



RIVISTA DI DISEGNO
UNIVERSITÀ DEGLI
STUDI DI FIRENZE

VOL. 2 | N. 3 | 2025
MODELLI, FORME E GEOMETRIE
MODELS, SHAPES AND GEOMETRIES

Citation: B. Aterini, *Aterino Aterini. La geometria per l'architettura*, in *TRIBELON*, II, 2025, 3, pp. 80-87.

ISSN (stampa): 3035-143X

ISSN (online): 3035-1421

doi: <https://doi.org/10.36253/tribelon-3247>

Received: March, 2025

Accepted: April, 2025

Published: June, 2025

Copyright: 2025 Aterini B., this is an open access peer-reviewed article published by Firenze University Press (<http://www.riviste.fupress.net/index.php/tribelon>) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

Competing Interests: The Author(s) declare(s) no conflict of interest.

Journal Website: riviste.fupress.net/tribelon

ATERINO ATERINI. LA GEOMETRIA PER L'ARCHITETTURA

Aterino Aterino. The Geometry for the Architecture

BARBARA ATERINI

University of Florence
barbara.aterini@unifi.it

Aterino Aterini (1921-2022) after his master's studies and some years spent as an elementary school teacher, he graduated from the art high school and obtained a degree in architecture in Florence. He joined Nello Baroni's studio and carried out an intense professional activity. In 1958 he became a professor at the University of Florence obtaining the chair of descriptive geometry, reaching retirement in 1991. From the beginning of his academic career he worked to make accessible to architects a subject that until then was considered the prerogative of mathematicians. He carried out original research in the field of projective geometry, in particular on homologies, seeking the biunivocal correspondence between real objects and their representation, defining basic concepts that still today regulate drawing as well as the survey of architecture. A scholar of architectural space and its representation, he solves for the first time the metric and perpendicularity problems in the axonometric method, which gave rise to the publication "Perpendicularity in axonometry", an important work that has brought a new piece to the study of Axonometry. This is followed by 'Metric problems in Axonometry'. His research also focuses on the geometric construction of architectural structures, in this sense he addresses the relationships between Geometry and Structures, a theme to which he dedicates himself with passion and continues with the study of specific problems of the Geometry of Reticular Domes, exemplified in the monograph "On the geometry of reticular domes". In his work he has always privileged and explored the theme of possible interactions between the rigor of the discipline itself and the more general experiences in the field of architecture.

Keywords: Projective Geometry, Descriptive Geometry, Homology, Axonometry, Reticular Domes Modelling, Cognitive Processes in Design.

¹ Nello Baroni (Firenze 1906-1958) studia a Firenze presso le Scuole Tecniche e dal 1922 presso il Liceo Artistico. Nel 1927 si iscrive alla Regia Scuola Superiore di Architettura di Firenze, dove è allievo di Raffaello Brizzi e di Giovanni Michelucci. Nel dicembre 1932 partecipa quale membro del Gruppo Toscano, in collaborazione con Pier Niccolò Berardi, Italo Gamberini, Sarre Guarnieri, Leonardo Lusanna e Giovanni Michelucci, al Concorso per il nuovo Fabbricato viaggiatori della Stazione di Firenze Santa Maria Novella (progetto risultato vincitore nel febbraio 1933). Il 25 gennaio 1933 si laurea con il massimo dei voti, con la tesi del progetto per l'Aeroporto di Firenze e nel mese successivo viene nominato assistente di Brunetto Chiamonti alla Cattedra di Applicazioni della geometria descrittiva e Scenografia della Scuola di Architettura di Firenze, incarico annualmente confermato fino al 1945. Nel 1947 sostiene l'esame per l'abilitazione alla libera docenza e diviene professore incaricato alla Cattedra di Applicazioni della Geometria Descrittiva presso la Facoltà di Architettura di Firenze.

² Maurizio Tempestini (Firenze 1908-1960) studia all'Istituto d'Arte di Porta Romana a Firenze, e consegue nel 1929 il Diploma in Decorazione Industriale. Agli anni 1930-1932 risalgono alcuni bozzetti di costumi per spettacoli teatrali. Intensa fu infatti la sua attività nel campo della scenografia teatrale. La prima opera nota risulta essere l'arredamento di Casa Vallecchi a Firenze

Fin da giovane la passione per il disegno caratterizza la sua vita; al liceo artistico di Firenze disegna con varie tecniche affrontando con successo tutti i temi proposti, dai paesaggi alle figure umane, ma la sua passione è la rappresentazione dell'architettura, tanto che si aggira per la città realizzando scorci prospettici dei monumenti (fig. 2). Una passione che non lo abbandonerà mai ed ha portato il suo lavoro a catturare anche edifici e paesaggi che non esistono più, rendendo ancora una volta la rappresentazione veicolo di conoscenza del patrimonio passato.

L'attività professionale

Studente iscritto alla Facoltà di Architettura di Firenze durante la Seconda guerra mondiale (1940-1945), prima di intraprendere gli studi viene arruolato e trascorre anni sul fronte jugoslavo come sottotenente dell'Esercito Italiano.

Al suo ritorno inizia l'università e si laurea in Architettura nel 1952 con una tesi su un edificio scolastico da realizzare nella zona di Gavinana, a Firenze.

Dopo la laurea è chiamato dal suo relatore, il prof. Nello Baroni¹, a far parte del suo studio ove conosce Maurizio Tempestini² e Pietro Porcinai³ con i quali Baroni aveva fondato nel 1940 lo studio, diventato presto un vivace punto di riferimento della vita culturale fiorentina, entrando in contatto con le famiglie importanti dell'imprenditoria che diventeranno loro committenti.

Nel 1946 lo studio Baroni di Lungarno Corsini 6 si evolve con la creazione della OP, Organizzazione Professionisti per la Sintesi nel Lavoro, che si pone come scopo quello di raggiungere una sintesi perfetta tra le diverse discipline, architettura, arredamento e arte del giardino. Negli anni del Dopoguerra Baroni, su incarico della Soprintendenza ai monumenti di Firenze, cura consolidamenti e restauri di molti edifici danneggiati.

