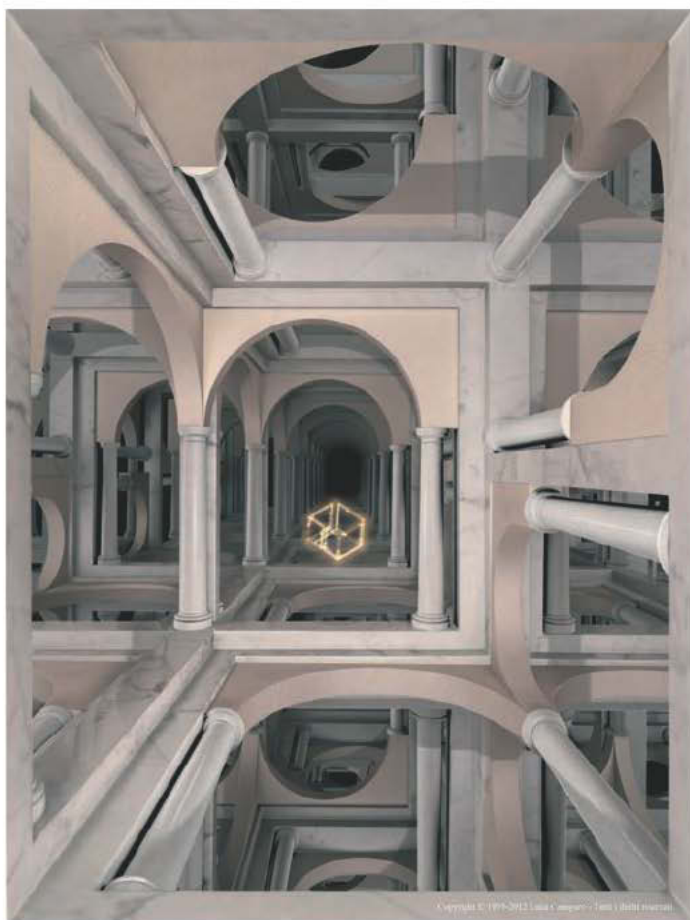


Luca Caneparo

Fabbricazione digitale dell'architettura

**Il divenire della cultura tecnologica
del progettare e del costruire**



Copyright © 1995-2012 Luca Caneparo - Tutti i diritti riservati.

Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI



I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: *www.francoangeli.it* e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Luca Caneparo

Fabbricazione digitale dell'architettura

**Il divenire della cultura tecnologica
del progettare e del costruire**

Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI

In copertina: illustrazione di Luca Caneparo

Copyright © 2012 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

Indice

Radice del “fare”	pag.	7
<i>Liliana Bazzanella</i>		
Introduzione	»	11
Parte prima		
1.1 Ellade proporzione e armonia	»	19
1.2 Rinascimento la verifica sperimentale	»	30
1.3 Guarini matematico e architetto	»	43
1.4 Descartes la perdita dell’unità metodologica	»	57
1.5 Illuminismo nuova unità intorno alle scienze esatte	»	62
1.6 Monge la funzione della lingua universale	»	69
1.7 Rondelet scienza e tecnologia	»	75
Parte seconda		
2.1 Origini della produzione industriale e della prefabbricazione	»	85
2.2 Produzione digitale	»	129
2.3 Progettare per fabbricare	»	149
2.4 Processi digitali di fabbricazione dei metalli	»	183
2.5 Processi digitali di lavorazione del legno	»	221
Ringraziamenti	»	257
Progetti	»	258
Illustrazioni	»	261

Radice del “fare”

Liliana Bazzanella

Il libro riconosce nelle relazioni tra progetto e costruzione il principio del fare architettura che si risolve nelle specificità delle relazioni tra persone, luoghi, tempo, tecniche e lavoro: solo nell'interpretazione dialogica di queste relazioni la costruzione del progetto acquisisce specificità e significato. E questo avviene sia che le tecniche discendano dalle culture artigianali o industriali, sia che appartengano all'innovazione recente del digitale. Il libro evidenzia, però, come una condizione della “contemporaneità” sia confrontarsi costantemente con soluzioni di progetto “nuove”, con la trasformazione continua delle tecniche e degli scenari d'uso. Emerge la tesi che il progetto debba prevedere il confronto costante e in progress con i mutamenti delle potenzialità tecniche, dal momento che l'architettura non dovrebbe mai perdere di vista le condizioni specifiche della cultura del “fare”, necessarie a collocare l'edificio come segno significativo nel contesto del tempo e del luogo.

