una decorazione di superficie, una parte del "vestito" che l'edificio indossa ma che, in sé, non può essere da solo l'ispiratore della logica progettuale. Un esempio caratteristico di quanto si sta dicendo è fornito dalla villa che Peter Behrens creò per sé e la sua famiglia nella colonia degli artisti di Darmstadt. Per Behrens la progettazione è un fatto più complesso che non il solo superamento di uno stile sorpassato.

"Forse non è lontano il tempo in cui la direzione nell'architettura non sarà più data dal superamento di motivi ornamentali, storici o moderni, ma dell'espressione di una concezione di vita ... Si tratta di portare ad espressione il concetto di spiritualizzazione dell'essere ed un più nobile atteggiamento di vita, mediante l'accento posto su un carattere severamente architettonico, di contro alla pittorica piacevolezza del gusto medio borghese..."<sup>33</sup>

La casa di Behrens, nel delirio progettante del suo autore, era una sorta di *Gesamtkunstwerk* (opera d'arte totale) wagneriano in cui l'artista progetta e predispone tutto, dall'organizzazione generale degli spazi fin al più minuto partito decorativo dell'oggetto più umile di tutto l'universo domestico. Proprio questo tradisce uno degli atteggiamenti di fondo dello Jugendstil che è quello di ricoprire la più grande superficie possibile di decorazioni, senza lasciare un solo lembo scoperto, in un infaticabile girovagare superficiale senza mai immergersi in profondità. Proprio come ebbe a scrivere Hugo von Hofmannsthal:

"Bisogna nascondere la profondità. Dove? Nella superficie".<sup>34</sup>

Va qui detto per inciso - ma si tratta di una posizione personale e, dunque, come tale deve essere valutata - che non credo possibile comprendere a fondo lo spirito che anima l'architettura in una certa epoca senza fare ricorso alla letteratura. Lo studio esclusivo dell'architettura è, senza il supporto della letteratura, in qualche maniera manchevole, un po' monco dal punto di vista dell'approfondimento del significato. Così, ad esempio, si può comprendere lo spirito che anima Behrens a fondo soltanto se si è letto Hofmannsthal.

E, dunque, incomprensibile può apparire lo scritto di Loos *Ornamento e delitto* se non si è letta *Una lettera di Lord Chandos* dello stesso Hofmannsthal. La perdita del senso comune delle parole lamentata da Lord Chandos, infatti, è, *mutatis mutandis*, la perdita assoluta di significato dell'ornamento nell'architettura di Loos.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> Maria Grazia MESSINA, *Darmstadt 1901 - 1908*, p.42

<sup>34</sup> Su questo particolare aspetto cfr. il saggio di Giorgio MANACORDA, *La profondità della superficie*, in Hugo von HOFMANNSTHAL, *La donna senz'ombra*, Guanda, Milano 1979, p.XI e ss.

<sup>35</sup> Cfr. Adolph LOOS, *Ornamento e delitto*, t.i. in *Parole nel vuoto*, Adelphi, Milano, 1972, p. 217 e ss. e Hugo VON HOFMANNSTHAL, *Ein Brief*, Ber-lin 1902, t.i. di M.Vidusso Frediani *Lettera di Lord*

La descrizione di superficie si trasforma in un vero e proprio culto del superficiale inteso come "sublime". Noi siamo comunemente abituati ad associare al concetto di superficiale quello di inutile, di effimero. E' certamente così: ma in quest'inutilità v'è riposta una tragicità. Chi si muove soltanto in superficie e non si immerge nel profondo lo fa perché ciò che si cela nel profondo incute terrore. D'altro canto anche la razionalità azzerante di ogni valore di superficie del razionalismo architettonico è tragica perché, riducendo l'oggetto di architettura ad oggettività privata d'ogni carattere di decorazione superficiale, si rifiuta l'espressione, il significato riducendosi al solo dato economico. Non si può, dunque, progettare partendo dallo stile. Ma, allo stesso tempo, non è detto che non si debba utilizzare lo stile nel proprio progetto, introdurre la decorazione nella propria metodologia di progettazione.

Questa è una delle conquiste che l'architettura contemporanea può vantare rispetto al razionalismo. Il razionalismo, possiamo dire, fece di necessità virtù; trasformò un problema economico (spendere poco per dare la casa a tutti, questa, in estrema sintesi, la condizione di partenza delle ricerche sull'*Existenzminimum*) in una questione formale, anzi compiutamente di stile, lo stile "moderno", per l'appunto. Ma nel nostro caso la questione comincia ad assumere lineamenti diversi ed anche il loosiano tabù sulla decorazione sembra cadere. Probabilmente dovremmo chiederci, come si chiede Wright, quale sia la più corretta decorazione per la casa, quale sia la più efficace, la più profonda. Wright, infatti, quando parla dei materiali e del loro valore sim-bolico-decorativo dal punto di vista progettuale, ad esempio quando tenta di rintracciare il più corretto valore semantico per il legno, afferma che se lo si vernicia si finisce per snaturare, in qualche modo, la sua reale bellezza, il suo "calore" che è dato dalla pienezza del disegno delle venature e dalle sfumature che esse assumono, rosso nel ciliegio, nero nell'ebano, rosso scuro nel mogano, bianco nell'abete e così via.

Tutta la questione della "verità intrinseca" dei materiali da costruzione, insomma, si fonda proprio sul rifiuto della falsità della sovrabbondanza decorativa ed il recupero del concetto di bellezza come "sincerità". Si tratta, come ben si comprende, di un discorso estremamente importante dal punto di vista progettuale, perché ci trova ancora immersi in questo tipo di cultura. Valgono le considerazioni che si sono svolte in precedenza a proposito delle limitazioni logico-concettuali e metodologico-progettuali imposte dall'epoca nella quale ci si trova ad agire, dalla cultura dominante alla quale si deve, comunque, dare conto per conferire senso e valore al proprio modo di agire.

Non siamo, dunque, liberi da questo particolare modo di concepire la decorazione. La decorazione non può, nel nostro modo corrente di ragionare, srucciare, in qualche modo, alle leggi della necessità, non può essere gratuita o, almeno, per potersi adoperare non può sfuggire ad una sorta di autocensura la quale ci impone di indagare nel campo delle motivazioni e non di farla essere ciò che è sempre stato, leggerezza, gratuità, superficialità, fuga in avanti rispetto al dato di necessità del presente. L'atteggiamento "moderno" è purtroppo esageratamente "serio", motivato, necessitante; richiede profonde giustificazioni per la sua definizione progettuale.



Qui si apre un discorso molto importante. In genere ognuno ha il suo metodo, per così dire, per trovare l'ispirazione, per riuscire, cioè, a venire a capo di un ben determinato problema, per farsi venire un'idea intorno alla quale incominciare a lavorare e poi pasticciare per tirar fuori una griglia teorica sulla quale impiantare il progetto. Il metodo che, a mio parere, alcuni grandi architetti hanno messo a punto è quello del "racconto". Come si è già prima ricordato la casa - che rappresenta l'argomento principale della nostra attenzione progettuale - possa essere considerata una sorta di "linguaggio". Essa è sicuramente il prodotto di un processo costruttivo ma guai a considerarla soltanto a questo livello. Perché limitarsi soltanto a quest'aspetto significa rimanere invischiati in tutta una serie di problemi la cui immediatezza concreta porta a perdere di vista il significato di fondo che essa assume. Un progetto condotto soltanto sul piano immediatamente costruttivo porta ad una casa senz'anima, senza alcun significato e, quindi, irrimediabilmente brutta. Come fare, allora, per fornire questo costrutto di un'anima, di un significato? Bisogna innanzi tutto interrogare noi stessi, chiederci quale, secondo noi, dev'essere il significato dell'ambiente domestico.

La casa è certamente un linguaggio non solo perché parla dello stato sociale di chi ne ha promosso la costruzione e successivamente la abita ma perché parla al e del suo abitante. Come si può fare ad entrare nella logica del racconto, ad entrare nella logica della casa in quanto linguaggio? Qui sono il nostro modo di pensare, la nostra sensibilità a farci da guida. In altre parole, a questo punto, il progettista va alla ricerca di qualcosa che non è al di fuori ma al di dentro, nel profondo dell'animo umano. Naturalmente, Dio ci guardi dall'intraprendere strani esperimenti psicoanalitici o di psicologia dello spazio. Il problema è che si tratta di comprendere se esiste uno "spirito" delle cose domestiche e come penetrarlo. Siamo aiutati, ancora una volta, dalla letteratura. I lavori di Gaston Bachelard, a questo proposito, sono esemplari. Rimandando allo studio di questo autore chi voglia saperne di più<sup>36</sup> possiamo fornire un esempio di quello che qui si intende dire. Ci aiuta, ad esempio, Proust quando all'inizio della *Recherche* descrive il senso dello spazio domestico nello stato di ipnosi del sonno e della memoria di quello che si è e che si è stato:

" Un uomo che dorme tiene intorno a sé in cerchio il filo delle ore, gli ordini degli anni e dei mondi. Li consulta istintivamente svegliandosi e vi legge in un attimo il punto della terra ch'egli occupa, il tempo trascorso fino al suo risveglio; ma i loro giri possono confondersi, spezzarsi. Se, verso il mattino, dopo un po' di insonnia, lo coglie il sonno mentre sta leggendo, in una posizione troppo diversa da quella in cui dorme abitualmente, basta un suo braccio levato per fermare e fare indietreggiare il sole, e al

---

<sup>36</sup> Ci si riferisce principalmente al lavoro di Gaston BACHELARD, *La poétique de l'espace*, Presses Universitaires de France 1957; t.i. Dedalo, Bari 1975. Ma la comprensione del metodo adoperato dal filosofo francese sarà completamente chiara a chi volesse approfondire gli aspetti culturali generali leggendo anche: *La poétique de la reverie*, P.U.F., 1975, t.i. Dedalo, Bari, 1972; *Le droit de rêver*, P.U.F., 1970, t.i. Dedalo, Bari, 1975; *L'intuition de l'istant*, Paris 1966 e *La psychanalyse du feu*, Paris 1967, t.i. in unico volume, Dedalo, Bari, 1975; *Epistemologie. Textes choisis*, P.U.F., 1971, t.i., Laterza, Bari 1975; *Le nouvel esprit scientifique*, P.U.F., t.i., Laterza, Bari 1978.

primo attimo del risveglio, non saprà più l'ora, penserà d'essersi appena coricato. Quando s'assopisca in una posa ancora più strana e divergente, per esempio dopo pranzo seduto in una poltrona, allora lo sconvolgimento sarà totale nei mondi tratti dalle loro orbite; la poltrona magica lo farà viaggiare a tutta velocità nel tempo e nello spazio e, nell'aprire le palpebre, egli crederà d'essersi coricato alcuni mesi innanzi in un altro paese. Ma bastava che, anche nel mio letto, il mio sonno fosse profondo e portasse a una piena distensione la mia ragione; allora questa abbandonava la zona del luogo dove m'ero addormentato, e, quando mi svegliavo nel cuore della notte, come ignoravo dov'ero, così neppure sapevo al primo momento chi io fossi; avevo appena nella sua primitiva semplicità il senso dell'esistenza quale può fremere nel fondo di un animale; ero più spoglio dell'uomo delle caverne; ma allora il ricordo - non ancora del luogo dov'ero, ma di alcuni di quelli che avevo abitato e dove avrei potuto essere - veniva a me come un soccorso dall'alto per trarmi dal nulla donde non avrei potuto uscire da solo; in un attimo passavo sopra secoli di civiltà, e le immagini intraviste confusamente, di lampade a petrolio poi di camicie col colletto rivoltato, a poco a poco ricomponevano i tratti originali del mio io.

Forse l'immobilità delle cose intorno a noi è loro imposta dalla nostra certezza che sono esse e non altre, dall'immobilità del nostro pensiero nei loro confronti".<sup>37</sup>

Questo dunque il senso delle cose che ci circondano, quello di raccontare una storia al nostro io e permetterne la "ricomposizione". Il progetto di queste cose che riempiono lo spazio che circonda l'io è quello che si è sinteticamente definito, in precedenza, "progetto semantico".

Spostiamo, per questo, la nostra attenzione alla progettazione di un qualche elemento della casa, qualcosa di molto piccolo dal punto di vista dimensionale perché più piccolo è l'oggetto più difficoltà si incontrano nel volerne definire la struttura in maniera completa ed efficiente. Basta immaginare, ad esempio, il progetto di una tazza, un cucchiaino, un bicchiere, una sedia. Tutti questi oggetti, proprio perché hanno a che fare con funzioni elementari e consuetudinarie di ogni giorno, mostrano aspetti estremamente interessanti ma anche molto difficili da affrontare dal punto di vista progettuale con competenza e completezza. Consideriamo, ad esempio, un bicchiere: realizzare un piccolo contenitore concavo con un gambo sul quale esso si poggia e che serva, contemporaneamente, per impugnarlo non significa affatto aver risolto tutto l'insieme di problemi che quest'oggetto presenta dal punto di vista progettuale. La questione è estremamente complessa;

con il tema del bicchiere o di altri piccoli oggetti d'uso quotidiano come quelli ora ricordati si sono misurate intere generazioni di architetti, progettisti, disegnatori, artisti, artigiani in tutte le epoche della storia. Basta pensare, per analizzare un esempio ancora più evidente, che cosa rappresenta, dal punto delle difficoltà di progettazione, il tema della sedia a partire da *Thonet* e dalla forma particolarissima delle sedie realizzate che portano questo marchio di fabbrica per giungere a quelle di Mackintosh; per non parlare

---

<sup>37</sup> Marcel PROUST, *Alla ricerca del tempo perduto. La strada di Swann*, t. i. di Natalia Ginzburg, Einaudi, Torino 1950 ed. Mondadori, 1970, pp.7-8.

delle poltrone, dove la fantasia dei progettisti e degli artigiani realizzatori letteralmente si sbizzarrisce. La poltrona, da questo punto di vista, è un vero e proprio universo di significati e di forme anche, e soprattutto, nel suo aspetto funzionale di strumento di vero e proprio estraniamento dal mondo. Chi si siede in poltrona con un libro da leggere - ad esempio un libro giallo - è chi ha deciso di chiudere, per un certo periodo (un minuto, un'ora, un'intera giornata), con il mondo che lo circonda, con le sue ansie, con le sue incombenze. La poltrona, riguardata in quest'ottica, è uno strumento per intraprendere un viaggio del tutto particolare, quello che, sulle ali dell'immaginazione, ci porta lontanissimi dal luogo dove il nostro corpo giace, proprio perché questi, il corpo, si rilassa, distende tutti i suoi muscoli facendo dissolvere qualsiasi tensione residua. Un atto d'immaginazione che si potrebbe definire un atto di ribellione sostanziale e profonda rispetto a tutta la restante parte del mondo.

Un atto d'immaginazione che è strettamente legato al *comfort* fisiologico che l'oggetto poltrona, con le sue specifiche caratteristiche tecnologiche, costruttive e formali, riesce a realizzare. Tutto il meccanismo costruttivo, molle, gommapiuma, stoffa, cinghie, armatura di legno, imbottitura, chiodatura della stoffa, cuciture ecc, concorre alla realizzazione equilibrata di questo obiettivo. Ma anche la bellezza legata alla forma della poltrona contribuisce a suggerire questa sorta di ipersimbolizzazione di un oggetto d'uso come la poltrona che si trasforma, a poco alla volta, in una sorta di grande mamma capace di accoglierci nuovamente in un abbraccio morbido e protettivo. Ecco, come a poco alla volta, un oggetto privo di vita sembra acquistare una sua propria anima, sensibile, accorta, accogliente, squisita. Bisogna pensare a quale significato assume la tappezzeria, il disegno della stoffa - molte volte a fiori o a grandi foglie, surrogato della natura o di un primordiale prato-tappeto di foglie ingiallite dall'autunno nel quale tuffarsi, sprofondando anche nell'odore pungente di un bosco che ci circonda.

Dunque, più piccolo - dal punto di vista dimensionale - è il tema progettuale che si affronta, più difficoltà si presentano all'attenzione ed al mestiere del progettista. Il suggerimento, quando ci si trovi ad avere a che fare con il complesso mondo della casa e della riprogettazione di parti di esso, è, di conseguenza, quello di affrontare direttamente temi piccoli che piccoli non sono, come s'è detto, dal punto di vista delle difficoltà di progetto che presentano. Il trucco per poter affrontare con lo spirito adatto tema e difficoltà connesse è quello di porsi nello stato d'animo più appropriato e cioè di affrontarlo tenendo dedito l'immaginario che è dentro di noi.

Supponiamo, ad esempio, che nella nostra casa tutto sia al suo posto e tutto sia organizzato per il meglio; supponiamo, cioè, che la casa nel suo complesso sia perfettamente corrispondente a ciò che di meglio vi possa essere e di dedicarci, con tutte le energie che riusciamo a raccogliere, soltanto ad un piccolo oggetto, un bicchiere, un lume, un leggio per poggiare un libro, l'angolo per situare il nostro Personal Computer, una scansia dove sistemare alcuni libri e così via. In altre parole bisogna far sì che quest'occasione di progetto si trasformi in un momento di riflessione, se possibile profonda. I momenti di riflessione non sono mai troppi nella vita di ognuno di noi. Quando si presenta l'occasione bisogna esser capaci di afferrarla al volo. Le cose, dopo, forse ci appariranno un tantino più chiare e questo è sempre un bene per la nostra storia personale. Forse la grande storia, quella che si fa da sé, indipendentemente dalla nostra

volontà, passerà indifferente a queste nostre pause di riflessione. In quegli attimi anche noi saremo indifferenti nei suoi riguardi e così la partita, almeno in queste cose infime, è pari e ciò, c'è da essemme certi, non è cosa da poco.

Riflettiamo, allora, su di un ambito ristretto della nostra casa;

allora, abbiamo deciso che si tratta della cucina? Bene: lanciamoci nell'impresa di progettare, per esempio, uno sgabello, o un aggeggio per posarci la saliera, oppure dove mettere i fiammiferi per accendere il gas, oppure - e questo è un tema serio e complesso - una cappa per il fornello con tutti i problemi da quelli di tiraggio a quelli estetico-formali, e così via. In altre parole, l'invito è quello di affrontare problemi concreti da risolvere, simulando il processo nella sua interezza, dall'ideazione alla realizzazione concreta, materiali e processi costruttivi compresi. Una volta impostato in questa maniera, qualsiasi tema diventa immediatamente complesso ed articolato.

Una volta scelto l'oggetto, il primo quesito che si pone alla nostra attenzione è quello di un corretto inquadramento dell'aspetto funzionale ad esso connesso. La funzione dell'oggetto, come si è già detto in precedenza, certamente fornisce una serie di informazioni utili per definire alcuni aspetti dell'iter progettuale che sarà necessario seguire;

sarebbe fuorviante ed assurdo affermare che la funzione dell'oggetto d'uso non ha parte nella definizione dello stesso; non ha caso, poi, l'oggetto è, per l'appunto definito, *oggetto d'uso*, ma, come è noto, gran parte della sua definizione è determinata - come s'è visto in precedenza - dalla geometria, dalle figure spaziali, dalla modularità ecc. Il dato funzionale è uno dei tanti che, congiuntamente agli altri, entra nella determinazione e nell'esatta individuazione dell'iter progettuale che seguiremo. Ad esempio, parlando di un cucchiaino, non è possibile prescindere dal fatto che si tratta di un oggetto che dovrà portare il cibo alla bocca, circostanza, quest'ultima, che influirà direttamente sulle dimensioni e sulla forma (quella caratteristica di un semiuovo molto schiacciato); non potrò pensare ad un cucchiaino che non rispetti queste tolleranze dimensionali e formali a meno di non pretendere di squarciare la bocca degli utenti se le dimensioni sono troppo grandi o di costringere gli stessi ad usare le mani se, viceversa, si tratta di una concavità troppo piccola per ospitare il cibo.

La funzione, dunque, non può non dettare limiti al nostro agire progettuale. Il problema vero, però, è che quando si deve procedere concretamente nel progetto, le prescrizioni funzionali non sono assolutamente sufficienti per stabilire il "come" del progetto. Se si tenta di spremere all'osso le indicazioni di natura funzionale di più non si riesce ad ottenere a meno di non negare, in tutto e per tutto, la nostra funzione di architetti e tutte le aspettative - poche ancora per la verità - che si ripongono nel nostro mestiere.

Giunti a questo punto i problemi da affrontare sono due:

1. La definizione dei limiti: da dove comincio e dove devo giungere?
2. La definizione dei problemi costruttivi: tecnologie, materiali;

quali le più corrette, quali adoperare?

In genere gli aspetti di cui ai punti 1 e 2 che precedono non possono essere completamente staccati tra loro; come abbiamo già imparato in precedenza, la forma è strettamente legata alle tecnologie costruttive ed ai materiali. In realtà gli aspetti 1 e 2

sono, allo stesso tempo, congiunti e separati. Questo paradosso, se si riflette, si spiega abbastanza facilmente; per rendercene conto procediamo nel modo seguente.

Supponiamo di aver deciso di progettare un oggetto ben determinato e circostanziato come, per esempio, un comò e, cioè, un oggetto che abbia dei cassetti, un piano di appoggio superiore ed uno specchio; proviamo, per prima cosa, a dare una descrizione sintetica delle parti che lo compongono o lo dovranno comporre in relazione alla funzione cui è destinato e, cioè, alla serie di azioni elementari in cui questa funzione può essere suddivisa. Ed allora:

a. Un comò serve per riporre della biancheria. Esso deve, di conseguenza, avere dei cassetti. A seconda del numero di cassetti, per il passato, questo mobile prendeva nomi diversi. Per esempio, un mobile a sette cassetti - ognuno di questi, idealmente, era destinato ad un giorno della settimana - assumeva il nome di *settimanile*.

b. Un comò serve anche per la *toilette* in camera da letto, dunque deve avere un piano sul quale disporre gli elementi per questa necessità. In genere il piano di copertura superiore è destinato a questo scopo. e. Per poter curare la propria persona è necessario uno specchio;

dunque l'ultimo elemento è proprio questo. E' facile mostrare come a queste tre parti derivanti da precise funzioni che sono, come s'è testé detto, conservare biancheria e curare il proprio aspetto, corrispondano diverse azioni elementari che, per la precisione, sono:

- aprire e chiudere in maniera comoda i cassetti e, cioè, tirare in avanti e spingere all'indietro il cassetto
- afferrare e poggiare gli oggetti disposti sul piano superiore
- specchiarsi, pettinarsi, imbellettarsi e così via.

A queste azioni devono corrispondere tutta una serie di tolleranze dimensionali compatibili con i movimenti delle braccia, le dimensioni degli arti interessati, le posizioni del corpo durante lo svolgimento delle azioni in cui la funzione è stata scomposta. Ed ancora: i cassetti devono essere di dimensioni rapportate al relativo peso tali che nel tirarli fuori non si debba compiere un eccessivo sforzo muscolare. Il piano sul quale poggiano gli oggetti necessari alla *toilette* deve essere posto ad una quota tale che sia agevole afferrarli e che, inoltre, lo specchio permetta l'azione elementare per la quale è stato concepito e che, cioè, sia disposto ad una tale altezza in modo che non si debba salire su di una scala o che non ci si debba inginocchiare a terra per specchiarsi. E così via.

Si tratta di osservazioni che, dette così di fila, possono apparire scontate e banali. Ed, effettivamente, tali sono perché l'oggetto comò già esiste codificato e classificato dal punto di vista tipologico; esso è il risultato di una lunga ricerca dei maestri falegnami ed ebanisti lungo i passati secoli di storia dell'arredamento. Essi ce lo consegnano già studiato e sviscerato in tutti i suoi aspetti per cui le variazioni sul tema sono certamente infinite ma all'interno di un dominio dimensionale-funzionale finito, univocamente determinato.

Ma la domanda, ora, è: tutto ciò basta per definire univocamente un comò, il comò che noi abbiamo intenzione di progettare? No, evidentemente, perché tutto quello che abbiamo finora esaminato nulla ci dice intorno a tutta una serie di parametri

necessari per la costruzione del nostro oggetto di architettura; nulla intorno al materiale (al tipo di legno, per esempio), le finiture, il colore, la laccatura, le decorazioni, la forma dello specchio, la sua eventuale cornice, ecc. Nulla di tutto ciò ed intorno a molte altre cose ancora. Insomma, dobbiamo, praticamente, inventare tutto. Ma se si vanno ad analizzare le metodologie progettuali generalmente adottate dai grandi architetti, si può notare che, se fossero partiti soltanto da considerazioni di tipo funzionale, non sarebbero arrivati ai risultati finali e formali raggiunti. Mackintosh non sarebbe arrivato al *design* delle sue sedie se fosse partito solamente dal dato funzionale e dalle dimensioni ottimali rapportate al corpo dell'uomo medio.

In realtà, come si è avuto modo di sottolineare più volte, il processo che si mette in moto nell'architetto maturo non è mai solo un procedimento di soddisfazione di una mera esigenza funzionale, o il compimento razionale di un processo tecnologico-costruttivo o la realizzazione di un preciso ed astratto ideale formale; si tratta, al contrario, del concorrere di tutte queste motivazioni, in un assieme dove i materiali condizionano la forma e, a loro volta, sono condizionati dalla funzione e questa si rimescola e si confronta con tutto il resto.

Molte volte, nelle realizzazioni di alcuni architetti, l'immagine che sta alla base della ideazione progettuale proviene da strutture formali del tutto estranee alla natura dell'oggetto che si va delineando in fase di progettazione. Ad esempio, molte volte un mobile assume in tutto e per tutto delle reminiscenze formali che sono proprie del corpo umano, oppure presenta una scansione di pezzi e parti che riecheggiano l'organizzazione formale, stilistica e strutturale di un vero e proprio edificio. Un eloquente esempio è fornito dalle cassettiere rinascimentali, neoclassiche, rococò. Questi mobili, il più delle volte, pur avendo cassetti, sportelli propri della mobilia, simulano, in tutto e per tutto una sintassi tra parti che è tipica dell'edificio, presentando elementi componenti come le colonne cantonali con precisi riferimenti stilistici agli ordini classici, modanature, cornicioni aggettanti al posto delle cornici, fregi in cui compaiono metope e doccioni a forma di leoni che riecheggiano quelli analoghi dei palazzi. E, per soffermarci su una circostanza non poco curiosa che ricorre spesso, molte volte i piedi dei mobili assumono la forma di zampe di animali, cani, leoni, felini, dotate di dita e finanche di peli ed unghie.

