CAPITOLO

5

Assonometria dei volumi architettonici

Un edificio si capisce quando si vede tutto insieme: la pianta, l'altezza, il vuoto che racchiude.

OBIETTIVI

1. Leggere un edificio come composizione di volumi e ricondurre i suoi elementi a solidi geometrici.
2. Riconoscere e disegnare lo spaccato assonometrico, l'esploso e la vista dal basso.
3. Scegliere l'assonometria adatta a un edificio e dichiararne tipo, coefficienti e scala.
4. Disegnare la volta a botte e la volta a crociera, costruendo per punti le linee d'incrocio.
5. Disegnare in volume schematico un tempio greco, il Pantheon, una basilica, un edificio a pianta centrale e una chiesa romanica.

INDICE DEL CAPITOLO

5.1 L'assonometria al servizio dell'architettura 2
5.2 Dai solidi agli elementi architettonici 5
5.3 Le volte in assonometria 7
5.4 Edifici dell'antichità 11
5.5 Dalla basilica alla chiesa romanica 14

Disegno e Storia dell'arte 2 · Parte II · L'assonometria e le ombre · versione 1.0
Capitolo 5: Assonometria dei volumi architettonici · pagine 125–148 del volume completo · estratto per lo studio

Una pianta dice dove stanno i muri, una sezione quanto sono alti, un prospetto come appare una facciata. Ma chi guarda per la prima volta la pianta di una chiesa fatica a immaginare come si combinano la navata, il transetto, l'abside e la torre. Un solo disegno assonometrico, invece, li mostra insieme, ciascuno con la sua forma e la sua misura: è per questo che gli architetti e gli storici dell'architettura lo usano da più di un secolo per spiegare come è fatto un edificio.

Nei capitoli 3 e 4 hai imparato le assonometrie oblique e ortogonali su solidi geometrici. Qui le applichi agli edifici: impari a scomporre un edificio in solidi semplici, a disegnare le volte, a «tagliare» un volume per mostrarne l'interno, e infine disegni alcuni edifici che hai studiato nel primo volume o che studierai nei prossimi capitoli: un tempio greco, il Pantheon, una basilica paleocristiana, un edificio a pianta centrale e una chiesa romanica. Tutti i disegni del capitolo sono **volumi schematici**: misure semplificate, ma proporzioni e struttura corrette.

5.1 L'assonometria al servizio dell'architettura

5.1.1 Leggere un edificio per volumi

Guardato da lontano, un edificio è prima di tutto una composizione di **volumi**: blocchi più alti e più bassi, corpi lunghi e corpi compatti, coperture inclinate, cupole. La **lettura volumetrica** di un edificio consiste nel riconoscere questi volumi, nel ricondurli a solidi geometrici noti e nel capire come sono accostati, sovrapposti o incastrati. È la stessa operazione di **addizione e sottrazione di volumi** che hai usato nel capitolo 4 con il metodo della scatola, applicata a un oggetto molto più grande.

Per un edificio l'assonometria ha un vantaggio decisivo sulla prospettiva: le misure restano leggibili lungo gli assi. Con una scala grafica accanto al disegno, chi legge può ricavare la larghezza della navata o l'altezza di una torre come farebbe su una pianta o su una sezione. Per questo ogni assonometria di architettura dichiara il tipo di assonometria, i coefficienti e la scala.

> **DA RICORDARE**
> Un disegno di architettura in assonometria riporta sempre: il tipo di assonometria e i coefficienti (per esempio «planometrica, x a 30°, y a 60°, coefficienti 1 : 1 : 1»); una **scala grafica in metri**, valida lungo gli assi; la dicitura **volume schematico** o **ricostruzione schematica** quando le misure sono semplificate. Le lunghezze si misurano soltanto lungo gli assi o parallelamente a essi.

5.1.2 Spaccato, esploso e vista dal basso

Il volume esterno non basta quasi mai: un edificio è fatto per essere abitato dentro. Per mostrare contemporaneamente fuori e dentro si usano tre tipi di disegno assonometrico.

- Lo **spaccato assonometrico** è un'assonometria dell'edificio tagliato da uno o più piani: la parte che sta davanti al taglio viene tolta, e si vedono insieme la sezione (campita, come nel capitolo 2) e l'interno. È l'unione, in un solo disegno, di una sezione e di un'assonometria.
- L'**esploso** (o vista esplosa) mostra le parti dell'edificio, o di un suo elemento, staccate e allontanate lungo una direzione, di solito l'asse z: per esempio la copertura sollevata sopra i muri. Le parti restano allineate, e linee sottili tratteggiate indicano dove vanno rimontate.
- La **vista dal basso** è un'assonometria in cui l'osservatore sta sotto l'edificio e guarda verso l'alto. L'edificio viene tagliato da un piano orizzontale, di solito poco sopra il pavimento: la sezione orizzontale, cioè la pianta, appare in basso, e sopra di essa si vedono le pareti interne e le volte.

La Figura 5.1 mostra lo stesso ambiente coperto a botte nei tre modi. Nella cavaliera (b) il piano di taglio è **frontale**, cioè parallelo al quadro: per questo la sezione appare **in vera forma**, con il semicerchio della volta e lo spessore dei muri misurabili. È un vantaggio della cavaliera da ricordare: ogni sezione parallela al piano xz si disegna come una normale sezione in proiezione ortogonale, e le parti retrostanti si aggiungono in profondità.

Nella vista dal basso (c) l'assonometria è una planometrica, perché il quadro è parallelo al piano orizzontale: la pianta tagliata è in vera forma. Attenzione però: la vediamo da sotto, quindi è **speculare** (ribaltata destra-sinistra) rispetto alla pianta disegnata come al solito, vista dall'alto. Gli assi x e y salgono verso l'alto del foglio e l'asse z resta verticale: le pareti si alzano dalla pianta e la volta appare dalla parte dell'intradosso, cioè la superficie interna, quella che si vede stando dentro l'ambiente.

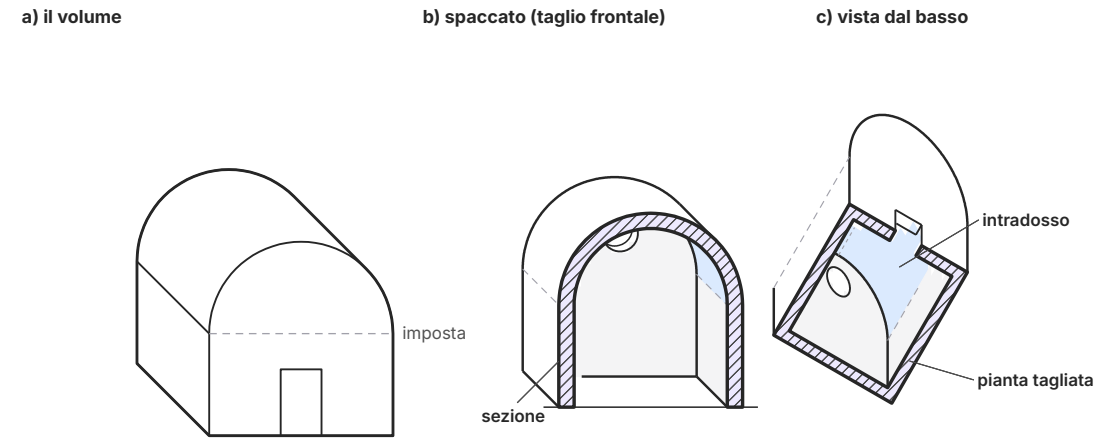


Figura 5.1 Un ambiente coperto da una volta a botte (interno 6 × 6,8 m, muri spessi 0,6 m, imposta a 4 m, raggio interno della volta 3 m). a) Il volume, in cavaliera (*y* a 45°, coefficiente ½). b) Spaccato nella stessa cavaliera: il piano di taglio è frontale, a metà profondità, e la sezione campita è in vera forma; sul fondo, la parete con l'oculo. c) Vista dal basso, in planometrica (*x* e *y* verso l'alto a 30° e 60°, *z* verticale): la pianta, tagliata a 1,5 m, è in vera forma ma speculare; sopra di essa, l'intradosso della volta.

APPROFONDIMENTO

Perché guardare un edificio dal basso? Un'assonometria vista dall'alto mostra benissimo le coperture, ma nasconde proprio ciò che rende interessante un edificio antico o medievale: le volte, le cupole, il modo in cui i pesi scendono fino a terra. Auguste Choisy (1841–1909), nell'*Histoire de l'architecture* del 1899, usò spesso la vista dal basso: in molte tavole taglia l'edificio poco sopra il pavimento e lo mostra da sotto, così che in un solo disegno si leggano la pianta, i sostegni e le strutture che essi reggono. Da allora la vista dal basso è uno strumento abituale dello studio della storia dell'architettura.

5.1.3 Quale assonometria per quale edificio

La scelta del metodo dipende da che cosa si vuole mostrare in vera forma e dal tipo di edificio (Tabella 5.1). In generale:

- la **planometrica** conviene agli edifici che si capiscono dalla pianta: basiliche, chiese, chiostri, complessi di più corpi. La pianta si ridisegna ruotata e le altezze si alzano in verticale;
- l'**isometria** conviene ai volumi compatti, che hanno più facce ugualmente importanti: un tempio, una torre, un edificio a pianta centrale;
- la **cavaliera** conviene agli edifici con una facciata o una sezione da mostrare esatta: un arco, un portale, uno spaccato con il taglio frontale.

Tabella 5.1 Le assonometrie per l'architettura.

Assonometria	In vera forma	Adatta a	Esempi in questo capitolo
cavaliera (*y* a 45°, coefficiente ½)	le facce parallele al piano *xz*: facciate, sezioni frontali	facciate con archi, spaccati con taglio frontale	stanza a botte, Pantheon
planometrica (*x* a 30°, *y* a 60°)	le figure orizzontali: la pianta, i cerchi orizzontali	edifici letti dalla pianta, viste dal basso	basilica, chiesa romanica, vista dal basso
isometria convenzionale	nessuna faccia	volumi compatti, visti in modo equilibrato	trilite, tempio greco, edificio ottagonale

Edifici troppo alti o troppo schiacciati. In planometrica le altezze sono a grandezza vera e la pianta è vista dall'alto: un edificio alto e stretto sembra più slanciato del vero, e le facciate risultano molto scorciate. Se il disegno è difficile da leggere, cambia l'orientamento degli assi (45°/45° invece di 30°/60°) o passa all'isometria; se riduci il coefficiente di *z*, dichiaralo accanto al disegno. Non cambiare mai coefficiente a metà disegno.

