

PUBLICA

Linguaggi Grafici
DECORAZIONE

a cura di

Enrico Cicalò, Francesca Savini, Ilaria Trizio

P V B L I C A

COMITATO SCIENTIFICO

Marcello Balbo
Dino Borri
Paolo Ceccarelli
Enrico Cicalò
Enrico Corti
Nicola Di Battista
Carolina Di Biase
Michele Di Sivo
Domenico D'Orsogna
Maria Linda Falcidieno
Francesca Fatta
Paolo Giandebiaggi
Elisabetta Gola
Riccardo Gulli
Emiliano Ilardi
Francesco Indovina
Elena Ippoliti
Giuseppe Las Casas
Mario Losasso
Giovanni Maciocco
Vincenzo Melluso
Benedetto Meloni
Domenico Moccia
Giulio Mondini
Renato Morganti
Stefano Moroni
Stefano Musso
Zaida Muxi
Oriol Nel.lo
João Nunes
Gian Giacomo Ortu
Rossella Salerno
Enzo Scandurra
Silvano Tagliagambe

Linguaggi Grafici

La serie Linguaggi Grafici propone l'esplorazione dei diversi ambiti delle Scienze Grafiche e l'approfondimento di campi specifici capaci di far emergere nuove prospettive di ricerca. La serie indaga le molteplici declinazioni delle forme di rappresentazione grafica e di comunicazione visiva, proponendo una riflessione collettiva, aperta, interdisciplinare e trasversale capace di stimolare nuovi sguardi e nuovi filoni di indagine. Ciascun volume della serie è identificato da un lemma, che definisce al contempo una categoria di artefatti visivi e un campo di indagine, che si configura come chiave interpretativa per la raccolta di contributi provenienti da ambiti culturali, disciplinari e metodologici differenti, che tuttavia riconoscono nei linguaggi grafici un territorio di azione e di ricerca comune.

COMITATO EDITORIALE

Enrico Cicalò
Francesco Cotana
Amedeo Ganciu
Valeria Menchetelli
Marta Pileri
Andrea Ruggieri
Francesca Savini
Andrea Sias
Ilaria Trizio
Michele Valentino

PUBLICA

Linguaggi Grafici
DECORAZIONE

a cura di

Enrico Cicalò, Francesca Savini, Ilaria Trizio

Enrico Cicalò, Francesca Savini, Ilaria Trizio (a cura di)

Linguaggi Grafici. DECORAZIONE

© PUBLICA, Alghero, 2022

ISBN 978 88 995 86 29 4

Pubblicazione Dicembre 2022

Questo volume è stato pubblicato grazie al finanziamento del fondo di Ateneo per la ricerca 2020 dell'Università degli Studi di Sassari.

PUBLICA

Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica

Università degli Studi di Sassari

WWW.PUBLICAPRESS.IT



INDICE

- 12 **I linguaggi grafici della decorazione:
ragioni, funzioni, evoluzioni e definizioni**

Enrico Cicalò, Francesca Savini, Ilaria Trizio

- 30 **I linguaggi grafici della decorazione:
temi, sguardi ed esperienze**

Enrico Cicalò, Francesca Savini, Ilaria Trizio

GEOMETRIE

- 48 **La sfida delle restrizioni.**

La decorazione a matrice geometrica tra didattica e ricerca visuale

Edoardo Dotto

- 70 **Dal geometrico al figurativo: i linguaggi della decorazione
nella cattedrale di Messina (XVI-XX secolo)**

Adriana Arena

- 92 **Variazioni sul tema. Dai rosoni del duomo di Milano:
forma, costruzione e proliferazione nei *pattern* chiusi**

Michela Rossi, Giorgio Buratti

- 120 **Intrecci amalfitani.**

Decorazioni fra contaminazioni e geometrie

Ornella Zerlenga, Margherita Cicala, Rosina Iaderosa

- 148 **Geometria e figurazione nelle decorazioni murarie
di Tozeur e Nefta (Tunisia)**

Daniele Colistra

- 166 **Scritture in codice.
Decorazioni berbere nella regione maghrebina**
Marinella Arena, Paola Raffa
- 186 **Geometria e ornamento come identità culturale. Valenze estetiche
e formali della decorazione nell'architettura islamica**
Barbara Messina