Realizza il nuovo Ponte della Vittoria a Firenze (1945-1946) vincendo un concorso in collaborazione con Lando Bartoli, Mario Focacci, Italo Gamberini, Carlo Maggiora. Si occupa anche di urbanistica e redige il nuovo Piano Regolatore di Prato (1946-54). Nell'ambito dell'architettura cinematografica e teatrale esegue importanti interventi, così come per conto dell'Università di Firenze, si occupa del riordinamento dell'ex-Convento di Santa Apollonia, della nuova sede delle Facoltà di Giurisprudenza e Scienze Politiche in Via Laura (1949-56), della sistemazione dell'Aula Magna e della Sala del Preside per la Facoltà di Architettura nell'ex-Convento di Santa Maria degli Angeli (1951). Aterini si trova così a lavorare in questo contesto dove l'esperienza progettuale legata ai suoi studi sulle scuole⁴ si arricchisce e si amplia grazie a progetti importanti come, fra gli altri, il Cinema Capitol in via de' Castellani a Firenze (1953-1957) in collaborazione con Tempestini, il restauro del Teatro Metastasio a Prato (1954-1958), la ricostruzione della torre campanaria di Badia a Settimo (1956-1957), il complesso -Piscina, Bar, Ristorante, Dancing- de Le Panteraie a Montecatini Terme (PT) (1950-56), e sempre a Montecatini, in collaborazione con Porcinai, l'Hotel Croce di Malta in Via della Torretta 3 (1954-57) e l'Hotel La Pace in Viale IV Novembre 18 (1954-57).

Sono gli anni in cui la costa davanti alle Alpi Apuane, da Massa al Cinquale, è il luogo di vacanza più in voga e gli architetti si trovano a realizzare ville in pineta che rappresentano il luogo del riposo per gli intellettuali. Nel 1955 Aterini progetta e realizza Villa Tempestini a Ronchi (MS) in Via dei Fichi-Via degli Ontani, in collaborazione con lo stesso Tempestini; la villa concepita per la villeggiatura è «un interessante esempio di architettura organica», come è stato osservato⁵.

Nel 1958 muore Nello Baroni a soli 51 anni e Aterini segue i progetti dello studio rimasti da completare, portando a compimento tutte le opere in corso per i seguenti due anni.

Nel 1960 costruisce Villa Passigli a Ronchi (MS) in Via dei Fortini, per la famiglia fiorentina Passigli, editori e musicisti; un corpo edilizio articolato intorno alla zona del soggiorno in diretta relazione con l'esterno, caratterizzato da un'ampia parete vetrata che guarda il giardino a sud-ovest. Si tratta dell'ultimo progetto con la collaborazione di Tempestini che muore poco dopo.

Nel 1958-60 Aterini lavora, in collaborazione con Porcinai, alla Villa Il Palagio (Villa Ferragamo), a Fiesole (FI), in Via Benedetto da Majano 26.

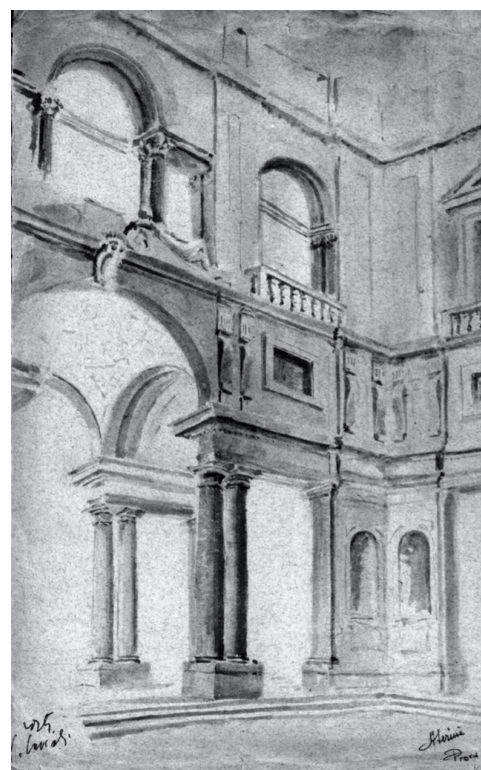
Questo lavoro lo fa conoscere ed apprezzare dalla famiglia Ferragamo che lo chiama per il restauro e l'allestimento del negozio di via Tornabuoni a Firenze e, negli anni successivi, per i molti negozi sparsi nel modo (da New York a Londra, Parigi, Zurigo, Roma, Capri, ecc.), nonché per le ville e altre proprietà della famiglia; un sodalizio che termina solo quando sceglierà, da professore, il tempo pieno all'università.

Osservando le sue opere si nota la passione per la geometria, nella continua ricerca di forme articolate che emerge dalle sue architetture.

Nell'ambito della professione sperimenta continuamente, con attenzione rivolta ai nuovi materiali e nell'ottica della prefabbricazione, che inizia a diffondersi proprio alla fine degli anni Cinquanta. Così pensa di realizzare costruzioni in pannelli prefabbricati di cemento armato, isolanti e antisismici che "inventa". Brevettata l'idea e fonda la società STEI⁶ con sede a Selvapiana (Rufina, Firenze) dove, nel cantiere, vengono preparati questi pannelli particolari, gettati nelle cassa-forme e cotti ad alte temperature, per supportare progetti di architetture sempre differenti.

Il successo di questi edifici è legato alla robustezza e al comfort: i pannelli isolano dalla temperatura esterna e dai rumori e vengono utilizzati per le pareti esterne, interne e per le coperture. Inoltre riducono i tempi di costruzione per la veloce messa in opera (vengono portati con i camion e montati con la gru rendendoli solidali uno all'altro).

Vista la robustezza e la qualità delle architetture realizzate con questo sistema decide di costruire la propria villetta per le vacanze sull'appennino toscano a circa 900 metri s.l.m. Il triangolo, figura indeformabile per eccellenza, caratterizza la scelta progettuale della casa in montagna che realizza tra il 1970 ed il 1972. Al piano terra si trovano la cucina, la camera degli ospiti, un bagno e la sala, mentre al primo piano sono presenti due camere, lo studio, il bagno e l'antibagno. L'interno è arricchito da una scala con rampa elicoidale e da un camino circolare che in realtà è una stufa a legna di maiolica, rotonda, realizzata con mattonelle modellate cotte e dipinte da lui stesso. (fig. 3)

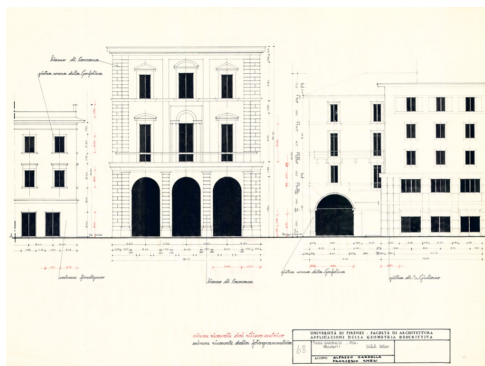


1 | Aterino Aterini nella sua stanza nella Facoltà di Architettura di Firenze (anni Ottanta).