5.2 Dai solidi agli elementi architettonici

5.2.1 Un alfabeto di solidi

Nel primo volume (vol. 1, cap. 6) hai visto che molti elementi architettonici sono solidi geometrici. In assonometria questa corrispondenza diventa un metodo di lavoro: prima di disegnare un edificio, lo si scompone in solidi semplici (Figura 5.2).

- I **muri** e i **pilastri** sono prismi retti a base rettangolare; uno zoccolo o un gradino è un prisma molto basso.
- Le **colonne** sono cilindri (nella realtà sono leggermente rastremate, ma in un volume schematico il cilindro basta).
- Il **tetto a capanna**, a due falde, è un prisma a base triangolare coricato; il tetto a una falda, o *a uno spiovente*, è un prisma a base trapezia o triangolare rettangola.
- La **volta a botte** è un semicilindro, o meglio il guscio compreso tra due semicilindri coassiali.
- L'**abside** semicircolare è un semicilindro con l'asse verticale, coperto da un quarto di sfera: il **catino absidale**.
- Torri, campanili e **tiburi** sono prismi a base quadrata o ottagonale; le loro coperture a punta, le **cuspidi**, sono piramidi.

- La **cupola** emisferica è una semisfera, spesso impostata su un cilindro o su un prisma, il **tamburo**.

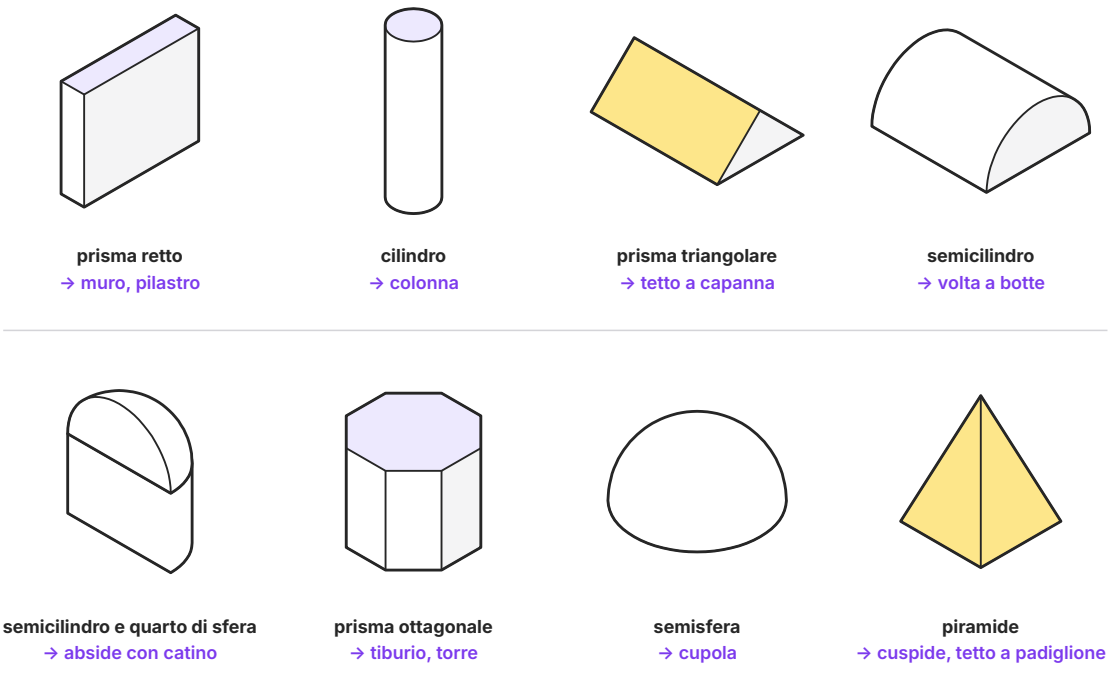


Figura 5.2 Un alfabeto di solidi per l'architettura, in isometria convenzionale. Per ogni solido è indicato l'elemento architettonico che rappresenta nei volumi schematici: muro, colonna, tetto a capanna, volta a botte, abside con il catino, tiburio, cupola, cuspide.

5.2.2 Il trilite: un primo edificio

Il sistema costruttivo più semplice è il **trilite** che hai studiato nell'architettura megalitica (vol. 1, cap. 8): due elementi verticali, i piedritti, sostengono un elemento orizzontale, l'architrave. In assonometria è un gruppo di tre parallelepipedi, e si disegna come i gruppi di solidi del capitolo 4.

ESEMPIO SVOLTO

Un trilite in isometria convenzionale, scala 1:50. Due piedritti di 1,0 × 1,5 × 3,0 m ($x \times y \times z$), distanti 2,0 m, reggono un architrave di 5,0 × 1,5 × 1,0 m.

1. In scala 1:50 un metro diventa 20 mm: piedritti 20 × 30 × 60 mm, luce tra i piedritti 40 mm, architrave 100 × 30 × 20 mm. Il trilite è contenuto in una scatola di 100 × 30 × 80 mm.
2. Con l'origine O nello spigolo della scatola, l'architrave va da $x = 0$ a 100 mm. I due piedritti e la luce misurano in tutto 20 + 40 + 20 = 80 mm: l'architrave sporge quindi di 10 mm da ogni lato, e i piedritti stanno da $x = 10$ a 30 mm e da 70 a 90 mm.
3. Disegna i due piedritti come prismi alti 60 mm, poi l'architrave da $z = 60$ a 80 mm.
4. Stabilisci la visibilità: l'architrave nasconde le facce superiori dei piedritti; attraverso la luce si vede la faccia interna del solo piedritto più vicino a O, quella rivolta verso l'altro piedritto.

Controllo: l'altezza totale è 3,0 + 1,0 = 4,0 m, cioè 80 mm sul disegno, misurati sull'asse verticale.

5.2.3 Il procedimento per un edificio

IN SINTESI

Dalla pianta e dalle altezze al volume schematico.

1. Studia la pianta e la sezione e scomponi l'edificio in volumi elementari; annota per ciascuno larghezza, profondità e altezza, e la quota a cui comincia.
2. Scegli l'assonometria e la scala, in modo che il disegno stia nel foglio; traccia gli assi, la scala grafica e la dicitura del tipo.
3. Disegna l'**impronta** a terra (in planometrica la pianta ruotata; in isometria e cavaliera la pianta con il suo coefficiente).
4. Alza i volumi, cominciando da quelli più vicini all'osservatore, che nasconderanno in parte gli altri.
5. Aggiungi le coperture: tetti, volte, cupole, cuspidi.
6. Disegna i dettagli utili alla lettura (porte, finestre, colonne), ripassa gli spigoli in vista e cancella o tratteggia quelli nascosti.

5.3 Le volte in assonometria

5.3.1 La volta a botte

La **volta a botte** è una copertura curva generata da un arco a tutto sesto che scorre lungo una retta orizzontale: la sua superficie interna è un semicilindro. I Romani la usarono ovunque (vol.

1, cap. 16), e la ritroverai nelle chiese romaniche. Come per l'arco, si chiama **imposta** il livello da cui la volta parte, cioè la sommità dei muri che la sostengono; la superficie interna della volta è l'**intradosso**, quella esterna l'**estradosso**. La volta spinge verso l'esterno: per questo i muri che la reggono sono spessi.

In cavaliera, se l'asse della volta è perpendicolare al quadro (parallelo all'asse y), le due testate sono semicerchi in vera forma, che si tracciano con il compasso; la volta si completa con le generatrici di contorno, parallele all'asse y (Figura 5.1, a). In isometria, invece, le testate diventano mezze ellissi, da costruire per punti o con l'ovale isometrico, come la mezza botte del capitolo 4.

5.3.2 La volta a crociera

Se due volte a botte uguali, con lo stesso raggio e la stessa imposta, si incontrano ad angolo retto, nasce la **volta a crociera**. Copre una **campata** quadrata, cioè lo spazio compreso tra quattro sostegni, e scarica il suo peso soprattutto sui quattro angoli: i muri tra un pilastro e l'altro possono quindi essere aperti da archi, o mancare del tutto. È questa la ragione del suo successo, dalle terme romane alle cattedrali.

La Figura 5.3 mostra come si forma. Le due botti si intersecano lungo due curve, le **linee d'incrocio**; della figura che risulta si tengono le parti di ciascuna botte che stanno sopra l'altra. La volta è così divisa in quattro spicchi, le **unghie**: ciascuna appartiene a una delle due botti e parte da un lato della campata. Nelle volte romaniche e gotiche lungo le linee d'incrocio si costruiscono spesso degli archi in pietra, i **costoloni**, che le rinforzano e le rendono visibili (cap. 10 e cap. 12).

Dove stanno le linee d'incrocio? **In pianta sono le diagonali del quadrato**: un punto della linea d'incrocio appartiene a tutte e due le botti, quindi ha la stessa altezza su entrambe, e questo accade soltanto alla stessa distanza dai due assi, cioè sulle diagonali. **Nello spazio sono due semiellissi**. Ogni linea d'incrocio, infatti, sta in un piano verticale che taglia il semicilindro di una botte con un'inclinazione di 45° sul suo asse: è la sezione di un cilindro con un piano inclinato, e nel capitolo 1 hai visto che questa sezione è un'ellisse. Il suo semiasse verticale è il raggio r della botte; il semiasse orizzontale è metà della diagonale della campata, cioè $r \cdot \sqrt{2}$.

$$\text{semiassi dell'arco diagonale: } r \cdot \sqrt{2} \approx 1{,}414 \cdot r \text{ e } r$$

Lo si vede anche punto per punto (Figura 5.3, d). Un punto dell'arco laterale alla quota h sopra l'imposta dista dall'asse della campata una certa lunghezza d; il punto della linea d'incrocio alla stessa quota sta sulla diagonale, e per il teorema di Pitagora dista dal centro $d \cdot \sqrt{2}$. Tutte le distanze orizzontali vengono moltiplicate per lo stesso numero, mentre le altezze restano uguali: il semicerchio si allarga e diventa una semiellisse.