RILIEVI

- 214 **In dialogo tra spazio e decorazione:
la Fonte della Rivera all'Aquila**
Luca Vespasiano, Stefano Brusaporci
- 236 **Le decorazioni marmoree della basilica
nella vecchia Ashkelon**
Laura Aiello
- 254 **Palazzo Imperiale a Genova: il decoro di una facciata
cinquecentesca nell'angusto tessuto medievale**
Gaia Leandri
- 274 **Il linguaggio grafico-simbolico del Garage Musmeci di Catania.
Rilievo digitale e modellazione 3D per la valorizzazione
e la divulgazione delle decorazioni architettoniche di facciata**
Graziana D'Agostino
- 292 **Oltre la visualità delle superfici.
Decorazioni parietali del *Palau* Carcassona ad Alghero**
Michele Valentino, Andrea Sias, Marta Pileri
- 310 **Geometria e natura: l'apparato decorativo
del piano di facciata di Casa Bartoli a Trieste**
Silvia Masserano, Veronica Riavis

TASSONOMIE

- 334 ***New Liberty*. Composizione e rappresentazione di un *pattern***
Valentina Castagnolo, Antonia Valeria Dilauro, Anna Christiana Maiorano

362 **L'ornamento nei soffitti di Giuseppe Poggi.
Analisi grafica e geometrica dei disegni d'archivio**
Francesco Cotana

390 **Le grottesche di Sant'Anna dei Lombardi, a Napoli.
Analisi geometrica dell'apparato decorativo
nello spazio architettonico**
Virginia Miele, Marco Saccucci, Assunta Pelliccio

TECNICHE

416 **Il linguaggio decorativo in ambito romano:
lettura e analisi del disegno dei pavimenti musivi**
Sabrina Acquaviva

442 **La decorazione nella stereotomia
dell'area mediterranea nel Rinascimento**
Antonio Calandriello

470 **Tavole di progetto per decorazioni in stucco.
Un'analisi iconografica di disegni tra Settecento
e Ottocento in Basilicata**
Giuseppe Damone

494 **Pitture murali e graffiti a Milano per l'immagine della città
decorata. La pratica otto-novecentesca dell'ornato e le sue radici
neorinascimentali nelle scuole professionali: tradizioni, repertori
e modelli di studio**
Matteo Giuseppe Romanato

522 **La decorazione ceramica nell'architettura. L'esperienza umbra
fra tradizione storica e innovazione contemporanea**
Valeria Menchetelli

INTERPRETAZIONI

556 **Il Monetiere del Museo dei Brettii e degli Enotri di Cosenza:
dalla decorazione analogica alla narrazione digitale**
Francesca Fatta, Andrea Marraffa

- 584 **Decorazione strutturale e struttura decorativa:
il rinnovato valore della tecnica del merletto**
Sara Conte, Valentina Marchetti
- 606 **Il design della superficie:
la decorazione nel *product design***
Flora Gaetani
- 624 **Disegni di luce.
L'illuminazione artificiale come decorazione
dell'architettura**
Nicolò Sardo
- 654 **Decorazione e arte della cucina:
rappresentazione grafica del gusto e del sapore**
Maurizio Marco Bocconcino, Mariapaola Vozzola

SUPERFICI

- 684 **Pelli disegnate e indelebili decori del corpo**
Massimiliano Ciammaichella, Laura Farroni
- 710 **La pelle, tessuto dell'abitare.
La natura esperienziale della superficie
nell'architettura contemporanea**
Valerio De Caro
- 730 **Linguaggio grafico e struttura decorativa
nella produzione tessile modernista
di Anni Albers**
Stefano Chiarenza
- 752 **Il disegno delle decorazioni nell'abbigliamento
e nell'architettura dell'antica Pompei.
Permanenze e variazioni**
Nicola Pisacane, Alessandra Avella
- 770 **Il bagno decorato:
intima estetica di uno spazio domestico**
Giovanna Ramaccini

RAPPRESENTAZIONI

- 798 **Le targhe ceramiche di INA-Casa:
tra arte, architettura e spazio urbano**
Sonia Mollica
- 814 **La decorazione nei tombini giapponesi.
Rappresentazione, iconografia e spiritualità**
Cristiana Bartolomei, Caterina Morganti
- 834 ***“You paint the wall, you make it look beautiful”*.
Aspetti performativi e implicazioni politiche
della decor-azione sui muri e in contesti frontalieri**
Andrea Masala
- 854 **Il carattere come motivo decorativo,
dai capilettera al *lettering***
Manuela Piscitelli
- 878 **Comunicazione ed estetizzazione nei poster
di Alfons Mucha: alcune note sul rapporto tra arte
e pubblicità nella Parigi di fine Ottocento**
Marcello Scalzo
- 894 **Elementi di grammatica e sintassi decorativo-ornamentale
di Alfons Mucha**
Vincenzo Cirillo, Riccardo Miele
- 926 **Marc Chagall alla Metropolitan Opera di New York:
opera d’arte o ‘puro ornamento’?**
Ludovico Baldelli