A partire da questa radice, il libro indaga trasversalmente le questioni centrali del dialogo tra linguaggi, tra scale del progetto e tra competenze. Torna ripetutamente su di esse in relazione alla definizione degli strumenti progettuali e alle tecniche e nella riflessione sui loro fini. Ritengo utile richiamarle, per meglio considerarle.

Nel progetto di architettura il sistema delle competenze che concorrono all'ideazione e alla costruzione è divenuto a un tempo più articolato e complesso. Ciascuna delle conoscenze specialistiche si è data un proprio apparato di strumenti e di tecniche che il libro analizza nella dimensione dialogica, metodologica, storica. Procedimento che pare necessario per sostanziare il dialogo progettuale che in particolar modo oggi deve misurarsi con le competenze e i linguaggi tecnici propri della progettazione industriale, come approfonditi nella seconda parte.

Il forte processo di frammentazione dei linguaggi specialistici, induce Luca Caneparo a ragionare sulle potenzialità delle tecnologie digitali – non casualmente definite anche dell’informazione e della comunicazione –, per contribuire a un’efficace collaborazione interdisciplinare.

Queste nuove modalità di dialogo sono divenute tanto rilevanti che non solo mettono a disposizione dell’architettura nuovi strumenti, ma possono supportare anche nuove procedure, nuovi metodi di gestione e controllo del percorso della costruzione, riconfigurando i modi di relazione con i sistemi produttivi. Nei capitoli finali la narrazione di alcuni casi progettuali mette in scena le peculiarità di queste nuove capacità di dialogo.

In questo, il libro ha lo scopo di identificare e sistematizzare, anche un po’ didascalicamente, nuove competenze per la progettazione, al fine di aprire, intorno al nodo fondamentale della realizzazione della forma e del suo senso, inesplorate opportunità alle discipline dell’architettura, coinvolgendo ingegneria e industria sulle questioni del fabbricare.

È il nodo in cui si confrontano le finalità e gli impieghi delle tecniche produttive con l’ineludibile complessità sociale dell’architettura alle diverse scale. Alcuni dei progetti considerati segnano dei progressi sul terreno applicativo dell’innovazione tecnologica, sovente però in una logica autoreferenziale che non affronta e risolve questioni rilevanti in rapporto al significato più profondo del costruire, quali l’identità e le memorie del luogo, i suoi caratteri sociali e morfologici, quindi non segno isolato, ma presenza dialogica alle varie scale dell’abitare.

Nel libro la questione del dialogo tra i linguaggi tecnici è posta in prospettiva storica: prova a interpretare i mutamenti e i modi, a porli in relazione con i loro fondamenti metodologici e a collocarli nello sviluppo diacronico dell’evoluzione tecnica con i suoi diversi apparati strumentali e filosofici. In primo piano il divenire nel ruolo della geometria: dall’unità e armonia tra conoscenza e prassi, strumento a un tempo conoscitivo e operativo, unitarietà tra progetto e costruzione, alla geometria come strumento al servizio della concezione.

Quello che appare chiaro dallo studio è che l’equilibrio tra competenze si è molto modificato nel tempo, influenzando in modi importanti la cultura del “fare” in architettura. Il libro contribuisce a tracciare la traiettoria con forte impronta personale. Equilibrio che oggi si colloca intorno agli sviluppi dell’industria e ha le proprie origini nei principi stessi del pensiero tecnico-scientifico. I ragionamenti intorno agli sviluppi dell’industria mettono in evidenza il passaggio dall’industria di massa fino al cantiere, sempre più legati

a una produzione controllata digitalmente: il *continuum digitale*, considerato nel capitolo 2.3 “Progettare per fabbricare”, analizza e documenta quest’inversione di tendenza.