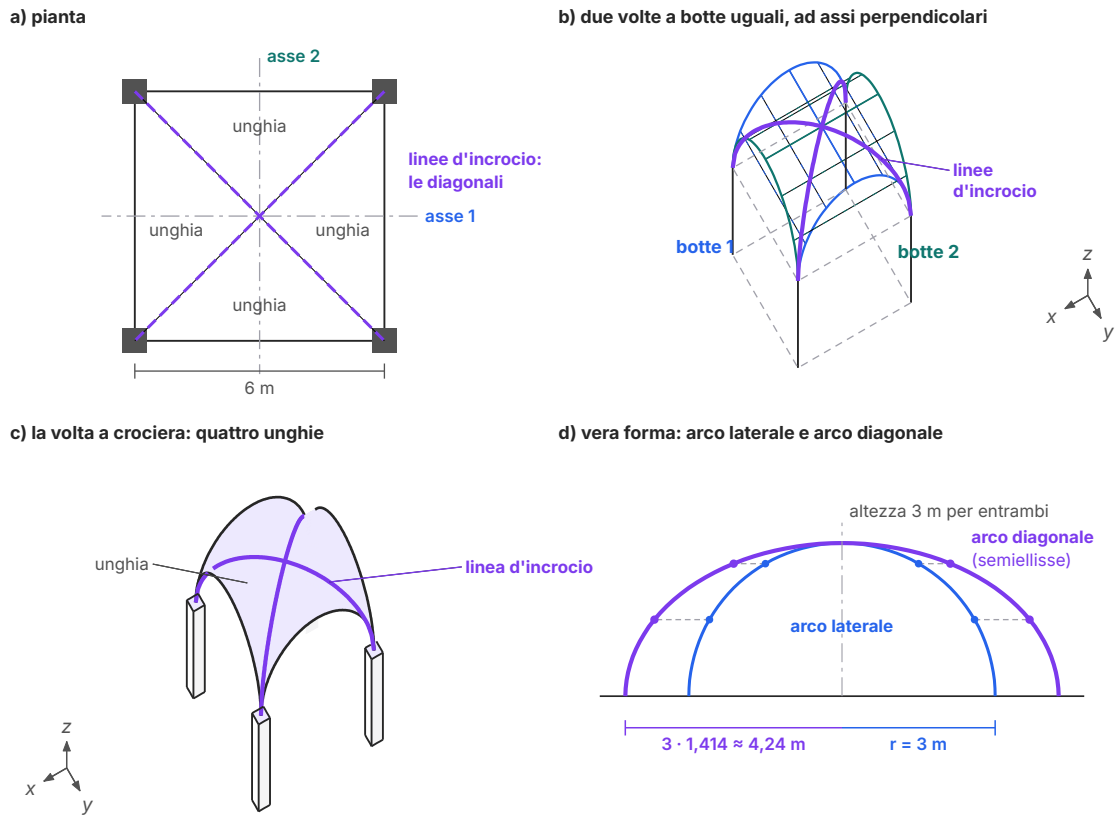


Figura 5.3 La volta a crociera su una campata quadrata di 6 m (raggio delle botti 3 m). a) Pianta: le linee d'incrocio sono le diagonali; le quattro unghie partono dai lati. b) Due volte a botte uguali, con gli assi perpendicolari, in planometrica: le linee d'incrocio sono le loro intersezioni. c) La crociera su quattro pilastri: di ogni botte restano due unghie. d) In vera forma, l'arco laterale (semicerchio di raggio 3 m) e l'arco diagonale (semiellisse di semiassi 4,24 m e 3 m): i punti alla stessa quota si corrispondono, con le distanze orizzontali moltiplicate per $\sqrt{2}$.

ESEMPIO SVOLTO

L'arco diagonale di una crociera. Una campata quadrata ha il lato di 6 m; le botti hanno raggio 3 m e l'imposta a 4 m. Quanto misurano la diagonale della campata, i semiassi dell'arco diagonale e l'altezza della chiave?

- Diagonale della campata: $6 \cdot \sqrt{2} \approx 8{,}49$ m (teorema di Pitagora: $\sqrt{(6^2 + 6^2)} = \sqrt{72}$).
- Semiassi dell'arco diagonale: orizzontale $8{,}49 : 2 \approx 4{,}24$ m, verticale 3 m (il raggio delle botti).
- Chiave: $4 + 3 = 7$ m, uguale per gli archi laterali e per le linee d'incrocio. È una proprietà della crociera a tutto sesto: la volta ha la sommità al centro, alla stessa quota delle chiavi degli archi laterali.

Per disegnare l'arco diagonale per punti, prendi sull'arco laterale alcuni punti a quote note; per ciascuno misura la distanza dall'asse, moltiplicala per $\sqrt{2}$ (o riportala con la diagonale di un quadrato costruito su di essa) e segnala sulla diagonale, alla stessa quota.

ERRORE FREQUENTE

L'arco diagonale non è un semicerchio. Disegnare le linee d'incrocio come archi di cerchio con il compasso, o come rette che salgono dagli angoli al centro, è l'errore più comune. Un semicerchio steso sulla diagonale sarebbe alto 4,24 m invece di 3 m e sporgerebbe sopra la volta. Le linee d'incrocio si costruiscono per punti; in planometrica, vista dall'alto, appaiono come curve che passano per gli angoli della campata e per la chiave.

5.3.3 Disegnare la crociera

Per disegnare una crociera in assonometria conviene la cavaliera o la planometrica. In cavaliera, con un lato della campata parallelo al quadro, gli archi frontali sono semicerchi in vera forma; gli archi laterali sono mezze ellissi, che si costruiscono con il metodo degli otto punti del capitolo 3. In planometrica la pianta della campata è in vera forma, e si costruiscono per punti tutti gli archi. In entrambi i casi:

1. disegna la pianta della campata e i quattro sostegni, alti fino all'imposta;
2. costruisci i quattro archi laterali sui lati della campata;
3. scegli alcune quote (per esempio a un terzo, a metà e a tre quarti dell'altezza della volta) e trova i punti corrispondenti sugli archi laterali e sulle diagonali;
4. unisci i punti delle diagonali con una curva continua: sono le linee d'incrocio, che si incontrano nella chiave;
5. ripassa i contorni delle unghie in vista e, se vuoi, campisci leggermente le unghie per farle leggere.

Una crociera costruita su archi a sesto acuto invece che a tutto sesto, tipica del gotico, permette campate rettangolari e chiavi più alte: la studierai nel cap. 12.

COLLEGAMENTI

Volte e geometria. La volta a crociera riunisce tre argomenti di questo volume e del primo: la sezione di un cilindro con un piano inclinato, che dà un'ellisse (cap. 1); il teorema di Pitagora, che lega il lato e la diagonale del quadrato; l'intersezione di due solidi, che nel disegno tecnico si trova proprio per punti, cercando i punti che stanno su entrambe le superfici. In storia dell'arte ritroverai le crociere nelle terme romane (vol. 1, cap. 16), nella chiesa romanica (cap. 10) e nelle cattedrali gotiche (cap. 12).

5.4 Edifici dell'antichità

5.4.1 Il tempio greco in isometria

Il tempio greco è un volume compatto e simmetrico, con il fronte e il fianco ugualmente importanti: l'isometria lo mostra in modo equilibrato. Disegniamo un tempio dorico **esastilo periptero**, cioè con sei colonne sul fronte e una fila di colonne, la peristasi, tutto intorno alla cella (vol. 1, cap. 12). Molti templi dorici del periodo classico hanno sul fianco un numero di colonne uguale al doppio di quelle del fronte più una: è il caso del Partenone, con 8 × 17 colonne, e dell'Efesteo di Atene, iniziato intorno alla metà del V secolo a.C., con 6 × 13 colonne e uno stilobate di circa 13,7 × 31,8 m. Il nostro tempio ideale ha proporzioni simili.

ESEMPIO SVOLTO

Il volume schematico del tempio (Figura 5.4). Interasse delle colonne 2,5 m; colonne di 1 m di diametro, alte 5,5 m; crepidoma di tre gradini alti 0,5 m; trabeazione alta 1,8 m; frontone alto 2 m.

- Stilobate: sul fronte ci sono 5 interassi più un margine di 0,75 m per lato, quindi $5 \cdot 2{,}5 + 2 \cdot 0{,}75 = 14$ m; sul fianco 12 interassi, $12 \cdot 2{,}5 + 1{,}5 = 31{,}5$ m.
- Colonne: 6 sul fronte e 13 sul fianco, ma le colonne d'angolo appartengono a due lati: in tutto $2 \cdot 6 + 2 \cdot 11 = 34$ colonne.
- Altezze: lo stilobate è a 1,5 m, la trabeazione comincia a $1{,}5 + 5{,}5 = 7$ m e finisce a 8,8 m, il colmo del tetto è a 10,8 m.
- Procedimento: con il metodo della scatola disegna i tre gradini come prismi sovrapposti, segna sullo stilobate i centri delle colonne, alza le colonne come cilindri (le basi sono ellissi isometriche), poi la trabeazione come un prisma continuo e il tetto come un prisma triangolare con il colmo parallelo al lato lungo. Le colonne più lontane si disegnano per ultime, solo nelle parti in vista.