2 | Uno scorcio di Firenze in prospettiva del giovane Aterino Aterini.

(1931-1932), per la quale eseguì anche le decorazioni murali. Nella prima metà degli anni '30 disegnò oggetti d'arredo per le Ceramiche Cantagalli di Firenze e per le Vetriere Cappellin e Seguso di Murano. Nel 1934 fu incaricato, in collaborazione con Gatteschi e Poggiolo, della trasformazione esterna del Palazzo delle Esposizioni al Parterre di San Gallo a Firenze, in occasione della Mostra dei Littoriali. Negli stessi anni prese parte anche ad altre importanti manifestazioni espositive.

3 | Pietro Porcinai (Fiesole 1910-1986) perito agrario è stato architetto del paesaggio. Ha lavorato in Belgio ed in Germania (1928-1929), ha conosciuto i più importanti architetti europei



3 | La villetta per le vacanze sull'appennino toscano realizzata con pannelli prefabbricati di cemento armato.

4 | Assonometria del rilievo di Piazza Garibaldi a Pisa.

5 | Prospetto di piazza Garibaldi con le misure ricavate dalla restituzione prospettica.

del giardino. Ha collaborato saltuariamente con la rivista *Domus* diretta da Gio Ponti (1937). Difensore del patrimonio naturale e del paesaggio si è battuto a lungo per l'insegnamento del verde, del paesaggio e del giardino in Italia dove era costretto a registrare il massimo disinteresse delle scuole di ogni ordine e grado e persino delle università.

4 Il tema degli edifici scolastici è ricorrente nel suo lavoro professionale tanto che negli anni Sessanta realizzerà le scuole di Vicchio del Mugello e poi le scuole di Predazzo in Trentino.

5 Cfr. M. Nocchi, *La villeggiatura elitaria. Ville sulla costa apuana a Ronchi e Poveromo 1900-1970*, in *Casabella-Continuità*, pp. 68, 70, 74.

6 Con gli architetti Enzo Ciardetti, Leone Trenti, Pilade Gazzini

7 Come Luigi Campedelli (1903-1978) matematico italiano, rappresentante della scuola di geometria algebrica.

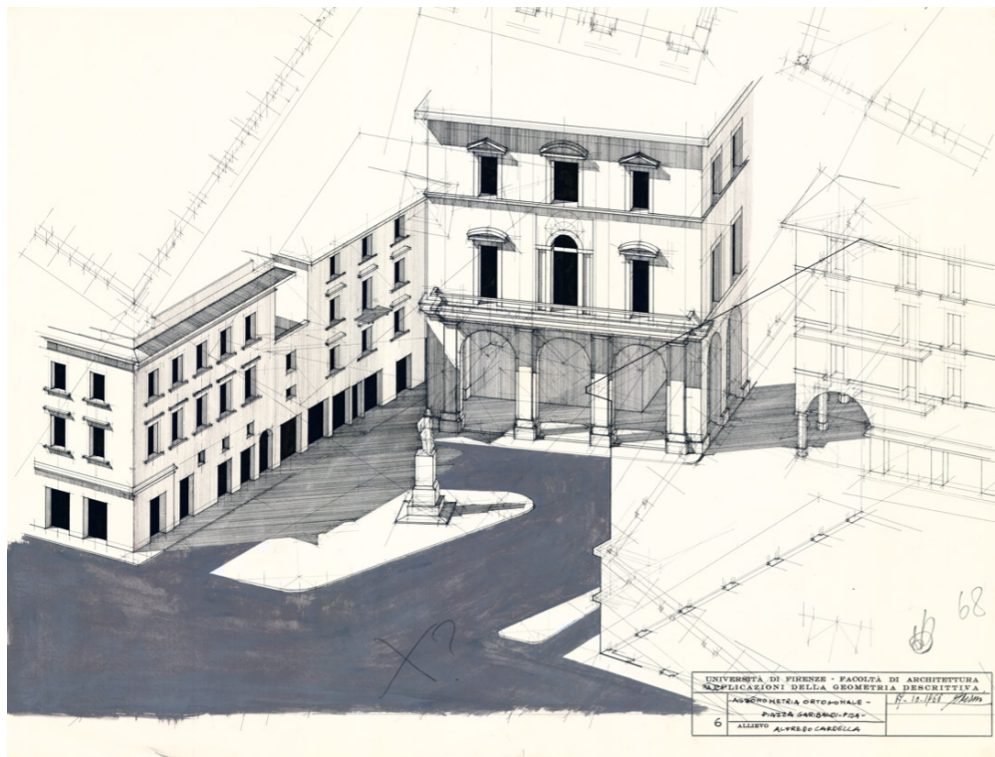
8 Ugo Saccardi (Firenze 1922-2011) architetto e professore di Applicazioni della Geometria Descrittiva.

9 Frei Paul Otto (Chemnitz, 1925 -2015) architetto e ingegnere tedesco.

10 Il progetto del tetto e dell'intero complesso olimpico fu il risultato di un concorso indetto dalla città di Monaco nel 1967. Il progetto vincitore fu quello dell'architetto tedesco Günter Behnisch e dell'ingegnere civile tedesco Frei Otto.

11 Valerio Sestini (Firenze 1935-2013), Frido Chiostrì (Firenze 1921-2019), Biagio Furiozzi.

12 Attualmente nell'edificio è ospitato al piano terreno il Museo delle Dolomiti



L'attività scientifica in ambito universitario

Subito dopo la laurea viene chiamato a collaborare con la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze come "addetto alle esercitazioni" e comincia occupandosi proprio di geometria descrittiva.

Nel 1958 diventa professore, ottenendo la Cattedra di Geometria Descrittiva, successivamente insegna anche Applicazioni della geometria descrittiva fino alla pensione nel 1991.

Fin dall'inizio della carriera accademica si impegna per rendere accessibile agli architetti una materia ritenuta fino a quel momento appannaggio dei matematici. Si occupa dei metodi di rappresentazione guardandoli in un'ottica più ampia, rispetto all'insegnamento portato avanti fino a quel momento proprio dai matematici⁷.