Dalla disamina dei progetti considerati nella parte conclusiva del libro, emergono regie di processo secondo nuove modalità organizzative e di gestione. Sono realizzate tramite team di progettazione, in cui dialogano direttamente le numerose competenze specialistiche, comprese quelle necessarie alla fabbricazione, attraverso la condivisione e lo sviluppo di modelli digitali del progetto. Modelli al plurale: perché accanto al modello di riferimento del progetto complessivo, vengono sviluppati ulteriori modelli parziali e “specialistici”, ad esempio delle strutture, degli impianti, di fabbricazione, di organizzazione spazio-temporale del cantiere. Questi modelli, messi a sistema, dovrebbero concorrere alla descrizione completa ed esaustiva del processo, che comprende in sé la modellizzazione esatta della produzione, del montaggio e della costruzione, definita sia negli elementi, componenti e sistemi, sia nel processo che li relaziona e porta a compimento l’edificazione.

Il complesso di modelli realizza, quindi, un atto unitario che si consegna finito e si misura nella sua compiutezza, precisione ed efficienza, configurando un mutamento di paradigma nella progettazione e nella costruzione, dove da secoli l’architetto o l’ingegnere tradizionalmente controlla e anche “affronta” in cantiere i nodi che emergono. In questo, il ruolo del progetto può diventare realmente prescrittivo, prefigurando in un quadro normativo e contrattuale definito gli esiti della costruzione.

Nel *continuum digitale*, in effetti, i modelli esauriscono la descrizione dei diversi aspetti e fasi e controllano, anche direttamente, il processo di realizzazione in officina e in cantiere, ad esempio tramite il Controllo Numerico Computerizzato¹ nella produzione, il rilevamento totale² e l’identificazione a radio frequenza³. Il progetto diviene previsione e controllo di cui è richiesta una verifica anche in corso d’opera in termini di esattezza e affidabilità rispetto al futuro: il passo da prefigurazione a previsione è estremamente significativo e ha conseguenze rilevanti.

Organizzative: tende a porre in relazione un maggior numero di operatori in un gruppo in cui l’informazione di progetto fluisce direttamente e continuamente tra i singoli. Individui e gruppi devono detenere le conoscenze e i linguaggi specifici necessari a interpretare e a contribuire al flusso di

¹ Cfr. Parte seconda.

² Cfr. § 2.4.7 “Randall Stout Architetti, Art Gallery of Alberta”.

³ Cfr. § 2.2.4 “Distretti industriali - Integrazione verticale”.

informazioni. Ciò concorre a realizzare gruppi più coordinati e coesi, anche nel caso di collaborazioni temporanee, finalizzate a un progetto specifico. E richiede organizzazioni professionali più complesse e articolate.

Dialogiche: il libro identifica nel linguaggio delle tecno-scienze, specialmente nei diversi “dialetti” dell’informatica, lo strumento per realizzare le collaborazioni interdisciplinari di cui documenta i successi in termini di efficienza e di qualità costruttiva. Certo è ancora presto per misurare la loro efficacia in termini di qualità architettonica e di paesaggio costruito.

Un’ultima considerazione: anche se la maggior parte dei progetti nasce in grandi studi internazionali – quelli che hanno saputo e potuto mettere a frutto un lungo periodo di ricerca che ha coniugato sperimentazione progettuale con ricerca tecnologica –, ritengo che il valore delle riflessioni sugli strumenti operativi e conoscitivi che Luca Caneparo ha raccolto in questo volume possa costituire un inedito e stimolante riferimento di approccio progettuale per studi medio-piccoli, ai quali ancora oggi è affidata la maggior parte dell’operatività quotidiana che più incide sulle trasformazioni “ordinarie” dell’ambiente in cui viviamo.

Introduzione

Il divenire delle condizioni tecniche del progettare e del costruire è il tema di fondo in questo libro.