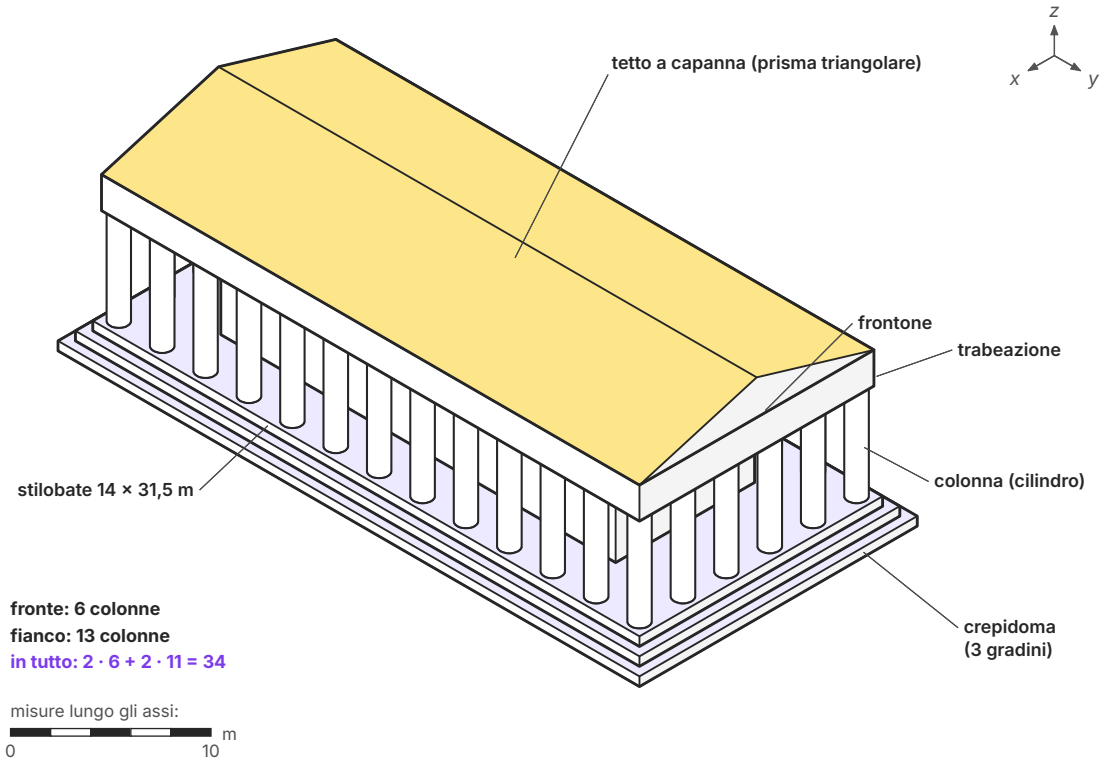


Figura 5.4 Un tempio dorico esastilo periptero in isometria convenzionale (volume schematico): stilobate 14 × 31,5 m, 6 × 13 colonne alte 5,5 m, trabeazione 1,8 m, frontone 2 m. La cella è un prisma all'interno della peristasi; i triglifi, il fregio e la rastremazione delle colonne non sono disegnati.

> **ERRORE FREQUENTE**
>
> **Contare due volte le colonne d'angolo.** Un tempio di 6 × 13 colonne non ne ha 2 · 6 + 2 · 13 = 38, ma 34: ciascuna delle quattro colonne d'angolo appartiene sia al fronte sia al fianco. Nel disegno questo errore si traduce in una colonna in più su ogni angolo. Prima di disegnare, scrivi le coordinate dei centri e controlla il conto.

Perché l'isometria e non la planometrica? In planometrica le basi delle colonne sarebbero cerchi in vera forma, più facili da disegnare con il compasso, ma il tempio sarebbe visto molto dall'alto e le colonne del fronte risulterebbero scorciate. L'isometria mostra fronte e fianco con lo stesso peso, ed è la scelta migliore per un volume che si guarda girandogli intorno.

5.4.2 Il Pantheon in spaccato

Il Pantheon di Roma, ricostruito nell'età di Adriano (vol. 1, cap. 16), è formato da tre volumi in fila: il **pronao**, il portico colonnato d'ingresso, con otto colonne sul fronte, dai fusti monolitici alti circa 11,9 m e larghi circa 1,5 m alla base; un corpo intermedio, l'**avancorpo**, che collega il portico alla rotonda; e la rotonda, un cilindro coperto da una cupola emisferica. Nel capitolo 2 hai disegnato la sua sezione: il diametro interno di circa 43,3 m è uguale all'altezza, e lo spazio contiene una sfera.

Un'assonometria esterna mostrerebbe solo un tamburo e una calotta; lo spaccato rivela invece l'idea dell'edificio (Figura 5.5). Il piano di taglio passa per l'asse della rotonda e per l'asse dell'ingresso, ed è parallelo al quadro della cavaliera: la sezione si disegna in vera forma, esattamente come nel capitolo 2, e le parti retrostanti si aggiungono in profondità.

ESEMPIO SVOLTO

Lo spaccato del Pantheon in cavaliera, passo per passo.

1. Disegna la sezione per l'asse, in vera forma: il pavimento, il muro del tamburo (spesso circa 6 m) alto fino all'imposta, a 21,65 m, la cupola con lo spessore che diminuisce verso l'oculo, l'avancorpo e il pronao tagliati a metà. Campisci tutte le parti tagliate.
2. Il pavimento della rotonda è un mezzo cerchio orizzontale di raggio 21,65 m: in cavaliera con coefficiente ½ diventa mezza ellisse, inscritta in metà di un parallelogramma di 43,3 × 21,65 m (metodo degli otto punti, cap. 3).
3. Anche l'imposta della cupola, a 21,65 m, e l'orlo dell'oculo sono mezze ellissi uguali in forma, traslate verso l'alto.
4. Il contorno esterno della cupola, visto in cavaliera, è una curva tangente alle sezioni; il tamburo si chiude con le sue generatrici di contorno.
5. Aggiungi il pronao: le colonne sono cilindri verticali, le cui basi diventano piccole ellissi.
6. Traccia la sfera inscritta come un cerchio tratteggiato nel piano della sezione: tocca il pavimento e l'oculo.

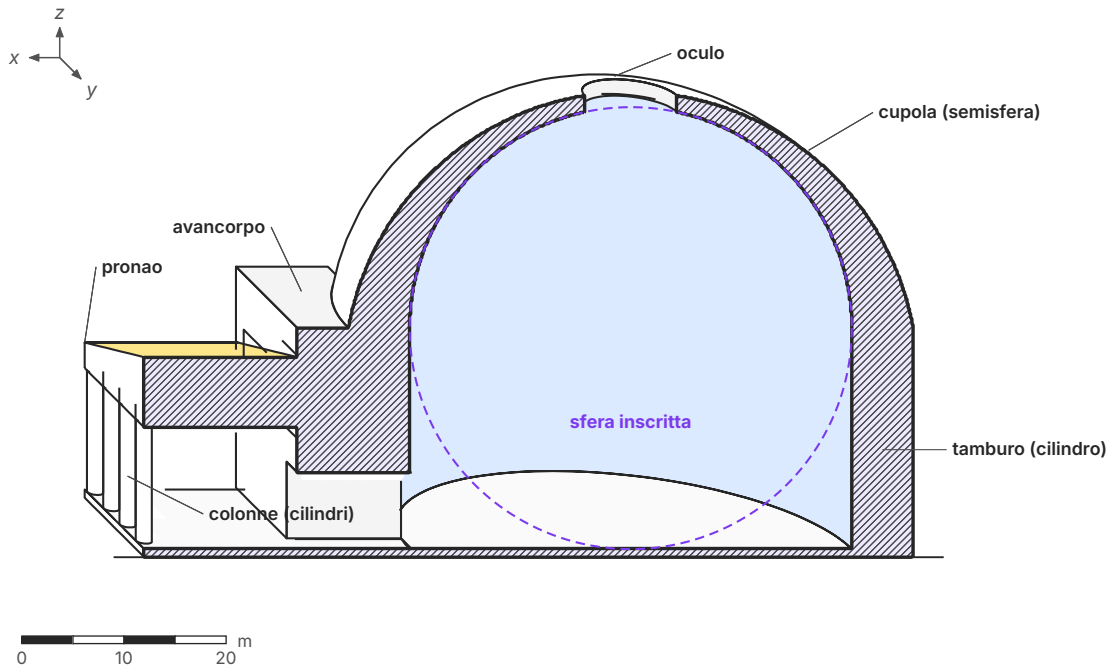


Figura 5.5 Spaccato schematico del Pantheon in cavaliera (*y* a 45°, coefficiente ½), tagliato con il piano verticale che passa per l'asse della rotonda e per l'ingresso. La sezione campita è in vera forma: rotonda di 43,3 m di diametro interno, muro di circa 6 m, oculo di circa 9 m; spessori indicativi. Del pronao sono disegnate soltanto le colonne del fronte; nicchie, gradini e colonne interne non sono disegnati.

5.5 Dalla basilica alla chiesa romanica

5.5.1 La basilica paleocristiana in planometrica

Nel capitolo 2 hai disegnato pianta e sezione trasversale di una basilica a tre navate. Con gli stessi dati si ottiene la sua planometrica (Figura 5.6): la navata centrale è larga 12 m tra gli assi delle colonne e alta 14 m, con il colmo del tetto a capanna a 18 m; le navatelle sono larghe 6 m, con i muri esterni alti 7 m e un tetto a uno spiovente che si appoggia al muro della navata a 9,6 m; la lunghezza interna è di 36 m, in nove campate di 4 m; l'abside ha 6 m di raggio interno.

Il procedimento è quello già visto per il trilite. La pianta, ridisegnata con i lati lungo gli assi a 30° e 60°, è in vera forma; da ogni spigolo si alzano le altezze; poi si aggiungono le coperture. Il risultato mostra a colpo d'occhio la **gerarchia dei volumi**: il corpo alto della navata, i due corpi più bassi delle navatelle appoggiati ai suoi fianchi, l'abside semicilindrica coperta da un tetto a semicono. Il muro della navata che emerge sopra i tetti delle navatelle è il cleristorio,

con le sue finestre: la planometrica fa capire perché la navata centrale è più luminosa delle laterali. Questo tipo di edificio sarà il protagonista del cap. 7.