Così lavora per mettere in chiaro che i metodi di rappresentazione non sono indipendenti uno dall'altro ma discendenti tutti da un unico concetto proiettivo; determinando un salto culturale notevolissimo. Quell'unico processo proiettivo, generatore di tutti i metodi, sta alla base di tutta la rappresentazione, perciò, in seguito alle sue ricerche, oggi possiamo dire che la geometria proiettiva ha la capacità di amalgamare tutti i metodi della geometria descrittiva: certe corrispondenze biunivoche così come i concetti di

proiezione possono essere applicati indifferentemente all'uno o all'altro metodo.

Inoltre svolge studi originali nell'ambito della geometria proiettiva, in particolare sulle omologie, ricercando la corrispondenza biunivoca fra gli oggetti reali e la loro rappresentazione, in tal modo definisce concetti base che ancora oggi regolano il disegno così come il rilievo dell'architettura.

Proprio grazie a questi studi si occupa di Rilievi fotogrammetrici, applicando i concetti della restituzione prospettica, intesa come operazione inversa della proiezione centrale, dato che una fotografia può essere sempre considerata come prospettiva dell'oggetto rappresentato e, come sappiamo, la prospettiva è una particolare proiezione centrale. Le misure ricavate grazie agli opportuni ribaltamenti ed alla corrispondenza biunivoca che così si veniva a creare permettevano di eseguire gli elaborati di rilievo in proiezioni ortogonali sui piani di proiezione (piante e prospetti), ma -una volta acquisite le misure- si rappresentavano le architetture anche in assonometria. (figg. 4-5).

D'altra parte è doveroso ricordare che proprio le omologie sono alla base anche dei moderni software di raddrizzamento bi e tridimensionale delle immagini fotografiche nel rilievo dell'architettura.

Grazie agli studi sull'omologia, cioè sulla corrispondenza biunivoca che si stabilisce fra un piano nello spazio ed il suo ribaltamento sul foglio da disegno, necessario

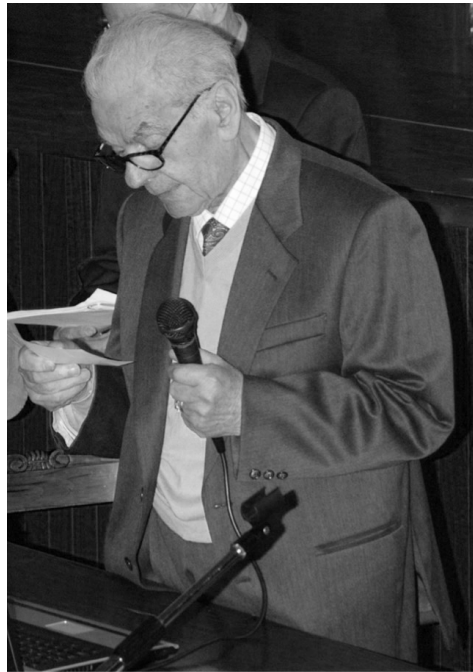
per rendere il piano stesso accessibile, elabora la soluzione di problemi di misura in assonometria, ricerca che si palesa nella pubblicazione: *Problemi metrici in Assonometria*. In questo lavoro sono stati affrontati problemi metrici nelle proiezioni assonometriche senza far ricorso alle unità di misura sugli assi cartesiani, ma misurando gli enti geometrici direttamente sul quadro, dopo averli resi accessibili con un ribaltamento del piano cui appartengono ed usando la corrispondenza biunivoca, cioè l'omologia, che intercede fra la proiezione assonometrica ed il ribaltamento del piano sul quadro.

Quindi con un concetto "nuovo" che svincola l'assonometria dagli assi cartesiani, ma in realtà facendo riferimento all'idea fondamentale che per misurare su un piano occorre ribaltare il piano stesso. Il concetto, semplice per un architetto che oltre alle conoscenze deve possedere una buona dose di pratica, si rifà alle operazioni fondamentali della geometria proiettiva. Il merito di queste ricerche di Aterini sta proprio nel fatto di avere semplificato i problemi metrici in assonometria e di averli portati alla pari di quelli degli altri metodi di rappresentazione.

Un'altra importante ricerca è stata quella, sempre in assonometria, esplicitata nella pubblicazione *La perpendicolarità in assonometria*. Questo lavoro sintetizza uno studio specifico condotto con lo scopo di determinare le condizioni di perpendicolarità fra retta e piano, tra piani e tra rette nelle proiezioni assonometriche, facendo però ricorso all'antipolarità rispetto ad una circonferenza.

Le esemplificazioni presentate in tale lavoro portano i concetti espressi su un piano applicativo, mostrando, con estrema chiarezza, come si possa rappresentare su un piano lo spazio tridimensionale in modo rigoroso. Per dirla con le parole di Ugo Saccardi⁸: «il risultato di tale lavoro è stato notevolissimo sia sul piano concettuale ed astratto che su quello applicativo. Infatti noi sappiamo che i problemi sulla perpendicolarità possono essere risolti come un qualsiasi problema metrico ma ogni caso richiede una propria particolare soluzione che, quindi, non è generalizzabile.

Nel presente lavoro si sono, invece, generalizzate le condizioni di perpendicolarità in assonometria obliqua e si è mostrato, inoltre, come tali condizioni si semplifichino notevolmente quando si passa all'assonometria ortogonale ed all'assonometria cavaliera».



Questo lavoro rappresenta perciò un più preciso e sostanziale contributo scientifico che chiude e puntualizza il concetto di perpendicolarità anche nelle proiezioni assonometriche; argomento, come ripetuto, ignorato in moltissimi testi, fortunati o no, di geometria descrittiva.

Una ricerca, dunque, importante che fa sì che l'assonometria si ponga a tutti gli effetti fra i metodi di rappresentazione della geometria descrittiva. (fig. 5)

Non è cosa facile sintetizzare quaranta anni di ricerche e studi legati in particolare alla geometria, ma anche all'architettura, elaborati in centinaia di appunti grafici e matematici (per la verifica analitica).

Fra tutti possiamo citare i suoi studi sul cubottaedro, la ricerca sull'ottaedro tronco, la trasformazione di poliedri regolari e la trasformazione di solidi mediante rotazione.

Gli studi sui poliedri e sulle loro possibili aggregazioni permettono di individuare valide forme geometriche per strutture di copertura.

Un tema che ha appassionato anche i suoi studenti tanto che alcuni laureandi hanno realizzato, sotto la sua guida, interessanti tesi innovative su tensostrutture derivate da questi.