Linguaggi Grafici

DECORAZIONE

‘Decorazione’ e ‘ornamento’ sono due termini a cui vengono associate definizioni molteplici e ambigue, ma sempre riconducibili alla ricerca del ‘bello’, dell’armonia e della proporzione. Una molteplicità semantica legata alla trasversalità del concetto di abbellimento, comune a numerosi ambiti espressivi che si espandono ben oltre il campo delle arti visive. Simbolo ed effetto dell’abbondanza e della disponibilità di risorse, la decorazione e l’ornamento sono stati sottoposti ai più mutevoli umori della storia, ma hanno comunque conservato la centralità del loro ruolo nei più diversi ambiti, sia progettuali che artistici.

L’ornamento può infatti essere visto come ‘stile’, in quanto invenzione artistica e creazione collettiva le cui matrici sono spesso anonime e archetipiche. Il suo compito è quello di attrarre lo sguardo, dare importanza, significato e identità a corpi, prodotti, spazi e immagini.

Oppure l’ornamento può essere visto come ‘delitto’, in quanto la sua esecuzione richiede un dispendioso *surplus* di lavoro, energie e risorse che, se da un lato trasformano semplici oggetti in preziosi artefatti visivi, dall’altro li relegano a un ambito di fruitori ristretto ed elitario.

Gli anni Venti del secolo scorso hanno rappresentato non solo l’apice dello sviluppo della decorazione nella nostra cultura, ma anche l’inizio di un declino

che ha condotto alla rimozione dei linguaggi decorativi relegati al simbolo di una visione obsoleta della cultura e della società.

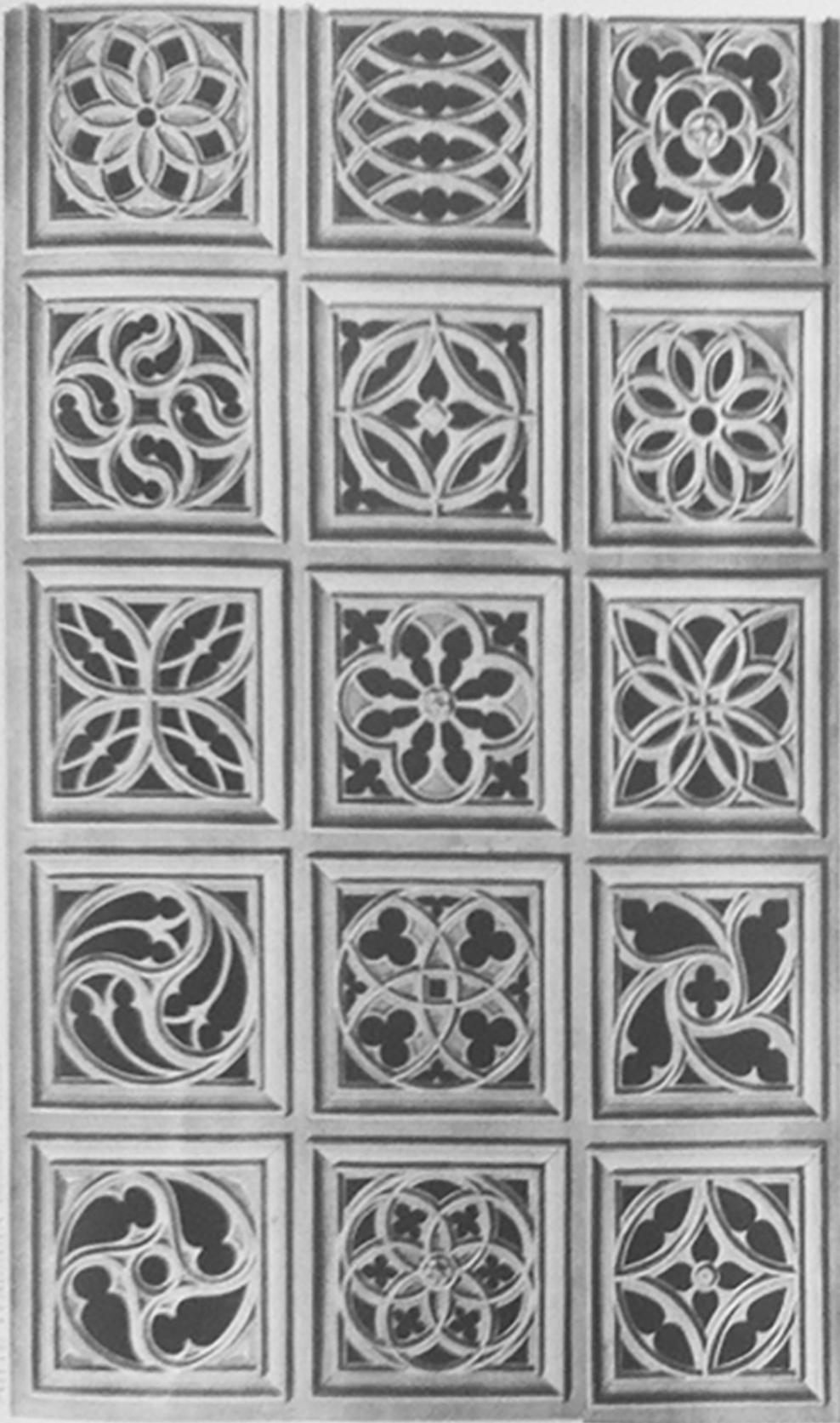
A un secolo dal loro momento di massimo splendore, decorazione e ornamento vengono analizzati all'interno di questo volume in una prospettiva storico-critica come invarianti universali della nostra cultura visiva, capaci di offrire ancora interessanti spunti di riflessione e nuove prospettive per la ricerca nei diversi ambiti disciplinari: nell'architettura, nel design, nell'archeologia, nella comunicazione visiva, nella storia dell'arte.