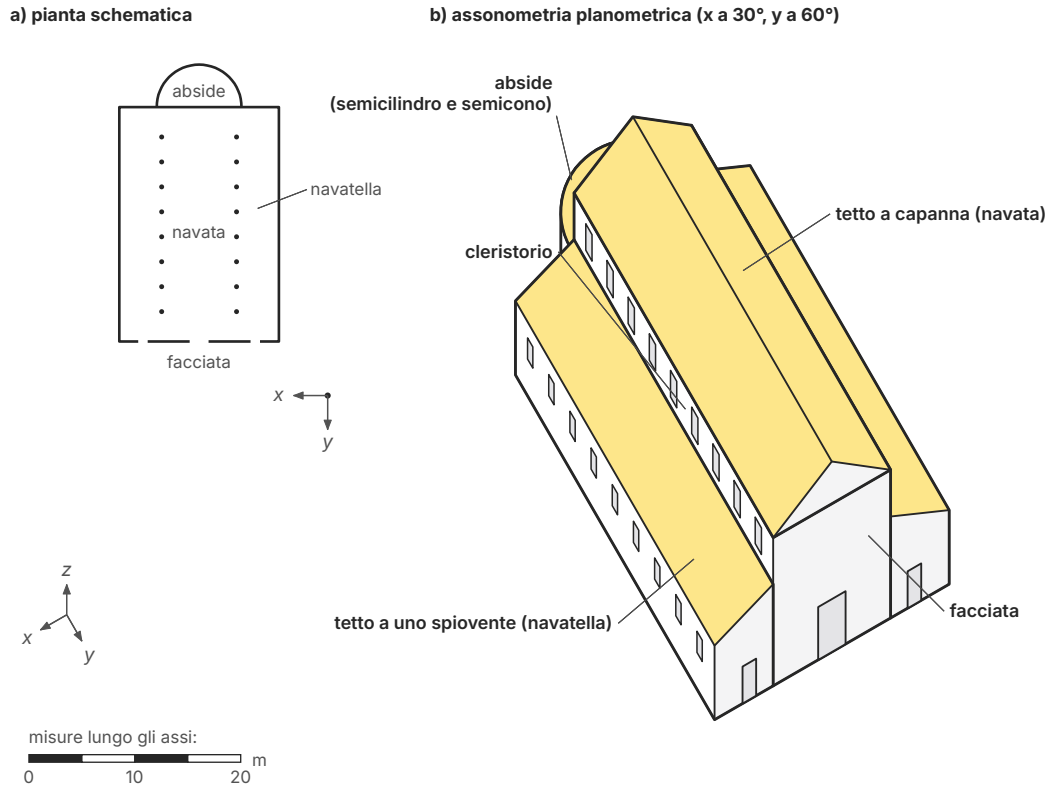


Figura 5.6 Una basilica paleocristiana a tre navate (edificio ideale, con i dati del capitolo 2). a) Pianta schematica: nove campate, tre porte in facciata, abside semicircolare. b) Planometrica con *x* a 30° e *y* a 60°, coefficienti 1 : 1 : 1, vista dal lato della facciata: navata alta 14 m con il colmo a 18 m, navatelle alte 7 m, abside con il tetto a semicono.

5.5.2 Un edificio a pianta centrale

Un edificio a **pianta centrale** è organizzato intorno a un punto anziché lungo un asse: la sua pianta è un cerchio, un quadrato, una croce greca o un poligono regolare. Nel cap. 8 studierai San Vitale a Ravenna, consacrato nel 547 o nel 548: uno spazio centrale ottagonale, alto e luminoso, circondato da un corridoio più basso, il **deambulatorio**, sormontato da una galleria, il **matroneo**. In volume, è un prisma ottagonale basso con dentro un prisma ottagonale più alto.

Per disegnarlo serve prima l'ottagono regolare (Figura 5.7, a). Il modo più comodo, per un ottagono che ha quattro lati sui lati di un quadrato, è una costruzione con il compasso: con centro in ciascun vertice *C* del quadrato e raggio uguale a metà della diagonale si traccia un arco, che

taglia i due lati che partono da quel vertice; gli otto punti di intersezione sono i vertici dell'ottagono. Gli archi passano tutti per il centro del quadrato.

ESEMPIO SVOLTO

Quanto è lungo il lato? Un quadrato ha il lato di 32 m. Il raggio degli archi è metà della diagonale: $32 \cdot \sqrt{2} : 2 \approx 22{,}63$ m. L'arco con centro in un vertice taglia ciascuno dei due lati che partono da quel vertice a 22,63 m da esso, cioè a $32 - 22{,}63 = 9{,}37$ m dall'altro vertice: in ogni angolo del quadrato si tagliano quindi due cateti di 9,37 m. Il lato dell'ottagono sul lato del quadrato è $32 - 2 \cdot 9{,}37 \approx 13{,}25$ m; il lato obliquo è l'ipotenusa di un triangolo rettangolo isoscele di cateti 9,37 m: $9{,}37 \cdot \sqrt{2} \approx 13{,}25$ m. I due valori coincidono, come deve essere in un ottagono regolare.

In generale, per un quadrato di lato L il lato dell'ottagono è $L : (1 + \sqrt{2}) \approx 0{,}414 \cdot L$.

L'ottagono così costruito ha quattro lati paralleli agli assi x e y: in isometria si disegna con il **metodo della scatola**, partendo dal rombo isometrico che rappresenta il quadrato e riportando sui suoi lati i tratti di 9,37 m dagli angoli (le lunghezze lungo gli assi si misurano direttamente, i lati obliqui no). Poi si alzano i prismi: il deambulatorio fino a 14 m, il tetto a falde fino a 17 m, il **tiburio** che racchiude lo spazio centrale fino a 26 m, e infine la copertura a piramide ottagonale.

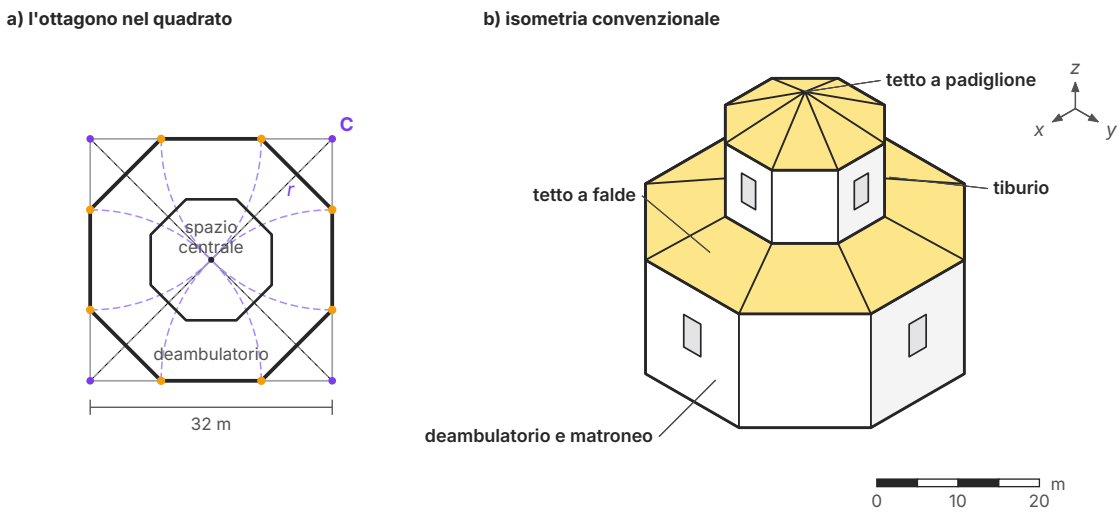


Figura 5.7 Un edificio a pianta centrale ottagonale, ispirato allo schema di San Vitale (volume schematico, misure ideali; abside e nartece non disegnati). a) L'ottagono inscritto in un quadrato di 32 m: gli archi con centro nei vertici del quadrato e raggio uguale a metà della diagonale danno gli otto vertici; l'ottagono interno è costruito allo stesso modo in un quadrato di 16 m. b) Isometria convenzionale: deambulatorio e matroneo alti 14 m, tetto a falde fino a 17 m, tiburio fino a 26 m, copertura fino a 30 m.

5.5.3 La chiesa romanica: volumi e gerarchie

La chiesa romanica che studierai nel cap. 10 ha spesso una pianta a **croce latina**: la navata, affiancata dalle navatelle, è attraversata vicino all'abside da un corpo trasversale, il **transetto**. Il quadrato in cui la navata e il transetto si incontrano si chiama **crociera** (da non confondere con la volta a crociera, anche se spesso è coperto proprio da una volta o da una cupola). Sopra la crociera si alza a volte una torre che racchiude la cupola, il **tiburio**, spesso ottagonale; accanto alla chiesa sorge il campanile, una torre a pianta quadrata.

La Figura 5.8 mostra il volume schematico di una chiesa di questo tipo in planometrica, guardata dal lato dell'abside: da qui si leggono bene la gerarchia e l'incastro dei volumi. Ogni elemento è un solido dell'alfabeto della Figura 5.2: l'abside è un semicilindro con un tetto a semicono, il transetto e la navata sono prismi con tetti a capanna, le navatelle hanno tetti a uno spiovente, il tiburio è un prisma ottagonale con una copertura piramidale, il campanile un prisma a base quadrata con la cuspide. Dall'altro lato, non visibile nella figura, la facciata può essere **a capanna**, con un unico profilo triangolare, oppure **a salienti**, con il profilo che segue le altezze diverse della navata e delle navatelle.