Quest'esempio ci fa comprendere come in tutti questi casi si sia messo in moto l'immaginario del progettista, dell'artigiano creatore dell'opera che ha trasformato il mobile in un edificio o in una bestia che se ne sta in bella mostra di sé, accovacciata in un angolo della casa. La nostra sensibilità di architetti moderni, come s'è avuto modo di mettere in evidenza in precedenza, non ci consente più di interpretare in tal modo la forma atteso anche il fatto che una gran parte delle teorie che hanno preso vita nel "moderno" hanno violentemente inibito qual-siasi velleità simbolico-formale di questo tipo, sottolineando la necessità di insistere sulla semplicità delle forme e sul riferimento continuo alla bellezza ed all'espressività dei materiali espressi "sinceramente" in un linguaggio scarno, disadorno, essenziale.

Ma è anche vero che un'immaginazione, spinta nella direzione che poco fa si diceva, gioca un ruolo assai importante nella determinazione del progetto del mobile e dell'ambiente domestico. E anche se Loos ha sostenuto che qualsiasi forma di

ornamento è paragonabile ad un vero e proprio delitto, in fondo ogni progettista non riesce a liberarsi del tutto da queste implicazioni dell'immaginario nel suo lavoro progettuale, perché, a livello inconscio, si agitano sempre questo tipo di "figure" simboliche ed archetipiche nella determinazione delle scelte formali.

Ma, naturalmente, queste considerazioni non significano che siano da ripercorrere strade analoghe nella definizione dell'iter progettuale; queste considerazioni vogliono mostrare che se si riesce ad associare all'oggetto da riprogettare una storia, un racconto vero e proprio intendo - per l'appunto una ricostruzione del "progetto semantico" -, e, in questo modo, viene riscoperto un significato per l'oggetto che si sta progettando, un significato che è situato al di là del puro dato funzionale, paragonabile, tanto per spiegarci, a quel lavoro di fantasia che ognuno di noi ha fatto da piccolo, trasformando ogni oggetto domestico come se si trattasse di un elemento che entra a far parte di un grande paesaggio che è la casa considerata nel suo insieme, un grande repertorio di oggetti fantastici con il quale si entra in dialogo; allora, se tutto ciò accade, involontariamente si mette in moto un meccanismo - che è quello creativo per eccellenza - che potremmo definire *associazione di idee e di figure spaziali*. Mi spiego meglio con un esempio concreto.

Torniamo all'esempio del comò di cui abbiamo parlato poc'anzi. Il metodo per mettere in pratica quanto si è detto consiste, più o meno, in questo; dopo aver compreso che cosa è, dal punto di vista funzionale, il mobile del quale ci stiamo occupando ed aver compreso anche tutto lo schema dimensionale che consente agli arti dell'uomo di svolgere quelle azioni collegate alla funzione dell'oggetto (alle funzioni se, come è il caso, ve ne sono più di una), abbandoniamoci, con una matita in mano, all'idea di fondo che quel mobile sembra suggerirci. Eseguendo questa specie di esperimento non riuscivo a liberarmi dall'idea che il comò fosse una sorta di edificio-paesaggio. Come è illustrato dagli schizzi, la parte inferiore del mobile e, cioè, la cassettera, era interpretata come edificio e la parte superiore come paesaggio; lo specchio, infine, era il cielo e su di esso si sovrapponevano, a seconda dei casi, una nuvola, una montagna ecc.

A prescindere dal risultato formale cui sarei giunto se avessi spinto questo tipo di operazione fino alle fasi di progetto esecutivo e ne avessi fatto realizzare un prototipo, ciò che si vuole qui sottolineare non è tanto il tema singolare o l'associazione di idee particolare che mi è venuta in mente, quanto, piuttosto, il modo di procedere che sembra porsi correttamente come vero e proprio metodo, per l'appunto, quello che prima abbiamo chiamato "progetto semantico". Lasciarsi andare alla libera associazione delle idee è un metodo di pensiero e, soprattutto, specifico del pensiero progettante che, quasi sempre, seguiamo nel nostro lavoro di immaginazione. Per poterne trarre le conseguenze più proficue per il nostro lavoro progettuale, si dovrà legare a questo processo un analogo vagare della mano sul foglio di carta. Si tratta di un metodo molto utilizzato dagli artisti e, soprattutto, dagli architetti. L'esempio di Mendelsohn mi sembra molto eloquente. E, dunque, se si sceglie di seguire questa strada, si comincerà ad associare intuitivamente tra loro immagini e forme. Alla fine, quello che fa ogni architetto maturo, ogni artista affermato, non consiste in altro che in questo e quando inventa qualcosa, anche nel caso del Design moderno più spinto, si viene costruendo una sorta di fenomenologia dell'oggetto domestico, di ricostruzione del suo significato

"spirituale". Nel caso di Munari, ad esempio, gli oggetti vengono reinterpretrati favolisticamente tanto che questo particolare linguaggio è molto ben compreso dai bambini.

Meccanismi mentali ed associativi di questo tipo sono quelli che possono aiutare in gran misura nella riprogettazione di elementi domestici perché sono in grado di assicurare valenze non soltanto funzionali a questi oggetti.

La domanda spontanea, a questo punto, potrebbe essere: qual'è la necessità di trasformare un semplice oggetto d'uso in una cosa così complicata? Si tratta di un procedimento legittimo o semplicemente di un atteggiamento, per così dire "poetico", una forte estroflessione soggettiva che pretende di diventare metodo progettuale?

In parte queste obiezioni sono del tutto legittime. Una sedia, al di là di ogni cosa e di ogni considerazione "creativa", è pur sempre una sedia e serve principalmente per sedersi. Però, nel dire ciò non è che si farebbe una grande scoperta. Bruno Taut, ad esempio, si distacca enormemente da ogni atteggiamento immaginifico all'interno della progettazione domestica perché, com'è noto, sostiene che gli aspetti funzionali nella casa moderna devono avere la priorità su tutto. E giunge, in questo suo furore ordinatore, anche a togliere i quadri dalle pareti, sostenendo che si possono tranquillamente riporre in un cassetto, in modo tale da poterne prendere visione quando effettivamente lo si desidera e non ogni volta che si leva lo sguardo sulle pareti, finendo per abituarvisi e, dunque, per non farci più caso. La casa moderna è dunque, per Taut, un territorio nel quale vanno azzerate tutte le velleità ornamentali che non siano strettamente motivate.<sup>38</sup>

In realtà, come cominciamo nuovamente a renderci conto, una casa non è soltanto, come voleva Le Corbusier, una "macchina per abitare". Essa è anche un mezzo per immaginare fughe dal quotidiano; essa, nella concezione di molti architetti, viene vista come uno degli ultimi mezzi in dotazione dell'uomo per dare sfogo alla sua fantasia, per sognare, per liberarsi della stretta che il territorio metropolitano esterno gli impone. E, in questo, anche i fautori dell'annullamento di qual-siasi ornamento come Loos sembrano convenire. Le più belle parole scritte, a questo proposito, dal maestro viennese, sono contenute nel saggio *Gli interni della Rotonda* che varrebbe la pena rileggere per capire a fondo che cosa qui si intende dire.<sup>39</sup>

Da questo punto di vista gli oggetti si pongono come strumento di dialogo con se stessi, sono delle presenze amichevoli nel paesaggio domestico se riescono, in qualche maniera, a farci superare i limiti delle pareti concrete, l'angustia fisica del quotidiano urbano e a farci pensare di stare lontano. Se gli oggetti che ci circondano, stimolano l'immaginazione essi hanno una funzione che va molto al di là della funzionalità legata al loro essere soltanto oggetti utili per certi scopi pratici. Le parole di Bruno Munari che seguono ci confortano in questa tesi:

"Ognuno ha un magazzino di immagini che fanno parte del proprio mondo,

---

<sup>38</sup> Bruno TAUT, *La nuova abitazione*, Berlin, 1924, t.i. Gangemi, Roma, 1986

<sup>39</sup> Adolph LOOS, *Gli interni della rotonda* in *Parole nel vuoto*, cit.



magazzino che si è venuto formando durante tutta la vita dell' individuo e che l'individuo ha accumulato; immagini conscie ed inconscie, immagini lontane della prima infanzia e immagini vicine e, assieme alle immagini, strettamente legate ad esse, le emozioni. E' con questo blocco personale che avviene il contatto, è in questo blocco di immagini e sensazioni soggettive che occorre cercare quelle oggettive, le immagini comuni a molti. Si saprà così quali immagini, quali forme, quali colori usare per comunicare date informazioni ad una data categoria di pubblico".<sup>40</sup>

Anche - e soprattutto - di questo ha bisogno un architetto per dare corpo e sostanza al suo progetto, per utilizzare i materiali da costruzione al meglio delle loro possibilità fisico-meccaniche e della loro potenzialità linguistica, espressiva e simbolica.

---

<sup>40</sup> Bruno MUNARI, *Design e comunicazione visiva, contributo a una metodologia didattica*, Laterza, Bari, 1993, p. 15

## Materiali lapidei

### 1. Pietre naturali, rocce, minerali

Le *pietre naturali* sono tra i materiali che hanno, per così dire, fatto la storia dell'architettura da sempre, fin dall'inizio, da quando l'uomo ha cominciato a costruire il primo rifugio per ripararsi dall'inclemenza del tempo e delle stagioni o per edificare spazi chiusi dedicati alle divinità. Una delle espressioni maggiormente usate per definire l'arte del costruire è, infatti, quella che intende l'architettura come "quell'assieme di principi e di tecniche che sono necessari ad individuare le regole per mettere pietra su pietra".

Le pietre naturali, in accordo a quanto indica esplicitamente la loro denominazione, sono prodotti che si rinvengono in natura. Anche se, molto spesso, prima di essere utilizzate, vengono sottoposte a particolari lavorazioni e trattamenti superficiali che hanno lo scopo di esaltarne le caratteristiche fisico-meccaniche di resistenza e quelle estetico-decorative. Il dominio incontrastato delle pietre naturali come materiali da costruzione è stato messo in discussione, come si è già evidenziato precedentemente, soltanto in tempi relativamente recenti con l'avvento del cemento e dell'acciaio che, per le loro caratteristiche peculiari, permettono la realizzazione di opere altrimenti impensabili con il materiale lapideo. Discorso del tutto particolare meritano, poi, le materie plastiche e similari che consentono la costruzione di forme assolutamente inconcepibili fino all'avvento delle particolari tecnologie costruttive ad esse connesse.

Le pietre naturali sono ricavate, con opportune lavorazioni e taglio in appropriate dimensioni, dalle rocce. Dalle rocce derivano, inoltre, non soltanto le pietre da taglio ma anche tutto l'assieme delle materie prime necessario alla realizzazione degli altri materiali impiegati nell'edilizia come calce e cementi, elementi incoerenti per malte e calcestruzzi, piastre da murature, rivestimenti, pavimentazioni e così via.

Per poter ben definire che cosa intendiamo per pietra naturale è necessario premettere le definizioni di *minerale* e di *roccia*. Per *minerale* si intende qualsiasi corpo omogeneo che entra a far parte della crosta terrestre per il quale si verifica che due sue porzioni, purché egualmente orientate, presentano le stesse caratteristiche fisico-chimiche. La classificazione più generale dei minerali li suddivide in *inorganici* ed *organici*, *solidi*, *liquidi* ed *aeriformi* a seconda della loro composizione chimica prevalente e del loro stato fisico. Secondo l'origine essi si considerano *primari* se vengono rinvenuti nel luogo dove hanno avuto origine e *secondari* se sono stati trasportati dal luogo dove hanno avuto origine a quello dove sono rinvenuti; questo trasporto avviene generalmente per il tramite dell'acqua o del vento. I minerali solidi, in genere, si presentano in natura con un alto grado di ordine; questo vuol dire che gli atomi delle sostanze componenti sono disposti nello spazio in modo regolare, secondo

una precisa struttura geometrica che, come abbiamo visto, prende il nome di *reticolo cristallino*. Non è questa la sede per addentrarci con maggiore puntualità nell'analisi e nello studio dei cristalli. Basterà qui ricordare che la struttura di un determinato cristallo può essere individuata sperimentalmente attraverso metodi e tecniche di diffrazione della luce, di fasci di elettroni o dei raggi X. L'ordine di un cristallo è dovuto alla ripetizione di uno stesso motivo base elementare costante che viene, in questo modo, a determinare il *reticolo*. Il reticolo può essere unidimensionale, bidimensionale o piano, tridimensionale o spaziale.

Una volta stabilito quanto precede, per *roccia* si intende un aggregato di minerali che costituisce una massa geologicamente indipendente che entra a far parte della crosta terrestre (*litosfera*). Questa definizione suggerisce una prima elementare classificazione delle rocce dal punto di vista della composizione: una roccia si dirà *semplice* se è costituita da un solo minerale, *composta* se, viceversa, è costituita da un'associazione di minerali. Ma si tratta di una classificazione che poco ci dice intorno alla natura delle rocce e delle loro caratteristiche meccaniche, fisiche ed estetiche. Si preferisce perciò classificare le rocce utilizzando un altro principio ordinatore, quello che rende conto della loro origine.

## 2. Classificazione delle rocce

La classificazione delle rocce più efficace è, dunque, quella che tiene conto della loro origine e dei processi di formazione di ognuna. Riguardate da questo punto di vista le rocce possono suddividersi in tre grandi raggruppamenti:

1. *rocce ignee o magmatiche*
2. *rocce sedimentarie*
3. *rocce metamorfiche*

Appartengono al primo gruppo, come la stessa denominazione suggerisce, tutte quelle rocce derivanti dalla consolidazione di magmi e, a seconda se il loro consolidamento sia avvenuto in superficie o in profondità, vengono chiamate *effusive o intrusive*. Le rocce magmatiche possono, inoltre, venire ulteriormente classificate rispetto al loro contenuto "di silice ( $\text{SiO}_2$ ); se il biossido di silicio supera il 65% nella composizione allora sono dette *acide*; se è compreso tra il 65% e il 52% sono dette *neutre*; se è inferiore al 52% allora sono dette *basiche*.

Appartengono al secondo gruppo, quello delle *rocce sedimentarie*, le rocce ottenute attraverso i processi di sedimentazione e di cementazione di frammenti clastici di rocce già esistenti. Il che significa che le rocce sedimentarie derivano da rocce più antiche, attraverso processi di formazione esogeni; il materiale che interviene nella loro composizione è, insomma, originato dallo sfacelo meccanico o dalla dissoluzione di miscugli precedenti dovuti all'azione degli agenti atmosferici o, comunque, esterni. I resti così ottenuti si possono depositare, sotto forma di sedimenti, nell'acqua (sedimenti marini, lacustri, fluviali) o nell'atmosfera (sedimenti eolici). E ovvio che, proprio in virtù del processo di sedimentazione, le rocce appartenenti a questo raggruppamento

possono comprendere, oltre a frammenti derivanti da rocce magmatiche o di altra natura, anche residui di organismi sotto forma di *fossili*. Quest'ultima eventualità costituisce un'evidente prova della natura della roccia in oggetto. Altra loro caratteristica è quella della presenza di strati sovrapposti. Si definisce *strato* quella massa piatta caratterizzata da una marcata differenza quantitativa tra spessore ed estensione su-perficiale. Il rapporto tra queste due quantità è detto *potenza*.

Caratteristica di uno strato è la continuità dei due piani di delimitazione, inferiore (*letto*) e superiore (*tetto*). E, dunque, assente qual-siasi radice o compenetrazione tra due strati adiacenti, caratteristica, quest'ultima che, al contrario, è spesso presente nelle rocce magmatiche. È del tutto intuitivo che, man mano che si procede verso il basso, si incontrano strati di formazione più antica, a meno che non vi siano state alterazioni delle originarie giaciture di formazione, eventualità, quest'ultima, che facilmente si verifica, come più avanti verrà messo in evidenza.

I due processi formativi finora sommariamente descritti - fuoriuscita di magma nella litosfera e sedimentazione - sono, per così dire, i principali assieme di fenomeni in base ai quali le rocce hanno origine. Ma l'osservazione scientifica ha messo in luce una terza categoria di rocce di composizione più varia le quali, per la loro struttura chimica e mineralogica, si possono avvicinare sia alle rocce magmatiche che a quelle sedimentarie. Il carattere fondamentale che permette di distinguerle da questi primi due gruppi è la *scistosità*, ossia la peculiarità di possedere una struttura costituita da elementi lamellari disposti su piani paralleli che facilmente tendono a distaccarsi ed a sfaldarsi. Questi elementi, che rendono fissili le rocce in esame, vanno sotto il nome di *scisti cristallini* atteso che la caratteristica della cristallinità è anch'essa presente. Le rocce che appartengono a quest'ultimo raggruppamento prendono il nome di *rocce metamorfiche* o, per l'appunto, *scistoso-cristalline*, intendendo con ciò dire che si tratta di elementi originariamente appartenenti ai primi due raggruppamenti che hanno cambiato aspetto e composizione a seguito di profonde trasformazioni indotte da fenomeni di natura chimica, termica o meccanica.

### **3. Rocce magmatiche. Nozioni generali**

Le *rocce magmatiche* o *igne*, come abbiamo detto, derivano dall'azione vulcanica e possono suddividersi in *intrusive* ed *effusive*. È ovvio che la nostra conoscenza più approfondita è relativa al campo dell'osservazione diretta dei fenomeni e, cioè, a quelli esterni, mentre per quanto riguarda tutto ciò che accade in profondità non possiamo che procedere per ipotesi e congetture più o meno incomplete ed approssimative. E, dunque, le rocce che si conoscono meglio nella loro dinamica di formazione sono, per l'appunto, quelle *effusive*.

Trascurando ogni trattazione dei complessi fenomeni del vulcanismo che ci porterebbe troppo lontano dagli scopi di questo scritto, possiamo dire che i materiali connessi all'attività vulcanica che cadono direttamente sotto la nostra osservazione sono le *lave* ed i *tufi vulcanici*. Le lave sono originariamente magma fuso eruttato dai vulcani a temperatura superiore ai 1000° C e possono classificarsi, come prima si accennava, in

*acide, neutre e basiche* a seconda del loro contenuto di silice. Quelle acide, che hanno il maggior contenuto di  $\text{SiO}_2$ , sono le più dense e, per questo, poco scorrevoli; i tufi vulcanici sono generati dall'accumularsi di materiale eruttivo di varia natura (ceneri, sabbie e lapilli) e fanno parte, dunque delle rocce sedimentarie costituite da frammenti clastici di natura vulcanica che, per questo, prendono la particolare denominazione, come vedremo, di *rocce piroclastiche*.

Questi materiali che, come si diceva, costituiscono i prodotti esterni connessi all'attività vulcanica, riposano quasi sempre su basi rocciose di natura sedimentaria. Mentre nei vulcani ancora in attività o spenti di recente la massa intrusiva profonda è praticamente inaccessibile alla nostra osservazione diretta, nel caso di quelli più antichi, dove più consistente è stata l'azione degli agenti esterni e dell'erosione meteorica, è possibile raccogliere maggiori informazioni circa la parte intrusiva, anche se, come ha giustamente osservato Artini<sup>1</sup>, si tratta di veri e propri ruderi dell'originario apparato vulcanico e, dunque, di assai difficile studio.

Le rocce intrusive possono presentarsi sottoforma di *ammasso*, un aggregato di materiali quasi sempre di cospicue dimensioni che ha giaciture discordanti con l'intorno e che può spingersi fino a profondità inaccessibili alla nostra osservazione. Gli ammassi più grandi sono chiamati *batoliti*, mentre quelle colate di materiale eruttivo che sono andate a riempire spaccature originarie della crosta terrestre sono dette *filoni*. Un ammasso, molto spesso, presenta delle propaggini che si irradiano nelle rocce adiacenti sotto forma di filoni che prendono il nome di *apofisi*.

Per *canali d'esplosione (necks)* s'intendono particolari conformazioni di strati di rocce magmatiche ottenuti mediante il riempimento con materiale eruttivo di perforazioni superficiali della litosfera prodotte da fenomeni eruttivi di natura esplosiva. In pratica si tratta di forti penetrazioni in punti particolarmente deboli della crosta terrestre che generano delle sacche che non trovano sbocco all'esterno nelle quali oltre al materiale magmatico vero e proprio vi sono anche le brecce ed i residui dell'originaria roccia sottoposta, per così dire, a sfondamento. Per questa particolare origine e per il fatto che non riescono ad emergere all'esterno, i canali d'esplosione sono anche detti *embrioni di vulcano*.

Tutti gli esempi che precedono sono, data la loro genesi violenta, fortemente discordanti dalla conformazione generale della porzione di litosfera nella quale sono ubicati. Ma può accadere che l'intrusione di materiale magmatico avvenga anche lentamente nel tempo, sotto la spinta di una pressione non eccessiva ma costante. Si hanno, in questi casi, i cosiddetti *filoni-strati* che sono in concordanza con la roccia circostante perché il materiale magmatico si incunea tra strato e strato assumendone la giacitura e l'orientamento. Gli stessi fenomeni di pressione costante e graduale possono dare luogo anche ai *laccoliti*, masse convesse verso l'alto, a forma di campana, con base piana, originati per pressione e cedimento degli strati di roccia verso l'alto.

#### **4. Rocce sedimentarie. Strati e le dislocazioni.**

Si è già fatto cenno in precedenza a cosa si debba intendere per strato parlando

delle rocce sedimentarie. Gli strati sono sovrapposti l'uno sull'altro come le pagine di un libro e presentano una forte tendenza a distaccarsi proprio lungo il piano di demarcazione tra strato e strato. Non molto chiara è la causa che determina il passaggio da uno strato all'altro: sembra tuttavia più accreditata l'ipotesi che questa variazione dipenda dalla variazione nel tempo del materiale che si deposita. Intervengono nella composizione degli strati non soltanto materiali e composti inorganici ma anche, come s'è già detto, reperti fossili derivanti da organismi viventi. La differenza di composizione non si riscontra soltanto passando da strato a strato ma anche da un punto all'altro di uno stesso strato. Queste variazioni in senso orizzontale, però, sono lente e graduali a differenza di quelle che è possibile riscontrare in senso verticale molto più rapide e sensibili.

In genere il tetto ed il letto di uno strato non sono necessariamente paralleli. Anche se questa condizione di parallelismo tra i due piani può sembrare localmente sempre verificata, soprattutto nel caso di strati di notevoli estensioni, essa non corrisponde a quanto l'osservazione ci insegna. D'altro canto, anche dal punto di vista logico, i due piani smettono di essere paralleli in prossimità della fine dello strato e tendono ad avvicinarsi tra loro fino ad annullarsi del tutto. Inoltre è da tenersi presente che se normalmente la giacitura originaria è quella orizzontale, non mancano i casi di giaciture di sedimentazione inclinate rispetto all'orizzonte: questo accade quando le acque depositano il materiale sedimentario in un delta torrentizio o lungo un piano inclinato.

Non tutte le rocce sedimentarie, però, sono caratterizzate dalla presenza di questa caratteristica struttura a strati. Nel caso delle cosiddette *rocce organogene* formate dalle spoglie di organismi fissi (coralli, madrepora, ecc) si hanno, infatti, delle forme monolitiche senza presenza di strati.

Altro caso che presenta assenza di strati è quello delle *rocce sedimentarie pseudofiloniane* che si formano per lenta accumulazione del materiale sedimentario in spaccature preesistenti nella crosta terrestre.

Al contrario delle rocce ignee, per le quali è sempre estremamente difficoltosa una datazione certa dell'epoca di formazione, per quelle sedimentarie è possibile, nella maggioranza dei casi, risalire con notevole approssimazione all'epoca di formazione in virtù della presenza dei fossili e del materiale di provenienza organica. E ovvio, infatti, che se le composizioni chimiche e mineralogiche nulla dicono riguardo all'età di una roccia, la presenza di reperti fossili fornisce numerose informazioni abbastanza precise intorno all'epoca di formazione. Tramite lo studio comparativo della flora e della fauna è, infatti, possibile risalire all'epoca di formazione delle rocce in esame, per cui i fossili caratteristici di un determinato periodo storico vengono indicati con il nome di *fossili guide*.

S'è detto che molte cause intervengono successivamente alla formazione di una roccia sedimentaria modificandone l'iniziale assetto orizzontale. Si definisce *direzione* dello strato l'angolo formato dalla linea d'intersezione dello strato con l'orizzontale ed *inclinazione* dello stesso la normale a questa.

La direzione e l'inclinazione di uno strato molto difficilmente si mantengono costanti a causa delle dislocazioni che esso di solito ha subito. In genere le dislocazioni

sono estremamente complesse e difficili da decifrare con esattezza. È possibile, comunque, distinguere due tipi fondamentali di *dislocazioni*: le *pieghe o corrugamenti* e le *faglie o fratture con spostamento*.

Un corrugamento può essere convesso verso l'alto (fig.1, caso A) ed allora prende il nome di *piega anticlinale*, oppure può essere concavo verso l'alto (fig.1, caso S) ed allora prende il nome di *piega sinclinale*. L'assieme di una piega anticlinale e di una sinclinale prende il nome di *piega completa*. Nel caso di una piega anticlinale la parte in sommità, a maggiore curvatura, prende il nome di *cerniera* e le parti laterali discendenti vengono dette *gambe o fianchi*; nel caso di una piega sinclinale mentre la parte più bassa a maggior curvatura ha ancora il nome di *cerniera*, le parti laterali ascendenti vengono dette *ali*.

Se il piano assiale che unisce fra loro le cerniere dei vari strati (fig., A-A', S-S') forma un angolo di 90° con l'orizzontale la piega si dice *diritta*; se quest'angolo è diverso dall'angolo retto la piega è detta *inclinata*. Se lo spostamento o dislocazione è molto evidenziato fino al punto che l'angolo suddetto tende a zero, in modo tale che la piega diventi quasi orizzontale, essa è detta *coricata*.

Molte volte accade che le cerniere delle pieghe anticlinali vengano distrutte dall'erosione e dagli agenti meteorici. In questi casi la lettura del reale andamento degli strati rocciosi diventa estremamente complicata e di difficile interpretazione e può essere risolta, in alcune eventualità, soltanto ricorrendo alla lettura dei reperti fossili quando questi siano presenti.