Il volume si propone come spazio di riflessione sui linguaggi grafici della decorazione e dell'ornamento, con l'obiettivo di esplorarne le forme, i motivi, le tipologie, le funzioni, gli utilizzi, le modalità espressive e i contenuti simbolici.

**Variazioni sul tema.
Dai rosoni del duomo di Milano:
forma, costruzione e proliferazione
nei *pattern* chiusi**

**Variations on the Theme.
From the Rose Windows of Milan Cathedral:
Form, Construction and Proliferation
in Closed Patterns**

Michela Rossi, Giorgio Buratti
Politecnico di Milano
Dipartimento di Design
michela.rossi@polimi.it, giorgio.buratti@polimi.it



geometria costruttiva

pattern

simmetrie

tassellazione

visual computation

constructive geometry

pattern

symmetry

tessellation

visual computation

I termini ‘ornamento e decorazione’, spesso usati come sinonimi, esprimono concetti simili con significati diversi. Il primo è definito come “il complesso degli elementi (fregi, cornici, bassorilievi, dorature, stucchi, affreschi, balze di marmo, parati, ecc.) che abbelliscono la struttura esterna o interna di un edificio, rompendone la nudità e la monotonia”. Nell’architettura classica la decorazione nasce dalle necessità della costruzione, che ne condiziona gli archetipi formali. Esiste infatti una decorazione intrinseca alla costruzione; essa si manifesta nella relazione tra i segni lasciati dalla commettitura degli elementi costruttivi e i principi percettivi dell’ornamento, che si basano sulla ripetizione ordinata secondo regole dedotte dall’estetica delle conformazioni regolari della natura, secondo *pattern* riferibili alle possibilità combinatorie delle 4 simmetrie elementari alla base dei principi geometrici della decorazione.

I matematici e le grammatiche ornamentali ottocentesche hanno descritto le regole compositive del disegno e le diverse modalità associative dei *pattern* di base, riconducibili alla ‘moltiplicazione modulare’ e alla ‘divisione della circonferenza’. Dal punto di vista della matematica che definisce le regole del disegno, l’argomento è stato sviluppato in relazione alle tassellazioni del piano e dello spazio, che si riflettono nelle basi contemporanee della teoria del progetto (*Design Theory*), riprese da quelle sviluppate dalla cultura politecnica che a fine Ottocento impostava la didattica del progetto sulle regole del disegno espresse dalle grammatiche ornamentali. Sul finire del secolo scorso gli sviluppi tecnologici della rappresentazione digitale hanno dato un nuovo impulso all’integrazione tra decorazione e costruzione, applicata allo sviluppo di applicazioni tessili alla realizzazione di superfici architettoniche