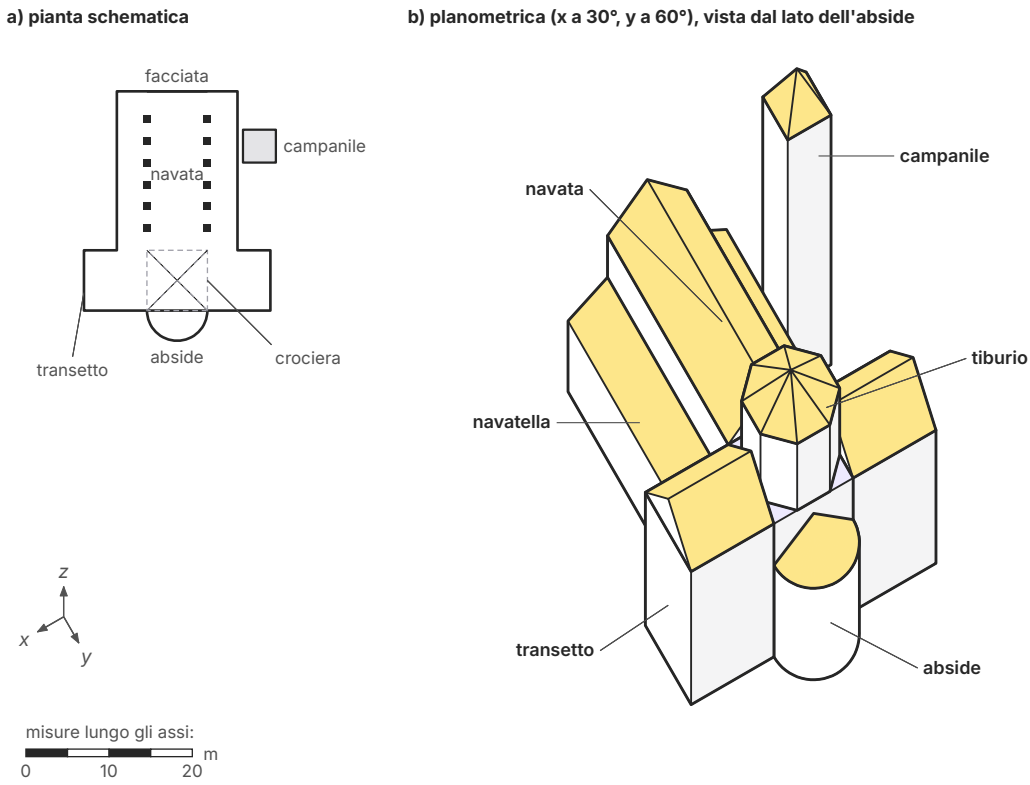


Figura 5.8 Una chiesa romanica a croce latina (volume schematico, misure ideali). a) Pianta schematica: navata larga 11 m e lunga 29 m, navatelle di 5,5 m, transetto di 34 × 11 m, crociera quadrata di 11 m, abside di 5,5 m di raggio, campanile di 6 × 6 m. b) Planometrica (*x* a 30°, *y* a 60°, coefficienti 1 : 1 : 1) vista dal lato dell'abside: navata e transetto alti 16 m con il colmo a 20 m, navatelle alte 8,5 m, tiburio ottagonale alto 8 m sopra la crociera, campanile alto 30 m più la cuspide.

Una vista dal basso dello stesso edificio, tagliato a 1,5 m da terra, mostrerebbe invece la pianta con i pilastri e, sopra, le volte delle navatelle e la cupola sotto il tiburio: è il modo migliore per capire come una chiesa romanica è costruita, ed è l'argomento del cap. 10.

COLLEGAMENTI

Disegno, storia e matematica. I volumi di questo capitolo sono la base dei modelli con cui gli storici e i restauratori studiano gli edifici: prima di ricostruire una decorazione bisogna conoscere il volume che la contiene. In matematica, le misure dell'ottagono e della crociera usano il teorema di Pitagora e il numero $\sqrt{2}$, che non si può scrivere come frazione: il lato dell'ottagono e la diagonale della campata sono quindi sempre arrotondati. In storia dell'arte, il tempio, il Pantheon, la basilica, San Vitale e la chiesa romanica sono le tappe di una storia della copertura degli spazi che continuerà con le cattedrali gotiche (cap. 12).

SINTESI

- Un edificio si legge per volumi: muri e pilastri sono prismi, le colonne cilindri, i tetti a capanna prismi triangolari, le volte a botte semicilindri, le absidi semicilindri con il catino, le cupole semisfere.
- Un'assonometria di architettura dichiara tipo, coefficienti e scala grafica; i disegni semplificati si chiamano volumi schematici.
- Lo spaccato assonometrico unisce sezione e assonometria; l'esploso stacca le parti lungo una direzione; la vista dal basso mostra la pianta tagliata, speculare, e sopra di essa le volte.
- In cavaliera una sezione frontale è in vera forma; in planometrica lo è la pianta, anche nella vista dal basso.
- La planometrica conviene agli edifici letti dalla pianta, l'isometria ai volumi compatti, la cavaliera alle facciate e agli spaccati frontali.
- La volta a botte è un semicilindro; imposta, intradosso ed estradosso ne descrivono la posizione e le superfici.
- La volta a crociera nasce dall'incontro di due botti uguali ad assi perpendicolari: quattro unghie, due linee d'incrocio che in pianta sono le diagonali e nello spazio semiellissi di semiassi $r \cdot \sqrt{2}$ e r.
- In un tempio periptero le colonne d'angolo appartengono a due lati: 6×13 colonne sono 34 in tutto.
- Lo spaccato del Pantheon in cavaliera ha la sezione in vera forma e i cerchi orizzontali come mezze ellissi.
- L'ottagono regolare in un quadrato si costruisce con archi centrati nei vertici e raggio uguale a metà della diagonale; il suo lato è circa 0,414 volte il lato del quadrato.
- Basilica, edificio a pianta centrale e chiesa romanica si disegnano in planometrica o in isometria partendo dalla pianta e alzando i volumi, dal più vicino al più lontano.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● Lo spaccato assonometrico è:
   - **A.** un'assonometria dell'edificio tagliato, che mostra insieme la sezione e l'interno
   - **B.** un'assonometria con le parti dell'edificio allontanate lungo l'asse z
   - **C.** una sezione disegnata in prospettiva
   - **D.** un'assonometria con il coefficiente ridotto sull'asse z

2. ● In una vista dal basso disegnata in planometrica, la pianta tagliata appare:
   - **A.** deformata in un rombo
   - **B.** ridotta a metà
   - **C.** invisibile, perché nascosta dalle volte
   - **D.** in vera forma, ma speculare

3. ● In cavaliera, la sezione di un edificio con un piano parallelo al piano xz appare:
   - **A.** scorciata di metà
   - **B.** in vera forma
   - **C.** come un'ellisse
   - **D.** solo se l'edificio è simmetrico

4. ● La volta a crociera si forma:
   - **A.** facendo ruotare un arco intorno a un asse verticale
   - **B.** sovrapponendo due volte a botte parallele
   - **C.** dall'incontro di due volte a botte uguali con gli assi perpendicolari
   - **D.** tagliando una cupola con quattro piani verticali

5. ● In pianta, le linee d'incrocio di una volta a crociera su una campata quadrata sono:
   - **A.** le diagonali del quadrato
   - **B.** i lati del quadrato
   - **C.** due cerchi
   - **D.** le mediane del quadrato

6. ● Su una campata quadrata di lato $2r$, l'arco diagonale di una crociera a tutto sesto è:
   - **A.** un semicerchio di raggio $r \cdot \sqrt{2}$
   - **B.** una semiellisse di semiassi $r \cdot \sqrt{2}$ e r
   - **C.** una semiellisse di semiassi $2r$ e r
   - **D.** un arco a sesto acuto

7. ● Un tempio esastilo periptero con 13 colonne su ogni fianco ha in tutto:
   - **A.** 38 colonne
   - **B.** 36 colonne
   - **C.** 32 colonne
   - **D.** 34 colonne

8. ● Per disegnare una basilica partendo dalla sua pianta, l'assonometria più comoda è:
   - **A.** la planometrica
   - **B.** la cavaliera con coefficiente 1
   - **C.** l'isometria teorica
   - **D.** la dimetria

9. ● Il tiburio è:
   - **A.** il corpo trasversale di una chiesa a croce latina
   - **B.** il portico colonnato davanti a un tempio
   - **C.** la torre, spesso ottagonale, che racchiude la cupola sopra la crociera
   - **D.** la copertura semisferica dell'abside

Lessico e norme

10. ● Completa. Un disegno che mostra le parti di un edificio staccate e allontanate lungo una direzione si chiama _____ ; un'assonometria in cui l'osservatore guarda l'edificio da sotto si chiama _____ ; un'assonometria che toglie una parte dell'edificio per mostrarne l'interno si chiama _____ .

11. ● Vero o falso? Correggi le affermazioni false. a) In planometrica le altezze si disegnano in verticale. b) In isometria la sezione frontale di un edificio è in vera forma. c) In una vista dal basso la volta si vede dalla parte dell'estradosso. d) Una scala grafica in un'assonometria vale soltanto lungo gli assi.

12. ● Abbina a ogni elemento il solido che lo rappresenta in un volume schematico. Elementi: a) colonna; b) tetto a capanna; c) catino absidale; d) tiburio; e) cuspide di un campanile. Solidi: 1) piramide; 2) quarto di sfera; 3) cilindro; 4) prisma ottagonale; 5) prisma triangolare.

13. ● Completa. Il livello da cui parte una volta si chiama _____ ; la superficie interna della volta è l' _____ , quella esterna l' _____ . Lo spazio coperto da una volta a crociera, compreso tra quattro sostegni, è una _____ .

14. ● Spiega con parole tue la differenza tra: a) unghia e linea d'incrocio; b) linea d'incrocio e costolone; c) crociera (di una chiesa) e volta a crociera.

15. ● Vero o falso? Correggi le affermazioni false. a) Un volume schematico deve riprodurre tutti i dettagli decorativi dell'edificio. b) Nel pronao del Pantheon ci sono otto colonne sul fronte. c) Il deambulatorio di un edificio a pianta centrale è il corridoio che gira intorno allo spazio centrale. d) Il transetto è il corpo longitudinale di una chiesa.

Costruire

Per le tavole usa un foglio A4 squadrato (area utile 190 × 277 mm). Le misure degli edifici sono in metri; la scala indicata le trasforma in millimetri. Le coordinate sono $(x; y; z)$, con x lungo la larghezza, y in profondità, z in altezza.

16. ● **Trilite.** Foglio A4 verticale, isometria convenzionale, scala 1:50, O a 95 mm dal bordo sinistro e a 200 mm dal bordo superiore della cornice. Disegna il trilite dell'esempio svolto: piedritti di 1,0 × 1,5 × 3,0 m da $x = 0{,}5$ m a 1,5 m e da 3,5 m a 4,5 m, architrave di 5,0 × 1,5 × 1,0 m da $z = 3{,}0$ m a 4,0 m. Indica le dimensioni in millimetri della scatola circoscritta.

17. ● **Abside.** In isometria convenzionale disegna un'abside schematica: semicilindro di raggio 30 mm e altezza 50 mm, con l'asse verticale e la faccia piana parallela al piano yz, coperto da un quarto di sfera dello stesso raggio. Costruisci per punti la mezza ellisse di base e quella dell'imposta del catino. Quanto misurano gli assi dell'ellisse intera da cui prendi la metà?