Un tipo particolare di piega è la *flessura o piega monoclinale* che fa da tramite di collegamento tra una parte di uno strato orizzontale e un'altra parte dello stesso strato situato ad una diversa quota. La differenza tra questo tipo di piega e quelle che si sono finora viste è nella genesi; mentre le pieghe anticlinali e sinclinali sono generate da una contrazione della superficie sotto la sollecitazione di spinte laterali, la flessura si viene a determinare a causa di una distensione dello strato roccioso con un cedimento verticale. Questo tipo di dislocazione stabilisce un rapporto molto stretto tra la flessura e la faglia. La faglia, in realtà, non è altro che una flessura con uno slittamento degli strati lungo un piano verticale o obliquo fino a generare una vera e propria frattura degli strati stessi. Una faglia così generata, con una rottura degli strati prende il nome di *vera faglia o faglia normale*.

Può accadere che gli strati possano essere caratterizzati da numerosi scivolamenti verso il basso in un sistema di più faglie convergenti. In tal caso si genera, per una regione più o meno vasta, quella che va sotto il nome di *fossa*. Si può avere anche il caso di una faglia inversa, non generata, cioè, da una distensione orizzontale ma da una piega che ruota su se stessa fino a generare una rottura degli strati. In questo caso il tetto degli strati sottoposti a rotazione scivola in su rispetto al letto degli strati adiacenti.

L'Artini giustamente osserva, a questo punto, come ci sia contrasto, per così dire, tra il comportamento degli strati rocciosi alla piccola scala, che presentano rigidità e fragilità - tanto da generare appunto delle vere e proprie faglie - ed alla grande scala, dove riescono a far fronte alle sollecitazioni con una grande capacità plastica di adattamento. Questo che l'Artini definisce *stato di plasticità latente*, può spiegarsi, a suo parere, tenendo conto che queste deformazioni alla grande scala avvengono in

condizioni di temperatura e pressione ben diverse da quelle che governano oggi la crosta terrestre: "la fisica - egli scrive - ci insegna infatti come la plasticità di moltissimi corpi aumenti fortemente e rapidamente con l'innalzarsi della temperatura".

Le mutazioni subite dalle rocce sotto le spinte deformatrici laterali, però, non si limitano alle pieghe o faglie. Molto spesso è la struttura stessa degli strati ad essere modificata tanto profondamente da alterarne la composizione mineralogica. Questo tipo di modifiche dovute alle dislocazioni degli strati prende il nome di *metamorfismo di dislocazione o dinamometamorfismo*.

Ciò premesso le rocce sedimentarie si classificano generalmente secondo lo schema che segue:

1. rocce clastiche
2. rocce di origine prevalentemente chimica
3. rocce di origine prevalentemente organica
4. rocce piroclastiche

## **5. Rocce metamorfiche. Scisti cristallini**

Si identificano con il termine di *scisti cristallini* tutte quelle rocce sulle quali riposano le più antiche formazioni sedimentarie. Sono caratterizzate da una struttura cristallina, dall'assenza di fossili e sono diffuse generalmente su tutta la superficie terrestre. L'assenza di fossili sta a provare l'intensità del metamorfismo subito da queste rocce. A volte, infatti, anche quando sia possibile trovare resti fossili, questi sono fortemente modificati e quasi sempre irricognoscibili.

Le rocce metamorfiche sono rinvenibili in banchi stratiformi dalla grande estensione orizzontale che, in senso verticale possono presentare brusche variazioni. Generalmente non è possibile leggere l'originaria stratificazione - magmatica o sedimentaria - dalla quale essi sono stati generati. Anzi, nel caso in cui siano originati da rocce sedimentarie, è possibile sostenere che nessun rapporto esiste tra la stratificazione attuale del banco e quella originaria delle rocce sedimentarie di origine. Naturalmente si tratta di stratificazioni molto meno articolate di quelle sedimentarie, caratterizzate da fitte pieghettature. Alcuni, poi, in specie quelli più arcaici, vengono a formare massicci di notevole estensione.

## **6. Leggi chimico-fisiche della consolidazione dei magmi**

Estremamente interessante è analizzare il comportamento di un magma eruttivo al raffreddamento, processo che è, poi, quello tramite il quale vengono a formarsi le rocce magmatiche. Il raffreddamento avviene sia al contatto della massa con l'atmosfera terrestre, nel caso delle rocce magmatiche effusive, sia per scambio di calore con strati rocciosi più freddi, nel caso delle rocce intrusive che travasano, come s'è visto in precedenza, in cavità sotterranee.



I componenti mineralogici che restano a far parte del magma, dopo il raffreddamento, sono in numero minore di quelli che originariamente entrano a far parte della composizione. Questo accade perché una gran parte di essi si disperde, durante il processo di raffreddamento, sotto forma di gas volatili. Da ciò si capisce come la composizione chimico-mineralogica finale di una roccia magmatica non serva, nella maggioranza dei casi, a dar conto dell'iniziale composizione del magma eruttivo.

È interessante, giunti a questo punto, analizzare più da vicino il meccanismo di raffreddamento del miscuglio magmatico. Faremo riferimento ad un esempio assolutamente semplice. Il miscuglio del quale si parlerà, infatti, si limita a due soli componenti indipendenti non facilmente volatili, condizione, questa, che è lontana da quanto in realtà accade, ma che bene si presta, sul piano didattico, a mostrare i principi generali del raffreddamento di una soluzione.

La prima ipotesi è quella che non vi siano variazioni sensibili di pressione, dunque il diagramma di stato - un tipo di diagramma del quale si parla nell'appendice A - che è illustrato in figura è da intendersi come *isobaro*.

Ciò premesso, nelle ordinate siano rappresentate le temperature in senso crescente a partire dall'origine e nelle ascisse la composizione percentuale dei due componenti la miscela che indichiamo con A e B. Il tratto **AB** delle ascisse, di conseguenza, è organizzato in modo che procedendo da sinistra a destra, cioè da A verso **B**, il componente A diminuisce mentre contemporaneamente B aumenta e viceversa. Così nel punto A si avrà, come composizione percentuale della miscela, A = 100% e B = 0%, nel punto 25 A = 75% e B = 25%, nel punto 50 A = 50% e B = 50%, nel punto **B**, infine, A = 0% e B = 100%.

Supponiamo, inoltre, per semplicità, che le due sostanze A e B non siano miscibili e che non diano luogo a composti chimici. Nel diagramma il punto **C**, sulla verticale **AC**, rappresenta il punto di fusione del composto A puro ed il punto **D** sulla verticale **BD** il punto di fusione del composto B puro.

Ci si trovi in presenza, ora, di una massa fusa omogenea, soluzione di A e B e corrisponda, in quanto a composizione percentuale, al punto di ascissa X-. Lo stato di temperatura sia corrispondente al punto X- del diagramma. Discendendo lungo la retta **X-X-**, incontreremo tutte le variazioni di stato possibili della soluzione. Supponiamo, allora, di sottrarre calore alla soluzione e di abbassarne, in questo modo, la temperatura. Gli stati successivi di questa sono rappresentati dai punti ubicati sulla retta **X-X-**, fino ad incontrare la retta **CE** nel punto F. La retta **CE** ci fornisce le temperature, in funzione della percentuale del componente A nella soluzione, alle quali A inizia a solidificare sotto forma di cristalli immersi nel resto della massa fusa. È del tutto ovvio che, man mano che il componente A passa allo stato solido, la sua percentuale nella soluzione diminuisca. (In realtà la retta **CE**, che, ricordiamo, è determinata sperimentalmente, non è una retta ma una curva come mostrato nella figura. Si suppone che sia una retta per semplicità, non modificando questa semplificazione in nulla la validità del ragionamento che stiamo svolgendo).

Ma, abbassandosi la quantità di A che entra a far parte della soluzione, si abbassa anche la temperatura relativa all'equilibrio tra la massa fusa A ed i suoi cristalli solidi. In conclusione, a partire dal punto F, agli abbassamenti ulteriori di temperatura

corrispondono punti di composizione percentuale di soluzione a questi legati tramite la retta **CE** del diagramma, fino a giungere al punto **E** del diagramma dove anche il componente **B** comincerà a passare allo stato solido.

Il punto **E** è detto *punto eutettico* del diagramma (dal greco *eu-tektos* = facile a fondersi, perché rappresenta il punto di fusione della miscela il quale, come si evince da tutto quello che s'è finora detto, è inferiore a quello dei singoli componenti presi separatamente) è un punto invariante. Tutto ciò sta a significare che, rimanendo invariata la pressione, a partire da questo punto, la temperatura rimane costante e le quantità percentuali dei componenti della soluzione rimangono invariate fino alla solidificazione completa dell'assieme che verrà a costituire la roccia solida finale. Alla conclusione si otterranno dei cristalli del componente **A** immersi nella miscela eutettica solida **A+B**. Lo stesso accadrà se si partirà da una miscela che sia inizialmente più ricca del componente **B**. Naturalmente il prodotto finale sarà diverso, nel senso che si otterrà un complesso solido di miscela eutettica **A+B** nella quale saranno immersi dei cristalli del componente **B**.

Dall'analisi del semplice diagramma di cui sopra si possono trarre conclusioni di ordine generale abbastanza importanti che si riassumono brevemente qui di seguito:

1. In una soluzione non è affatto detto che il primo elemento a fondere sia quello che presenti, se considerato puro, il punto di fusione ad una temperatura più alta. Ammesso, infatti, che la temperatura di fusione di **A** puro sia maggiore di quella del componente **B**, anch'esso puro, se la composizione è più ricca, percentualmente di **B**, sarà quest'ultimo a fondere per primo, come si evince dall'osservazione del diagramma.

2. Il punto eutettico non è conoscibile a priori ma, al contrario, **va** determinato *sperimentalmente*, caso per caso.

3. Il punto eutettico varia al variare della pressione.

4. Non è possibile, a rigore, parlare di un punto di fusione delle rocce ma, più correttamente, di un *intervallo di temperatura di fusione* che, a volte, può essere piuttosto esteso e che dipende, a parità di condizioni di pressione, dalla composizione percentuale della miscela.

I casi che realmente si verificano sono, però, più complicati di quello esaminato perché accade molto spesso che i componenti della miscela siano in numero superiore a due e che essi reagiscano tra di loro dal punto di vista chimico, dando luogo a composti.

## **7. Rocce magmatiche: descrizione delle pietre più comuni**

I minerali che generalmente entrano nella composizione delle rocce eruttive dono i seguenti:

1. *Silice* allo stato libero sotto forma di quarzo, tridimite, calcedonio.
2. *Feldspati e feldspatoidi* come: leucite, nefelina, sodalite, melinite.
3. *Silicati ferro-manganesiaci*: miche magnesiache, antiboli, pi-rosseni, olivina.
4. *Ossidi di ferro*: magnetite, limonite, ematite.
5. *Accessori* più comuni: come apatite, zircono, titanite, spinelli, pirite, pirrotite.

## Rocce intrusive ophiolitiche

**a. Famiglia dei graniti.** È la famiglia a composizione più acida (maggiore contenuto di  $\text{SiO}_2$ ) tra le rocce intrusive. La composizione dei graniti generalmente presenta quarzo, feldspato, mica. La struttura è granulare, con una trama piuttosto uniforme. La natura compatta e massiccia delle pietre di questa famiglia ne fa degli ottimi materiali adatti sia alle costruzioni edilizie, che alle opere d'arte come sculture, obelischi e così via; esse si prestano, inoltre, ad una perfetta lucidatura e manifestano una notevole resistenza agli agenti atmosferici.

I graniti presentano una struttura basata su una tessitura parallela e, in alcuni casi, un principio di scistosità la quale viene utilizzata per estrarli con maggiore facilità. Le principali cave italiane sono in Piemonte, Lombardia ed in Calabria (Catanzaro e Reggio Calabria).

Notevole è la resistenza allo schiacciamento (fino a  $2000 \text{ kg/cm}^2$ ). Il peso specifico oscilla tra 2,59 e 2,73.

**b. Famiglia delle sieniti** Le sieniti sono rocce assai povere di quarzo, costituite essenzialmente da feldspati alcalini (di solito l'ortoclasio) e da minerali di ferro magnesiaci. Gli elementi coloranti presenti sono, di solito: le miche, gli anfibioli e i pirosseni. In Italia vengono estratte in giacimenti del bresciano e del comasco. La struttura è granulare, simile a quella dei graniti, tanto che tra un granito povero di quarzo e una sienite che presenti quarzo in minime quantità non può operarsi una netta distinzione.

Analogamente al granito, inoltre, le sieniti sono molto ben lavorabili e presentano una resistenza allo schiacciamento notevole. Il peso specifico varia da 2,70 a 2,90.

**c. Famiglia delle dioriti** Si tratta di rocce intrusive che possono contenere quarzo (dioriti quarzifere); in tal caso sono ricollegabili ai graniti alcali-calcici; in caso contrario (dioriti non quarzifere) sono ricollegabili alle sieniti alcali-calciche. La struttura è anche in questo caso granulare, anche se ve ne sono a grana molto fine. Presenta un colore che oscilla tra il verde scuro e il nero. Hanno caratteristiche di lavorabilità e di resistenza simili ai graniti ed alle sieniti.

**d. Famiglia delle peridotiti** Le rocce appartenenti a questa famiglia hanno la caratteristica di non presentare tracce di quarzo e di elementi basici come feldspati e feldspatoidi. Predomina tra i componenti coloranti l'olivina che fornisce una colorazione verde alle rocce di questa famiglia.

La roccia più comune di questo raggruppamento è la *serpentina* la quale, quando sia attraversata da venature calcaree bianche o di color verde chiaro, prende il nome di *oficalce*, impropriamente detta "marmo verde", pietra pregiata dal valore altamente decorativo.

Ricordiamo tra le oficalci, il verde di Pegli e il verde poldevera, il verde di Prato e le ranocchiaie. Le oficalci sono più tenere delle serpentine e, per questo, il loro uso è raccomandato per gli interni piuttosto che per gli esterni perché di scarsa durezza e resistenza agli agenti atmosferici.

## Rocce effusive o vulcaniche

**a. Famiglia dei porfidi quarziferi** Le forme paleovulcaniche di queste rocce prendono il nome di **porfidi quarziferi**, mentre quelle più recenti, neovulcaniche vengono dette **lipariti o dioriti**. Salvo l'età non esistono altre differenze rilevanti sul piano della composizione mineralogica e strutturale tra i due gruppi.

Queste pietre presentano, al pari dei graniti, un elevato grado di acidità e sono costituite generalmente da: feldspato, quarzo e silicati di ferro magnesiaci. La struttura è compatta ed estremamente variabile. Il peso specifico varia da 2,30 a 2,62. Vengono usate prevalentemente per pavimentazioni stradali sotto forma di cubetti.

Da ricordare, inoltre, la *pomice* che appartiene alla stessa famiglia dei porfidi quarziferi. Questa roccia presenta una struttura ricca di bolle e cavità interne dovute al formarsi di gas nel raffreddamento del materiale lavico. Il colore caratteristico è grigio chiaro. Viene usata come materiale isolante e nella costruzione di calcestruzzi di cemento leggeri. Si presta anche ad essere usata come abrasivo.

**b. Famiglia degli ortofiri e delle trachiti.** Le forme paleovulcaniche vanno sotto il nome di *ortofiri o porfidi non quarziferi*. Le neovulcaniche sotto il nome di *trachiti*. Queste ultime sono variamente diffuse in Italia. La loro struttura può essere *olocristallina* o in parte *vitrea*. Sono ruvide al tatto e si prestano a scarse utilizzazioni nell'edilizia per la loro bassa resistenza agli agenti atmosferici.

Tipico tra le trachiti è il *piperno*, molto usato per pavimentazioni stradali e per gli edifici specialmente nel napoletano lungo il corso dei secoli trascorsi. Il piperno ha una massa di colore grigio scuro con fiammate nere e dure dovute ad accumulazione di silicati.

**e. Famiglia dei diabasi, melafiri e basalti** Vale la pena qui ricordare il *basalto*, roccia di colore scuro o nero, caratterizzato da una struttura compatta che annovera tra i suoi componenti feldspati, olivina, angina e magnetite.

Presenta un peso specifico notevole (compreso tra 2,70 e 3,20) ed una resistenza molto elevata allo schiacciamento; viene utilizzata come pietra da costruzione, come materiale per pavimentazioni stradali e come pietra da taglio per basamenti e costruzioni monumentali.

Ricordiamo, infine, la *pietra vesuviana* che appartiene alle rocce effusive leucitiche, di colore che va dal grigio al bruno, proveniente dalle lave del Vesuvio. È conosciuta anche sotto il nome di *pietrarsa*. È molto adoperata nell'edilizia locale, come materiale per pavimentazioni stradali, per opere di fondazioni e muri ad *opus incertum*.

*La ferrugine* è anch'esso materiale che proviene dalle colate del Vesuvio e prende il suo nome dal colore ferruginoso. Viene usata soprattutto per confezionare calcestruzzi.

## 8. Rocce sedimentarie: formazione e classificazione.

**a. Processi formativi** I fenomeni principali che generano il gruppo di rocce che

va sotto il nome di rocce sedimentarie, sono dovuti ad un complesso di agenti esterni i quali finiscono per causare la decomposizione superficiale dei banchi rocciosi originari (erosione meteorica). Queste azioni mettono a nudo, con il tempo, i banchi rocciosi profondi e nascosti che, una volta a contatto con gli elementi presenti nell'atmosfera, subiscono mutazioni profonde ed importanti della loro struttura originaria. Queste mutazioni riguardano, in particolare, proprio i minerali che entrano nella loro composizione i quali si trasformano per adattarsi alle mutate condizioni di equilibrio in cui vengono a trovarsi. È ovvio che anche durante la loro permanenza nel sottosuolo le rocce (magmatiche intrusive o plutoniane) possono subire mutazioni dovute sia ad agenti chimici nuovi che vengono immessi nella litosfera, sia a diverse condizioni di temperatura e di pressione (fenomeni pneumatolitici o idrotermali).

Ma ciò che maggiormente influisce sulla composizione delle rocce, sia sul piano chimico che su quello delle trasformazioni fisico-meccaniche è proprio la presenza degli agenti meteorici. Questi fenomeni, anzi, tanto entrano normalmente nell'evoluzione della litosfera che si può parlare di un vero e proprio *ciclo delle rocce* il quale, attraverso tutta una serie di cambiamenti di stato dovuti principalmente a cause presenti nell'atmosfera (agenti chimici, forze meccaniche e termiche, microrganismi, organismi vegetali ed animali), porta il magma e le rocce che da esso hanno origine a trasformarsi, da un lato, attraverso i procedimenti di *disgregazione, trasporto e diagenesi* in rocce sedimentarie coerenti e, dall'altro, attraverso il processo di metamorfismo, in rocce metamorfiche, così come risulta chiaro dallo schema che si propone in figura.

Il primo gruppo di alterazioni più importanti indotte in un banco roccioso che venga a trovarsi a contatto con l'atmosfera è, come s'è accennato, di natura chimica. Gli agenti principali più frequenti che inducono queste reazioni sono: l'ossigeno, l'acido carbonico (anidride carbonica in soluzione acquosa) e l'acqua. Essi, più o meno combinati insieme, provocano una continua trasformazione delle rocce con le quali vengono a contatto, mutando le rocce magmatiche in sedimentarie e le stesse rocce sedimentarie in altre rocce sedimentarie di altra specie secondo il ciclo al quale si è fatto ora rapido cenno.

L'alterazione chimica può essere quella dell'ossidazione generata dall'ossigeno in presenza di acqua. Valga per tutti l'esempio dell'azione di questo elemento sui minerali di ferro con la formazione di ossidi di ferro che fanno apparire, sulle rocce interessate, caratteristiche macchie di colore rosso-giallastro. Come pure si possono avere idratazioni ad opera dell'acqua o che alcuni componenti rocciosi passino in soluzione. L'azione combinata di acqua ed anidride carbonica, ad esempio, permette ai carbonati di passare in soluzione sotto forma di bicarbonati con la conseguenza di esercitare, per questo, una vera e propria azione di demolizione superficiale (*erosione*) di tutte quelle rocce delle quali questi composti chimici fanno parte.

Altra trasformazione dovuta all'acqua è quella che genera il processo di idrolisi e il fenomeno del *dilavamento* dovuto proprio alle precipitazioni atmosferiche.

Tra le azioni termiche e meccaniche che gli agenti atmosferici esercitano sulle rocce ricordiamo quella dei *fenomeni di dilatazione* connessi alla notevole escursione termica tra il giorno e la notte che esiste in particolari condizioni climatiche come, per esempio, nei deserti. In questi casi gli sbalzi di temperatura e la mancanza assoluta di

umidità finiscono per esercitare una forte azione di demolizione superficiale su alcune rocce, staccandone brecce e frammenti se non causando, addirittura, la spaccatura di interi blocchi. Va tenuto presente, inoltre, che i minerali componenti le rocce di tinta più scura assorbono più calore di quelli più chiari, con delle differenze relative di dilatazione termica che, a lungo andare, finiscono per vincere le forze di coesione determinando fratture nel corpo roccioso.

Altra azione meccanica che si esercita sulle rocce è quella di *corrasione* dovuta alle particelle solide sospese nell'aria che vengono spinte contro le rocce o fatte rotolare sul suolo per azione del vento. A causa di queste azioni si hanno, nelle rocce esposte, delle corrosioni e cesellature variamente distribuite sulla superficie ed a diverse profondità a seconda della durezza e delle sue variazioni da punto a punto.

Questi fenomeni indotti dal vento, oltre a generare la distruzione progressiva delle parti più tenere delle superfici rocciose esposte, creano anche un assieme di detriti asportati che vanno sotto il nome di *sedimenti eolici*.

Per ultimi vanno ricordati gli *organismi viventi* che, il più delle volte, esercitano, allo stesso tempo, una funzione di demolizione ed una di ricostruzione; tra questi meritano particolare attenzione alcuni microrganismi di natura animale che vanno sotto il nome di *batteri nitrificanti* i quali hanno la capacità di vivere in ambienti liquidi privi di sostanze organiche e di assumere il carbonio direttamente dall'anidride carbonica atmosferica mediante l'ossidazione dell'ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ) in  $\text{HNO}_2$  e, poi, in  $\text{HNO}_3$ .

Va anche ricordata l'azione degli *organismi vegetali* che, attraverso le radici, traggono dal terreno le sostanze minerali in esso disciolte per alimentarsi. Esse non si limitano a questo ma provvedono in molti casi anche a solubilizzare i sali mediante la secrezione di alcune sostanze dalle radici come l'anidride carbonica. I muschi, inoltre, sono in grado di esercitare una forte azione di demolizione sulle rocce, anche su quelle particolarmente inattaccabili dagli organismi vegetali superiori come le rocce vulcaniche e, per questa loro peculiarità, vengono a costituire, come scrive Artini, una specie di "avanguardia" del mondo vegetale che muove il suo attacco "alle superfici rocciose inalterate".

L'azione degli organismi vegetali non si limita a ciò: le materie da essi prodotte che, in clima caldo ed umido, vanno in decomposizione (fogliame, rami secchi, ecc) libera, a sua volta, acqua ed anidride carbonica: l'acido carbonico che così si viene a generare inizia il suo lavoro di attacco chimico verso le rocce. In clima umido e freddo le sostanze azotate danno luogo a composti ammoniacali dai quali ha origine il cosiddetto *humus*, un miscuglio di color scuro che, attraverso una complicata successione di reazioni chimiche può arrivare a sciogliere i composti del ferro; questo è il fenomeno che, nell'Europa del nord, dà luogo alla cosiddetta "sabbia pallida", priva di ogni sale minerale compreso il carbonato di calcio. I minerali così entrati in soluzione penetrano in profondità nel terreno, al di sotto del primo spessore dilavato e privo di sali e finiscono per costituire uno strato concrezionale nero-bruno, impermeabile che impedisce il passaggio delle radici delle piante.

**b. Classificazione ed esempi.** Per tutto quello che finora si è detto, in relazione alla loro origine, le rocce sedimentarie si possono classificare in:

1. rocce di origine clastica
2. rocce di origine prevalentemente chimica
3. rocce di origine prevalentemente organica
4. rocce piroclastiche

*Rocce sedimentarie di origine clastica* Le rocce sedimentarie di origine clastica appartenenti al primo raggruppamento, derivanti dalle azioni di denudamento e di erosione prima analizzate, possono essere ulteriormente suddivise in *incoerenti* e *conglomerate* a seconda che i frammenti siano raccolti in maniera non organizzata o cementati assieme (*diagenesi*). Una prima possibile classificazione di questi raggruppamenti tiene conto della grossezza degli elementi costituenti ed è quella che segue:

*sedimenti pselitici*, caratterizzati da grossi elementi. È il caso delle ghiaie, ciottolami, conglomerati, brecce, puddinghe.

*sedimenti psammitici* che presentano una composizione di elementi di grandezza media. È il caso delle sabbie e delle arenarie.

*sedimenti politici* che sono elementi finissimi. È il caso delle argille e degli scisti argillosi.

Questa classificazione è molto più calzante di quanto possa a prima vista sembrare perché, oltre a dar conto della composizione in grandezza media degli elementi costituenti le rocce sedimentarie clastiche, fornisce anche molte informazioni circa la loro composizione mineralogica e chimica. Infatti, quanto più minuto è l'elemento componente vuoi dire che tanto più l'azione di dilavamento del materiale roccioso originario dovuta alle acque è stata profonda e significativa. Mentre, infatti, per il materiale più grossolano si è quasi sempre in presenza di frammenti che conservano ancora quasi tutte le caratteristiche del banco roccioso originario, nel caso di elementi più fini o finissimi come le argille, si ritrovano tutti quegli elementi più resistenti all'azione disgregatrice delle acque e i colloidali prodotti dall'idrolisi costituiti essenzialmente da silicati alluminosi con assenza quasi totale degli altri componenti originari.

Nel caso, invece, di depositi di origine eolica ci si trova in presenza di sabbie costituite da elementi finissimi quasi sempre arrotondati proprio a causa del vento che li ha fatti rotolare al lungo operando un'azione smerigliatrice sulla loro forma. Queste caratteristiche morfo-logiche sono poi marcatamente evidenti per gli elementi più grandi e pesanti che vengono rotolati al suolo, mentre i più piccoli sono sollevati e trasportati lontano.

A seconda della loro composizione le sabbie possono suddividersi in:

*sabbie silicee*

*sabbie granitiche*

*sabbie calcaree*

*sabbie argillose e marnose*

Tra le rocce clastiche conglomerate ricordiamo le *brecce*, le *puddinghe* e le

*arenarie*.

Per *brecce* si intendono dei conglomerati che presentano elementi componenti irregolari a spigoli vivi. Il colore è molto variabile anche se, generalmente, prevalgono toni grigio-rossastri. I leganti possono essere silicei, calcarei o argillosi. Si tratta di una pietra la cui formazione deriva dal consolidamento di frammenti clastici derivanti dallo sfaldamento di banchi rocciosi cementati da leganti trasportati dalle acque meteoriche. Esistono anche le cosiddette *brecce tettoniche* derivanti da frammenti staccati dai banchi originari a causa di sismi o movimenti orogenetici. Le brecce vengono utilizzate come materiale da rivestimento delle facciate o, nel caso di elementi colorati, come materiale decorativo.