Nasce dall'interesse a studiare i processi di lungo periodo nell'innovazione tecnologica, i mutamenti nella logica delle tecniche che il progetto attua nel dialogare con la costruzione. La capacità di fare e realizzare di una cultura è interrelata ai saperi materiali che nell'architettura hanno una scala e un'estensione che, anche meramente per numero e varietà di competenze coinvolte, offre uno spaccato eloquente delle discipline scientifiche e tecniche in un'epoca.

Lo studio della conoscenza tecnica delle relazioni con il progetto e con le competenze materiali vuole mettere in luce il modo in cui diverse società abbiano affrontato i problemi del loro tempo, a quale misura abbiano contribuito allo sviluppo e quali valenze abbiano espresso con l'architettura. È parte di quella ricerca sulla tecnologia e sulla progettazione, sull'articolazione dei saperi che, variamente espressi da diversi settori di una società, divengono "storia", quando vengono assunti a pratica diffusa. In particolar modo gli studi di Mumford, Giedion, Rossi, Pérez-Gómez hanno offerto istanze di metodi, volti a ricomporre un'unità di conoscenza intorno alle tecniche proprie di ciascun mestiere e disciplina, alla posizione storica che la tecnica e i suoi mezzi strumentali e ideologici veicolano¹. Ciascuno studio, a partire dalla matrice comune dell'analisi delle tecniche di un'epoca, condivide un ragionamento sulla loro organizzazione metodologica e sui loro fini in una

¹ Mumford, L. (1934), *Technics and civilization*, Harcourt, Brace and Co., New York. Giedion, S. (1954), *Spazio, tempo ed architettura. Lo sviluppo di una nuova tradizione*, Hoepli, Milano. Rossi, P. (1962), *I filosofi e le macchine, 1400-1700*, Feltrinelli, Milano. Giedion, S. (1967), *L'era della meccanizzazione*, Feltrinelli, Milano. Pérez-Gómez, A. (1983), *Architecture and the Crisis of Modern Science*, MIT Press, Cambridge (MA).

dimensione storica. Da questa radice comune, ogni ricerca contribuisce allo scopo di articolare una riflessione interdisciplinare, contribuendo con una propria personale interpretazione.

Il libro conclude con l'innovazione degli strumenti tecnici digitali, da cui il titolo: una delle tappe attuali nell'evoluzione delle condizioni tecniche del progettare e del costruire. La messa in prospettiva storica delle tecniche di una società ritengo possa contribuire a dare forma, direzione e collocazione alle innovazioni, specialmente quelle recenti. La lettura dell'innovazione contemporanea, finalizzata alla costruzione, offre una chiave di interpretazione critica e misura la capacità a risolvere i problemi che è chiamata ad affrontare.

Il costruire è certamente attività rivolta alla ricerca di soluzioni sempre più performanti, dai molteplici punti vista. Ma allo stesso tempo questa ricerca sistematica del nuovo è profondamente condizionata dal retaggio di una storia plurimillennaria che non può essere trascurata. Ed è proprio la capacità di conservare questa posizione di equilibrio tra novità e conoscenze consolidate, tra il futuro e il passato, a distinguere ciò che è vera innovazione tecnologica da ciò che è invece innovazione tecnologica autoreferenziale, spesso indifferente ai contesti sociali ed economici con i quali si confronta².

Nel libro il dialogo tra passato e presente è articolato lungo due parti. La prima traccia un *excursus* che prende avvio dai fondamenti della conoscenza tecnica degli Ellenici, per arrivare fino all'interpretazione dei procedimenti costruttivi tramite il metodo fisico-matematico di Rondelet. Prendo in prestito alcuni paragrafi dall'introduzione del testo di Guido Nardi, *Tecnologia dell'architettura e industrializzazione nell'edilizia*:

I temi trattati in questo libro derivano dall'ipotesi che, per colmare il vuoto culturale nel campo della tecnologia e delle tecniche dell'architettura, sia necessario connettere lo studio dei procedimenti tecnici allo sviluppo del pensiero filosofico e scientifico e all'uso politico ed economico che della scienza e della tecnica viene fatto (si vedano i capitoli 1 e 2). È parimenti necessario analizzare i problemi specifici del settore ponendoli a confronto con la reale situazione sociale, normativa e tecnica (si vedano i capitoli 3 e 4). In tale modo è forse possibile invertire le tendenze in atto volte al progressivo isolamento e immiserimento del settore tecnologico e tecnico, rilevabili ai diversi livelli di analisi: concettuale, disciplinare e applicativo³.