The terms ‘ornament’ and ‘decoration’, often used interchangeably, express similar concepts with different meanings. According to the dictionary, the first tells “the elements (friezes, frames, bas-reliefs, gilding, stuccos, frescoes, marble flounces, wallpapers, etc.) that embellish the external or internal structure of a building, breaking up its nudity and monotony”. In classic architecture, the decoration arises from the needs of the construction, which conditions the formal archetypes. There is an intrinsic decoration in the building. It manifests in the relationship between the signs left by the joining of the constructive elements and the wise principles of ornament. These refer to ordered repetition, depending on rules deduced by the regular conformations of nature, with the combinatorial possibilities of the same four elementary symmetries at the base of the geometric principles of decoration. Nineteenth-century mathematicians and ornamental grammars describe the rules of drawing and the associative modalities of basic patterns, which refer to modular multiplication or circumference division. The topic refers to the plane tessellation and reflects the principles of contemporary Design Theory. At the end of the XIX Century, the Polytechnic culture set the teaching of design on the same rules of ornamental grammar. Hundred years later, the developments of digital representation gave a new life to the integration between decoration and construction with the development of textile applications in architectural surfaces, decorated in their being.

Digital technologies open new paths to representation and production, joining the thinking and the making actions in a sole process that solves complexity. That gives growing relevance to decoration patterns, which contemporary aesthetics lived contradictory,

decorate nella loro stessa costruzione. Oggi le tecnologie digitali aprono strade nuove alla rappresentazione e alla 'manifattura' favorendo lavorazioni che producono con facilità effetti di apparente complessità. Questo ha ridato attualità alla decorazione delle superfici, che la cultura contemporanea vive da decenni in modo contraddittorio, alternando momenti di esaltazione razionale del rigore costruttivo ad altri di tripudio ed esaltazione del disegno ornato, che però documenta una matrice legata alla stessa regolarità costruttiva che convive con la possibilità di 'disegnare' e texturizzare le superfici come effetto delle loro stesse proprietà. L'arte gotica offre buoni esempi di razionalità costruttiva. Partendo dallo studio dei *pattern* dei rosoni del duomo di Milano, che hanno articolazione diversa per dimensione, numero di divisioni radiali e simmetrie con un numero limitato di divisioni sia angolari che radiali, si intende ricercare una logica geometrica comune sottostante le diverse costruzioni per indagare le possibilità di crescita e adattamento dei *pattern* chiusi nella computazione generativa (*visual computation*).

Quest'ultima può produrre soluzioni interessanti nella creazione di nuovi *pattern* a partire dalle simmetrie diedrali dei rosoni, superando i limiti specifici dell'aggregazione periodica di moduli circolari con applicazioni a tutte le scale del progetto, che sottolineano come la decorazione può ancora essere la matrice costruttiva delle superfici.

alternating the rational exaltation of constructive rigor and the exaltation of ornamental design. Their constructive regularity coexists with the possibility of drawing and texturing surfaces as an effect of their properties. The gothic design shows good examples of structural decoration. The rose windows in the Milan Cathedral have different articulations in size, radial divisions, and symmetries with a limited number of both angular and radial divisions. The research focuses on the rose's pattern rules. The aim is to apply generative computation to using closed patterns in open surface tessellation. Starting from the symmetries of the dihedral rose windows, visual computation produces available solutions in the creation of parametric patterns. Overcoming the specific limits of the periodic aggregation of circular modules with constructive applications at all project scales, they underline that decoration can still be the matrix of surface design.

Premessa. Ornamento e decorazione, il disegno e la ricerca del bello artificiale

Le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e gli strumenti usati hanno un riflesso sulle tecnologie di lavorazione e sull'articolazione formale dei manufatti, che mostrano tracce visibili del processo di realizzazione (Semper, 1860). Le possibilità implicite nell'ibridazione di tecniche e materiali hanno generato motivi specifici, dove il disegno è legato alla tecnologia e alla struttura. Esse possono essere dissimulate, coperte con un rivestimento protettivo, o diventare parte integrante di un gioco tra forma e decorazione.

I termini 'ornamento' e 'decorazione' esprimono in senso lato la ricerca di eleganza e piacevolezza attraverso la presenza di elementi apparentemente privi di praticità e funzionalità ma riconducibili a una funzione di cura, abbellimento e conferimento di importanza. I due concetti sono accomunati dal riferimento a una ricerca di qualità distintiva attraverso un disegno ordinato e sono usati come sinonimi nonostante la sottile differenza di significato.

'Ornamento' deriva dal latino *ornamentum*, la cui radice è la stessa di *ordo*, da cui discendono *ordinare* = disporre, guarnire, preparare), e *ordior* = ordire, tessere, iniziare (Chiodo, 2011). L'etimologia sottolinea quindi il richiamo alla costruzione (tessitura) e una relazione intrinseca tra l'ornamento e il senso di ordine che questa conferisce alla forma degli artefatti, creando una dipendenza tra costruzione e ornamento, che genera gli archetipi decorativi [1].