Le *puddinghe*, al contrario delle brecce, sono costituite da elementi lungamente trasportati dalle acque a forma arrotondata cementati poi assieme. Data la loro formazione specifica presentano numerose cavità tra un elemento e l'altro e non hanno mai stratificazioni. Vengono utilizzate nell'edilizia per i monumenti e, quelle più dure grazie al legante siliceo, si adattano al rivestimento di facciate.

Le *arenarie* sono composte da sabbie, piccoli elementi o frammenti (generalmente di quarzo) cementati fra loro da materiali di varia natura trasportati anch'essi dall'acqua. Le sostanze leganti possono essere l'argilla, il carbonato di calcio e la silice. La struttura di queste pietre può variare da quella porosa a quella estremamente compatta. Sono, comunque, sempre stratificate. Sono rocce molto utilizzate in edilizia, in specie nel passato per la costruzione di edifici importanti come cattedrali, castelli, ecc, anche se non resistono al gelo. Tra le pietre più conosciute vanno ricordate la *pietra forte*, utilizzata per molti edifici fiorentini, la *pietra serena* proveniente dalle cave di Luc-ca, ecc. La resistenza allo schiacciamento varia da 400 a 1300 kg/cmq. Sono dotate di un peso specifico che va da 1.80 a 2.80.

Mentre le brecce e le puddinghe sono costituite dal primo gruppo di sedimenti che abbiamo chiamato pselitici e le arenarie da quelli psammitici, le *argille* e gli *scisti argillosi* sono composti dai sedimenti pelitici di dimensioni medie estremamente ridotte. Le argille sono raggruppate in depositi clastici (fluviali e lacustri) e derivano dalla decomposizione operata dall'acqua di rocce composte in prevalenza da feldspati. La sostanza che compone queste rocce sedimentarie incoerenti è in prevalenza la cosiddetta sostanza argillosa (silicato idrato di alluminio  $\text{SiO}_2\text{AL}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) nella quale sono disperse tracce di sabbia ed altri minerali che determinano le varie qualità di argilla. A seconda di questi componenti secondari, dunque, si avranno argille calcaree, macacee, bituminose e così via.

Le argille possono suddividersi in *grasse* e *magre* a seconda del rapporto di composizione percentuale che esiste tra sostanza argillosa e sabbia. Le prime hanno meno sabbia e, per questo, sono più pure, presentano un aspetto più untuoso al tatto ed hanno una capacità di assorbimento dell'acqua fino al 70%. Le seconde hanno un aspetto più opaco e riescono ad assorbire una minore quantità di acqua. Di contro, le prime, essiccandosi, tendono facilmente a fendersi e spaccarsi molto più che le seconde.

Le argille costituiscono la materia prima per numerosi prodotti destinati all'edilizia dai mattoni e laterizi comuni fino a giungere alle maioliche. I *caolini* sono speciali argille bianche che entrano nella composizione della porcellana. Ma su questo



si tornerà più avanti.

Dalle argille, attraverso il processo di prosciugamento dell'acqua, viene a formarsi la cosiddetta *argilla plastica* dalla quale, per intervento del legante carbonatico, si può generare *Yargillite*, a grana fine o porosa che presenta stratificazioni. Per l'intervento successivo di forti pressioni si può ottenere *Vargilloscisto*. Argillite ed argilloscisti sono variamente diffusi in tutte quelle località dove il limo e l'argilla hanno la possibilità di disseccarsi.

*Rocce sedimentarie di origine prevalentemente chimica* Per rocce sedimentarie di origine prevalentemente chimica si intendono quelle rocce che derivano da sostanze disciolte in soluzione dalle acque meteoriche di dilavamento. Le sostanze che così concorrono alla formazione di questo tipo di rocce sono, in realtà, assai diluite nell'acqua fluviale che le trasporta. Ma la massa d'acqua dei fiumi è talmente cospicua che la quantità complessiva trasportata è veramente notevole. Come riferisce l'Artini "il Murray stima a circa 4.975.000.000 tonnellate la quantità di materie solide portate a mare in un anno, in soluzione, dalle acque di tutti i fiumi del globo".

A seconda, poi, delle sostanze disciolte dalle acque esse possono depositarsi per semplice evaporazione o per precipitazione chimica. Tra le rocce sedimentarie appartenenti a questo gruppo ricordiamo alcune di quelle che hanno comune applicazione nel campo delle costruzioni edili:

Il *gesso o selenite* che prende origine dall'idratazione dell'anidride o del carbonato di calcio  $\text{CaCO}_3$  che si trasforma sotto l'azione dei solfuri. Si tratta di un materiale che non resiste alle intemperie, come sarà messo in evidenza più avanti, e che nella sua varietà più pura, detta *scagliola*, viene adoperato per la formazione di stucchi intemi. Ne esiste una varietà compatta che va sotto il nome di *alabastro gessoso* che può essere adoperata per decorazioni anche se non è di gran pregio. Un'altra varietà di alabastro è quello calcareo che è più ricercato come materiale decorativo.

Il *travertino* appartiene alla famiglia delle rocce calcaree di colore giallo marrone o grigio. Presenta una struttura porosa e striata, assai solida e facilmente levigabile. La sua origine è dovuta alla precipitazione del carbonato di calcio. Pietra molto adoperata dai romani trae il suo nome dalla denominazione romana *lapis tiburtinus* (pietra di Tivoli) in ragione del fatto che veniva estratto dalle cave nei pressi di questa città. È adoperato in lastre e in blocchi ed acquista, con l'esposizione agli agenti atmosferici, una maggiore compattezza ed una colorazione gialla che viene detta "patina del tempo".

Ricordiamo, infine, il *tufo calcareo pugliese*, poroso, lavorabile, una roccia sedimentaria che presenta numerose spoglie di microrganismi e resti calcarei cementati assieme. Come suggerisce la stessa denominazione è assai diffuso nelle Puglie dove è comunemente adoperato come materiale da costruzione.

*Rocce sedimentarie di prevalente origine organica* Molti organismi viventi assumono sostanze minerali che vengono, poi, trasformate in gusci o apparati di sostegno. Questi, dopo la morte degli organismi produttori, restano e si accumulano in depositi che a volte sono davvero considerevoli ed entrano a far parte di quei materiali che intervengono in gran parte nella formazione delle rocce sedimentarie. In particolare

gli organismi marini forniscono la maggior parte di questi componenti nelle rocce di natura organogena fissando il carbonato di calcio e dando luogo a potenti strati calcarei. Tra questi organismi che fissano il  $\text{CaCO}_3$ , l'Artini ricorda i molluschi, i brachiopodi, i briozoi, gli echinodermi, i madreporati, le spugne calcaree e le foraminifere. Tra gli organismi vegetali le alghe calcaree.

Dal punto di vista della loro origine biologica i sedimenti calcarei dei quali si sta parlando si possono suddividere in:

1. *plancetogeni*, originati da organismi sospesi nell'acqua e costituenti, per l'appunto, il plancton.

2. *nectogeni*, derivanti da tutti quegli organismi che si muovono nell'acqua e che sono in grado di effettuare notevoli spostamenti.

3. *bentogeni*, generati da organismi situati nelle profondità del mare, fissi (*benthos* fisso) o vaganti (*benthos* mobile).

In realtà questi sedimenti sono per lo più mescolati assieme, mostrando, nella maggior parte dei casi, soltanto una prevalenza di un raggruppamento rispetto agli altri.

Tra i sedimenti attualmente presenti bisogna ricordare la *melma a globigerine* che è un miscuglio rinvenibile nel mare profondo composta da resti calcarei di foraminifere (tra le quali prevale la specie delle globigerine, da cui il nome) mescolate a piccole quantità di resti di altre specie e di natura non organica come detriti eolici, vulcanici, ecc.

Nelle profondità oceaniche è poi presente la cosiddetta *argilla rossa*, miscuglio composto da argilla finissima ricca di  $\text{SiO}_2$  e di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , e povero di calcio con presenti avanzi organogeni. Da questa, quando la composizione percentuale dei resti organici di radiolari va aumentando si passa a quella che va sotto il nome di *melma a radiolari* che, come dice la parola, oltre ai resti calcarei di questi organismi, presenta anche i residui di spugne e diatomee. Se la percentuale di diato-mee aumenta il miscuglio prende il nome di *melma a diatomee*.

Tra i depositi sedimentari! dovuti ad organismi di natura vegetale dobbiamo qui ricordare i depositi di carbon fossile, che discendono da tutte le ere geologiche e che sono: la torba, la lignite, il litantrace e l'antracite.

Tra le rocce sedimentarie di prevalente origine organica ricordiamo:

Il *calcare* che comprende le rocce carbonatiche di origine marina, escludendosi così, quelle calcaree di origine lacustre e legate alle sorgenti come il travertino di cui s'è parlato prima e i tufi calcarei. Si tratta di una roccia assai diffusa di colore bianco se è priva di impurità, una di quelle poche rocce ad un solo minerale componente che è la *calcite* che può costituire fino al 95% della massa rocciosa con aggiunte secondarie di dolomite, siderite, quarzo, feldspati, miche e minerali argillosi. Essa presenta quasi sempre una struttura porosa, a grana variabile, stratificata. Le pietre calcaree hanno l'utilizzazione più varia, dalla formazione di pietrisco per pavimentazione stradale, ad additivo per la produzione di cementi, nella produzione dello zucchero, nella lavorazione dei materiali ferrosi e come correttivo per i terreni acidi.

Nell'edilizia viene usato come materiale decorativo e per le sue caratteristiche di resistenza e durata. Alcuni esempi sono la *pietra d'Istria*, utilizzata in molti palazzi di Venezia, la *pietra di Finale* e, tra quelli di origine pugliese, ricordiamo la *pietra di*

*Trani* che si utilizza in blocchi o lastre o pietra da taglio. Da ricordare anche *la pietra leccese* che è abbastanza morbida da lasciarsi segare e che acquista, con il tempo, notevole resistenza agli agenti atmosferici.

Infine va fatto un cenno a quelle rocce calcaree che per la presenza di impurità vengono impropriamente chiamate *marmi*, denominazione che a rigore spetta, come si vedrà più avanti, a tutte quelle rocce metamorfiche di origine calcarea che, sotto l'azione di alte pressioni e temperature elevate, acquisiscono una struttura saccaroide cristallina.

*Rocce sedimentarie piroclastiche* Si tratta di un gruppo di rocce la cui formazione particolare lascia incerti se collocarle tra le rocce sedimentarie o quelle di origine vulcanica. Esse derivano, infatti, da tutto quel materiale provocato dalle eruzioni vulcaniche e che viene lanciato via esparso variamente sul territorio dalla forza esplosiva che in questi casi si libera. Così questi materiali, blocchi, lapilli, sabbie, ceneri vulcaniche proiettati lontano, vengono a mescolarsi a materiale di altra natura e, tramite lenti processi di cementificazione, in tutto e per tutto simili a quelli che abbiamo esaminato in precedenza, costituiscono banchi rocciosi affatto particolari.

Oltre questi materiali di natura chiaramente eruttiva e magmatica, nelle rocce sedimentarie piroclastiche è presente anche una quota parte di elementi di altra origine, frammenti strappati al sottosuolo e debolmente modificati dalla temperatura oppure frammenti di rocce metamorfiche. Il deposito dei frammenti così ottenuti può avvenire in acqua o sulla terra emersa e, a seconda dei casi, nelle rocce finali possono essere inclusi anche residui di materiale organico, avanzi di animali o piante.

I depositi di questi materiali derivanti da processi diagenetici o metamorfici vengono a costituire quelle rocce che vanno sotto il nome di *tufi vulcanici*. I tufi possono suddividersi, a seconda dell'origine, in *frachitici e leucitici*. Ricordiamo, tra queste rocce piroclastiche, il **tufi giallo napoletano**, ampiamente utilizzato nelle costruzioni edilizie nella città di Napoli e, in genere, in tutta la Campania, di aspetto granuloso, poroso con la presenza di elementi pumicei, morbido e facilmente lavorabile che raggiunge, però, un discreto indurimento con l'evaporazione dell'acqua di cava. Presenta, inoltre, un'ottima aderenza con la malta e può essere fornito in varie pezzature.

Da ricordare, inoltre, la *pozzolana* che prende il suo nome da Pozzuoli dove veniva estratta già dai romani, un tufo incoerente che ha la proprietà di dare origine a malte idrauliche.

## 9. Rocce metamorfiche: formazione e classificazione

*I processi di diagenesi e metamorfismo.* Per tutto quello che s'è visto finora possiamo dire che si intende per *diagenesi* l'assieme di tutti quei processi di cementificazione tra loro dei sedimenti ottenuti mediante i fenomeni che si sono già analizzati. Accanto a questi vanno considerati anche i fenomeni di concrezione, ottenuti mediante la con-centrazione dei materiali entrati in soluzione in ben determinati punti della struttura rocciosa delle rocce sedimentarie. Processi diagenetici sono anche quelli di origine organica animale e vegetale. La diagenesi è, dunque, un processo di

formazione caratteristico e specifico delle rocce sedimentarie fin qui esaminate.

Per *metamorfismo*, invece, si intendono fenomeni diversi da quelli ora sinteticamente esposti. Molte volte, per esempio, i fenomeni di ricristallizzazione profonda debbono ascriversi a metamorfismo piuttosto che a processi diagenetici. Le cause principali delle mutazioni metamorfiche sono le mutate condizioni di temperatura e di pressione alle quali una roccia si viene a trovare. Infatti se gli strati sedimentari che si sono formati in superficie vengono a trovarsi, per mutate condizioni di equilibrio al contomo in condizioni diverse di temperatura e di pressione (ad esempio al di sotto di una grande quantità di strati di formazione più recente) l'acqua si comporta in maniera del tutto diversa imponendo una ricristallizzazione con la formazione di nuovi composti. Questo fenomeno vien detto *metamorfismo di carico* o, come propone l'Artini, *metamorfismo di profondità*, atteso che la causa principale delle trasformazioni indotte negli strati più profondi è proprio la variazione di pressione connessa alla profondità.

Una delle variazioni che le rocce subiscono, in queste condizioni, è di natura plastica che, a parere dell'Artini, ben si lega all'aumento della temperatura e della pressione. Egli a questo proposito scrive che:

"Le deformazioni che le rocce subiscono in queste zone profonde sono generalmente di natura plastica; si sa, infatti, che la plasticità dei minerali e delle rocce aumenta notevolmente e rapidamente con il crescere della pressione e della temperatura; questa è molto probabilmente la causa per la quale molte rocce, che alla superficie terrestre devono dirsi fragili, hanno potuto curvarsi e subire le più strane contorsioni e le più fitte pieghettature, senza traccia di frattura, come potrebbe dare un tessuto perfettamente flessibile".

Altre cause generano quello che va sotto il nome di *dinameta-morfismo* o *metamorfismo di dislocazione*. Discordanti opinioni vi sono tra i vari autori a proposito del reale peso esercitato dall'insieme di fenomeni raccolti in questa definizione sulle rocce sedimentarie interessate. Fatto sta, prosegue l'Artini, che:

"(...) In moltissimi casi le trasformazioni subite da rocce sedimentarie recenti, con l'assunzione di una marcata scistosità e di una cristallinità evidente, senza che si possa per esse ragionevolmente invocare né il metamorfismo di contatto, né quello di profondità, devono necessariamente essere riferite a cause meccaniche inerenti alle dislocazioni".

E, di contro, regioni che non sono state soggette a fenomeni rilevanti di dislocazioni, conservano ancora inalterate le caratteristiche originarie.

Il metamorfismo di dislocazione interessa, prevalentemente, gli strati superficiali. La sua azione sui depositi argillosi, per effetto della compressione laterale, determina negli strati una scistosità più o meno evidente ed una ricristallizzazione di struttura saccaroide come nel caso della formazione dei marmi dalle rocce calcaree. I residui fossili, infine, inglobati nelle strutture sedimentarie, subiscono ad opera delle sollecitazioni meccaniche indotte, fenomeni di schiacciamento e di stiramento a tal punto da provocare finanche la rottura e lo spostamento dei frammenti nella direzione del piano di scistosità.

Tra le rocce metamorfiche ricordiamo:

I *marmi* dal colore molto raramente bianco, venato, maculato in ogni tonalità e gradazione di colore. E la presenza di componenti dell'originaria massa calcarea che determina le venature e le colorazioni tipiche di questo materiale. Presenta una struttura massiccia nella quale i minerali componenti sono perfettamente visibili. Non essendo possibile qui presentarne un elenco completo, diremo soltanto che hanno trovato e trovano nell'edilizia un'ampia applicazione per motivi decorativi e di pregio di finiture, rivestimenti e scopi più svariati.

Oltre ai marmi, tra le pietre più comuni appartenenti al raggruppamento delle rocce metamorfiche ricordiamo:

I *gneiss* che derivano dalle rocce di silicio e presentano un colore prevalentemente grigio ma che può anche essere rossastro, bruno, verdastro. La struttura è a grana grossa con evidenti caratteristiche di scistosità. Gli *gneiss* derivanti da rocce magmatiche si chiamano *ortogneiss*, quelli che derivano da rocce sedimentarie *paragneiss*. Sono molto resistenti allo schiacciamento e vengono utilizzate, tagliate in lastre, per pavimentazioni stradali, scale, terrazze e balconi.

I *quarziti* sono pietre a struttura finemente granulare, non scistosa e presentano un colore bianco o bruno-rossastro. Possono essere utilizzati come pietrisco per la notevole resistenza e come lastre adatte a rivestimenti.

## 10. Caratteristiche tecnologiche delle rocce

Tra i requisiti principali delle pietre naturali nei riguardi della loro applicazione che nella pratica edilizia sono:

a. Il *peso specifico*. Il peso specifico rappresenta, in genere, il peso dell'unità di volume. Nelle rocce è opportuno, però, distinguere un *peso specifico effettivo* ed un *peso specifico apparente* definiti nella maniera che segue:

- *peso specifico effettivo* è quello dell'unità di volume senza la presenza di pori o vuoti.

- *peso specifico apparente* è quello dell'unità di volume comprensiva di tutte le cavità interne.

È evidente che il valore del peso specifico apparente tanto più si approssima a quello del peso specifico effettivo quanto più la porosità della roccia tende a zero. Per i calcoli di resistenza del materiale roccioso è utile il rapporto tra il peso specifico apparente  $p$  e quello effettivo  $P$  (detto anche *peso di materia*) chiamato *grado di compattezza*  $C$ , dato dal rapporto:

$$C=p/P$$

$C$  sarà uguale a 1 quando la materia rocciosa sia affatto priva di qualsiasi porosità. Si definisce e, inoltre, *coefficiente di porosità* il rapporto percentuale:

$$d=(P-p)\times 100/P$$

In base al peso specifico apparente  $p$  le rocce possono essere classificate nella maniera che segue:

1. Rocce molto leggere            ( $p < 1$ )
2. Rocce leggere                ( $1 < p < 1.5$ )
3. Rocce mediamente pesanti    ( $1.5 < p < 2.5$ )
4. Rocce pesanti                ( $2.5 < p < 3$ )
5. Rocce molto pesanti         ( $p > 3$ )

b. *Imbibizione*. Per imbibizione si intende la capacità che, anche se in misura diversa, tutte le rocce, anche le più compatte, hanno di assumere acqua una volta che vi siano immerse. Si definisce *coefficiente di imbibizione* la quantità  $K_p$ , se riferita al peso, tale che:

$$K_p = (p_1 - p_0)/p_0$$

dove  $P_0$  è il peso della roccia prima di essere immersa nell'acqua e  $P$  - il peso dopo l'immersione prolungata per un tempo stabilito, in genere alcuni giorni.

Con  $K_v$  si indica, poi, il coefficiente di imbibizione riferito al volume:

$$K_v = (P_I - P_O)/V$$

Nella formula che precede  $V$  è il volume del campione di roccia adoperato. Il coefficiente di imbibizione, oltre a dar conto delle proprietà caratteristiche delle rocce prese in esame, ha anche un preciso significato pratico e fornisce utili indicazioni nel calcolo della resistenza del pietrame nell'edilizia perché, a parità di tutte le altre condizioni, di due rocce con differenti capacità di imbibizione ha maggior resistenza quella che presenta un coefficiente  $K_v$  minore perché ciò significa che al suo interno presenta un minor numero di cavità.

C. *Assorbimento* viene definita, inoltre, la capacità che hanno le rocce di lasciarsi attraversare dall'acqua per capillarità. Si tratta, ovviamente, di una caratteristica di gran rilievo nelle applicazioni edilizie. Le rocce scistose, ad esempio, sono più assorbenti lungo il piano di scistosità che non nella direzione ortogonale e così via.

D La *durezza* è la capacità che le rocce mostrano di resistere all'usura causata dall'attrito con altri corpi. Ricordando che è possibile definire due forme di attrito, quello *radente* e quello *volvente*, la durezza, di conseguenza, è la capacità di resistere al *rotolamento* ed allo *sfregamento* con altri corpi. Si tratta di una caratteristica di non secondaria importanza se si pensa all'usura cui comunemente vengono assoggettate parti come rivestimenti stradali, gradini e così via.

Non è possibile adoperare per le rocce uno sclerometro per determinare la loro durezza ed allora si può usare un criterio comparativo procedendo nel modo che segue: si scelgono dieci minerali tipici ordinati in relazione alla loro durezza, poi si confronta, per strofinamento il campione della roccia della quale si vuole determinare la durezza. Si ottiene, in questo modo, una scala di riferimento secondo la quale le pietre si possono suddividere in *tenere, semidure, dure e durissime*.

Le caratteristiche di resistenza alla *compressione*, alla *trazione* ed alla *flessione* sono altresì importanti da determinarsi e molto utili alla fine dell'utilizzazione pratica nell'edilizia. Delle tre quella lungamente più importante è la resistenza a compressione che è direttamente collegata al grado di compattezza e durezza del materiale roccioso in esame. La resistenza a compressione, come si può facilmente intuire, è certamente maggiore nella direzione ortogonale alla direzione degli strati che non secondo quest'ultima. Si adoperano, dunque, come provini dei saggi di materiale orientati secondo la giacitura degli strati o, come si dice, secondo il letto di cava.

Vengono adoperate delle macchine che possono esercitare una forza di compressione graduale ed uniformemente distribuita sulla superficie del provino sottoposta allo sforzo. La rottura di questo avviene quasi sempre bruscamente. La prova viene eseguita su di un campione di pietra seccato all'aria e viene ripetuta dopo imbibizione completa. Si ottiene, di solito, che la resistenza a compressione è, nel secondo caso, notevolmente minore.

Come ben si comprende i valori così ottenuti sono comunque orientativi e possono variare da caso a caso anche per lo stesso materiale se si tratta di cave differenti o se la roccia ha subito alterazioni di natura chimica e fisica.

La resistenza alla trazione viene verificata in maniera analoga su provini sui quali siano state praticate delle scanalature che permettano di fissare gli stessi alle ganasce della macchina. Si ottiene di solito che la resistenza a trazione, per uno stesso materiale a parità di tutte le altre condizioni, è nettamente inferiore a quella a compressione di circa 30-35 volte.

Da quanto si è detto risulta giustificata la consuetudine, ai fini dei calcoli di sicurezza, di trascurare, nel caso delle pietre naturali, del tutto la loro sia pur debole capacità di resistere a trazione.

La resistenza alla flessione risulta mediamente di 1/7 di quella a compressione il che giustifica l'adozione di alcune pietre come architravi anche se per luci abbastanza modeste. Il carico di sicurezza che viene comunemente adottato nel caso delle pietre naturali è fissato ad 1/10 di quello di rottura.

Per *durevolezza* di una roccia si intende la capacità di resistere alle azioni disgregatrici degli agenti atmosferici, variazioni brusche di temperatura, azioni di microrganismi, ecc, prolungate nel tempo. Si tratta, come del resto risulta da tutto quello che si è in precedenza esaminato, di un'azione chimica e fisica che dipende da numerosissimi fattori quali, come si ricorderà, l'acqua, l'anidride carbonica disciolta in essa che ha l'effetto di mandare in soluzione i carbonati, l'azione ossidante dell'ossigeno presente nell'atmosfera e, negli ultimi anni, quella corrosiva dell'anidride solforosa dovuta all'inquinamento, le piogge acide, ecc. E noto come la maggior parte dei monumenti del nostro patrimonio architettonico sia seriamente minacciata da questi

fattori di rischio ambientale.

Tra le azioni fisiche ricordiamo quelle del *gelo* e *disgelo*. Le pietre che soffrono di queste variazioni sono principalmente le pietre porose che, per questo, si dicono *gelive*. L'azione disgregatrice è provocata dall'acqua che, occupando le porosità, procede ad una vera e propria azione demolitrice passando dallo stato liquido a quello solido con aumento di volume.

Altra caratteristica di non secondaria importanza nelle rocce è quella *dell'affinità con le malte*, la capacità, cioè, di aderire con le malte che vengono interposte, nella costruzione edilizia, tra concio e concio. Tale affinità può essere di duplice natura: *chimica* e *fisica*. La prima è dovuta alla presenza nelle malte e nel materiale roccioso di elementi e composti chimici i quali si combinano tra di loro lentamente nel tempo, caratteristica, questa, tipica delle pietre silicee piuttosto che di quelle carbonatate e solfate. La seconda, di tipo fisico, è direttamente legata alla porosità della superficie rocciosa che è esposta all'azione della malta.

Infine molto importanti ai fini della bellezza dell'opera architettonica sono tutte le *caratteristiche estetiche* delle pietre naturali come colore, striature, lavorabilità superficiale e grado di levigatezza, trasparenza, leggerezza e così via che finiscono per influire in maniera preponderante sull'immagine architettonica dell'opera. Gioca un ruolo importante anche da questo punto di vista la lavorabilità dei blocchi e le massime dimensioni ottenibili per ogni singolo blocco. Quest'ultima caratteristica, detta caratteristica di monoliticità è importantissima in tutte quelle costruzioni monumentali che debbano sfidare il tempo come è sempre accaduto nel passato nel caso di obelischi, colonne e massi.

Le rocce eruttive sono tra le più compatte e resistenti da questo punto di vista; i graniti, le sieniti, le dioriti e i porfidi sono adatti a questi scopi come anche alcune rocce calcaree saccaroidi come travertino ed arenarie.