² Campioli, A. (2010), *Innovazione e culture del progetto*, in Perriccioli, M. (a cura di), *L'officina del pensiero tecnologico*, Alinea, Firenze.

³ Nardi, G. (1980), *Tecnologia dell'architettura e industrializzazione nell'edilizia*, FrancoAngeli, Milano, 2^a ed., p. 15.

Questa parte si colloca sul discrimine tra la storia delle tecnologia, dell'architettura, della geometria-matematica e della filosofia. Attraversa i confini disciplinari nel tentativo di interpretare i contributi compositi ed eterogenei dei gruppi che hanno contribuito e contribuiscono alla cultura del costruire. Prova temerariamente a varcare le linee di demarcazione, segnate dalla nascita delle discipline, con lo sviluppo delle scienze all'inizio dell'età moderna.

Questi scritti "eterogenei" sono stati selezionati in ragione di riferimenti a idee che, a posteriori, sappiamo aver assunto rilevanza per alcuni settori della società. Vi ho fatto riferimento perché hanno saputo esprimere una prassi emergente, facendola divenire pensiero, a cui gli studiosi hanno attribuito consapevolezza di "storia". Il metodo trae la sua giustificazione operativa e metodologica dalla convinzione che il progresso tecnologico, come strumento per dare risposta a esigenze collettive, possa essere posto in relazione (e in parte motivato) con gli strumenti e le ideologie, gli apparati conoscitivi e operativi, che hanno anticipato e accompagnato la loro nascita e affermazione. La metodologia sconta una scarsa sistematicità e colloca la ricerca su un piano differente da quello del rigore o della coerenza sistemica della storiografia. Non di meno, afferma una coerenza all'interno della prassi progettuale che, misurandosi con l'attualità dei problemi, cui è chiamata a fornire delle soluzioni, unifica e motiva la ricerca. E costituisce un antidoto all'illusione di inventare corpi di conoscenza autonomi.

Una delle aspirazioni è offrire un prospetto, per quanto ampiamente incompleto e parziale, del processo di specializzazione della conoscenza, che è progredito di pari passo con lo sviluppo delle scienze, delle tecniche e dei loro linguaggi. Gli architetti in più occasioni si sono misurati con la ricomposizione di un'unità conoscitiva e metodologica, cercata dagli albori dell'era moderna, prima intorno alla geometria descrittiva e poi alla geometria come disciplina specifica che "dà forma" alla matematica, alla statica e alla meccanica: «La geometria è il mezzo che ci siamo fabbricati per percepire le cose intorno a noi e per esprimerci. La geometria è il nostro principio fondamentale. Dà anche forma ai simboli che rappresentano la perfezione, il divino. E ci procura le sottili soddisfazioni della matematica»⁴.

La seconda parte non riprende là dove la prima si è interrotta. Ma prende avvio dalla storia recente della produzione di massa, cercando un parallelo con il coevo sviluppo della prefabbricazione edilizia, ponendo a confronto i rispettivi sviluppi negli Stati Uniti e in Germania. Considera il

⁴ Le Corbusier (2003), *Verso una architettura*, Longanesi, Milano.

forte impulso dato dalla Seconda Guerra Mondiale che ha messo a frutto e finalizzato alle esigenze belliche l'innovazione di processo consolidata da ciascuna nazione. E in questo ha avuto un ruolo non indifferente per le sorti del conflitto.

Alla conclusione della guerra contribuiscono i prototipi di diverse tecnologie innovative, ad esempio quelle dell'informazione con i primi elaboratori digitali. Gli Stati Uniti, con politiche e strategie di sviluppo strutturale considerate nel capitolo 2.1 "Origini della produzione industriale e della prefabbricazione", si impongono all'avanguardia nel trasferimento tecnologico. In due decenni pongono i fondamenti per lo sviluppo della progettazione e fabbricazione digitale in ampi comparti industriali che successivamente troveranno applicazione anche nel settore edile.