'Decorazione' è "il complesso degli elementi (fregi, cornici, bassorilievi, dorature, stucchi, affreschi, balze di marmo, parati, ecc.) che abbelliscono la struttura esterna o interna di un edificio, rompendone la nudità e la monotoni" (Decorazione, s.d.), un accessorio autonomo, applicato a posteriori senza relazioni con la sostanza materiale [2].

Eugenio Battisti sottolinea come la storia del concetto di ornamento ripercorra quella dell'idea di bellezza:

Solo in pochi momenti storici la decorazione è ritenuta distinta dal bello o a esso opposta; anzi si può dire che la polemica tra funzione e abbellimento, fra bellezza disadorna e bellezza adorna si è andata precisando e aggravando solo negli ultimi secoli, per toccare il suo culmine con il totale rifiuto di ogni partito decorativo da parte del razionalismo architettonico del primo Novecento. (AA.VV., 1990, pp. 5-29)

Fig. 1
Disegno e decorazione, dall'ornamento al progetto per l'innovazione produttiva dalla didattica (Boito, 1982, pp. 5, 6).

L'ornamento si manifesta quindi attraverso una serie di segni organizzati in modo da essere riconosciuti come un disegno unitario (Gombrich, 1984), che si adatta alle forme generali dell'architettura e dei suoi elementi costitutivi, per conferire ordine e quindi decoro. Il rapporto tra ornato e senso di ordine emerge dalla radice comune e dall'organizzazione delle forme decorative, ovvero nelle logiche del disegno, evidenti nelle superfici su cui si concretizzano i segni di lavorazione/costruzione/montaggio, che diventano 'decorazione' come conseguenza di una relazione euritmica e compiuta con la forma.

Pur essendo un fatto accessorio, il disegno ornato sviluppa un rapporto intrinseco con la concezione strutturale e il materiale di costruzione, del quale esalta le potenzialità di lavorazione (Semper, 1860).

Nell'estetica classica, il vincolo tra arte, disegno e bellezza deriva dalla percezione delle 'forme' dell'ornato come 'segni', che sono l'essenza del disegno. Il segno infatti contribuisce all'abbellimento dei decori, il cui ordine compiuto arricchisce le forme nell'esuberanza del disegno, che diventa strumento materiale della ricerca del bello. Questa duplice natura è all'origine dell'alterna fortuna che accompagna il giudizio estetico della decorazione, legando il disegno ornato alla ricerca manifestazione del bello, e/o condannando la ricchezza di segni decorativi come un delitto contro la ragione (Loos, 1908) [3].

La decorazione come principio del progetto

Il cambiamento dei concetti estetici che segue la rivoluzione operata dai movimenti artistici del ventesimo secolo, ha cambiato la concezione dell'ornamento, senza però togliere importanza alla presenza e all'articolazione dei 'segni' sulla superficie, con il riconoscimento del valore decorativo delle *texture*, intesa come espressione della costruzione o come conseguenza della lavorabilità del materiale. La ridondanza delle forme dell'ornato classico ha così lasciato posto al rigore di un disegno d'insieme impostato sulla geometria delle forme, ordinate da rapporti controllati.

Il Razionalismo architettonico nega l'enfasi decorativa, sostituendola con l'esaltazione della geometria della forma e la purezza della costruzione, elementi di decoro dell'oggetto industriale e dell'architettura (Pagni, 2018). Il 'disegno' persegue l'essenzialità spogliandosi da ogni segno superfluo, con la ricerca di un ordine

riconoscibile nella ripetizione di una geometria regolare: un *pattern* modulare, la cui concezione deriva dagli archetipi costruttivi dell'intreccio e della tessitura. Come conseguenza della loro realizzazione questi segni regolari e ripetitivi, assecondano le forme nei principi dell'ornamento, che Camillo Boito individua proprio nel disegno, secondo la tradizione ottocentesca su cui si fonda la scuola politecnica milanese (Rossi, 2018).

La decorazione riscatta la sua accezione razionale di disegno connesso alla forma con la disponibilità di tecnologie capaci di integrare l'ornamento nella costruzione, che hanno risvegliano l'interesse per la deformazione dei reticoli e la trasformazione dei moduli. Il progresso delle applicazioni digitali e la maggior padronanza da parte dei progettisti degli strumenti di disegno computazionale hanno promosso l'utilizzo e la costruzione di geometrie articolate e dotate di capacità performative aumentate. Il trend riflette la necessità di risolvere problemi sempre più complessi, che richiedono un'evoluzione metodologica capace di integrare il disegno con la fase costruttiva, utilizzando l'algoritmo e la stesura del codice come una piattaforma dinamica per l'esplorazione precoce delle possibilità progettuali e di ottimizzare il processo di fabbricazione.