18. ● **Stanza a botte in spaccato.** Foglio A4 orizzontale, cavaliera con y a 45° e coefficiente ½, scala 1:100. Un ambiente ha l'interno di 6 m (x) × 8 m (y), muri spessi 0,6 m alti 4 m e una volta a botte con l'asse parallelo a y, raggio interno 3 m, spessore 0,6 m. Disegna lo spaccato con un piano frontale a metà profondità, con la sezione campita. Quanto misurano sul disegno la larghezza e l'altezza totali della sezione, e di quanto sono spostati in diagonale gli spigoli della parete di fondo?

19. ● **Arco diagonale per punti.** Disegna in vera forma l'arco laterale di una crociera di raggio 40 mm e, sulla stessa linea d'imposta, l'arco diagonale. Trova i punti dell'arco diagonale alle quote 10, 20, 30 e 40 mm, riportando le distanze dall'asse moltiplicate per $\sqrt{2}$ con una costruzione grafica (la diagonale di un quadrato). Scrivi le distanze ottenute.

20. ●● **Volta a crociera in cavaliera.** Foglio A4 verticale, cavaliera con y a 45° e coefficiente ½, scala 1:50. Campata quadrata di 3 m di lato su quattro pilastri di 0,4 × 0,4 m alti 2 m; botti di raggio 1,5 m. Disegna i due archi frontali (semicerchi), i due archi laterali (mezze ellissi con il metodo degli otto punti) e le due linee d'incrocio per punti. Quanto misura sul disegno la chiave sopra il pavimento?

21. ●● **Tempio in isometria.** Foglio A4 orizzontale, isometria convenzionale, scala 1:250. Disegna il tempio della Figura 5.4: stilobate 14 × 31,5 m con il lato lungo lungo l'asse y, tre gradini di 0,5 m che sporgono di 0,5 m l'uno dall'altro, 6 × 13 colonne di 1 m di diametro alte 5,5 m con interasse 2,5 m, trabeazione 1,8 m, frontone 2 m. Calcola in millimetri le dimensioni dello stilobate e l'altezza del colmo sul disegno.

22. ●● **Basilica in planometrica.** Foglio A4 verticale, planometrica con x a 30° e y a 60°, coefficienti 1 : 1 : 1, scala 1:400. Disegna la basilica della Figura 5.6, con il lato lungo lungo l'asse y: corpo esterno di 25,6 × 36,8 m (muri compresi), navata larga 12,8 m all'esterno, muri della navata alti 14 m, colmo a 18 m, navatelle con i muri alti 7 m e il tetto appoggiato a 9,6 m, abside di 6,8 m di raggio esterno alta 9 m con il tetto a semicono fino a 12 m. Scrivi le misure in millimetri sul disegno.

23. ●● **Ottagono nel quadrato.** Costruisci un quadrato di lato 80 mm e, con quattro archi centrati nei suoi vertici, l'ottagono regolare inscritto. Misura il lato dell'ottagono e la distanza di ogni suo vertice dall'angolo più vicino del quadrato; confronta le misure con i valori calcolati.

24. ●●● **Edificio ottagonale in isometria.** Foglio A4 verticale, isometria convenzionale, scala 1:400. Disegna l'edificio della Figura 5.7: ottagono esterno inscritto in un quadrato di 32 m, prisma alto 14 m; tetto a falde fino all'ottagono interno (quadrato di 16 m) alla quota 17 m; tiburio fino a 26 m; copertura a piramide con il vertice a 30 m. Usa il metodo della scatola e indica le misure sul disegno.

25. ●●● **Pantheon in spaccato.** Foglio A4 orizzontale, cavaliera con y a 45° e coefficiente ½, scala 1:500. Disegna lo spaccato schematico del Pantheon con questi dati: diametro interno 43,3 m, muro 6 m, imposta della cupola a 21,65 m, cupola spessa 6 m all'imposta e 1,5 m all'oculo, oculo di 9 m, pronao profondo 15 m con colonne dai fusti alti 11,9 m e larghi 1,5 m (basi e capitelli trascurati). Indica le misure sul disegno della mezza ellisse del pavimento.

26. ●●● **Chiesa romanica in planometrica.** Foglio A4 verticale, planometrica con x a 30° e y a 60°, scala 1:500. Disegna la chiesa della Figura 5.8 vista dal lato della facciata: navata larga 11 m, navatelle 5,5 m, corpo longitudinale lungo 29 m, transetto di 34 × 11 m, absidi di 5,5 m di raggio, altezze come nella didascalia, cuspide del campanile alta 4,5 m. Riporta in millimetri la larghezza del transetto e l'altezza del campanile con la cuspide.

Leggere il disegno

27. ●● Osserva la Figura 5.1. a) Perché nella cavaliera (b) la sezione è un semicerchio e non una mezza ellisse? b) Quali parti, nella vista dal basso (c), sono tagliate e quali sono soltanto viste? c) Perché la porta, che nella pianta vista dall'alto starebbe da una parte, nella vista dal basso sembra dall'altra?

28. ●● Osserva la Figura 5.3, d. Misura con un righello, sul disegno, la distanza dall'asse di un punto dell'arco laterale e del punto corrispondente dell'arco diagonale; calcola il loro rapporto. Che valore ti aspetti?

29. ● Osserva la Figura 5.4. Conta le colonne del fronte e del fianco in vista e verifica con il calcolo il totale delle colonne del tempio. Usando la scala grafica, verifica la lunghezza dello stilobate. Perché non puoi misurare allo stesso modo la diagonale dello stilobate?

30. ●● Osserva la Figura 5.8. Elenca i volumi che compongono la chiesa e, per ciascuno, il solido corrispondente. Con la scala grafica misura l'altezza del campanile fino all'inizio della cuspide: perché in planometrica la puoi misurare direttamente?

31. ●● Trova gli errori. Uno studente ha disegnato in planometrica una chiesa con queste scelte: a) ha disegnato la pianta ridotta della metà lungo l'asse y; b) ha disegnato i semicerchi dell'abside in pianta come ellissi; c) ha tracciato le linee d'incrocio di una crociera come archi di cerchio con il compasso. Spiega ogni errore.

Verso la verifica

32. ●●● Devi presentare in un solo disegno tre edifici: un portale romanico con un arco a tutto sesto, un chiostro quadrato con un porticato su quattro lati, un battistero ottagonale. Per ciascuno scegli l'assonometria (cavaliera, planometrica o isometria) e giustifica la scelta; fai poi uno schizzo a mano libera di uno dei tre.

33. ●●● Spaccato di una basilica. Con i dati della basilica del capitolo 2 (navata 12 m tra gli assi delle colonne, navatelle 6 m, campate di 4 m, muri spessi 0,8 m, navatelle alte 7 m, muro della navata alto 14 m, colmo a 18 m), disegna in cavaliera (y a 45°, coefficiente ½, scala 1:400) uno spaccato con il piano di taglio trasversale, a metà di una campata, e le due campate che stanno dietro. Che cosa è in vera forma?

34. ●●● Confronta la volta a botte e la volta a crociera che coprono la stessa campata quadrata di 6 m con l'imposta a 4 m: forma in pianta delle linee notevoli, altezza della chiave, appoggi necessari, possibilità di aprire finestre nei muri laterali. Rispondi in 10–15 righe, aiutandoti con due schizzi assonometrici.

PER APPROFONDIRE

- [CHO] A. Choisy, *Histoire de l'architecture*: cerca nelle tavole le viste dal basso degli edifici antichi e medievali, e confrontale con gli spaccati di questo capitolo.
- [KRA] R. Krautheimer, *Architettura paleocristiana e bizantina*: le piante e le ricostruzioni delle basiliche e degli edifici a pianta centrale che hai disegnato in volume in questo capitolo.
- [ISO] UNI EN ISO 5456-3: la norma delle assonometrie usate nei disegni tecnici, compresi quelli di architettura.

Glossario del capitolo

Campata
Porzione di spazio compresa tra quattro sostegni e coperta da una volta.

Catino absidale
Copertura a quarto di sfera di un'abside semicircolare.

Costolone
Arco, di solito in pietra, costruito lungo una linea d'incrocio di una volta a crociera.

Deambulatorio
Corridoio che gira intorno allo spazio centrale di un edificio o all'abside di una chiesa.

Esploso
Disegno in cui le parti di un oggetto o di un edificio sono staccate e allontanate lungo una direzione, restando allineate.

Estradosso
Superficie esterna, superiore, di un arco o di una volta.

Imposta
Livello da cui parte un arco o una volta, alla sommità dei sostegni.

Intradosso
Superficie interna, inferiore, di un arco o di una volta.

Lettura volumetrica
Analisi di un edificio come composizione di volumi riconducibili a solidi geometrici.

Linea d'incrocio
Curva in cui si intersecano le due botti di una volta a crociera: in pianta è una diagonale della campata, nello spazio una semiellisse.

Matroneo
Galleria al piano superiore, sopra le navatelle o il deambulatorio, aperta verso lo spazio centrale.

Pronao
Portico colonnato davanti all'ingresso di un tempio o di un edificio come il Pantheon.

Spaccato assonometrico
Assonometria di un edificio tagliato da uno o più piani, che mostra insieme la sezione e l'interno.

Tiburio
Torre, spesso ottagonale, che racchiude la cupola sopra la crociera di una chiesa.

Transetto
Corpo trasversale di una chiesa a croce, che attraversa la navata vicino all'abside.

Unghia
Ciascuno dei quattro spicchi di una volta a crociera, compreso tra un lato della campata e due linee d'incrocio.

Vista dal basso
Assonometria in cui l'edificio, tagliato da un piano orizzontale, è visto da sotto: la pianta appare speculare e sopra di essa si vedono pareti e volte.

Volta a botte
Copertura generata da un arco che scorre lungo una retta orizzontale; con l'arco a tutto sesto ha l'intradosso semicilindrico.

Volta a crociera
Volta formata dall'incontro di due volte a botte uguali con gli assi perpendicolari; copre una campata e scarica sui quattro angoli.

Volume schematico
Disegno di un edificio ridotto ai suoi volumi principali, con misure semplificate ma proporzioni e struttura corrette.

Soluzioni

1. A. Lo spaccato toglie la parte davanti al piano di taglio; la B descrive l'esploso.

2. D. La planometrica ha il quadro parallelo al piano orizzontale: la pianta è in vera forma; vista da sotto, è speculare.