Nei processi di fabbricazione artigianale, un numero circoscritto di utensili è usato in modo flessibile e efficiente grazie all'acquisizione di un approfondito livello di manualità ed esperienza. In questa fase, le tecniche privilegiano la versatilità a scapito dell'efficienza e, come tali, gli utensili risultano apparentemente semplificati. Invece la loro progettazione risponde consapevolmente al requisito di adattarsi in maniera adeguata a una varietà di funzioni, piuttosto che in modo ottimale a un novero ristretto di mansioni⁵. Uno dei vantaggi della strategia tecnologica volta a massimizzare la versatilità degli utensili è che un minor numero di strumenti riduce tempi e investimenti necessari alla loro realizzazione e manutenzione.

La prima rivoluzione industriale introduce macchinari dedicati a funzioni specifiche, allo scopo di aumentare l'efficienza e circoscrivere il novero delle competenze e manualità richieste all'operatore. Il limite estremo è la catena di montaggio, in cui la scomposizione e ripetizione esatta delle operazioni non richiede competenze specializzate alla manodopera. La fabbricazione digitale sviluppa macchine utensili flessibili che integrano un ampio e eterogeneo novero di processi di fabbricazione. Tra questi i centri di lavorazione e i robot, il cui controllo è nelle mani di una nuova classe di tecnici che posseggono le competenze dei processi produttivi e dei linguaggi informatici necessari a controllarli.

Nei capitoli successivi sono considerati i processi di produzione secondo i "materiali classici" in edilizia⁶. Ciascun capitolo prefigura un sintetico

⁵ Wescott, D. (2001), *Primitive technology II*, Gibbs Smith Publisher, Salt Lake City.

⁶ Dall'omonimo titolo del capitolo in Torroja, E. (1995), *La concezione strutturale. Logica ed intuito nella ideazione delle forme*, ed. italiana a cura di Franco Levi, Città Studi, Milano.

atlante di processi di fabbricazione, considerati attraverso la lettura di edifici, la cui concezione e realizzazione ho ritenuto significativa di tecniche e linguaggi digitali.

Oggi diversi architetti e studiosi vagheggiano una ricomposizione attorno al *continuum* digitale⁷. Volendo anticipare una delle conclusioni, i progetti portati a documentazione della fabbricazione e costruzione digitale testimoniano una possibile ricomposizione nel processo digitale che riconnette e fa dialogare tra loro saperi distinti tramite il linguaggio delle tecno-scienze: la matematica. La matematica applicata estende la propria vocazione operativa tramite la formalizzazione attuata dall'informatica, cui compete l'elaborazione di strumenti e modelli utili agli scopi della scienza e della tecnica. La tecnologia dell'informazione e comunicazione compie «la standardizzazione e automatizzazione dei metodi matematici (e pertanto un'inversione del rapporto di dominazione fra matematiche pure e matematiche applicate e, più in generale, fra teoria e engineering)»⁸. La ridefinizione dei ruoli tra teoria e tecniche applicate allo studio e alla soluzione di problemi inizia a partire dal Settecento⁹. Mentre si sperimentavano le possibilità inedite d'applicazione delle tecniche, gli intellettuali cercavano di ricollocare le conoscenze tecniche nella struttura generale della conoscenza. Il nuovo assetto viene definito a partire dai fondamenti metodologici delle scienze, in special modo quelle matematiche e, nell'ultimo mezzo secolo, dagli sviluppi delle scienze dell'informazione¹⁰.

Nel 1967 Herbert Simon, Alan Perlis e Allan Newell al Carnegie Institute of Technology di Pittsburgh sostengono che l'informatica è lo studio dei sistemi computerizzati, come l'astronomia è lo studio degli eventi celesti, solo che i computer sono manufatti realizzati dall'uomo [...]. Come tale l'informatica è una “scienza dell'artificiale”¹¹. Questa nuova attenzione all'elaborazione dell'informazione ha ulteriormente sfumato la distinzione tra scienza e tecnologia, in quanto il calcolo può essere considerato sia come una costruzione umana, e in quanto tale una tecnica, o come una branca della matematica, e quindi un fondamento della scienza¹².