Gli algoritmi sono oggi lo 'strumento di disegno' che recupera la fruttuosa ricerca su *pattern* e motivi ornamentali, ridimensionata, se non apertamente condannata (Loos, 1908), dall'avversione del movimento moderno e tutt'oggi trascurata nell'iter formativo del progettista, nel quale lo studio del *pattern* è limitato alle griglie necessarie a standardizzare e proporzionare le forme. Eppure, le regole di relazione tra gli elementi costitutivi dell'ornamento offrono le impalcature necessarie all'esplorazione dello spazio bidimensionale e tridimensionale, consentendo di controllarne gli elementi fondativi e trasformativi.

Gli sviluppi tecnologici della rappresentazione integrano quindi decorazione e costruzione a partire dall'applicazione delle 'regole del disegno' alla progettazione, mentre i sistemi di produzione digitale cambiano le prospettive dell'industria, non più vincolata alla grande serie, con sistemi adattabili all'integrazione di effetti decorativi, riferiti alla capacità computazionale e non all'abilità manuale. Il problema da risolvere resta la necessità di conciliare qualità materiale ed estetica, coniugando 'disegno' e 'forma': ancora una volta l'innovazione richiede la formazione di una cultura del progetto aperta (Boito, 1892) [4].

La capacità di disegnare con la testa prima che con la mano, che ha trasformato l'esecutore artigiano in artista creativo, oggi accosta il progettista al *maker*. L'approccio con il quale Boito persegue il 'buon' disegno piuttosto che il 'bel' disegno resta valido, perché il disegno, come il progetto, obbedisce a regole funzionali, strutturali e costruttive, ispirate all'essenzialità della natura. Il *biophilic design* riconferma 'la forma' come risposta organica ai requisiti statici, meccanici ed estetici del progetto che riprendono la triade vitruviana *firmitas, utilitas, venustas*.

Una decorazione intrinseca alla costruzione nasce dai segni della posa degli elementi costruttivi, che ricalcano i principi dell'ornamento secondo regole dedotte dall'estetica delle conformazioni regolari della natura, con *pattern* riferibili alle possibilità combinatorie delle 4 simmetrie elementari che sono alla base dei principi geometrici della decorazione [5].

I matematici e le grammatiche ornamentali ottocentesche hanno scritto le regole e le modalità associative dei *pattern* di base, riconducibili alla 'moltiplicazione modulare' (tassellazione del piano e dello spazio) e alla 'divisione della circonferenza', che costituiscono la base geometrica della teoria del progetto, perché desunti da principi biomorfici. Le conformazioni regolari della natura sono riconducibili a 'tassellazione modulare', 'suddivisione radiale', 'crescita gnomonica' (Rossi, 2019) (fig. 2), con simmetrie che sono il principio teorico-pratico delle grammatiche ornamentali del XIX secolo (Jones, 1856), applicate alla soluzione di carte da parati, pavimenti, tessuti. La prima ammette aggregazioni modulari aperte a crescita illimitata, orientata secondo direzioni predefinite con resistenza differenziata; la seconda produce forme chiuse, scandite secondo angoli radiali che determinano fasce concentriche sempre diverse per forma e/o dimensione, con vincoli specifici dei motivi di pizzi circolari (centri) e rosoni; l'ultima si esprime nella spirale logaritmica che concilia la crescita illimitata in un'unica direzione vincolata ad un centro (origine), lasciando aperta la forma predeterminata. In particolare, il *pattern* circolare produce sistemi strutturali autosufficienti come quelli studiati da Fuller nella sua geometria tensegrale (Fuller, 1975), interessanti per la creazione di tassellazioni isotrope, prive di direzioni resistenti preferenziali.

Gli stessi *pattern* possono definire grammatiche computazionali che permettono l'adattamento e la trasformazione regolare degli elementi costruttivi, evidenziando il rapporto tra le forme e le dimensioni dei manufatti, misurati dal disegno costruttivo/ornamentale che richiama la triade vitruviana come affermazione di valori formali assoluti, validi perché espressione razionale delle necessità costruttive.

I rosoni del duomo di Milano: *pattern* e vincoli 'costruttivi' nello spazio euclideo

I rosoni sono elementi funzionali di illuminazione e aereazione, che si caricano di valori simbolici legati alla luce, correlati alla scansione regolare della circonferenza, con disegni 'intrecciati' di forte impatto decorativo sia all'esterno che all'interno della chiesa.