Non dimentichiamo che siamo in un momento importante per le tensostrutture, le costruzioni realizzate in tal senso appaiono di estremo interesse. Permettono di coprire grandi aree di forma anche complessa, minimizzando i materiali impiegati che sono utilizzati in modo efficiente, cioè solo a tensione e compressione.

Grazie a supporti puntuali, su edifici esistenti o attraverso pali strallati, è possibi-



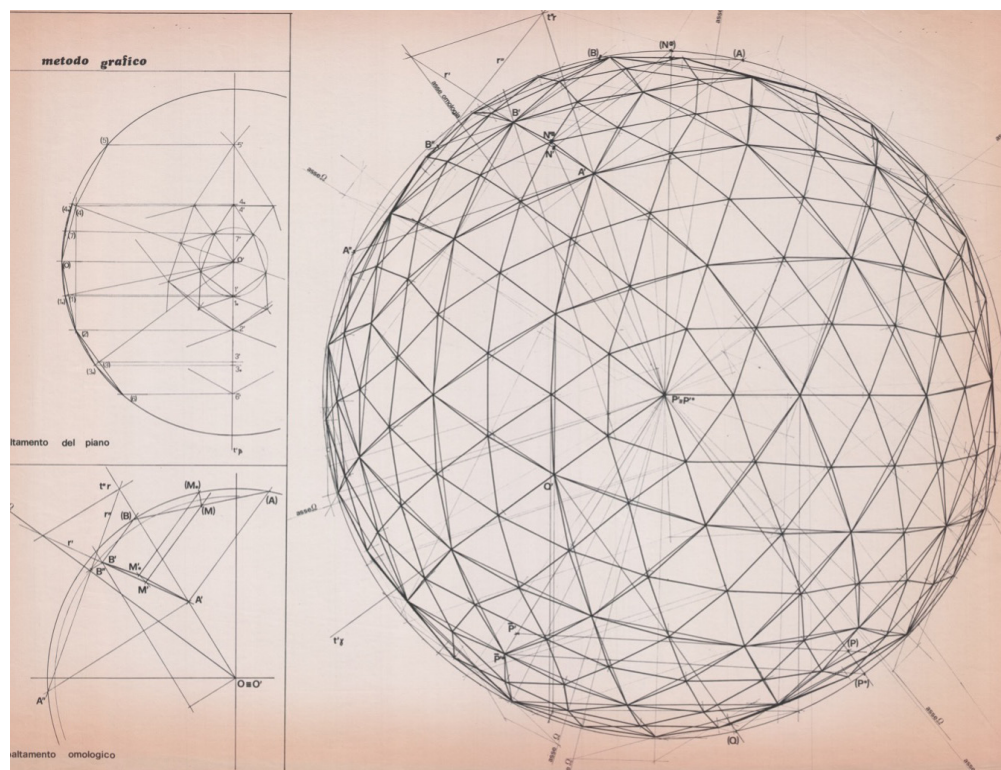
6 | Aterino Aterini nel 2008 al Convegno 'La Geometria fra Didattica e Ricerca' organizzato a Firenze.

7 | La Casa del Turismo e dell'Artigianato a Predazzo in val di Fiemme (Trento).

le tensionare una membrana che, per la forma "doppio curvata", è stabile rispetto agli agenti atmosferici (vento e neve) e permette di coprire luci di dimensioni importanti con costi molto ridotti rispetto alle costruzioni tradizionali. Pensiamo alle tensostrutture progettate da Frei Otto⁹ per coprire gli impianti sportivi realizzati in occasione dei Giochi Olimpici di Monaco di Baviera del 1972¹⁰ che furono, fra l'altro, oggetto di un viaggio studio per gli studenti della facoltà di Architettura di Firenze organizzato da Aterini con i colleghi di tecnologia¹¹ nel 1983 perché – come loro dicevano – «toccare con mano le forme che si studiano è molto istruttivo ed interessante». Gli studi sui poliedri ed i loro assemblaggi portano la ricerca verso lo studio di grigliati determinati da aggregazioni di poliedri regolari e semi-regolari per realizzare coperture con grandi luci utilizzando strutture spaziali. Tali strutture permettono la prefabbricazione e la standardizzazione degli elementi costitutivi che semplifica molto i lavori di costruzione, offrendo una maggiore rapidità di esecuzione. Inoltre una struttura spaziale di questo tipo permette una distribuzione ottimale dei carichi.

Relativamente a questo tema possiamo fare una riflessione: per Aterini la geometria è legata in maniera indissolubile alla realtà delle costruzioni. Tanto che, durante i suoi studi, pensa e progetta un nodo sperimentale -che poi breveta- per realizzare una copertura con un grigliato spaziale a tre dimensioni.

Realizza tale copertura nel progetto della Casa del Turismo e dell'Artigia-



nato¹² in Trentino, più precisamente a Predazzo in val di Fiemme (figg. 7, 8). Questo grigliato di notevoli dimensioni ha permesso di lasciare libero da pilastri lo spazio sottostante ove ha trovato collocazione anche la biblioteca del luogo. Gli studi sui poliedri ed i loro assemblaggi sono integrati dalla ricerca sui Gusci, cioè quelle superficie capaci di portare carichi per compressione, taglio e trazione. I gusci sono strutture con spessore minimo resistenti per forma che permettono di realizzare coperture curve ed altre strutture.

Il comportamento di un guscio dipende dalle sue caratteristiche geometriche, cioè dalla sua curvatura.

Si occupa, inoltre, di superfici di rotazione, cioè quelle generate da una curva che ruota intorno ad una retta. Facendo ruotare una conica intorno ad un suo asse di simmetria si ottengono superficie a doppia curvatura come l'ellissoide, e nel caso particolare la sfera, il paraboloide, il paraboloide iperbolico, l'iperboloide a due falde. La forma più semplice del guscio a doppia curvatura è proprio la sfera che ha proprietà particolari, tra queste:

- i punti delle sfere sono equidistanti da un punto fisso
- i profili e le sezioni piane sono cerchi
- le linee geodetiche sono curve chiuse (definite come più brevi, linee frontali, linee più rette possibili).

Esse sono linee di minima curvatura, quindi sulla sfera sono i suoi cerchi massimi)

- la sfera ha la minore area tra i solidi di uguale volume ed il massimo volume tra quelli di uguale area.