Dal punto di vista dell'utilizzazione edilizia le rocce possono suddividersi in :

1. *pietre da taglio*, ottenute da rocce di media durezza e di particolare resistenza agli agenti atmosferici.

2. *pietre da costruzione* e da muro sono quelle estratte in piccoli volumi che non sono adatte ad essere tagliate in forme regolari, che non presentano particolari caratteristiche di durevolezza e che, al contrario, mescolate a malte, forniscono, poi, complessi monolitici di particolare resistenza strutturale.

3. *pietre da rivestimento* sono quelle da taglio che si prestano ad essere lavorate in lastre anche di spessore sottile. Non hanno alcuna funzione statica ma soltanto quella estetica.

4. *pietre da pavimentazione* sono quelle caratterizzate da un discreto grado di durezza e, a seconda della destinazione, di caratteristiche estetiche apprezzabili.

5. *pietre per la produzione di calce e cementi* sono i calcari più o meno puri che, a cottura, si liberano dell'anidride carbonica dando luogo all'ossido di calcio (o calce aerea). Quando i calcari presentano una percentuale che supera il 14% di silice ed allumina vengono destinati alla produzione di calce idrauliche e cementi.

6. *materiale lapideo* per malte e calcestruzzi che viene a costituire la parte inerte dei miscugli che da luogo alle malte ed ai calcestruzzi: a seconda dei casi abbiamo



ghiaie, pietrisco, pomici, lapilli, sabbie.

## **Materiali ceramici**

### **1. Aspetti generali**

Con l'appellativo di *ceramici* si indicano tutti quei materiali composti da *argilla plastica* sottoposti, successivamente alla modellazione, ad un processo di cottura. La parola ceramica deriva dal greco *cheramos* e significa, per l'appunto, *argilla*.

In accordo con questo significato etimologico del termine e contro la consuetudine invalsa nel linguaggio comune che utilizza questa denominazione in senso restrittivo indicando con essa soltanto quei derivati dell'argilla a pasta compatta, e concordi con molti autori, noi intenderemo raccolti sotto questa definizione tutti i prodotti derivanti dall'uso dell'argilla plastica, dai comuni mattoni, dai laterizi adoperati per le costruzioni edilizie, alle ceramiche dei rivestimenti, alle pavimentazioni per giungere fino al vasellame per uso domestico ed ornamentale.

L'arte di lavorare l'argilla e di ricavarne prodotti da sottoporre a cottura è molto antica e diffusa. Una delle cause di questa diffusione è la facilità di reperimento della materia prima. L'argilla è facilmente rinvenibile accanto ai corsi d'acqua in banchi. Essa, come è già stato detto nel capitolo precedente, fa parte delle rocce sedimentarie incoerenti di origine clastica. La composizione più adatta al suo uso in edilizia è la seguente:

<b>silice</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>dal 10 al 75%</b>
<b>allumina</b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>dal 18 al 40%</b>
<b>acqua</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>dal 6 al 24%</b>

Ma, naturalmente, il più delle volte essa va modificata nella sua composizione percentuale di elementi costituenti e con l'aggiunta di opportune correzioni a seconda degli scopi cui l'impasto è destinato. A seconda delle diverse necessità, si usa classificare le sostanze aggiuntive in:

*dimagranti* che hanno lo scopo di diminuire l'effetto dannoso dovuto all'eccessiva contrazione che si verifica durante l'essiccamento e la cottura.

*fondenti* che abbassano il grado di fusibilità dell'impasto argilloso permettendone una facile vetrificazione ed impermeabilità.

I processi di cottura, nell'epoca odierna, date le attrezzature ed i macchinari sofisticati che permettono un'uniformità di cottura ed il controllo assai preciso delle temperature, sono, come si comprenderà senza difficoltà, estremamente più affidabili

che non quelli in uso nel passato. Questo maggior controllo dei processi tecnologici e di lavorazione permette non soltanto la riduzione degli errori e una maggiore qualità dei prodotti ma anche un notevole progresso nel campo dell'espressività artistica connessa con questo particolare settore produttivo.

Analogamente a quanto si verifica per le pietre naturali, anche i materiali ceramici sono utilizzati sia per scopi strutturali che per opere di finitura e di decorazione.

## 2. Classificazione

Data la grande varietà di prodotti appartenenti a questo settore non è possibile una classificazione univoca. Una classificazione semplice è proposta dal Chiaromonte e sembra molto utile qui ricordarla a fini didattici. Essa si articola su una prima suddivisione dei prodotti in questione in due grandi raggruppamenti basati sulla consistenza della pasta costituente: *materiali a pasta porosa* la cui superficie è intaccata, senza eccessive difficoltà, dall'acciaio e *materiali a pasta compatta*, la cui superficie è molto dura e compatta, impermeabile, dall'aspetto ed il comportamento vetroso e non è scalfibile da punte di acciaio. Fanno parte del primo raggruppamento le *terrecotte*, i *laterizi*, i *refrattari*, le *terraglie* e le *faenze*. Queste ultime, a loro volta, si suddividono in: *verniciate*, *ingobbiate*, *smaltate* o *maiolicate*.

Fanno parte dei prodotti ceramici a pasta compatta le *porcellane* e i *gres*; questi, a loro volta, si suddividono in ordinari o naturali e fini o composti.

Una delle differenze fondamentali tra i prodotti a pasta porosa e quelli a pasta compatta è data dalla temperatura di cottura. Mentre, infatti, per i primi bastano temperature modeste dell'ordine degli 800°C, per gli altri, a temperature intorno ai 1000-1200 °C, si ottiene un'inizio di fusione detto *greificazione* e, per temperature ancora superiori, fino a 1600°C, si viene a determinare una vera e propria *vetrificazione*.

## 3. Terrecotte

Si tratta del tipo di impasto più semplice e senza pretese soggetto ad un solo processo di cottura. L'aspetto è grossolano, piuttosto poroso, dal colore naturale rossastro o giallastro a seconda della presenza di ossidi di ferro o di titanio. Vengono raggruppati sotto questa denominazione tutti quei prodotti non destinati all'uso edilizio.

## 4. Laterizi

La parola "laterizio" viene dal latino *later* che significa, per l'appunto, "mattoni". L'argilla plastica è stata utilizzata, fin da tempi molto remoti, come materiale da costruzione sotto forma di elementi parallelepipedi che hanno preso il nome di "mattoni". Essi rappresentano una risposta estremamente intelligente alle difficoltà poste agli uomini in tutti quei casi ove la pietra naturale adatta agli scopi edilizi era scarsa o doveva trasportarsi da luoghi troppo lontani.

Da questa prima fondamentale utilizzazione deriva l'abitudine di adoperare il

termine laterizio in maniera estensiva, volendo significare, con ciò, tutto l'assieme di prodotti per l'edilizia che utilizzano l'argilla plastica come materia prima, soggetti, poi, a procedimento di cottura.

Come si è detto, si tratta di materiali che hanno avuto una diffusione vastissima nel campo delle costruzioni lungo il corso di tutta la storia. Adoperati dapprima in Asia, ebbero, poi, grande applicazione presso i romani che ne fecero un uso assai diffuso e crearono, tra l'altro, una particolare orditura muraria che prende il nome, per l'appunto, di *opus latericium*.

I mattoni furono, inizialmente, utilizzati crudi o seccati al sole. Solo in un secondo momento si scoprì che la loro resistenza e durata aumentavano se venivano sottoposti a cottura. Ma, presso i romani, l'uso dei mattoni crudi non fu mai definitivamente abbandonato come ci ricorda Vitruvio nel suo *De Architectura*:

"Prima di tutto - egli scrive - parlerò dunque del tipo di argilla che si deve usare per la fabbricazione dei mattoni. Bisogna infatti che essa non sia mista a ghiaia o sabbia, per evitare non solo che i mattoni divengano troppo pesanti, ma si rovinino anche facilmente quando i muri vengano bagnati dalla pioggia. Se l'argilla non è pura, infatti, la paglia non si amalgama. Bisogna fabbricarli, quindi, con terra chiara ricca di creta o con terra rossa o anche con sabbione grezzo, con materiali, cioè, che proprio per la loro leggerezza conferiscono solidità, in quanto non appesantiscono le strutture e si possono perciò facilmente ammassare. I mattoni, inoltre, devono essere lavorati durante l'inverno o l'autunno, affinché possano seccare a temperatura uniforme. Quando vengono preparati nel periodo estivo risultano difettosi, poiché il sole ne cuoce con forza la superficie, inaridendola, mentre l'interno non è ancora asciutto; quando la parte interna disseccandosi diminuisce il proprio volume, l'arida crosta esterna si rompe: si riempie allora di fessure e non sono più solidi. I mattoni diventano di qualità ancora migliore dopo un paio d'anni dalla loro fabbricazione, perché prima di allora non possono seccare completamente. Quando vengono messi in opera troppo presto, prima di essere completamente asciutti, mentre l'intonaco che li riveste rimane saldamente rigido, essi, con-traendosi, calano in altezza. Allora, assestandosi, si spostano, non aderiscono più all'intonaco, se ne staccano. Gli intonaci, non più cementati alle pareti, sono d'altra parte troppo sottili per poter reggersi da soli; allora si spezzano, mentre anche i muri, assestandosi irregolarmente, diventano poco solidi."

E' evidente dalla descrizione e dal comportamento dei materiali che i mattoni cui Vitruvio fa riferimento sono prodotti crudi. Tutti inconvenienti, questi, che in massima parte spariscono con il procedimento di cottura il quale assicura notevoli miglioramenti di resistenza e di durata. Ed è proprio in base a questa scoperta che l'uso dei mattoni divenne più frequente, assicurando alle fabbriche edilizie, nelle quali veniva fatto uso di questi prodotti, una qualità nettamente superiore.

Oltre i mattoni, tra i prodotti laterizi per l'edilizia di uso più corrente vanno ricordati: i mattoni forati, adoperati soprattutto per le pareti divisorie interne o, comunque, nelle strutture murarie leggere; le volterrane ed i tavelloni di vario tipo adatti alla costruzione di solai (cemento armato misto a laterizi). Inizialmente ai laterizi non si

attribuiva nessuna funzione resistente; poi, col tempo, si è scoperto che, con opportuni miglioramenti di forma, essi svolgono un'importante funzione di collaborazione alla resistenza congiunti al calcestruzzo. Vanno ricordate, per finire, altre maniere di utilizzazione dei laterizi, per la realizzazione di controsoffittature, coibentazioni ed anche rivestimento, in specie prodotti maiolicati, per gli interni e gli esterni degli edifici.

## **5. Refrattari**

Si intendono con questa denominazione quei prodotti per l'edilizia formati da argilla con scarso contenuto di sabbia, quarzo e con una quantità di ossido di ferro che entra in composizione inferiore al 2%. Essi traggono la loro denominazione dalla proprietà che posseggono di non subire alterazioni fisico-chimiche all'innalzarsi della temperatura fino ad un limite massimo di circa 1500°C.

Alcuni refrattari possono essere utilizzati fino a temperature dell'ordine dei 2000°C. Il loro uso è, però, quasi esclusivamente industriale.

## **6. Faenze**

Le faenze, che traggono questo nome dalla città Faenza, dove esiste una sviluppata industria di produzione di ceramiche, non sono altro che terrecotte con un rivestimento vetroso a base di piombo chiamato *crystallina*.

Lo scopo dello strato di rivestimento è quello di proteggere l'integrità dello strato sottostante che assicura la colorazione al prodotto. Se si tratta di uno strato terroso, bianco (*ingabbio*) si hanno, allora, delle faenze che vanno sotto il nome di *faenze ingobbiate*. Se, al contrario, il rivestimento è colorato (*smalto*), allora le faenze assumono il nome di *maioliche*.

Per colorare gli smalti si usano degli ossidi metallici i quali, uniti ad opportuni prodotti fondenti, danno luogo, all'atto della cottura, alle diverse colorazioni.

La lavorazione delle maioliche avviene in due fasi: dapprima si ottengono le terrecotte come in un normale processo produttivo portando a cottura i manufatti alla temperatura di 800°C. Si ottiene, in questo modo, un prodotto che, correntemente, va sotto il nome di *biscotto*. Poi, dopo accurata pulizia della superficie, eliminando polvere, grassi ed altri eventuali residui, si passa all'operazione di smaltatura la quale viene realizzata mediante una serie di procedimenti che vanno dalla lavorazione a pennello, all'immersione, allo spruzzo con aerografo, e così via. Sulla tinta di fondo che si ottiene in questo modo si può successivamente intervenire con ulteriori disegni, decorazioni, altri colori. Le sostanze coloranti, come s'è detto, sono degli ossidi metallici e, generalmente, vengono preparati nelle stesse fabbriche di maioliche. Una successiva cottura fissa definitivamente lo smalto.

## **7. Terraglie**

Si tratta di prodotti creati con composti di argilla bianca, silice e calcare che

trovano scarsa applicazione in edilizia.

### **8. Gres**

Abbiamo classificato i gres tra i prodotti ceramici a pasta compatta. Essi provengono da un'argilla a pasta molto fine, ferruginosa, molto dura. Il risultato è un prodotto impermeabile, duro e fragile che non sopporta repentini salti di temperatura.

I *gres ordinari*, dalla pasta color giallo-rossastro, sono normalmente utilizzati per la realizzazione di impianti sanitari (tubazioni ed altro) perché sono capaci di resistere agli agenti chimici (liquami) e perché sono allo stesso tempo impermeabili. I tubi di gres vengono, così, preferiti nella costruzione di fognature. I tubi vengono prodotti per trafilatura e tagliati nella lunghezza desiderata. Poi, dopo un periodo di stagionatura ed essiccamento (naturale o artificiale), vengono sottoposti a cottura (1250-1300°C). Oltre ai tubi dritti nei vari diametri utili, vengono prodotti, ovviamente, anche tutti gli elementi speciali di raccordo che si rendono necessari per una corretta posa in opera.

Da ricordare che, oltre che nella fabbricazione dei tubi suddetti, il gres trova buona applicazione nella produzione di mattonelle, rivestimenti e pavimentazioni adatte a luoghi di grande traffico per la loro resistenza all'usura, nonché l'utilizzazione che ne viene fatta in ambienti particolari per destinazione d'uso che richiedono materiali altamente resistenti all'attacco delle sostanze chimiche come, ad esempio, laboratori chimici, industrie, ospedali, ecc.

I *gres fini* si ottengono curando maggiormente la composizione delle materie prime ed eliminando, per quanto possibile, tutte le impurità contenute nell'argilla. Fanno parte di questo raggruppamento i gres d'arte e smaltati, i gres decorativi e così via.

Per ottenere l'impasto argilloso adatto si rende necessaria una macinazione molto spinta per ricavare un prodotto finissimo, l'aggiunta di sostanze dimagranti all'impasto e di catalizzatori in grado di assicurare la necessaria plasticità al miscuglio. Questo è lasciato, poi, stagionare per circa tre mesi e, dopo essiccazione, viene cotto in forni speciali ad una temperatura di circa 1300°C. Il materiale risultante da questo ciclo di lavorazione possiede eccellenti requisiti di resistenza alla compressione ed all'usura ai quali accoppia un aspetto in genere esteticamente soddisfacente e, in alcuni casi, assai pregevole.

### **9. Porcellane**

I miscugli dai quali si originano le porcellane sono costituiti da caolino, feldspati e quarzo. Generalmente la pasta risultante ha una colorazione bianca anche se non mancano porcellane colorate. Caratteristica fondamentale di questi materiali è l'assoluta impermeabilità e la trasparenza.

Le porcellane generalmente trovano applicazione nel campo dell'isolamento elettrico oltre che, naturalmente, nella produzione di un vasto repertorio di oggetti d'arte, artigianali e d'arredamento. Nel campo dell'edilizia è invalso l'uso di classificare, impropriamente, molti prodotti (articoli igienico-sanitari e similari) con la dicitura di porcellane. La classificazione in uso è mostrata dallo specchietto che segue:

- a. porcellane dolci o terraglie dolci
- b. porcellane opache o terraglie forti
- c. gres porcellana
- d. porcellana dura vetrificata

**a. porcellane dolci.** La denominazione di "porcellane" per i prodotti raggruppati in questa categoria è assolutamente impropria perché i requisiti fondamentali che appartengono alle porcellane qui non sono assolutamente presenti. L'impermeabilità, ad esempio, è completamente assente a causa della porosità della pasta. Si tenta di assicurare al prodotto questo requisito (che è indispensabile per gli articoli igienici), alla meglio, facendo ricorso ad un rivestimento vetroso.

Gli apparecchi igienico-sanitari costituiti da questo materiale hanno frequente diffusione a causa del basso costo ma è ovvio che, per i motivi ora detti, essi sono quasi sempre di pessima qualità, offrono una scarsa resistenza statica, all'usura ed agli urti. Ne è stata vietata l'adozione nelle opere eseguite per conto del Ministero dei Lavori Pubblici.

**b. porcellane opache o terraglie forti.** Anche per questi prodotti viene impropriamente adoperata la denominazione di porcellane anche se le caratteristiche di impermeabilità e resistenza sono leggermente migliori di quelle dei manufatti appartenenti alla categoria precedente. Il maggiore inconveniente dei manufatti compresi sotto questa denominazione è determinato dai differenti coefficienti di dilatazione termica che il rivestimento esterno e la pasta possiedono. Conseguenza più che frequente di ciò è quella che si producono fessurazioni superficiali.

**e. gres porcellana** Si tratta di materiali costituiti da un corpo centrale in pasta refrattaria porosa ricoperto da uno strato di circa un millimetro di spessore di pasta bianca più compatta la quale è, a sua volta, rivestita da uno strato superficiale di smalto vetrificato. La qualità dei prodotti realizzati in questa maniera è certamente superiore a quella dei precedenti ma, a rigore, non possono essere classificati tra le porcellane.

I difetti di questo tipo di realizzazione sono rappresentati dalla tendenza alla fessurazione superficiale nonché alla scagliatura e, cioè, al fenomeno del distacco, a scaglie, dello strato più esterno di porcellana per motivazioni analoghe a quelle esaminate in precedenza.

Contrariamente agli altri prodotti fin qui elencati, il gres porcellana presenta una buona resistenza statica ed agli urti. Si adopera generalmente per vasche da bagno che vengono installate in costruzioni soggette ad una notevole frequenza d'uso.

**d. porcellana dura vetrificata** Si tratta di un prodotto conosciuto generalmente sotto la denominazione di **Vitreous China**. La pasta è compatta, bianca, rivestita da uno strato superficiale di smalto. E' questo l'unico caso in cui la denominazione corrisponde pienamente alle caratteristiche intrinseche del materiale dal punto di vista delle qualità fisico-meccaniche, di resistenza ed impermeabilità. Gli articoli igienico-sanitari prodotti in questo materiale sono certamente i migliori. Essi sono del tutto esenti da

smagliature o scagliature superficiali perché non esiste una sensibile differenza di coefficiente di dilatazione termica tra lo strato superficiale di smalta e la pasta.

## 10. Cenni sui processi produttivi dei laterizi

Le operazioni che in genere vengono eseguite nella produzione di elementi laterizi per l'edilizia sono:

- a. Preparazione dell'impasto d'argilla plastica
- b. Modellatura
- c. Essiccazione
- d. Cottura

E' del tutto ovvio che le argille, così come sono rinvenute allo stato naturale, generalmente necessitano di interventi mirati all'eliminazione delle impurità e dell'aggiunta di tutti quegli elementi e sostanze necessarie non soltanto per ottenere caratteristiche ben determinate nel prodotto finale ma anche per assicurare all'impasto il grado di plasticità più idoneo alle successive fasi di lavorazione.

Le principali impurità da eliminare sono:

- il *carbonato di calcio* ( $\text{CaCO}_3$ ), se è presente in quantità superiori al 20% e se in grani di grandi dimensioni. E' noto, infatti, che questa sostanza, al riscaldamento, tende ad eliminare anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), trasformandosi in ossido di calcio ( $\text{CaO}$ ) comunemente conosciuto con il nome di calce viva la quale, idratandosi successivamente sviluppa una notevole quantità di calore che potrebbe, se non disgregare, certamente compromettere l'integrità del prodotto finito.

- i *sali solubili* in acqua come sali di potassio, di sodio ecc, i quali, in presenza di acqua, producono efflorescenze.

- tutte le altri eventuali *impurità di natura organica* vegetale ed animale.

Le aggiunte, come si è già ricordato in precedenza, servono a rendere l'impasto di argilla più o meno plastico, più o meno grasso. Si agisce, in genere, sulla percentuale nella composizione relativa di argilla e di sabbia fino alla quantità che si ritiene più opportuna. Una volta ottenuto l'impasto della qualità desiderata e con i componenti nelle giuste proporzioni, lo si lascia stagionare per un tempo prestabilito al caldo o al freddo, (processi, questi, che prendono rispettivamente il nome di *estivazione* o *ibernazione*) fino a quando non si presenti sotto forma di zolle.

Il prodotto così ottenuto viene nuovamente frantumato in polvere di granatura media molto sottile con molazze, tagliatrici o mulini a palle e passato successivamente al vaglio. Si usa, talvolta, portare nuovamente in soluzione acquosa il materiale per ottenere la separazione dei granuli più grossi per sedimentazione sul fondo.

Una volta ottenuta la composizione granulometrica desiderata, si passa all'impasto vero e proprio il quale ha luogo in contenitori cilindrici con un albero ruotante munito di pale o elica. Il prodotto così amalgamato viene modellato o disposto in opportuni stampi o, nelle produzioni industriali, passato attraverso trafilatura con specifiche macchine a



compressione. Quest'ultimo caso è quello adatto alla produzione di mattoni forati o pieni. All'uscita della trafilatura, il prodotto viene tagliato meccanicamente in senso trasversale ad intervalli costanti. I pezzi così prodotti vengono poi essiccati per eliminare una parte dell'acqua d'impasto prima dell'ultima fase di cottura. Questa fase della lavorazione si svolge in opportuni capannoni di stoccaggio.

Molti sono gli accorgimenti per evitare, in questa fase assai delicata, danni al prodotto come il controllo della costanza del grado igrometrico dell'aria di essiccazione. Brusche variazioni di temperatura e di umidità, infatti, possono avere effetti negativi sulla qualità dei materiali prima della cottura. Si sono sperimentati con successo metodi di riscaldamento (specialmente nel caso di prodotti ceramici per i quali si rende necessario un controllo più efficiente delle condizioni di essiccazione) con campi elettrici ad alta frequenza mediante i quali il calore penetra direttamente nella massa in essiccazione senza gradualità dall'esterno all'interno, con evidente vantaggio nell'omogeneità del prodotto risultante finale.

La fase finale di cottura ha lo scopo dell'eliminazione dell'acqua residua d'impasto e la trasformazione dei composti chimici presenti e, cioè, da silicati idrati in silicati anidri. Il procedimento può avvenire in vari modi, da quello più rudimentale che prevede la disposizione dei prodotti da cuocere in cataste accumulate attorno ad uno spazio centrale nel quale brucia il combustibile, in un ciclo di lavorazione che si compie in circa trenta giorni e che fornisce un prodotto abbastanza scadente, a quello in fornaci intermittenti o continue (del tipo Hoffmann) che assicurano manufatti di migliore qualità e certamente più economici.

I forni più efficienti sono quelli alimentati da energia elettrica.

## **Metalli e leghe**

## 1. Generalità

Circa, i tre quarti degli elementi chimici sono classificabili come *metalli*. Essi, come viene precisato nell'appendice A (*Richiami di Chimica*) a proposito del legame metallico, presentano una serie di caratteristiche comuni quali l'elevata conducibilità elettrica e termica, il comportamento elastico, la lucentezza e una notevole resistenza alla rottura. Le altre caratteristiche generali come la durezza e la resistenza alla deformazione sono generalmente variabili da metallo a metallo. Alcuni elementi, per esempio, sono notevolmente duri come il ferro, il cromo e l'alluminio mentre altri, come lo stagno e il piombo, possono essere considerati addirittura plastici.

Tutti i metalli, eccezion fatta per il mercurio, sono solidi a temperatura ambiente.

Sono note le numerose applicazioni di ordine pratico dei metalli in vari campi delle attività produttive. In particolare nel settore delle costruzioni che qui ci interessa essi trovano largo impiego anche se non è sempre stato così nel corso della storia dell'architettura. Il loro uso, infatti, è stato inizialmente modesto; essi erano impiegati, nel passato, soprattutto per la fabbricazione di utensili adatti alla lavorazione delle pietre naturali. Soltanto in un secondo momento si è pensato di adoperarli in maniera diretta nella pratica edilizia, dapprima sotto forma di perni, anelli, tiranti, staffe, grappe e, cioè, di elementi di collegamento tra concio e concio e successivamente, in tempi recenti, con lo sviluppo delle tecnologie siderurgiche, come dei veri e propri elementi edilizi autonomi dal punto di vista strutturale.

Una delle caratteristiche fondamentali dei metalli è quella di presentare, quasi sempre, a differenza degli altri materiali da costruzione, uno stesso comportamento e grado di resistenza alle diverse sollecitazioni. Valga per tutti l'esempio del ferro che offre un'ottima resistenza sia alla compressione che alla trazione.

E, parlando del ferro, dobbiamo subito dire che l'elemento che ha mostrato le caratteristiche più interessanti per le costruzioni edilizie e che ha trovato, per questo, un vastissimo campo di applicazioni, è proprio quel complesso di leghe che vanno sotto il nome di *leghe ferrose* delle quali ci occuperemo più avanti. A questo proposito ricordiamo che, in generale, si definisce "lega": *una soluzione solida di un metallo con un metallo o con un metalloide*. Se si fondono insieme, infatti, due o più metalli, raffreddando la soluzione così ottenuta, si può ottenere un solido metallico che generalmente possiede proprietà diverse da quelle dei metalli di partenza. Questo solido è ciò che si chiama comunemente lega. Ricordiamo ancora che condizione essenziale perché due metalli fusi assieme possano formare una lega è quella che essi abbiano numeri atomici molto simili.

Ciò premesso nella formazione di una lega si possono dare le seguenti eventualità:

- 1) Tra gli atomi dei due metalli si formano dei veri e propri legami chimici.
- 2) Gli atomi che concorrono alla formazione della lega non si combinano chimicamente tra loro ma gli atomi dell'uno si inseriscono nel reticolo cristallino formato dagli atomi dell'altro metallo.
- 3) Ogni metallo forma dei microcristalli e i due tipi sono omogeneamente mescolati.