3. B. Il piano di taglio è parallelo al quadro della cavaliera.

4. C. Le due botti uguali si intersecano lungo le linee d'incrocio.

5. A. Solo sulle diagonali i punti hanno la stessa distanza dai due assi, e quindi la stessa altezza sulle due botti.

6. B. È la sezione di un cilindro con un piano inclinato a 45° sull'asse: semiasse orizzontale metà della diagonale, $r \cdot \sqrt{2}$; semiasse verticale r.

7. D. $2 \cdot 6 + 2 \cdot 11 = 34$: le colonne d'angolo appartengono a due lati.

8. A. In planometrica la pianta è in vera forma e le altezze si alzano in verticale.

9. C. Il tiburio sta sopra la crociera e racchiude la cupola.

10. Esploso; vista dal basso; spaccato assonometrico.

11. a) Vero. b) Falso: in isometria nessuna faccia è in vera forma; la sezione frontale è in vera forma in cavaliera. c) Falso: si vede l'intradosso, cioè la superficie interna. d) Vero: in direzioni oblique le lunghezze non si misurano.

12. a–3; b–5; c–2; d–4; e–1.

13. Imposta; intradosso; estradosso; campata.

14. Traccia di risposta: a) l'unghia è uno dei quattro spicchi della volta, la linea d'incrocio è la curva in cui due unghie si incontrano; b) la linea d'incrocio è una linea geometrica, il costolone è un arco in pietra costruito lungo di essa; c) la crociera è il quadrato in cui la navata incontra il transetto, la volta a crociera è un tipo di copertura (che può coprire anche la crociera).

15. a) Falso: un volume schematico semplifica i dettagli e mantiene proporzioni e struttura. b) Vero. c) Vero. d) Falso: il transetto è il corpo trasversale; quello longitudinale è formato da navata e navatelle.

16. Scala 1:50: 1 m = 20 mm. Piedritti 20 × 30 × 60 mm, da x = 10 a 30 mm e da 70 a 90 mm; architrave 100 × 30 × 20 mm, da z = 60 a 80 mm. Scatola circoscritta 100 × 30 × 80 mm. Attraverso la luce si vede la faccia interna del piedritto più vicino a O (a destra nel disegno).

17. La base è un semicerchio orizzontale di raggio 30 mm: in isometria convenzionale è mezza ellisse, metà dell'ellisse inscritta nel rombo di lato 60 mm. Asse maggiore $60 \cdot \sqrt{(3/2)} \approx 73{,}5$ mm, asse minore $60 : \sqrt{2} \approx 42{,}4$ mm (valori di controllo: l'ellisse si costruisce per punti). La mezza ellisse dell'imposta è uguale, traslata di 50 mm in verticale. La faccia piana del catino è un mezzo cerchio verticale di raggio 30 mm, che in isometria diventa una mezza ellisse con gli stessi assi ma inclinata; il contorno del quarto di sfera è un arco del cerchio di contorno della sfera.

18. Scala 1:100: 1 m = 10 mm. La sezione è larga $6 + 2 \cdot 0{,}6 = 7{,}2$ m → 72 mm; alta $4 + 3 + 0{,}6 = 7{,}6$ m → 76 mm. La parete di fondo dista dal taglio 4 m: con coefficiente ½ diventano 20 mm lungo la direzione a 45°, verso l'alto a sinistra (in profondità). In orizzontale e in verticale lo spostamento vale $20 : \sqrt{2} \approx 14{,}1$ mm (teorema di Pitagora), ma nella costruzione basta riportare i 20 mm lungo la retta a 45°.

19. Raggio 40 mm: semiassi dell'arco diagonale $40 \cdot \sqrt{2} \approx 56{,}6$ mm e 40 mm. Distanze dall'asse sull'arco laterale e sull'arco diagonale: quota 10 mm → 38,7 e 54,8 mm; quota 20 mm → 34,6 e 49,0 mm; quota 30

mm → 26,5 e 37,4 mm; quota 40 mm → 0 e 0 (la chiave).

20. Scala 1:50: 1 m = 20 mm. Campata 60 × 60 mm (in profondità 30 mm sul disegno), pilastri 8 × 8 mm alti 40 mm, raggio delle botti 30 mm. Chiave a 2 + 1,5 = 3,5 m → 70 mm sopra il pavimento, misurati in verticale. Gli archi frontali sono semicerchi di raggio 30 mm; i laterali sono mezze ellissi inscritte in un parallelogramma con la base di 30 mm a 45° (i 60 mm di profondità ridotti della metà) e l'altezza di 30 mm.

21. Scala 1:250: 1 m = 4 mm. Stilobate 56 × 126 mm; interasse 10 mm, colonne di 4 mm di diametro alte 22 mm; gradini alti 2 mm, il più basso sporge di 4 mm per lato (crepidoma 64 × 134 mm); trabeazione 7,2 mm; frontone 8 mm. Colmo a 10,8 m → 43,2 mm sopra il terreno. Ingombro orizzontale del disegno (64 + 134) · 0,866 ≈ 171 mm: sta nel foglio orizzontale.

22. Scala 1:400: 1 m = 2,5 mm. Corpo 64 × 92 mm; navata 32 mm all'esterno; altezze: navatelle 17,5 mm, appoggio del tetto 24 mm, muro della navata 35 mm, colmo 45 mm, abside 22,5 mm e tetto fino a 30 mm; raggio dell'abside 17 mm (in planometrica il semicerchio in pianta resta un semicerchio). Ingombro circa 110 mm in larghezza e 171 mm in altezza.

23. Lato dell'ottagono 80 : (1 + √2) ≈ 33,1 mm; distanza di ogni vertice dall'angolo più vicino 80 : (2 + √2) ≈ 23,4 mm (cioè 80 − 40 · √2 ≈ 23,4 mm). Le misure sul disegno devono coincidere entro ± 0,5 mm.

24. Scala 1:400: 1 m = 2,5 mm. Quadrato esterno 80 mm, tratti tagliati dagli angoli 23,4 mm (9,37 m), lato dell'ottagono 33,1 mm; quadrato interno 40 mm, tratti 11,7 mm, lato 16,6 mm. Quote: 35 mm (14 m), 42,5 mm (17 m), 65 mm (26 m), 75 mm (30 m). Il rombo esterno ha una diagonale orizzontale di 80 · 2 · 0,866 ≈ 138,6 mm.

25. Scala 1:500: 1 m = 2 mm. Diametro interno 86,6 mm, raggio 43,3 mm; muro 12 mm; imposta a 43,3 mm; spessore della cupola 12 mm alla base e 3 mm all'oculo; oculo 18 mm; pronao profondo 30 mm, fusti alti 23,8 mm e larghi 3 mm. Il pavimento è mezza ellisse inscritta in metà di un parallelogramma di 86,6 × 43,3 mm (lati obliqui a 45° lunghi 21,65 mm); il cerchio esterno del tamburo in un parallelogramma di 110,6 × 55,3 mm.

26. Scala 1:500: 1 m = 2 mm. Navata 22 mm, navatelle 11 mm, corpo longitudinale 58 mm, transetto 68 × 22 mm, abside di raggio 11 mm; altezze 32 mm (16 m), colmo 40 mm (20 m), navatelle 17 mm; campanile 12 × 12 mm, alto 60 mm più 9 mm di cuspide = 69 mm. Ingombro circa 104 mm in larghezza e 182 mm in altezza.

27. a) Il piano di taglio è parallelo al quadro della cavaliera, quindi la sezione è in vera forma. b) È tagliata la pianta (i muri, campiti) alla quota di 1,5 m; sono viste le pareti, la volta e la porta. c) Perché la pianta è vista da sotto: è speculare rispetto a quella vista dall'alto.

28. Il rapporto è circa 1,41, cioè √2: le distanze orizzontali dell'arco diagonale sono quelle dell'arco laterale moltiplicate per √2. Una misura sul disegno tra 1,38 e 1,44 è accettabile.

29. In vista ci sono le 6 colonne del fronte e le 13 del fianco, con la colonna d'angolo in comune: 18 colonne. Il totale è 2 · 6 + 2 · 11 = 34. Lo stilobate misura sulla scala 31,5 m sul fianco e 14 m sul fronte. La diagonale non è parallela a un asse: in isometria la sua lunghezza disegnata non è quella vera.

30. Abside: semicilindro con tetto a semicono; transetto e navata: prismi con tetti a capanna (prismi triangolari); navatelle: prismi con tetto a uno spiovente; tiburio: prisma ottagonale con copertura piramidale; campanile: prisma quadrato con cuspide piramidale. Altezza del campanile ≈ 30 m: in planometrica il coefficiente di z è 1 e le verticali non sono scorciate.

31. a) In planometrica i coefficienti sono 1 : 1 : 1, la pianta non si riduce. b) In planometrica la pianta è in vera forma: i cerchi orizzontali restano cerchi. c) Le linee d'incrocio sono semiellissi e si costruiscono per punti.

32. Traccia di risposta: portale → cavaliera (l'arco frontale resta un semicerchio); chiostro → planometrica (conta la pianta, i portici si alzano dalla pianta); battistero ottagonale → isometria (volume com-

patto, otto facce ugualmente importanti) o planometrica se interessa la pianta.

33. Traccia di risposta: il piano di taglio è frontale e la sezione trasversale del capitolo 2 è in vera forma (navatelle 7 m, navata 14 m, colmo 18 m, larghezza 25,6 m con i muri → 64 mm in scala 1:400). Le due campate retrostanti, 8 m, si riportano in profondità con coefficiente ½: 4 m → 10 mm sul disegno lungo la direzione a 45°. Si vedono le colonne, gli archi e le finestre del cleristorio.

34. Traccia di risposta: la botte ha in pianta due generatrici d'imposta lungo due lati e la chiave lungo l'asse; la crociera ha le linee d'incrocio sulle diagonali. Chiave a 7 m in entrambi i casi. La botte richiede due muri continui; la crociera scarica sui quattro angoli e permette di aprire archi e finestre nei lati. Per questo la crociera, ripetuta in più campate, consente navate ritmate e illuminate (cap. 10 e cap. 12).