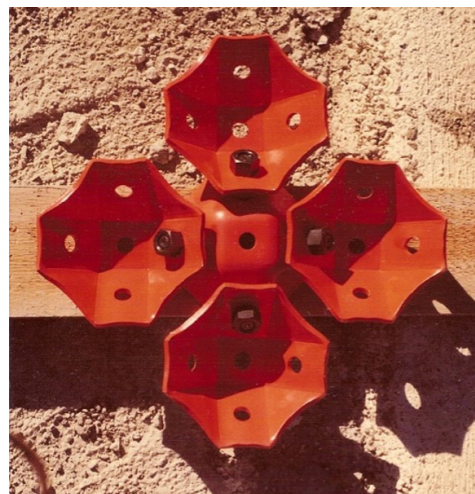
- la sfera possiede curvatura media costante.

Proprio la sfera è il principale riferimento per la ricerca sulle cupole, argomento che lo ha visto impegnato con grande entusiasmo. Non a caso il collega Frido Chiostrì¹³ lo ha rappresentato in una delle caricature che amava disegnare durante i consigli di Facoltà con una cupola in mano chiamandolo il 'prof. Monge' (fig. 10).

Gli studi sulle cupole

Nella seconda metà del Novecento gli studi sulle cupole geodetiche costituite da nodi e aste di acciaio hanno avuto una certa fortuna anche dal punto di vista architettonico. Le cupole sono state pensate spesso come composte da un reticolo strutturale (cupola a nervatura), a sostegno o di un materiale di copertura, o di una struttura secondaria che a sua volta sorregge il tetto. Aterini dimostra come, nello studio della geometria delle cupole, i reticoli più interessanti siano quelli triangolari e quelli esagonali ed elabora soluzioni innovative per migliorare l'uniformità distributiva di punti sulla superficie sferica.

Nell'ambito di questa ricerca non perde mai di vista le applicazioni alle strutture reali.



8 | Il nodo della struttura di copertura ideato e poi usato nella struttura reticolare studiata per la casa del Turismo di Predazzo.

9 | Studio su una cupola reticolare.

I riferimenti a cui attinge sono, fra gli altri, le prime opere in calcestruzzo armato, come la copertura della sala del Centenario a Breslavia realizzata da Max Berg¹⁴ nel 1913. In altri casi che Aterini studia durante la sua ricerca, il manto superficiale collabora strettamente con le nervature per portare i carichi: certe volte il guscio è la struttura portante che ha necessità della collaborazione di nervature, dato il piccolo rapporto fra spessore e luce libera. Le realizzazioni in calcestruzzo armato sono particolarmente interessanti, basti ricordare il Palazzetto dello sport a Roma realizzato da Pier Luigi Nervi nel 1957. Coperto con una calotta sferica di diametro interno di 60 metri, è formato da elementi prefabbricati a losanga, accostati in modo da realizzare, con le nervature gettate in opera contemporaneamente alla soletta sull'estradosso, un reticolo a due direzioni, fino ad una fascia intorno alla lanterna, dove due reticoli si identificano con i meridiani. Il concetto della collaborazione fra reticolo e manto è stato usato solo raramente nelle strutture in acciaio. Certo è che sono sufficienti i due esempi realizzati da B. Fuller¹⁵ per indicare nuovi orizzonti ai progettisti. Uno di questi esempi è la cupola costruita a Baton Rouge in Louisiana nel 1959 con diametro di 115 m, per l'officina regionale della Union Tank Car Co.

La struttura è composta da un traliccio esterno a maglie esagonali in tubi di ac-

ciaio e da una copertura interna formata da 321 pannelli in lamiera a forma di piramidi esagonali. I pannelli sono saldati tra loro e collegati mediante tiranti e puntoni al traliccio tubolare esterno collaborando con il traliccio a sopportare i carichi.

Esempi di cupola a traliccio in acciaio risalgono ai primi del 1800 come dimostra la copertura del mercato del grano a Parigi realizzata nel 1811.

Le prime cupole realizzate con capriate radiali, il cui estradosso curvilineo e l'intradosso rettilineo corrispondente ad una corda della calotta, erano una via di mezzo fra la struttura a cupola ed il traliccio di travi. Dalla ricerca emerge che con nervature radiali sono state realizzate innumerevoli cupole: le nervature sono curvilinee, seguono i meridiani e sono collegate da elementi orizzontali che formano poligoni in corrispondenza dei paralleli. Il parallelo agli appoggi costituisce una cerchiatura in modo da assorbire le spinte orizzontali e, in questo caso, la cupola può essere appoggiata su un muro o su semplici pilastri. Per irrigidire questo tipo di strutture in modo da garantirne la resistenza per qualsiasi tipo di carico, dissimmetrico, vento, sisma, ecc. J.W.Schwedler¹⁶ ideò un sistema di controventi da applicare alla struttura e cioè diagonali dei trapezi creati fra due nervature meridiane e fra due nervature parallele. L'ingegnere tedesco costruì la prima cupola per coprire un gasometro a Berlino con una luce di 40 metri ed una freccia di soli 4 metri. Quella di luce maggiore, 60 metri, fu costruita a Vienna nel 1874. Un tipo di cupola simile è la cupola Zimmermann che ha come caratteristica la riduzione graduale dei vertici verso il cervello. Queste hanno destato molto interesse perché sono staticamente determinate se le aste sono incernierate. Possono essere appoggiate su muri anche sottili, con l'accorgimento di avere nodi sferici nei vertici e di ancorare le aste dell'anello di base a metà della propria lunghezza, in modo da esercitare gli sforzi sui muri in direzione del loro asse longitudinale, così da evitare spinte normali alle pareti stesse che possono avere quindi altezze rilevanti.

Fra le cupole possiamo distinguere ancora le cupole lamellari, costituite da lamelle di legno o di ferro o altro materiale, unite fra loro in opera a formare losanghe.

Le costruzioni in acciaio sono realizzate, di solito, con travi reticolari di lunghezza notevole e con la curvatura del guscio cui appartengono; le cupole reticolari

formate da reticoli curvi o da reticoli di aste rettilinee unite in un nodo. Queste potrebbero essere chiamate anche *cupole poliedriche*.

Le cupole reticolari, in genere, considerandone i nodi si possono guardare come un reticolo di punti distribuiti in maniera uniforme sulla loro superficie.