Tra le leghe principali oltre a quelle ferro-carbonio delle quali ci occuperemo tra poco, ricordiamo il *duralluminio* (leghe dell'alluminio con manganese, rame e magnesio), il bronzo (rame con stagno), l'*ottone* (rame con zinco) e, infine, le *leghe leggere* a base di alluminio e magnesio.

I procedimenti tecnologici che permettono di ricavare i metalli dai rispettivi minerali di provenienza vanno sotto il nome di *metallurgia*. Quelli per l'estrazione del ferro e per la preparazione delle leghe di questo metallo prendono il nome di *siderurgia*.

## 2. Cenni sui procedimenti metallurgici

Tra i metalli quelli meno attivi dal punto di vista chimico sono rinvenibili liberi in natura. Essi sono l'oro, l'argento, il rame, ecc. In genere, però, i metalli sono rintracciabili sotto forma di composti in alcuni minerali che, per questa loro specifica caratteristica, vengono detti *minerali metalliferi*. E' possibile isolare, dal punto di vista chimico, i singoli elementi metallici mediante una serie di metodi estrattivi nei quali intervengono processi chimici e fisici. In genere nella metallurgia si seguono quattro tipi di operazioni diverse che sono:

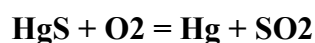
- a. La *concentrazione* del minerale metallico
- b. La *concentrazione chimica*
- c. La *riduzione* a metallo libero
- d. L'*affinazione*

Accenniamo rapidamente alle caratteristiche principali di ognuna delle operazioni elencate.

Per concentrare il minerale metallico al quale si è interessati (che si accompagna sempre ad un complesso di altri materiali estranei che va sotto il nome di *ganga*) si utilizzano, generalmente, dei mezzi fisici come quello della *flottazione*, particolarmente adatto per i solfuri. Esso si esegue macinando finemente il minerale in esame, mescolandolo poi ad una miscela di acqua ed olio e producendo, poi, schiuma. In questo modo si ottiene una concentrazione del minerale nello strato oleoso e della ganga nell'acqua.

Per ottenere la concentrazione del minerale dal punto di vista chimico si possono adoperare più procedimenti:

- a. l'*arrostitimento in una corrente d'aria*, per esempio:



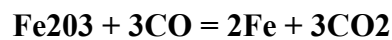
e, cioè, il solfuro di mercurio per arrostitimento libera mercurio con la creazione di anidride solforosa.

- b. la *calcinazione* che consiste nel riscaldare il minerale ottenendo la liberazione

di anidride carbonica o acqua sotto forma di vapore;  
per esempio l'ormai nota reazione:



Una volta eseguite le operazioni precedenti non si ha ancora il metallo libero ma sotto forma di ossido. Si deve, allora, procedere alla riduzione a metallo libero attraverso un riducente che, il più delle volte, è il carbone coke. Dalla riduzione si produce, spesso, monossido di carbonio CO che, a sua volta, viene utilizzato ancora come riducente. Un esempio è dato da una delle reazioni fondamentali per la produzione del ferro come si vedrà diffusamente più avanti:



e. *L'affinazione*, in conclusione, è il procedimento mediante il quale si ottiene il metallo al grado di purezza desiderato. Per il rame si adopera un procedimento elettrolitico nel quale l'anodo è costituito dal metallo impuro e al catodo è situata una lamina di metallo puro. Al passaggio della corrente elettrica si ottiene all'anodo lo scioglimento del metallo impuro con deposito al catodo del rame privo di qualsiasi impurità. I depositi di impurità sul fondo della cella elettrolitica vanno sotto il nome di fango anodico.

Molti metalli vengono ottenuti tramite l'elettrolisi dei loro sali minerali come, ad esempio, il sodio si ricava dall'elettrolisi del cloruro sodico **NaCl** in una cella opportunamente predisposta costituita da un anodo di carbone ed un catodo di ferro (cfr figura).

### 3. Il ferro e le leghe ferrose

Il ferro è conosciuto fin dall'antichità a partire dal 1000 a.C. circa, determinando quella che va, per l'appunto, sotto il nome di età del ferro. A questo proposito, come s'è accennato, bisogna fare una grande distinzione dal punto di vista tecnologico, tra tutto l'arco di tempo precedente il 1700 e l'epoca successiva. Il perché di questa distinzione risulta immediatamente evidente se si pensa che il 1770 segna il passaggio verso l'era industriale e verso sostanziali modificazioni di uso e di tecnologie nell'impiego del ferro e di quelle composizioni di questo con altri elementi che abbiamo visto essere le leghe.

Dal punto di vista chimico tutti i metalli hanno una struttura cristallina; questa struttura può essere ricondotta a tre tipi fondamentali:

- reticolo cubico a facce centrate
- reticolo cubico a corpo centrato
- reticolo esagonale

Ciò premesso, le caratteristiche chimico-fisiche del ferro sono note: colore bianco-grigio, facilmente ossidabile all'aria per la sua grande affinità con l'ossigeno che lo trasforma in ossido ferrico, in specie in presenza di acqua; infine esso è magnetico, cioè,

attratto da una calamità. Per la sua ossidabilità non è rinvenibile libero in natura ma soltanto sotto forma di composti. I minerali relativi sono i seguenti:

l'ematite rossa	ossido di ferro anidro $\text{Fe}_2\text{O}_3$
l'ematite gialla	ossido di ferro idrato $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
la magnetite	ossido ferroso-ferrico $\text{Fe}_3\text{O}_4$
la siderite	carbonato di ferro $\text{FeCO}_3$

Il ferro, inoltre, si presenta in svariati stati allotropici ad ognuno dei quali corrisponde un diverso stato cristallino. Comunemente essi vengono indicati con le lettere dell'alfabeto greco  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ . Questi stati dipendono dalla temperatura ed inoltre:

al **Fe**  $\alpha$ , corrisponde un reticolo cubico a corpo centrato

al **Fe**  $\gamma$  corrisponde un reticolo cubico a facce centrate al

**Fe**  $\delta$  corrisponde un reticolo cubico a corpo centrato  
(si è ommesso il **Fe**  $\beta$  perché ha la stessa struttura del **Fe**  $\alpha$  ma non è magnetico)

Lo scopo principale di ogni procedimento estrattivo e siderurgico non è mai quello di ottenere il ferro puro perché esso avrebbe scarsissime applicazioni pratiche. In genere quando si dice "ferro" si intende sempre una lega di ferro e carbonio con percentuali di quest'ultimo elemento sempre molto ridotte rispetto all'elemento costituente fondamentale che è, per l'appunto, il ferro.

Il cosiddetto *ferro dolce* è molto povero di carbonio e trova scarse applicazioni nell'edilizia. L'applicazione del ferro nel campo delle costruzioni è dovuta soprattutto alle sue elevate doti di resistenza alle sollecitazioni con esigue sezioni d'ingombro.

Le leghe ferro-carbonio, però, perdono, le loro caratteristiche di resistenza all'aumentare della temperatura. In tutti quei casi in cui le strutture possono essere soggette ad incendi è necessario prevenire opportunamente tutte le condizioni di pericolo e di esposizione delle strutture metalliche alle alte temperature sia in fase di progetto che, più in generale, nell'adozione di precise normative di sicurezza, adoperando opportuni rivestimenti isolanti o ricorrendo ad altri accorgimenti come, ad esempio, le pareti tagliafuoco e così via.

Il pericolo più grave cui il ferro è normalmente soggetto nelle applicazioni pratiche è rappresentato dall'ossidazione con formazione di ossido puro, detto comunemente *ruggine*. Come già si accennava il processo di ossidazione avviene più rapidamente in presenza di acqua. L'ossidazione parte dalla superficie esposta all'azione degli elementi presenti nell'aria per estendersi rapidamente anche in profondità fino alla completa distruzione degli elementi ferrosi.

È possibile prevenire la formazione della ruggine con vari procedimenti come la *zincatura*, costituendo, cioè, un rivestimento esteriore mediante una pellicola molto

sottile di zinco che può ottenersi tramite immersione in bagno di zinco liquido o per elettrolisi. La pellicola che così si ottiene è composta da ossido di zinco che è inattaccabile da parte degli agenti chimici presenti nell'atmosfera e, di conseguenza, protegge la massa di ferro sottostante.

Si possono adoperare ancora, per questo stesso scopo, la verniciatura con il minio (miscela di ossido di piombo e olio di lino cotto), o quella con la boiaccia di cemento. In particolare, poi, il ferro annegato nel calcestruzzo di cemento è molto ben protetto anche se fenomeni recentemente scoperti, come quello della carbonatazione del cemento, sembrerebbero smentire fortemente la validità di questo tipo di soluzione tecnologica. La verniciatura con polvere di alluminio fornisce, infine, buoni risultati.

Ma torniamo ai metodi estrattivi del ferro. Per *siderurgia*, come s'è già detto, si intende quel complesso di procedimenti che permettono l'estrazione del ferro dai suoi minerali. In sintesi proviamo a descrivere per sommi capi il processo siderurgico. Si arrostitiscono i minerali di ferro perché sia eliminata l'acqua eventualmente in essi presente e perché si decompongano i carbonati presenti e si ossidino i solfuri. Il mezzo perché tutto ciò sia possibile è un grande crogiuolo che va sotto il nome di **altoforno**. Un altoforno, pur essendo estremamente semplice dal punto di vista logico-concettuale, è, in realtà, realizzato con un macchinario complesso di notevoli dimensioni. Esso schematicamente si compone delle seguenti parti principali: Il *tinio* e la *sacca* che, come si vede dalla figura, sono due tronchi di cono uniti tra loro per la base maggiore.

La parte in corrispondenza di quest'unione prende il nome di *ventre*.

Le *tubature*, tramite le quali si immette all'interno aria calda - il cosiddetto "vento d'altoforno" -, sono posizionate nella parte inferiore. La *bocca di carico*, attraverso la quale si versano nell'interno dell'altoforno tutti i materiali necessari alle trasformazioni chimiche per l'ottenimento del prodotto finito, e cioè, oltre ai minerali di ferro, il coke metallurgico (minerale di carbonio) e il fondente che è costituito dal carbonato di calcio (**CaCO<sub>3</sub>**). In prossimità della bocca, poi, è posizionato un opportuno sistema di tubazioni tramite le quali si convogliano all'esterno i gas prodotti dalla combustione che sono l'ossido di carbonio (**CO**), L'anidride carbonica (**CO<sub>2</sub>**) e l'azoto (**N<sub>2</sub>**). La maggior parte di questi gas viene riutilizzata riciclandola opportunamente nella lavorazione. Da ricordare, infine, in posizione inferiore, il crogiuolo vero e proprio dove vengono raccolti la ghisa fusa e le scorie. Mentre la ghisa viene avviata a successive lavorazioni nei *convertitori* per ottenere gli acciai, le scorie vengono in parte riutilizzate nella preparazione dei cementi. La composizione di questi ultimi materiali, generalmente, è costituita da una combinazione della ganga con il fondente (*loppe d'altoforno*).

Nell'altoforno avvengono una serie di importanti reazioni che sono schematicamente riportate nelle illustrazioni. Di queste è necessario ricordare quanto segue:

a. La prima reazione è quella che vede il carbonio presente (*coke*) combinarsi con l'ossigeno immesso dal basso (*vento d'altoforno*). Ed è:



b. Altra reazione importante è quella che descrive la riduzione degli ossidi di ferro presenti sotto forma di minerali da parte dell'ossido di carbonio formatosi con la

reazione ora descritta:



I gas di combustione, oltre a contenere l'anidride carbonica che si sprigiona in seguito a questa reazione, contengono anche ossido di carbonio e azoto. Questi gas, come si diceva, vengono riciclati e condotti verso altri altoforni per elevarne la temperatura e per favorire l'azione di riduzione degli ossidi di ferro.

La lega ferrosa che, dopo essersi raccolta nel crogiuolo, fuoriesce dall'altoforno, prende il nome di *ghisa* e contiene, mediamente, il 3-4% di carbonio. Si tratta di un materiale molto duro e fragile che attualmente non trova applicazioni nell'edilizia e, come s'è detto, viene avviato ad altre lavorazioni per ottenere acciaio.

Le macchine adatte alla trasformazione della ghisa in acciaio vengono denominate, come si ricordava, *convertitori* e, sostanzialmente, riescono a sottrarre carbonio alla ghisa che è nuovamente fusa in particolari condizioni. Sono in uso due tipi di convertitori che sfruttano due processi diversi, quello Bessemer e quello Thomas che sono sinteticamente descritti nelle tabelle e negli schemi illustrati in figura.

E' proprio la proporzione di carbonio nella lega ferrosa a determinarne alcune caratteristiche fondamentali, tanto che è possibile classificare le ghise e gli acciai in base alla percentuale di carbonio presente nella composizione così come risulta dallo specchio sintetico che segue:

**ferro dolce ed acciaio** contenuto di C minore o = 1.8%

**ghise** contenuto di C compreso tra 2 e 4.8%

Le ghise possono, a loro volta, essere variamente classificate a seconda della combinazione del ferro e del carbonio tra loro sotto forma di lega, della quantità di carbonio libero sotto forma di grafite e dei procedimenti adoperati che prevedono particolari reazioni chimiche. Si ottengono, in questo modo:

1. *ghise bianche* caso in cui il ferro entra completamente in combinazione con il carbonio.
2. *ghise grigie* caso in cui il carbonio presente è combinato con il ferro ed è in minima parte libero.
3. *ghise trotate* caso in cui il carbonio presente è combinato e quello libero lo è sotto forma di grafite.
4. *ghise nere* caso in cui il carbonio è tutto libero sotto forma di grafite. Si tratta, comunque, di un caso molto raro.

#### 4. Il diagramma ferro-carbonio

L'analisi del diagramma **Fe-C** ci permette di comprendere le caratteristiche e le proprietà delle leghe in questione ed è, quindi, qui opportuno farvi cenno anche se

sinteticamente. La struttura delle leghe ferrose è riconducibile ad un sistema a due componenti che sono completamente miscibili allo stato liquido e che, allo stato solido, sono in parte solubili. In altre parole questo vuoi dire che le leghe ferro-carbonio presentano allo stato fuso una sola fase liquida mentre, solidificando, possono dar luogo a prodotti diversi. Le diverse eventualità che si hanno sono:

a. che i due costituenti **Fe** e **C** siano separati e, in questo caso, il carbonio si presenta sotto forma di grafite.

b. che i componenti della miscela siano costituiti da **Fe** e da un composto del ferro e del carbonio che va sotto il nome di *cementite o carburo di ferro* la cui formula è **Fe<sub>3</sub>C**.

c. che siano presenti tutte e tre le forme sopra dette e, cioè, ferro, grafite e cementite.

Il diagramma che si è soliti esaminare è quello che analizza i due componenti **Fe** e **Fe<sub>3</sub>C**. Ricordiamo che, in un tal tipo di diagramma, sull'asse delle ascisse vengono riportate, in un'opportuna scala, le composizioni percentuali dei componenti (**Fe** e **Fe<sub>3</sub>C**) e sull'asse delle ordinate le temperature. In assenza di carbonio (origine delle ascisse) e, cioè nel caso di una soluzione a un sol componente, il ferro puro, le corrispondenti ordinate alle varie temperature riportano soltanto le variazioni allotropiche del ferro. Con una composizione percentuale del carbonio che non superi il 2,0% ci si trova nel caso di una soluzione solida del carbonio nel ferro. In questo caso gli atomi di carbonio si vanno ad intromettere nel reticolo cubico a facce centrate del ferro gamma dando luogo a quella che va sotto il nome di soluzione di natura interstiziale. Se si aumenta la percentuale del carbonio presente nella miscela, se, cioè, ci si sposta verso destra lungo l'asse delle ascisse, si ha, alla temperatura di 1147°C, la presenza della soluzione interstiziale già citata più il composto **Fe<sub>3</sub>C** che ha un tenore di carbonio pari al 6,67%. Se si continua a raffreddare al di sotto dell'eutettico, fino a giungere a temperatura ambiente, mentre **Fe**, **C** rimane percentualmente invariata, la soluzione interstiziale perde carbonio fino ad una percentuale dello 0,8%. Alla temperatura di 721°C il ferro trasforma la sua struttura cristallina mutando da ferro gamma a ferro alfa (reticolo a cella cubica a corpo centrato) che può sciogliere quantità ancora più modeste di carbonio dello 0,025%. Il che significa che il carbonio eccedente deve separarsi ancora come Fe<sub>3</sub>C che prende stavolta il nome *diperlite*.

Tutte le fasi sinteticamente descritte portano alla definizione delle sostanze che seguono e che sono presenti nella lega finale:

*cementite* e, cioè, il composto **Fe<sub>3</sub>C** *austenite* e, cioè, la soluzione solida di C in Ferro gamma *ledeburite* e, cioè, l'eutettico (C) fra austenite e cementite *ferrite* e, cioè, la soluzione solida di e in ferro alfa *perlite* e, cioè, l'eutettico (S) fra ferrite e cementite

## 5. Classificazione degli acciai

Gli acciai veri e propri che, come s'è detto, derivano dalla lavorazione delle ghise



d'altoforno, presentano una percentuale di carbonio inferiore al tetto massimo del 2,06%. Generalmente, però, presentano una percentuale massima che raramente supera l'1%.

Essi possono essere classificati in base a svariati criteri. Possono classificarsi, ad esempio, in base agli elementi che vengono aggiunti perché i prodotti finali presentino particolari proprietà: si avranno, in questo modo, gli acciai al nichel, al nichelcromo, al cromo, al silicio, al manganese e così via. Oppure possono essere raggruppati in base all'uso cui sono destinati ed otterremo, così, gli acciai comuni, inossidabili, adatti alla fabbricazione di determinati utensili e così via.

Per gli *acciai comuni* il contenuto di carbonio varia dallo 0,05% all'1,3% ed è presente in soluzione solida interstiziale e cementite. Questo tipo di acciai si possono classificare nelle seguenti categorie:

acciai extra dolci	C%	<0,15
acciai dolci	compreso tra	0,15-0,25
acciai semiduri.	"	0,25-0,40
acciai duri	"	0,40-0,65
acciai extra duri		> 0,65

Le caratteristiche specifiche di questi materiali sono legate non soltanto alla percentuale del carbonio presente ma anche alle forme in cui questo si trova combinato a seconda cioè che siano presenti ferrite, perlite, austenite e così via. Strettamente connesso alla composizione, ad esempio, è il carico di snervamento mentre l'allungamento diminuisce all'aumentare della resistenza perché il prodotto vede diminuire la sua capacità di deformarsi plasticamente. Gli acciai semplici in genere servono per la realizzazione di tutti gli elementi di uso corrente in edilizia come profilati a freddo o a caldo, tubi, travature e così via, tanto che essi vengono solitamente detti *acciai da carpenteria*.

Le proprietà da tener presenti nella pratica progettuale dell'edilizia sono il *limite di snervamento*, il *modulo di elasticità*, il *taglio alla fiamma*, la resistenza alla *corrosione* e la *sanabilità*. Quest'ultima caratteristica è molto importante perché, data l'alta temperatura di esecuzione, vengono indotte nel materiale alterazioni di natura fisico-chimica e tensioni tali da richiedere successivamente un trattamento termico adeguato denominato *ricottura* al quale si farà cenno più avanti. E' ovvio che la ricottura può essere eseguita per piccoli pezzi e non per intere carpenterie di edifici, caso, quest'ultimo, nel quale si ovvierà ai pericoli di cui sopra ricorrendo a materiali che siano in grado di offrire sufficienti garanzie di saldabilità.

Ricordiamo, infine, che con la dicitura *tondino*, si indica un particolare profilato a sezione circolare di diametro variabile usato per la realizzazione dell'armatura del cemento armato; per *profilato ad aderenza migliorata* si intendono particolari tipi di profilati che offrono una superficie di contatto tra i due materiali più estesa e scabrosa in modo da ottenere lo scopo di aumentare l'aderenza tra di essi.

*Acciai inossidabili*: vengono raccolti sotto questa denominazione tutti quei materiali che per l'aggiunta del cromo vedono migliorata la capacità di resistere alla

corrosione. Oltre al cromo gli additivi possono essere elementi come il nichel, il molibdeno, il silicio, l'alluminio, il vanadio ecc. Ma è principalmente il cromo a conferire la proprietà dell' inossidabilità purché la sua presenza in percentuale sia elevata e compresa tra il 13 e il 18%. Va tenuto presente che il cromo entra a far parte anch'esso dei composti Fe-C per cui si hanno dei carburi misti di Fé e Cr che in genere aumentano la resistenza del prodotto. Per la precisione se il carbonio presente è inferiore allo 0,1% si hanno degli acciai inossidabili di natura ferritica, se, invece, il carbonio supera lo 0,3% si hanno dei carburi di natura austenitica che conferiscono al prodotto finale una resistenza maggiore. Anche il nichel è spesso presente perché favorisce l'azione del cromo.

L'inossidabilità degli acciai al nichelcromo è legata principalmente alla struttura austenitica ottenuta mediante la tempra. Questo vuoi dire che nelle saldature questa caratteristica può essere parzialmente perduta. Per porre rimedio a questo inconveniente si ricorre ad acciai con un contenuto di carbonio inferiore allo 0,1% oppure vengono aggiunte piccole quantità di titanio o tantalio.

Si è fatto cenno, pocanzi, ai fenomeni di *tempra e ricottura*. Essi fanno parte dei cosiddetti trattamenti termici cui il materiale può essere sottoposto per ottenere delle variazioni delle caratteristiche iniziali in modo da destinarli a specifici scopi tecnologici. Si tratta di sottoporre il materiale ad un ciclo termico che generalmente comprende le fasi:

- a. riscaldamento del materiale fino ad una determinata temperatura.
- b. permanenza alla temperatura raggiunta e. raffreddamento.

In genere i trattamenti più in uso per i materiali metallici sono la tempra, la normalizzazione, la ricottura, il rinvenimento e la bonifica. Per gli acciai le caratteristiche generali delle lavorazioni suddette sono le seguenti: raggiungere una temperatura ottimale minima che corrisponde alle condizioni di equilibrio tra le fasi interessate senza superal-ra perché temperature maggiori indurrebbero un ingrossamento della grana cristallina con perdita di capacità di resistenza del materiale. Le temperature minime sono corrispondenti ad altrettante curve del diagramma Fe-C prima esaminato:

**curva A3** - nella quale avviene l'inizio della separazione della ferrite dall'austenite

**curva Acm** - nella quale avviene l'inizio della separazione della cementite secondaria

**curva A1** - che rappresenta la temperatura limite di esistenza dell'austenite.

Ciò premesso il processo di *normalizzazione* consiste in un riscaldamento ad una temperatura superiore alla curva A3, nella quale si ha il passaggio dal ferro alfa al ferro gamma, ed un successivo lento raffreddamento al fine di ottenere un omogeneizzazione della lega finale mediante l'ottenimento di una struttura ferritica e perlitica a grana fine. Analogamente a questo è il processo di ricottura che avviene, però, a temperature e velocità di raffreddamento più modeste allo scopo di ottenere un "addolcimento" dell'acciaio in

modo che sia possibile lavorarlo, successivamente, con mezzi meccanici. I cicli di ricottura variano in relazione alla durezza che si desidera ottenere. La tempra, invece, consiste in un raffreddamento veloce che ha lo scopo di congelare le fasi stabili a temperature superiori prima che avvengano le trasformazioni che portano alle fasi proprie delle temperature inferiori. La tempra può avvenire soltanto per quei metalli che, come il ferro, presentano degli stati allotropici. I metalli che non presentano queste caratteristiche vengono detti metalli non temprabili. In realtà si tratta di congelare uno stato di instabilità del materiale. Ma questo non importa ai fini pratici perché questo congelamento non è rimuovibile con le normali temperature di esercizio.

## **6. Lavorazione dei prodotti del ferro**

Le lavorazioni tramite le quali si producono gli elementi metallici comunemente adoperati in generale e, in particolare, nell'edilizia sono:

*fucinatura o forgiatura*

*laminazione*

*trafilatura*

*estrusione*

*getto*

*stampaggio*

*pressofusione*

I procedimenti tecnologici suddetti, però, non riguardano soltanto i prodotti del ferro ma, in generale, anche altri metalli e leghe.

La *fucinatura o forgiatura* consiste nel portare il ferro al cosiddetto calor rosso, ad una temperatura, cioè, alla quale esso diviene plastico e può dunque essere modellato secondo la forma voluta mediante l'uso di martelli o magli. Il prodotto da fucinare viene posto su di un blocco di faccialo o di ghisa che ha la funzione di sortreggere il pezzo da lavorare ed in grado di resistere ai colpi ed all'urto della mazza battente. Se il prodotto da lavorare viene portato a temperatura maggiore - al calor bianco - è possibile anche eseguire col lo stesso sistema saldature e giunzioni tra pezzi diversi.

La *laminazione* consiste nel far passare la lega ferrosa attraverso macchinari detti laminatoi costituiti essenzialmente da una coppia di cilindri che ruotano in senso inverso; in questo modo la materia metallica subisce una deformazione plastica imposta dalla sagoma dei due cilindri adoperati. Si possono ottenere in questo modo lamiere piane o ondulate, barre e profilati. Le lamiere che si ottengono in questo modo in genere hanno uno spessore compreso tra 0,16 e 20 mm, una larghezza dai 2 ai 3 metri e una lunghezza che varia dai 6 ai 10 metri. Le barre possono essere a sezione quadrata, rettangolare o circolare e prendono rispettivamente i nomi di ferri quadri, piatti o tondi. I tondini in particolare sono adoperati per la costituzione dell'armatura del cemento armato come s'è già detto.

I profilati sono prodotti in un vasto repertorio formale che generalmente prendono il nome dalla sezione che posseggono; avremo, così, profilati ad L (a lati uguali o

diseguali), ad U, a T a doppio T detti anche putrelle (poutre = trave). Questi ultimi sono quelli maggiormente adoperati in edilizia. Le parti superiore ed inferiore vengono dette ali e quella centrale anima. Le loro dimensioni in altezza oscillano da un minimo di 80 ad un massimo di 600 mm. Travi di altezza maggiore vengono ottenute componendo assieme più pezzi secondo forme opportunamente studiate in base agli sforzi, alla luce ecc; esse vengono dette travi composte. Grandi applicazioni hanno trovato le cosiddette travi stirate che vengono ottenute praticando nell'anima di un comune profilato a doppio T delle incisioni opportunamente distribuite e stirandole, successivamente, a caldo, in direzione trasversale ad una temperatura tale da permettere una deformazione plastica ma non in grado di alterare le caratteristiche meccaniche di resistenza del profilato, fino ad ottenere una struttura a traliccio.