⁷ Cfr. cap. 2.3 “Progettare per fabbricare” in questo volume.

⁸ Petitot, J. (1985), *Solo l'oggettività*, in “Casabella”, n. 518, p. 36.

⁹ Cfr. cap. 1.5 “Illuminismo nuova unità intorno alle scienze esatte”.

¹⁰ Cfr. cap. 2.3 “Progettare per fabbricare”.

¹¹ Simon, H.A. (1973), *Le scienze dell'artificiale*, Isedi, Milano.

¹² Meijers, A. (a cura di) (2009), *Philosophy of technology and engineering sciences*, Elsevier, Amsterdam, p. 146, traduzione dell'Autore.

L'esistenza e la specializzazione di saperi diversi preclude una ricomposizione. Il linguaggio delle tecno-scienze permette alle diverse discipline di collaborare proficuamente, al fine pragmatico di perseguire obiettivi comuni¹³, nel nostro caso il progetto. Anche se non realizza quell'unità tra conoscenza e prassi che è andata perduta quando la geometria è divenuta una branca all'interno della matematica come disciplina.

¹³ Lyotard, J.F. (1981), *La condizione postmoderna. Rapporto sul sapere*, Feltrinelli, Milano.
Harvey, D. (1993), *La crisi della modernità*, Il Saggiatore, Milano.

Parte prima

1.1 Ellade *proporzione e armonia*

«Dirò in primo luogo che scrivere su un tema come l'architettura greca induce timore: si ha l'impressione che tutto sia stato detto e che insistere sia inutile. [...] Non si aspetti dunque il lettore di trovare uno studio rigoroso e sia indulgente con chi scrive»¹.

Il tempio di Apollo a Didime costituisce un'importante testimonianza sui metodi di progetto e costruzione dell'antichità greca (metà del III sec. a.C.). Sulle pareti e pavimenti del tempio sono ancora chiaramente leggibili tratti

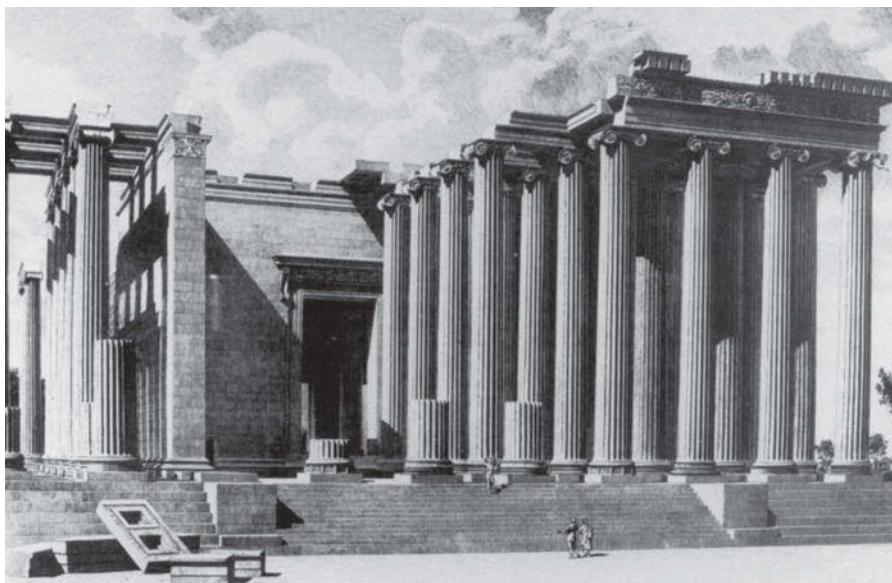


Figura 1.1.1. Ricostruzione del tempio di Apollo a Didime prima dell'interruzione dei lavori di costruzione.

¹ Moneo, R. (1999), *La solitudine degli edifici e altri scritti*, Umberto Allemandi, Torino, p. 101.