La ricerca su tali strutture si sintetizza nella pubblicazione *Sulla geometria delle cupole reticolari*. L'argomento delle cupole reticolari rappresenta, proprio negli anni Settanta nell'ambito dell'architettura, uno degli aspetti più significativi e caratterizzanti delle nuove ricerche tecnologiche e spaziali. Gli esempi riportati nel volume -solo alcuni degli innumerevoli studi svolti dall'autore sull'argomento- cercano, cogliendo il momento progettuale e di costruzione geometrica, di chiarire i temi strutturali e costruttivi tramite chiari esempi grafici (fig. 9).

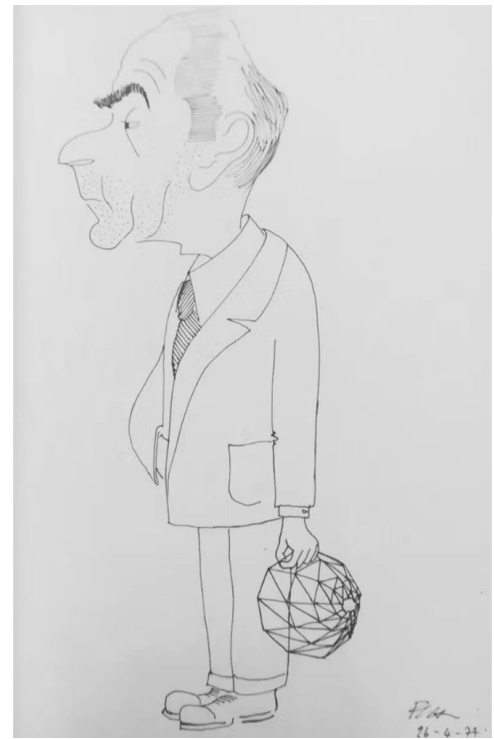
L'autore analizza la costruzione spaziale e tecnologica di tutta una serie di realizzazioni partendo dai presupposti di costruzione geometrica quale generatore comune delle cupole reticolari.

La genesi spaziale di un solido è quella definita da operazioni geometriche effettuate su basi concettualmente elementari che permettono di definirlo. Si può definire il solido cupola geodetica e perciò chiarire la sua geometria, in modo semplice e convenzionale, suddividendo in triangoli le facce di un poliedro regolare e proiettando così i vertici ottenuti dal centro della sfera circoscritta al solido sulla superficie della stessa. In altri termini si definisce cupola geodetica un poliedro i cui vertici giacciono tutti sulla superficie di una sfera. Le facce di questo poliedro sono triangoli essendo questa la più semplice suddivisione di una superficie e la trama che offre più resistenza anche con giunti elastici.

La sfera racchiude il volume maggiore con la superficie minore ed ha forma più resistente a pressioni interne e radiali. Inoltre ha sempre avuto dal punto di vista filosofico un significato cosmologico nella sua perfezione. Avendo quindi una cupola maggiore interesse tanto più si avvicina alla superficie curva occorre andare oltre i cosiddetti solidi regolari e semi-regolari i quali presentano uno scarso numero di facce.

Questa necessità di ulteriori suddivisioni dei solidi fondamentali va a discapito degli elementi che si ottengono.

Aterini si è posto quindi il problema di stabilire quali debbano essere le opera-



10 | La caricatura realizzata dall'amico e collega Frido Chiostri nel 1980.

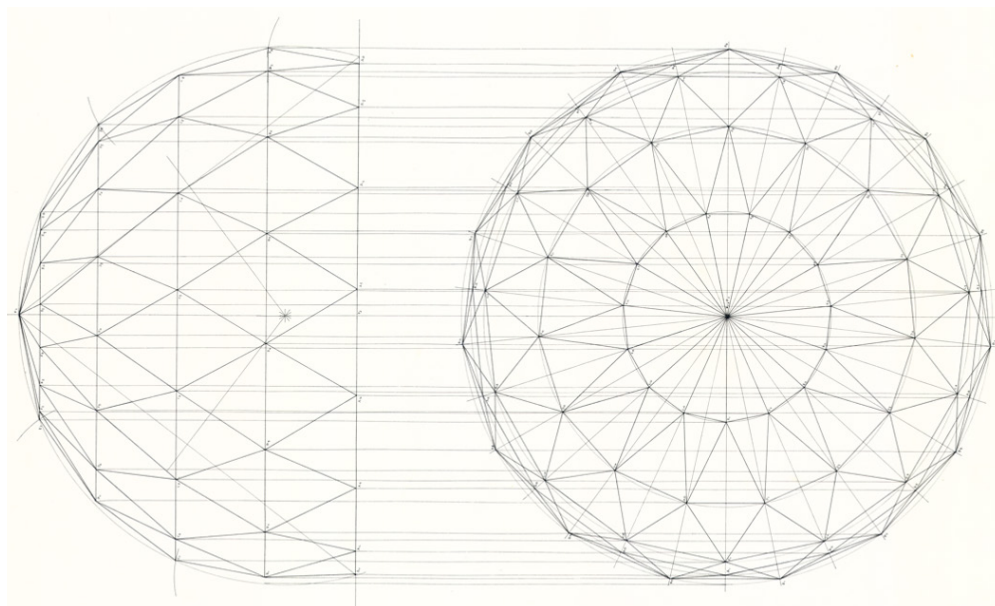
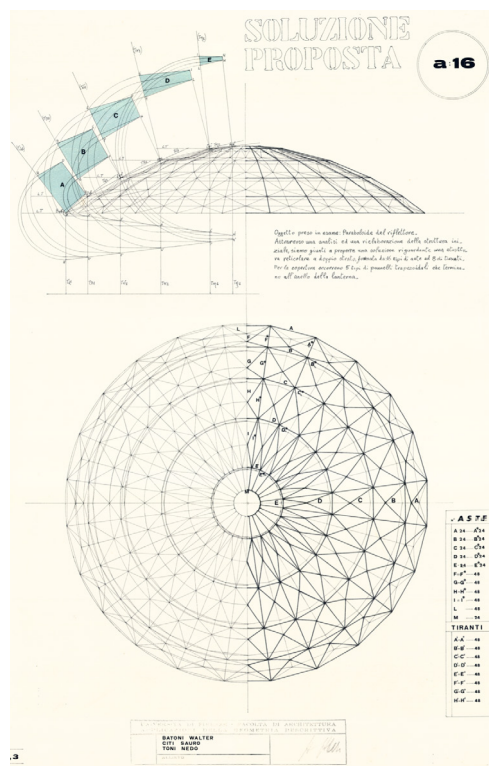
“ [...] i problemi sulla perpendicolarità possono essere risolti come un qualsiasi problema metrico.