Il vantaggio principale di questo tipo di manufatto è quello di avere un aumento di resistenza rispetto a quella della trave d'origine a parità di materia prima impiegata con un risparmio di circa il 60% di peso in ferro.

La *trafilatura* è un'operazione che costringe la massa di materiale metallico a passare, a freddo o a caldo, attraverso fori (trafile o filiere), che diminuiscono a mano a mano, di spessore che hanno la sezione desiderata. Con questo processo si ottengono generalmente fili ma si possono ottenere anche tubi di piccolo diametro e profilati di sezione molto complessa che non potrebbero ottenersi tramite laminazione.

L'*estrusione* è un processo che costringe il metallo, allo stato plastico, a passare attraverso un foro dalla forma determinata. Con questo tipo di lavorazione si possono ottenere barre, profilati, tubi ecc.

Il *getto* è ottenuto colando il metallo allo stato liquido in particolari stampi in materiale refrattario argilloso che ha impressa, al negativo, la forma che si desidera ottenere. La forma viene impressa agli stampi da un modello che poi, all'atto del getto viene levato via.

Lo *stampaggio* si ottiene con due mezzi stampi che hanno la forma dell'oggetto che si vuole ottenere. L'oggetto da stampare viene portato al calor rosso e poi un maglio lo comprime contro lo stampo imprimendogli la forma voluta.

La *pressofusione* è un procedimento mediante il quale un getto molto preciso inietta una data lega sotto pressione in uno stampo. Le macchine predisposte a questa lavorazione possono essere a camera calda o fredda.

## Leganti

### 1. Generalità

Lo scopo principale dei materiali leganti è quello di collegare tra loro, nelle varie opere murarie che si realizzano, gli elementi resistenti e, cioè, le pietre, i mattoni ed altri materiali similari. I materiali leganti non si usano da soli ma in opportuni miscugli con altri elementi secondo percentuali prestabilite. Questi miscugli prendono il nome di *malte*. Queste, che sono sempre semifluide al momento dell'impiego, tendono, con il tempo, a far presa, ad indurirsi, cioè, assumendo, a seconda dei casi e degli elementi componenti, consistenze anche notevoli.

Una malta prende a poco alla volta consistenza litoide proprio grazie alla presenza del legante che ha la caratteristica di indurirsi e di fare presa. I leganti possono suddividersi in *aerei e idraulici*. Appartengono al primo gruppo tutte quelle sostanze il cui processo di consolidamento avviene in presenza di aria ed al secondo quelle per le quali il fenomeno suddetto si verifica anche in presenza di acqua ed, anzi, ne è, il più delle volte, favorito. Le malte, a seconda che si siano impiegati nell'impasto dei leganti aerei o idraulici, si dicono, a loro volta, *aeree o idrauliche*. Cominciamo ad occuparci dei leganti aerei.

### 2. Leganti aerei

**a. Gesso da presa.** Il *gesso da presa* - detto anche *gesso da muratori* - si ricava da una roccia sedimentaria costituita essenzialmente da solfato di calcio biidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), della quale si è già parlato a suo tempo, che può rinvenirsi in natura sotto diversi aspetti;

se si presenta sotto forma di grandi cristalli monoclini prende il nome di *selenite*; se, al contrario, viene rinvenuta sotto forma di piccoli cristalli che si aggregano in un assieme trasparente prende il nome di *alabastro gessoso* come si è già ricordato in precedenza parlando delle rocce. In genere, però, si presenta in ammassi più o meno impuri e più o meno cristallini; in quest'ultimo caso prende comunemente il nome di *pietra da gesso*.

Va tenuto presente che il solfato di calcio può essere ritrovato, in natura, anche del tutto privo di acqua. In tal caso esso prende il nome di *anidrite* che, però non può essere utilizzata per ricavarne il gesso. Le acque che contengono disciolte apprezzabili quantità di solfato di calcio sono dannose per i manufatti cementizi come si vedrà a proposito del degrado degli edifici.

## Fabbricazione del gesso da presa

Il principio che viene sfruttato per ricavare il gesso da presa è quello che il solfato di calcio idrato, una volta riscaldato, perde acqua. La reazione a circa 107°C è la seguente:



Il prodotto  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  viene detto *solfato di calcio semi-idrato*. Esso ha la caratteristica di assumere nuovamente e rapidamente acqua dando luogo al fenomeno della *presa*. Riscaldando a temperature superiori si ottiene il solfato di calcio anidro che può anch'esso assumere acqua trasformandosi in semidrato. Ma se la temperatura supera i 210°C circa, il reticolo cristallino tende ad assumere la forma rombica che perde la proprietà di poter assumere nuovamente acqua da cui il nome di *gesso morto*.

Da tutto ciò si deduce che la temperatura di cottura deve essere compresa tra i 130 e i 200°C onde evitare quest'inconveniente. La cottura della pietra da gesso avviene utilizzando forni continui a *canale* o a *marmitta* come si vede nelle figure ed evitando che i prodotti della combustione vengano a contatto col gesso perché, in quest'ultima eventualità, si otterrebbe la sua trasformazione in solfuro che influirebbe negativamente sulla qualità delle malte.

Le malte a base di gesso si preparano mescolando rapidamente un volume prefissato di questa sostanza con un egual volume di acqua. La presa è estremamente rapida. Va tenuto presente che le malte a base di gesso possono essere utilizzate esclusivamente per interni ed in assoluta assenza di acqua perché questa ne provoca lo sfaldamento. Anche il calore è controindicato. La presa delle malte a base di gesso si basa sul meccanismo della reidratazione del solfato di calcio che si ritrasforma in solfato di calcio biidrato con un aumento di volume dell'1% circa.

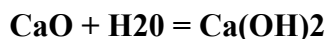
Come s'è detto le malte a base di gesso sono usate essenzialmente per interni e, soprattutto, nella fabbricazione di intonaci lisci, di particolari costruttivi per i quali è richiesta una rapida presa, per murature interne e per la fabbricazione di pannelli che hanno la caratteristica di pesare poco ed essere dei buoni isolanti termici ed acustici. Spesso si usa mescolare al gesso altri prodotti che servono a ritardarne in parte la presa ed a conferire al prodotto finale particolari aspetti estetici come levigatezza e durezza. La *scagliola* è, per esempio, gesso finemente macinato mescolato a colla. Lo *stucco* è un miscuglio di gesso, collante proteico e solfato di zinco.

E' buona norma tenere lontano il gesso dal ferro perché ne provocherebbe l'arrugginimento per fenomeni di natura elettrolitica.

## b. Calci aeree

Per calci si intendono quei prodotti ricavati dalla cottura delle pietre calcaree che, com'è noto, sono rocce sedimentarie di natura prevalentemente chimica costituite essenzialmente da carbonato di calcio  $\text{CaCO}_3$ . Si definisce *calce viva* l'ossido di calcio  $\text{CaO}$  e calce spenta l'idrossido di calcio e, cioè, l'ossido trattato con acqua. Le reazioni

relative sono le seguenti:



La qualità di una calce è data dalla sua capacità di resistere all'azione dell'acqua il che porta a classificare le calci in due raggruppamenti: le *calci aeree* e quelle *idrauliche*. Queste ultime proprietà derivano direttamente dalle caratteristiche di composizione dei calcari di partenza.

Dal punto di vista mineralogico i calcari sono essenzialmente costituiti da due tipi di minerali che sono la *calcite* (carbonato di calcio romboedrico) e *Yaragonite* (carbonato di calcio trimetrico). Estremamente importante è la forma dei cristalli che può essere *macrocristallina* (in questo caso si classificano i calcari relativi come "marmi") o *criptocristallina*. Mentre nel primo caso si ottengono delle calci magrissime, nel secondo si ottengono le calci migliori. Tenendo presente, però, che i calcari sono delle rocce sedimentarie e che, dunque, sono, per così dire, per definizione pietre formatesi per un lento processo di accumulazione, esse non sono quasi mai esenti da impurità. Le impurità più frequenti sono costituite da carbonato di magnesio e argilla.

Se il carbonato di magnesio è quantitativamente nettamente inferiore al carbonato di calcio la roccia prende il nome di *dolomite*. Le calci che si ricavano in questo caso sono essenzialmente magre. Anche nel caso di impurità argillose le calci risultanti sono magre ma presentano anche caratteri di idraulicità che diventano apprezzabili per quantità di argilla superiori al 5-7% come si vedrà più avanti.

#### *Fabbricazione della calce*

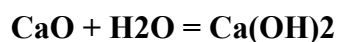
Come s'è detto la reazione che descrive la decomposizione del carbonato di calcio è:



Essa avviene aumentando la temperatura e diminuendo la pressione. Il carbonato di calcio inizia a decomporsi in ossido ed anidride carbonica verso i 470°C. La reazione si completa verso gli 850°C e viene effettuata in diversi tipi di forni. I forni più antichi sono quelli *intermittenti* dalla forma tronco-conica realizzati in muratura. Il prodotto che così si otteneva non era di buona qualità perché la pietra calcarea in parte era troppo cotta ed in parte lo era troppo poco. A questi tipi di forni si sono andati sostituendo in epoca moderna i cosiddetti forni *colanti o continui* per i quali, come suggerisce il termine, ad intervalli regolari di tempo si provvede allo scarico del materiale cotto e della pietra da cuocere.

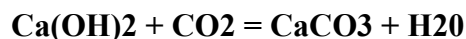
Il carico del calcare da cuocere viene alternato a strati con il combustibile (*coke*). Per rendere ancor più conveniente il processo di cottura si recupera il calore dei gas di combustione che viene inviato nella parte superiore del forno detta di *preriscaldamento* del materiale. Un inconveniente di questo sistema di cottura è quello dovuto al fatto che le ceneri di combustione rimangono unite al prodotto cotto anche se il danno che ne deriva è certamente limitato perché il prodotto cotto si presenta sotto forma di pietre di notevoli dimensioni per questo facilmente separabili dalla cenere. In America vengono usati, per ottenere una migliore cottura e per separare le ceneri dalle pietre, *i forni rotanti*.

Lo spegnimento della calce viva avviene, come s'è visto, secondo la reazione:



La reazione testé vista è una reazione esotermica, avviene, cioè, con forte emissione di calore corrispondente a circa 270 Kcal per ogni Kg di calce viva. Lo spegnimento può avvenire in due modi sia che si voglia ottenere direttamente il *grassello* o che si voglia ottenere la *calce idrata in polvere*. La prima eventualità è conveniente nel caso di cantieri di notevoli dimensioni e che si protraggono lungamente nel tempo, altrimenti è molto più conveniente utilizzare la calce idrata in polvere così come viene fornita dall'industria. Questo secondo tipo di calce idrata si produce frantumando la calce viva in pezzi e disponendo un sottile strato del prodotto che in questo modo si ottiene su di un nastro trasportatore che viene innaffiato da un getto d'acqua sotto forma di finissima pioggia. La calce viene poi raccolta in un silo dove lo spegnimento va a completamento. Il prodotto viene successivamente macinato.

Il processo di consolidamento della malte a base di calce aerea avviene lentamente nel tempo e dipende strettamente dall' evaporazione dell'acqua dell'impasto. Man mano che la malta si prosciuga l'idrossido di calcio cristallizza. A questa prima fase di presa segue una fase di indurimento che dipende dalla reazione chimica che segue:



Sembra però che il meccanismo della carbonatazione della calce sia più complesso di quanto non sia contenuto nella reazione ora vista.

### *Malte pozzolaniche*

Le malte a base di calce aeree e gesso sono solubili in acqua. Per ottenere delle malte che presentino la caratteristica di resistere all'azione di sfaldamento dell'acqua bisogna impiegare dei *leganti idraulici*. Alcune malte idrauliche erano già in uso nell'antichità. Il loro impiego era conseguenza di due importanti osservazioni:

1. L'argilla cotta mescolata alla calce faceva sì che la malta risultante resistesse all'azione disgregatrice dell'acqua. Nella pratica veniva adoperata, a questo scopo, della polvere di mattoni.



2. Esistevano dei particolari leganti, per così dire, *naturali*, il cui uso assicurava lo stesso effetto ma con risultati molto più rimarchevoli. Questi leganti naturali erano delle "terre" di cui la più nota era quella ritrovata nel territorio di Puteoli da cui il nome di pozzolana che qui ricordiamo essere una pietra sedimentaria di origine piroclastica.

Le pozzolane sono costituite da silicati complessi di alluminio ed altri metalli che, per la loro origine vulcanica, sono stati sottoposti ad alte temperature dell'ordine dei 1000°C. L'ipotesi che spiega il comportamento chimico-fisico di questi materiali è che il silicato di alluminio si scomponga in silice (**SiO<sub>2</sub>**) ed allumina (**AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**). Questi due composti, secondo l'ipotesi in esame, reagiscono chimicamente con la calce spenta **Ca(OH)<sub>2</sub>** dando luogo a prodotti insolubili di natura colloidale i quali hanno un comportamento da leganti idraulici.

### *Pozzolane*

Le pozzolane, come s'è testé ricordato, fanno parte delle rocce sedimentarie di origine piroclastica e sono costituite da silice ed allumina (**SiO<sub>2</sub>** e **AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**) in una percentuale di circa il 70%. Se si ricorda la classificazione in base al contenuto di **SiO<sub>2</sub>** si conclude che le pozzolane sono delle *rocce acide*. Data la natura originariamente vulcanica, le pozzolane sono rinvenibili nei pressi di vulcani e, in particolare, quelle dei Campi flegrei sono di ottima qualità anche se questi materiali si trovano, in Italia, un pò dappertutto, in specie nel Lazio e nella parte meridionale del paese. Materiali pozzolanici sono rinvenibili anche al di fuori della nostra penisola; tra questi ricordiamo il *santorino* che viene rinvenuto nell'omonima isola dell'arcipelago delle Cicladi, il *trass*, rinvenuto sulle rive del Reno, la *gaise* sul piano delle Ardenne e nella valle di Mosca. Le pozzolane si presentano, generalmente, sotto forma di sabbie incoerenti o in ammassi tufacei conglomerati. Vengono ancora oggi adoperate per la preparazione di malte congiuntamente alla calce. Prima di essere utilizzate devono essere passate al vaglio per venir poi mescolate nella proporzione di una parte di grassello di calce con 3-4 parti di pozzolana. Le malte ottenute in questo modo hanno, inizialmente, una resistenza molto ridotta che va, però, aumentando gradatamente nel tempo per via delle reazioni chimiche che avvengono tra la silice e l'allumina idrate con la calce spenta. Le pozzolane possono essere separate anche artificialmente utilizzando altre rocce di partenza. Esistono, inoltre, altri materiali, denominati *loppe di alto/orno*, che, pur non potendosi considerare delle vere e proprie pozzolane, presentano dei comportamenti molto simili. Esse sono dei sottoprodotti della lavorazione del ferro negli altoforni e sono costituite dalla combinazione della ganga con il fondente.

### *Leganti idraulici*

Con questa denominazione si indicano quei leganti capaci di far presa anche se immersi in acqua. Questa caratteristica è dovuta alla presenza di composti chimici

(silicati, alluminati, ferriti di calcio) i quali sono in grado di reagire con l'acqua dando luogo a dei prodotti insolubili che posseggono proprietà cementanti. I leganti idraulici si ottengono in seguito a cottura di particolari miscele naturali o artificiali di calcare ed argilla ad una temperatura che oscilla tra i 950 e i 1500°C. Da questi processi di cottura si possono ottenere, a seconda dei casi:

- A. Cementi normali**
  - " ad alta resistenza
  - " " " ed a rapido indurimento
- B. Cemento alluminoso**
- C. Cementi per sbarramento di ritenuta**
- D. Agglomeranti cementizi**
- E. Calci idrauliche**

#### *Cenni storici sull'uso dei leganti idraulici*

Non sembra che i romani fossero consapevoli dell'idraulicità di alcune calce che adoperarono in alcune costruzioni giacché esse si trovano ugualmente mescolate con polvere di mattoni. In genere, per tutto il passato, sembra che, per preparare le malte idrauliche, vennero adoperati i materiali ora detti e, cioè, pozzolane e calce.

Per parlare di un uso consapevole dei leganti idraulici si deve giungere al 1756, anno nel quale l'inglese Smeaton, che soprintendeva alla costruzione di un faro, si rese conto che una calce, ottenuta dalla cottura di un calcare impuro, era in grado di resistere all'azione disgregatrice dell'acqua. Effettuati alcuni saggi chimici, egli scoprì che era il contenuto di argilla di quella calce ad assicurarne l'idraulicità. Gli studi sui leganti idraulici ripresero nel 1812 ad opera del Vicat che può ritenersi, a tutti gli effetti, il primo studioso di questi materiali. Egli oltre a sancire che è la presenza d'argilla a determinare l'idraulicità di un legante, stabilì che è durante la cottura che la silice e l'allumina contenute nell'argilla si combinano con la calce. Il Vicat, inoltre, introdusse un indice numerico per individuare l'idraulicità di un legante, indice che va, per l'appunto, sotto il nome di *indice di Vicat*.

Dal punto di vista industriale, il primo brevetto relativo ad un legante idraulico è del 1796 ad opera di Parker che riguardò il cosiddetto cemento romano, un legante in grado di indurire in presenza di acqua, ottenuto da un calcare fortemente argilloso, cotto a circa 1100°C, temperatura più elevata di quella raggiunta nella cottura delle calce comuni.

Il fondatore dell'industria del cemento è da ritenersi, però, l'inglese Aspdin che nel 1822 brevettò un sistema produttivo mediante il quale era possibile ottenere una polvere che, impastata con acqua, generava una pietra artificiale. La polvere fu denominata Portland Cement per via del suo colore grigiastro che rendeva il prodotto finito simile alla pietra di Portland molto in uso in Inghilterra nelle costruzioni edilizie.

Ma tutti questi tipi di cementi finora esaminati erano ben lontani da potersi paragonare ai prodotti che noi oggi comunemente denotiamo con questo termine. E' nel 1844 che si possono riscontrare materiali cementanti idraulici con caratteristiche simili a

quelli odierni. In quest'anno, infatti, J.C. Johnson riuscì a produrre un cemento che aveva proprietà idrauliche e, allo stesso tempo, dava luogo a malte resistenti alle sollecitazioni; egli comprese che, per ottenere questi risultati, era necessario portare i miscugli calcareo-argillosi di partenza a temperature molto alte le quali ne provocavano, in parte, la fusione. Da queste prime esperienze britanniche prese le mosse la produzione del cemento diffondendosi prima in Europa e, poi, in Italia dove prese Ravvio nel 1856 a Palazzolo sull'Oglio. Qui si ottenevano calce idrauliche portando alle temperature opportune dei calcari argillosi del lago d'Iseo. La produzione del cemento vero e proprio iniziò, in questo stesso stabilimento, nel 1873. La prima produzione di cemento che si diffuse in tutta la penisola fu quella di cemento naturale, utilizzando le ottime marne presenti sul territorio. Il cemento artificiale si iniziò a produrre verso i primi anni del novecento.

*Cenni sui fenomeni fisico-chimici relativi alla cottura delle miscele calcareo-argillose.*

Sappiamo che il componente principale dei calcari è il carbonato di calcio mentre quello delle argille è il silicato idrato di alluminio. Durante il riscaldamento questi costituenti delle miscele calcareo-argillose dalle quali si ottengono i leganti idraulici, subiscono una serie di complesse trasformazioni fisico-chimiche alle quali vogliamo, anche se sinteticamente, fare cenno. La tabella allegata riassume tutte le fasi relative alle temperature di cottura. La prima ad evaporare, nell'intervallo termico che va dai 100° ai 300°C, è l'acqua igroscopica. Successivamente, intorno ai 400°, comincia a liberarsi l'acqua di combinazione dell'argilla; ricordiamo, a questo proposito che gli idrosilicati di alluminio più frequenti sono: la *caolinite* la cui formula è  $AL_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  e la *montmorillonite* la cui formula è  $(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O) \cdot nH_2O$ . Dai 400°C incomincia, inoltre, la decomposizione del carbonato di calcio con formazione di ossido di calcio ed anidride carbonica. All'aumentare della temperatura, l'argilla continua a scomporsi nei costituenti principali come  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  mentre dai composti del ferro si viene formando l'ossido ferrico  $Fe_2O_3$ .

Dopo i 600°C prende Ravvio la combinazione tra  $CaO$  e  $Fe_2O_3$ , fino a giungere verso i 950° - 1200°C, temperature alle quali si generano una massa di silicati, alluminati e ferriti di calcio, componenti fondamentali ed essenziali dei cementi. A queste temperature, inoltre, è del tutto assente l'ossido di calcio  $CaO$ . Se però la cottura viene fatta terminare intorno ai 900°C, l'ossido di calcio è ancora presente e, a rigore, non si può parlare di cementi. La presenza di calce libera, infatti, darà luogo, successivamente, con l'aggiunta di acqua, allo spegnimento e questo comportamento è quello di una calce idraulica. Un cemento deve avere completamente dissolto l'ossido di calcio e quindi necessita, per la sua preparazione, di temperature di cottura dell'ordine dei 1200°C ed oltre.

Ciò premesso si definisce *indice di idraulicità* e lo si denota con la lettera I, il rapporto tra la quantità di argilla tecnica e quella di ossido di calcio, intendendo per *argilla tecnica* la somma della silice, dell'allumina e dell'ossido di ferro. Da ciò si

deduce che I è dato da:

$$I = \frac{\text{SiO}_2 + \text{AL}_2\text{O}_3 + \text{F}_2\text{O}_3}{\text{CaO}(\text{MgO})}$$

Quanto maggiore è **I**, tanto più alta è l'idraulicità del materiale. La tabella riporta gli indici di idraulicità e le relative denominazioni dei prodotti.

### **Calci idrauliche**

Le calci appartenenti a questo raggruppamento si dividono in:

- A. Calci idrauliche in zolle**
- B. Calci idrauliche in polvere**
- C. Calci idrauliche artificiali pozzolaniche in polvere**
- D. Calci idrauliche siderurgiche in polvere**

La calce appartenente al gruppo A. è ottenuta dalla cottura di calcari con un contenuto di argilla compreso tra il 5 e il 14% cui corrisponde un indice di idraulicità I compreso tra 0,10 e 0,40. Si tratta di calci essenzialmente magre la cui idratazione avviene in tempi lunghi. Le calci appartenenti al raggruppamento B. sono ottenute da miscele alle quali corrisponde un indice di idraulicità compreso tra 0,42 e 0,50. I prodotti di cui al punto C. sono ottenuti da miscele di pozzolana e calce aerea idrata. Quelle di cui al punto D. provengono da miscele di loppe d'altoforno e calce aerea idrata.

### **Cemento Portland**

Si tratta di un prodotto ottenuto dalla macinazione di clinker con aggiunta di gesso. Per il passato erano previsti due tipi di cemento portland: quello *naturale*, ottenuto dalla mescolanza di prodotti come calcare ed argilla (*marne*) e quello *artificiale*, ottenuto, cioè, da una miscela preparata in ben determinati rapporti proporzionali.

I cementi naturali non sono, oggi, più presi in considerazione perché non raggiungerebbero i requisiti minimi richiesti dalle normative.

Lo studio delle reazioni chimiche e della composizione del cemento portland è faccenda assai complessa e specialistica da poter rientrare con completezza nei limiti dello studio che qui si propone. Diremo, pertanto, soltanto che i costituenti fondamentali di questo materiale sono il silicato tricalcico, il silicato bicalcico, l'alluminato tricalcico e il ferrilo alluminato tricalcico.

La fabbricazione del cemento portland artificiale **si** articola nelle fasi

fondamentali che seguono:

- a. estrazione delle materie prime
- b. dosaggio, macinazione e miscelazione di queste
- c. cottura
- d. macinazione del clinker ed eventuali aggiunte di elementi correttivi.
- e. conservazione, insaccamento e spedizione del prodotto finito.

Il dosaggio è governato dal modulo idraulico (MI) stabilito dalle norme vigenti che è l'inverso dell'indice di idraulicità prima definito. La sua formula è, quindi:

$$\mathbf{MI = CaO / (Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3)}$$
 che deve essere sempre  $>$  di 1,7

Viene stabilita con precisione anche la quantità di silicio in rapporto all'alluminio ed al ferro utilizzando il modulo di silicio MS:

$$\mathbf{MS = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$$

MS-deve essere compreso tra 2.4 e ,7.

Si stabilisce, inoltre, la quantità percentuale dei fondenti determinando il modulo dei fondenti **MF**:

$$\mathbf{MF = Al_2O_3 / Fe_2O_3}$$

con **MF** che può variare entro limiti molto ampi.

La miscela dev'essere quanto più omogenea possibile; per questo motivo tutti i prodotti vengono macinati finemente mediante due processi: per via secca e per via umida a seconda della presenza o assenza di acqua d'impasto.

La *cottura* rappresenta la fase più importante del processo di lavorazione. La necessità di fondo è quella di avere temperature elevate e distribuite uniformemente nella massa da cuocere. Allo scopo, al posto dei vecchi forni statici a caricamento verticale, si adoperano *forni rotanti* la cui parte principale è costituita da un cilindro di lamiera di ferro, internamente rivestito da mattoni refrattari, del diametro di 2 -2,5 metri e di una lunghezza che varia dai 70 ai 160 metri. Il cilindro ruota lentamente mediante corone circolari dentate esterne ed è inclinato rispetto alla linea orizzontale.

Così come illustra la figura, il materiale viene immesso dall'alto e scorre lentamente fino alla zona in cui è situata la fiamma dove subisce, a causa dell'alta

temperatura, un processo di **clinkerizzazione** (stato di semifusione che conduce alla formazione del cemento).

Il clinker, che si presenta sotto forma di elementi sferoidali semi-fusi, viene fatto cadere in un dispositivo di raffreddamento il quale ha anche lo scopo di recuperare il calore mediante un getto d'aria che viene indirizzato, successivamente, al bruciatore.

La *macinazione* è anch'essa una fase della lavorazione estremamente importante perché la finezza di macinazione è direttamente commisurata all'uso cui il prodotto è destinato. La macinazione viene effettuata dal molino a sfere composto da un cilindro ruotante rivestito internamente con lastre di ghisa, nel quale sono ubicate numerose sfere rotanti di acciaio duro alla quali è affidato il compito di sminuzzare il materiale.

In genere viene aggiunto al clinker, durante il processo di macinazione, una piccola quantità di gesso che ha lo scopo di regolare la presa del cemento.