¹³ Frido Chiostri, architetto e professore di Tecnologia dell'Architettura presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. Sotto lo pseudonimo "Il Patanzo della Masaica" pubblica nel 1981 una raccolta di caricature dal titolo "Facoltà nostra. Divertimento in F... minore per penna e china"

¹⁴ Max Paul Eduard Berg (1870-1947) architetto tedesco.

¹⁵ Richard Buckminster Fuller (1895-1983) inventore, architetto, designer, filosofo, scrittore e conduttore televisivo statunitense, fu professore alla Southern Illinois University. Accettò un incarico al Black Mountain College in North Carolina e lì sviluppò il concetto di cupola geodetica. Progettò il primo edificio a cupola, estremamente leggero, ma "in grado di sostenere il proprio peso", senza apparenti utilizzi pratici. Il Governo capì l'importanza del progetto e assunse Fuller per costruire cupole per installazioni dell'esercito. Vennero costruite migliaia di queste cupole in pochi anni.

¹⁶ Johann Wilhelm Schwedler (Berlino 1823, -1894) ingegnere civile e funzionario pubblico tedesco, ha progettato molti ponti ed edifici pubblici e ha inventato la capriata di Schwedler e la cupola di Schwedler. È autore del teorema di Schwedler, una formula che definisce la relazione tra forza di taglio e momento flettente.



11 | Rielaborazione della struttura dell'antenna Sinphonie a Bodon, Francia. Viene proposta una struttura reticolare con 16 tipi di aste ed 8 tiranti.

12 | La cupola che forma la voliera di Roma è costituita da un reticolo a tre direzioni ed è impostata su una base a pentadecagono regolare. Risulta formata da 9 tipi di triangoli.

zioni per ottenere una suddivisione del poliedro iniziale il più razionale possibile, ossia quella che associa:

- il maggior numero di facce (con il numero di facce infinito si ottiene la sfera)
- il minor numero di lunghezza di spigoli diversi (solo i solidi fondamentali hanno gli spigoli uguali)
- la maggiore omogeneità fra le diverse componenti, per ovvi motivi statici, tecnologici ed economici (fig. 12).

Attraverso questa ricerca ha così individuato come solido di partenza il poliedro semi-regolare snub-dodecaedro costituito da 80 facce triangolari e 12 pentagonali che, oltre ad avere un aspetto abbastanza teso alla forma sferica, presenta la particolarità di poter avere un elevato grado di regolarità nelle facce semplicemente proiettando i centri dei pentagoni sulla sfera circoscritta, ottenendo così da ogni faccia pentagonale, 5 triangoli isosceli.

Conclusioni

Lo studio delle forme geometriche e la loro composizione tridimensionale ha sempre costituito l'interesse primario di Aterino Aterini, che ha legato tutto ciò indissolubilmente all'architettura. Nelle sue ricerche ha sempre pensato sia alla forma che alla stabilità strutturale della costruzione.

Il fascino delle cupole e l'utilizzo di superfici rigate è sempre stato finalizzato all'analisi delle architetture come anche al progetto. La sua convinzione era che lo studente doveva leggere e comprendere da subito le forme architettoniche fino ad arrivare a dominarle. Non a caso è stato relatore di innumerevoli tesi che si sono occupate di realizzare grigliati tridimensionali innovativi. La passione per la geometria è sempre stata ispirazione sia nella ricerca scientifica che nella professione, nel corso dei 69 anni di iscrizione all'Albo degli Architetti di Firenze, ove ha realizzato progetti di edifici scolastici, ville, abitazioni e i negozi Ferragamo nel mondo. I suoi studi si sono sempre concretizzati in opere ideate, progettate e poi realizzate nel corso degli anni della professione.

Inoltre la grande abilità nel disegno gli ha permesso di produrre centinaia di appunti su gli argomenti che più lo hanno interessato.

Il grande lavoro di ricerca sul tema delle cupole gli ha permesso di idearne nuove con l'intento di realizzare strutture ottimizzate dal punto di vista della realizzazione in cantiere.

Grazie a questi studi negli anni Novanta è stato contattato da un imprenditore piemontese, che si occupava di giochi per ragazzi, al fine di realizzare un mapamondo da costruire – quindi una cupola – composto da triangoli, utilizzando il minimo possibile di pezzi differenti. In tale occasione ha studiato e fatto realizzare una interessante sfera che è diventata un gioco in vendita al pubblico. A tale proposito chi scrive ricorda che non ha voluto percepire alcun guadagno perché (parole sue) «mi sono divertito ad inventare questa struttura costituita da aste e triangoli combinati fra loro».

Nel suo lavoro ha sempre privilegiato ed approfondito il tema delle possibili interazioni tra il rigore della disciplina stessa e le esperienze più generali nel campo dell'architettura.

Bibliografia

A. Aterini, *Sulla geometria delle cupole reticolari*, Uniedit, Firenze 1976.

A. Aterini, *La perpendicolarità in assonometria*, Alinea editrice, Firenze 1980.

A. Aterini, *Problemi metrici in Assonometria*, Alinea editrice, Firenze 1981.

A. Aterini, R. Corazzi, U. Saccardi, *Geometria e Strutture*, Alinea editrice, Firenze 1990.

B. Aterini, *Introduzione ai metodi di rappresentazione della geometria descrittiva*, Alinea editrice, Firenze 2009.

L. Campedelli, *Lezioni di geometria descrittiva*, Vol. II, p. I, Cedam, Padova 1950.

O. Chisini, G. Masotti Biggioggero, *Lezioni di geometria descrittiva*, Libreria Editrice Politecnica, Milano 1946.

D. Hilbert, S.Cohn Vossen, *Geometria intuitiva*, Boringhieri, Torino 1974.

Z.S. Makowski, *Strutture spaziali in acciaio*, n.3, UISAA, Ufficio Italiano Sviluppo Applicazioni Acciaio, Milano 1967.

P. Matildi, C. Foti, A. Sollazzo, *Tensostrutture e sistemi reticolari spaziali*, Italsider 1971.

M. Nocchi, *La villeggiatura elitaria. Ville sulla costa apuana a Ronchi e Poveromo 1900-1970*, in *Casabella Continuità*, 909, 2020.

M. Nocchi, S.Nicoli, *Le ville di Ronchi e Poveromo: architettura e società 1900-1970*, Pisa 2020.

F. Otto, *Tensostrutture*, UISAA, Ufficio Italiano Sviluppo Applicazioni Acciaio, Milano 1972.