### **Uso e limitazioni del cemento Portland**

Il cemento portland trova, normalmente, due limitazioni alla sua utilizzazione:

1. Non viene adoperato in gettate di notevoli dimensioni e causa dell'elevato calore di idratazione.

2. Non viene adoperato per tutti quei manufatti destinati al contatto continuo con acque aggressive (acide, marine, ecc) per la presenza dell'idrossido di calcio che è attaccato e reso solubile dai composti in esse contenuti. Per ovviare a quest'inconveniente si adopera il cemento pozzolanico il quale viene preparato da una miscela iniziale cui viene aggiunta pozzolana naturale o scorie d'altoforno.

Si definisce *cemento pozzolanico* quel prodotto ottenuto da una miscela derivata dalla macinazione di clinker e pozzolana con aggiunta di gesso in opportune percentuali prefissate, stabilite dalle norme.

Si definisce *cemento d'altoforno* quel prodotto ottenuto da una miscela derivata dalla macinazione di clinker e loppe artificiali d'altoforno in opportune percentuali.

Si definisce, inoltre, *cemento alluminoso* quel prodotto ottenuto da una miscela derivata dalla macinazione di clinker costituito in prevalenza da alluminati di calcio.

Sono da intendersi con la denominazione *cementi per sbarramento di ritenuta* quei prodotti destinati ad opere di notevoli dimensioni, ottenibili soltanto per getti assai cospicui dal punto di vista della quantità. Questi cementi derivano da prodotti macinati in maniera più grossolana che non il normale portland; questa caratteristica porta a reazioni chimiche meno spinte con una diminuzione della quantità di calore emesso.

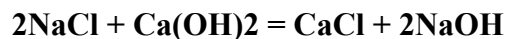
### **Conglomerati cementizi**

Si intendono con questa denominazione quegli impasti nei quali al cemento è affidato il compito di legante dei materiali inerti di varie dimensioni. In genere si denominano con la dicitura di malte cementizie quei miscugli di cemento, sabbia e acqua; se all'impasto viene aggiunta ghiaia o pietrisco esso prende il nome di **calcestruzzo**.

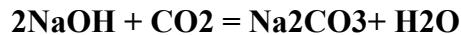
### *A. Malte cementizie.*

In genere il cemento non viene mai adoperato da solo ma sempre sotto forma di malte.

L'acqua, nelle malte, può avere quella che, altrove, è stata definita durezza temporanea. La durezza permanente, al contrario, non è comunemente ritenuta da tutti gli autori tollerabile. Il solfato di calcio, in grandi quantità, infatti, può compromettere il comportamento del cemento. Sono, in ogni caso, da scartarsi tutte quelle acque che presentino grandi quantità di cloruro sodico o, in genere, di sali. NaCl dà luogo alla seguente reazione:



A sua volta, a causa dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera, si ha che:



Mentre il cloruro di calcio **CaCl** assorbe rapidamente e con avidità l'acqua sciogliendosi, il carbonato sodico, cristallizzando, aumenta di volume. Questi fenomeni danno luogo ad efflorescenze di salnitro.

Sono inoltre da scartarsi tutte le acque torbide perché rendono difficile l'aderenza tra le parti che costituiscono l'impasto.

### *La sabbia*

Il suo scopo è, innanzitutto, quello di contenere il fenomeno del ritiro del cemento; poi vi sono considerazioni economiche che spingono alla sua utilizzazione. Essa permette, infatti, una riduzione da 1/3 a 1/4 della quantità di cemento senza sostanziale calo delle caratteristiche di resistenza dell'impasto. La resistenza del legante puro e di quello miscelato con sabbia nel rapporto di 1:1 rimane pressochè costante.

In genere una miscela di legante e sabbia viene fatta a secco mescolando un certo peso di legante con un certo volume di sabbia secondo proporzioni variabili a seconda dello scopo. Le proporzioni comunemente adoperate sono illustrate nella tabella allegata.

L'acqua necessaria all'impasto varia a seconda della quantità e qualità della sabbia e del legante che vengono adoperati nella preparazione della malta. Si può dire che l'acqua va aggiunta all'impasto fin quando non si sia ottenuta una massa plastica trasudante. In maniera orientativa le proporzioni sono quelle fissate nella tabella allegata.

La temperatura gioca un ruolo non secondario nel meccanismo di presa. In genere accade che all'aumentare della temperatura aumenta la rapidità di presa ed al diminuire di questa la presa diminuisce fino a sospendersi del tutto. Va anche tenuto presente che temperature troppo elevate tendono a far evaporare troppo rapidamente l'acqua d'impasto bloccando alcune reazioni di idratazione dei composti presenti dei quali si è

fatto cenno in precedenza. Questo inconveniente viene evitato bagnando ripetutamente il getto con dell'acqua o coprendo il manufatto con dei larghi fogli di plastica.

Si definisce *calcestruzzo* la pietra artificiale che si ottiene dalla miscela di cemento, sabbia, pietrisco e acqua. Un buon calcestruzzo, oltre che ottenuto da componenti di buona qualità, deve essere compatto, presentare, cioè, quanto meno vuoti è possibile. Valgono, a questo proposito, le stesse considerazioni fatte per le malte sia per quanto riguarda la qualità che il dosaggio dei singoli elementi componenti. Le quantità adoperate sono orientativamente le seguenti:

sabbia	0,4 mc
ghiaia o pietrisco	0,8 mc
cemento	150 - 300 kg circa
acqua	120-180 l

Possono essere aggiunti additivi se si vogliono assicurare alla miscela particolari proprietà. Tra questi ricordiamo:

Plastificanti  
Acceleranti o ritardanti Impermeabilizzanti  
Pigmenti bianchi e colorati

Per *cemento armato* si intende quel materiale derivante dall'accoppiamento del calcestruzzo di cemento con un'armatura metallica opportunamente sagomata costituita da tondino di acciaio extradolce progettata razionalmente. Questo accoppiamento è reso possibile dai seguenti motivi:

- il quasi eguale coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo e del ferro.
- l'aderenza superficiale del cemento all'acciaio dovuta alla reazione tra **Ca(OH)<sub>2</sub>** e **Fe** che impedisce movimenti relativi dell'uno rispetto all'altro.
- la protezione del ferro dal contatto con l'aria.

Si definiscono *calcestruzzi leggeri* quei materiali ottenuti dall'uso di inerti leggeri come pomice, vermiculite, argilla espansa (ricavata dalla cottura a circa 1200°C di particolari argille), polistirolo espanso. I calcestruzzi leggeri non vengono usati per costruire elementi portanti ma per pareti divisorie, strutture prefabbricate di ogni tipo, pannelli di isolamento termo-acustico, sottofondi isolanti ecc.



## **Il legno**

### **1. Generalità, cenni storici.**

Il legno è stato, per il passato, uno dei materiali maggiormente adoperati nelle costruzioni edilizie. Il motivo principale di ciò era, certamente, la grande abbondanza di foreste e zone boschive che ne rendevano facile ed a basso costo l'approvvigionamento. Il mutato ecosistema complessivo del pianeta - in conseguenza del vero e proprio disastro ecologico nel quale gran parte del patrimonio arboreo viene quotidianamente distrutto (incendi, piogge acide, disboscamenti selvaggi, ecc) impongono un diverso atteggiamento limitando l'uso dei materiali lignei a quei soli casi in cui non sia possibile agire diversamente. Ad esempio, dal punto di vista strutturale, non soltanto il legno è un materiale sconsigliabile perché molto più costoso di altri, ma perché certamente inferiore sul piano della durata nel tempo e dell'intaccabilità da parte di agenti esterni che ne compromettono, a lungo andare, la affidabilità nel tempo. Per il passato i campi applicativi del legno, nelle costruzioni, erano sostanzialmente di due tipi: realizzazione di *opere sussidiarie e provvisorie* (ponti di servizio, casseforme per c.a., centine per archi e volte, ecc) e realizzazione di *opere a carattere permanente* come impalcati, capriate fino a giungere ad opere interamente realizzate in legname. Data la sua diffusione e la facilità di reperimento, il legno, con l'argilla, la terra e la paglia, fu tra i primi materiali utilizzati dagli uomini fin dai tempi più remoti per costruire le prime abitazioni e rifugi, dalla primitiva capanna alle palafitte, per giungere alle costruzioni più complesse, realizzate con strutture miste di legname e muratura in pietra. Vale la pena qui ricordare la tesi dell'origine lignea del tempio greco classico secondo cui la struttura in pietra, così come è giunta a noi, non rappresenterebbe altro che una fase successiva a quella in cui veniva adoperato del legno. A questo proposito Vitruvio sottolinea l'identità di funzione e forma tra il tronco d'albero sormontato da una tavola e la colonna realizzata in rocchi di pietra sovrapposti con capitello.

Naturalmente quella di cui ci parla Vitruvio è soltanto una tesi di non facile dimostrazione, visto che non vi sono né prove né testimonianze storiche attendibili che possano garantirci la veridicità di questa ipotesi. E', però, facile determinare, in generale, la discendenza di molte opere murarie (decorazioni, intarsi, basso e altorilievi e così via) da originali prototipi lignei in molte espressioni dell'arte occidentale e orientale. Un esempio eloquente sono i capitelli delle colonne dell'antico Egitto chiaramente ispirati alla forma del papiro. L'influenza delle tecnologie legate al legno è poi evidente in molti elementi costruttivi (ad esempio i "muri alla beneventana") che si rifanno al modo tipico dei romani di costruire tramezzi e tompagnature utilizzando dei veri e propri telai in legno con correnti verticali ed orizzontali opportunamente irrigiditi da diagonali di collegamento, successivamente riempiti con pietrame ad opera incerta. Esempi di questa tecnica costruttiva sono visibili nell'antica Ercolano (casa a "graticcio").

In genere, comunque, i popoli che gravitavano intorno al mediterraneo non hanno

utilizzato, nel passato, il legno in maniera estensiva come le popolazioni al nord che avevano grandi foreste a loro disposizione. Il legno fu adoperato, soprattutto, per opere di copertura. In questi ultimi casi, oltre ad assolvere a questo fine utilitaristico, questo materiale finì per assumere anche un notevole rilievo dal punto di vista decorativo ed artistico. Vale la pena di ricordare, per quanto riguarda l'Italia, i soffitti policromi medioevali (di tipo toscano e veneziano), quelli cassettonati del Cinquecento, fino a giungere ai fasti e gli splendori del periodo barocco. E' del tutto superfluo, per rifarci alla storia di Napoli, qui ricordare prestigiosi esempi come la sagrestia del Gesù o della Certosa di San Martino e così via.

## 2. Composizione

La struttura chimica del legno è complessa: Basterà ricordare che in essa intervengono elementi chimici come il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno, l'azoto e così via. La quantità di acqua contenuta varia dal 17 al 60% circa a seconda dell'essenza arborea, dell'età della pianta, della stagione dell'anno e della localizzazione geografica.

Gli elementi costituenti la struttura interna del legno sono *le fibre legnose* ed i *vasi*. Mentre alle prime è affidata una funzione prevalentemente resistente e di sostegno della pianta (a causa della *lignina* che è la sostanza che conferisce al materiale nel suo complesso durezza e resistenza), ai secondi è demandato il compito di far circolare la linfa che scorre lungo la pianta dalle radici alle foglie e che contiene le sostanze nutritive. I vasi, costituiti prevalentemente da *cellulosa*, sono molto meno resistenti delle fibre anche se, con l'avanzare dell'età della pianta, tendono anch'esse a indurirsi ed a farsi più lignei.

La variazione di quantità di lignina permette di distinguere le essenze in *dure* e *tenere* che trovano, in virtù di questa differenza strutturale, differenti destinazioni funzionali.

La sezione trasversale tipica di un tronco si presenta come in figura, suddivisibile nelle parti sotto elencate se si procede dall'interno verso l'esterno:

1. midollo
2. legno
3. cambio
4. corteccia

1. *midollo*: è al centro del tronco e può avere forme perimetrali svariate (ellittica, circolare, quadrata, poligonale, ecc). La forma del midollo permette di identificare l'essenza di provenienza. Nelle essenze più diffuse (pino, cipresso, acero, quercia, ecc) il midollo ha dimensioni molto ridotte, dell'ordine di pochi millimetri.

2. *Legno*: è costituito da anelli concentrici (detti annuali perché ognuno di essi si aggiunge agli altri in un anno di vita della pianta). Gli anelli possono essere più o meno percepibili ad occhio nudo. Il legno è, a sua volta, suddiviso in:

Il *durame* che costituisce la parte più interna del legno, quasi sempre la più pregiata perché contiene pochi vasi e, per questo, è meno soggetta a putrescenza.

*L'alburno* che segue il durame ed è una parte ricca di vasi, per questo meno pregiata e meno resistente. E' generalmente più chiaro del durame ma, in alcuni casi, tra durame ed alburno non v'è sensibile differenza (betulla); in tale eventualità i legni si dicono *concolori o bianchi*.

3. *Cambio*. Il cambio è un tessuto periferico dell'alburno ed è, per questo, il bordo più estremo del nucleo legnoso del tronco. Da esso traggono origine cellule che, verso l'interno, vanno a far parte del legno e cellule che, verso l'esterno, vanno a far parte del *libro*. Il libro è nominato in questo modo in ricordo della sua antica funzione di supporto per la scrittura degli antichi cui era sconosciuta la carta.

4. *Corteccia*. La parte più esterna del libro si trasforma, con il passare del tempo, in corteccia, screpolandosi e cadendo a pezzi. La corteccia si divide in due parti: quella interna detta *fallogeno o corteccia viva* e quella esterna della *sughero o corteccia morta*. Essa ha essenzialmente lo scopo di proteggere la pianta dagli attacchi degli agenti esterni.

### **3. Stagionatura e approvvigionamento del legno**

Il legname può ricavarsi da tutte le parti che costituiscono l'albero, tronco, radici, rami, e s'intende che ognuna di esse, per diversità di caratteristiche e di composizione, fornisce materiale da destinarsi a scopi e lavorazioni differenti.

Particolare importanza riveste il taglio delle piante. In genere il criterio più seguito è quello di tagliare soltanto le piante mature, criterio che va sotto il nome di *sistema a scelta*. Molto meno consigliabile è il cosiddetto *sistema a raso* che, come suggerisce la parola, consiste nel tagliare indistintamente tutte le piante di una determinata porzione di terreno.

I mezzi per abbattere gli alberi possono essere quelli tradizionali dei boscaioli e quelli meccanici. Il trasporto dei tronchi può essere effettuato con opportuni mezzi oppure attraverso percorsi di scorrimento in pendenza opportunamente predisposti detti *risine*. Le risine si dividono in:

1. *a secco*, cioè scavate in terra con pendenza considerevole. Sul fondo vengono sistemati, per facilitare lo scorrimento dei tronchi, legnami o altro materiale di scarto.

2. *a ghiaccio*, ricavate, cioè, nel ghiaccio o nella neve. Queste particolari risine hanno pendenze più lievi delle precedenti.

3. *ad acqua*, costituite, cioè, da canali di scorrimento ad acqua sulla quale galleggiano i tronchi da trasportare. In questo caso l'attrito si riduce praticamente a zero con l'effetto di diminuire notevolmente la pendenza.

Per quanto riguarda la stagionatura diremo che con tale termine si intende quel processo, naturale o indotto artificialmente, mediante il quale viene eliminata una certa percentuale di acqua che il legname contiene. Il processo di stagionatura è necessario perché, eliminandosi l'acqua dal legno tagliato più rapidamente nelle zone periferiche e più lentamente in quelle più interne, vengono a prodursi deformazioni. Il che, come ben

si comprende, non è affatto desiderabile in prodotti finiti come infissi, mobili e così via. Dopo un certo periodo di stagionatura i rischi di deformazioni apprezzabili diminuiscono notevolmente fino ad annullarsi del tutto quando viene raggiunto! un equilibrio igrometrico tra legname ed ambiente esterno. In tal caso la stagionatura si dice perfetta.

I processi per ottenere la stagionatura del legno sono:

1. stagionatura naturale
2. stagionatura per acqua
3. stagionatura artificiale

1. *Stagionatura naturale*; essa si effettua lasciando il legno all'aria disposto accuratamente in opportune cataste, al riparo dalla pioggia e dalla polvere sotto coperture di lamiera. Importante è assicurare una buona circolazione dell'aria intorno alle tavole disposte a stagionare. Con questo sistema occorrono, per ottenere una buona stagionatura, dai 2 ai 3 anni; il legname, comunque, non deve mai essere lasciato per un periodo inferiore ai dieci mesi.

2. *stagionatura ad acqua*; è un processo che, generalmente, precede la stagionatura naturale vera e propria. Esso consiste nel tenere il legno immerso in acqua fredda per circa 15 giorni. L'acqua (per osmosi) si sostituisce alla linfa e viene, successivamente, eliminata con essiccamento all'aria assai più facilmente. Il legno senza linfa è praticamente inattaccabile dai tarli. L'immersione in acqua e sale (acqua marina), inoltre, aumenta la durezza, il peso e la durata del legno. Vale la pena ricordare l'esempio di Venezia che si sostiene, per la maggior parte della sua estensione, su fondazioni lignee di pali di castagno da svariate centinaia di anni.

Queste ultime considerazioni fanno comprendere come la fluitazione del legname appena tagliato (il suo trasporto lungo corsi d'acqua naturali) unisca all'economicità del trasporto - praticamente gratuito lungo il corso della corrente - anche tutti questi vantaggi relativi alla stagionatura ed al miglioramento di quasi tutte le caratteristiche di resistenza e di durata del materiale.

Se poi all'acqua fredda si sostituisce quella calda (temperature variabili da caso a caso fino a 100°C) si ha che le fibre lignee si dilatano con maggiore facilità ottenendo una migliore sostituzione della linfa da parte dell'acqua. Il sistema da preferire, però, è quello che va sotto il nome di vaporizzazione mediante il quale il legname in pezzature di dimensioni modeste è investito da vapore che penetra nei pori e si condensa. In questo modo il materiale subisce un lavaggio che elimina la linfa e tutti i sali in essa disciolti.

3. *Stagionatura artificiale*; è quella che maggiormente viene eseguita industrialmente. Il legname viene deposto in ambienti dei quali si può controllare come si vuole la temperatura ed il grado di umidità dell'aria. I sistemi allo scopo adoperati sono: quello dei canali mediante il quale la temperatura ed il grado igrometrico variano con continuità lungo ogni canale nel quale il legname, opportunamente tagliato, viene introdotto e fatto scorrere; quello delle camere nelle quali le variazioni dei parametri

suddetti avvengono nel tempo e non spazialmente come nel caso precedente. La stagionatura artificiale, al lungo preferita agli altri metodi, per la rapidità non risulta più conveniente per i costi molto elevati, ragione che spinge a tornare ai metodi naturali.

Ultimo sistema è quello elettrostatico che sfrutta il calore generato da un campo elettromagnetico alternato.

#### **4. Classificazione dei legnami**

Se ci si riferisce alle essenze dal punto di vista botanico, esse si possono suddividere in resinose (conifere) e in frondifere. Se ci si riferisce alle loro caratteristiche fisiche - ed è ciò che maggiormente ci interessa in questa sede - è possibile suddividere i legnami in legni forti e legni dolci a seconda che il loro peso specifico sia maggiore o minore di 0.55.

Si sceglie il peso specifico come parametro base di riferimento perché accade che all'aumentare di questo aumentano anche le caratteristiche di resistenza, durezza e durata del legno. Se ci si riferisce, poi, all'aspetto ed alla compattezza, i legnami generalmente possono suddividersi in legnami da costruzione e da lavoro ove per i primi interessano soprattutto le caratteristiche di resistenza e durata e per gli altri l'aspetto per destinarli ad opere di ebanisteria. In tabella sono riportate alcune delle essenze più comuni e le relative caratteristiche.

#### **5. Proprietà dei legnami**

Tra le proprietà dei legnami possiamo ricordare:

- a. Le proprietà fisiologiche, cioè quell'insieme di proprietà relative alla struttura.
- b. Le proprietà tecnologiche, derivanti dall'attitudine di ognuno di essi ad essere sottoposto a particolari lavorazioni
- e. Le proprietà meccaniche, relative al comportamento nei riguardi di varie sollecitazioni esterne.

##### **A. Proprietà fisiologiche.**

Ricordiamo tra queste l'igroscopicità, l'aspetto, il colore, l'odore, il ritiro, la dilatazione e la porosità.

La porosità dipende dalle distanze relative tra le fibre. Quanto più questa è grande, tanto più il legname si dirà a struttura grossolana. In caso contrario la struttura si dirà compatta.

L'igroscopicità è l'attitudine ad assorbire acqua. Essa è legata alla porosità. Il ritiro e la dilatazione sono legati, anch'essi, alla porosità.

B. *Proprietà tecnologiche*. Tra le proprietà tecnologiche

ricordiamo:

1. *fendibilità*
2. *attitudine al taglio*
3. *flessibilità*
4. *grado di pulimento*
5. *plasticità*

Per la *fendibilità* diremo che si tratta di quella caratteristica del legname che lo rende atto ad essere spaccato. L'operazione di fenditura si esegue ponendo un cuneo tra le fibre ed esercitando una forte pressione battendo su di esso con un attrezzo pesante. La minore o maggiore resistenza offerta dal materiale a spaccarsi lungo una direzione parallela a quella delle fibre dipende dalla sua fendibilità.

*L'attitudine al taglio* è quella proprietà del legname che ne evidenzia la predisposizione ad essere tagliato da utensile opportuno in qualsiasi direzione rispetto a quella delle fibre. I tagli che si possono operare si suddividono in tagli superficiali (mediante pialla) e tagli in profondità (mediante sega).

*La flessibilità* è quella proprietà che indica la capacità di un legname di deformarsi in maniera permanente sotto l'azione di forze esterne e mediante opportuni procedimenti secondo superfici curve. I procedimenti adoperati per questo tipo di operazione sono ribrustimento per via secca o per via umida.

Il *grado di pulimento* di un legname è ottenuto mediante un'operazione di finitura la quale indica, più di ogni altro parametro, le potenzialità estetiche specifiche dell'essenza in oggetto.

*La plasticità* non interessa il campo delle costruzioni edili.

C. *Proprietà meccaniche*. Tra di esse ricordiamo:

1. durezza
2. elasticità
3. resistenza
4. tenacità

Il legno, per ovvi motivi derivanti dalla sua intima costituzione cui prima s'è fatto cenno, è da considerarsi un materiale anisotropo che presenta, cioè, un differente comportamento fisico-meccanico nelle diverse direzioni. Il che significa, tra l'altro, che la sua resistenza varia a seconda di come sia applicato lo sforzo. Nel caso che il legno sia caricato nella stessa direzione delle fibre si ottiene la sua massima resistenza a compressione che è dell'ordine dei 250-450 Kg/cm<sup>2</sup> e la sua massima resistenza alla

trazione che si aggira intorno ai 500-1100 kg/cmq. Al contrario, se questo materiale viene caricato in una direzione che sia perpendicolare a quella delle fibre, le caratteristiche ora esaminate si riducono di circa 1/5. Ottimo è il comportamento a flessione in specie per quelle essenze che possiedono fibre lunghe. Scarsa, invece, è la resistenza a taglio e si aggira intorno ai 40-80 kg/cmq. I valori della resistenza del legno sono comunque estremamente variabili a seconda dell'essenza, del peso specifico e della presenza di nodi o malformazioni, al grado di umidità ed ai trattamenti cui è stato sottoposto. Data l'estrema variabilità di tutti i parametri ora elencati si è soliti adoperare, nel caso di questo materiale, dei coefficienti di sicurezza molto più elevati di quelli che, di norma, vengono assegnati ad altri materiali strutturali. Queste ultime considerazioni, se, dal punto di vista della resistenza, pongono il legno al di sotto di materiali come il calcestruzzo di cemento o l'acciaio, ne evidenziano, tuttavia, una volta che siano accompagnate alle valutazioni riguardanti le caratteristiche di elasticità di alcune essenze e, soprattutto, la considerevole leggerezza del legno rispetto agli altri materiali strutturali (e, dunque, la sua scarsa incidenza sulle strutture di fondazione a parità di altre considerazioni), la convenienza che, a volte, può offrirsi ad adoperarlo come materiale adatto alla costruzione delle strutture resistenti.

Per *durezza* si intende la resistenza che il legno oppone ad essere penetrato da oggetti esterni di forma opportuna. La durezza del legno, costituisce, il più delle volte, un elemento molto importante per il costruttore. Essa viene misurata mediante la valutazione della resistenza alla penetrazione di una sfera di acciaio, di diametro unitario, in direzione ortogonale alle fibre. Tralasciando i metodi più rigorosi per tentare una classificazione da questo punto di vista, nel campo delle costruzioni si dicono duri quei legnami che oppongono maggior resistenza a lasciarsi segare. Una classificazione da questo punto di vista può essere la seguente:

- a. legni di durezza litoide
- b. legni di durezza ossea
- c. legni durissimi
- d. legni mediamente duri
- e. legni teneri
- f. legni molto teneri

Il legno, come si è poc'anzi detto, è un materiale elastico nel senso precisato altrove. L'elasticità varia da essenza ad essenza. Tra i più elastici vi sono l'acero, il pino, il castagno.

Per *tenacità* del legno, infine, si intende la proprietà di resistere a sollecitazioni dinamiche.

## **6. Alterazioni e protezione dei legnami**

Come già si faceva cenno in precedenza, il legname può essere attaccato - e, dunque, alterato nelle sue caratteristiche generali - da numerosi agenti esterni. Tra questi dobbiamo qui ricordare:

a. lo sviluppo di colonie batteriche, muffe e funghi microscopici che attaccano le fibre legnose.

b. le azioni distruttive di *insetti xilofagi* (tarli) che eseguono all'interno del legnino gallerie e fori.

e. Le azioni aggressive di alcuni *fattori ambientali* come l'ossigeno, l'elettricità, l'umidità, il calore.

Agli effetti dannosi di cui ai punti precedenti si tenta di porre rimedio con una serie di provvedimenti che variano da caso a caso. Uno tra i più semplici è quello di una preventiva verniciatura dopo che il legname sia stato stagionato a dovere. Altro rimedio è quello di spalmare superficialmente il legname con particolari sostanze antisettiche (cloruro di mercurio, olio di catrame, ecc). Buoni risultati si ottengono iniettando olio di catrame all'interno della struttura lignea mediante pressione in autoclave. Sono in uso, inoltre, svariati prodotti chimici che opportunamente applicati tendono ad eliminare gli inconvenienti;

essi sono a base di fluoro ed arsenico, arseniato di zinco e rame. Un sistema protettivo è anche quello della carbonizzazione superficiale che ha lo scopo di proteggere la parte interna.