Insieme agli archi a sesto acuto e agli archi rampanti, i rosoni sono considerati un'epitome della cattedrale gotica. Più spesso studiati per il loro valore estetico, formale e simbolico, essi offrono ingegnose soluzioni costruttive che rispondono a complesse problematiche strutturali con soluzioni di grande eleganza formale, capaci di conferire al muro la leggerezza del merletto.

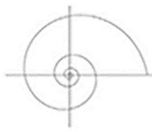
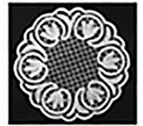
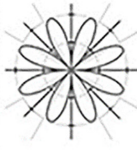
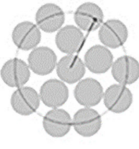
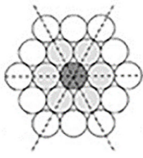
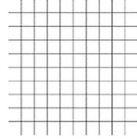
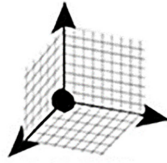
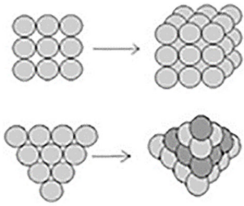
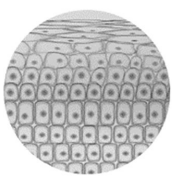
In particolare, la forma circolare definisce sistemi strutturali equilibrati come l'arco e la volta (Fuller, 1975) e quindi questi elementi funzionali possono offrire molteplici ispirazioni di interesse costruttivo-strutturale e valenza decorativa, applicabili alla soluzione di superfici *free-form* a tutte le scale.

Come accade in tutte le costruzioni gotiche, caratterizzate da una essenziale razionalità strutturale e costruttiva, anche la loro articolazione è condizionata dall'economia di cantiere e quindi dalla semplicità costruttiva a partire dal tracciamento, e quindi dalla soluzione delle divisioni della circonferenza.

Come l'uso dell'arco a sesto acuto consente di risolvere strutture di forma e geometria complessa con un unico raggio di curvatura, variando la dimensione, la circonferenza si presta all'inserimento di tassellazioni aperiodiche e prive di direzioni preferenziali come quelle di Voronoi [6] e Penrose [7], in sistemi strutturali chiusi e auto equilibranti come quelli proposti da Fuller, adattandosi a coprire qualsiasi forma con motivi continui costituiti da cellule strutturali autosufficienti ma collaboranti tra loro, capaci di attutire e distribuire le sollecitazioni esterne in tutte le direzioni utili alla realizzazione di superfici con caratteristiche e prestazioni specifiche (fig. 3). Le tassellazioni aperiodiche non hanno una teoria definitiva, perché studi sono relativamente recenti [8].

Nella tassellazione di Voronoi la scomposizione dello spazio euclideo è ottimizzata rispetto all'omogeneità di cellule irregolari. Determinata dalle distanze rispetto a un insieme finito di punti, detti semi o generatori), e tale che ad ogni seme corrisponda una regione (cellula di Voronoi), essa è costituita da tutti i punti del piano più vicini a quel seme che a qualsiasi altro. La costruzione

Fig. 2
Pattern biomorfici
e applicazioni
decorative:
aggregazione aperta,
chiusa e continua.
(elaborazione grafica
di M. Rossi).



del diagramma può avvenire sul piano con celle bidimensionali, o nello spazio con strutture tridimensionali.

Nella tassellazione di Penrose invece il *pattern* accosta particolari tessere derivate dal pentagono regolare in modo modulare ma aperiodico, ovvero nessuna trasformazione isometrica porta il *pattern* a coincidere con sé stesso. Come noto, qualsiasi tentativo di tassellare il piano con pentagoni regolari comporta spazi vuoti o sovrapposizioni, ma le lacune possono essere colmate con pentagrammi (stelle pentagonali), decagoni e forme simili.

I rosoni del duomo di Milano offrono a loro volta un interessante esempio di ‘decorazione costruttiva’: costruiti in marmo di Candoglia e chiusi da vetrate policrome, che con il variare della luce creano un effetto caleidoscopio che cambia la percezione di colori e disegno, rendendo dinamica la decorazione esaltando all’interno il colore mentre all’esterno prevale l’effetto grafico creato dal gioco delle ombre (fig. 4). Lo studio della costruzione offre spunti significativi per lo sviluppo di *pattern* moderni al contempo strutturali e decorativi. I costruttori medioevali, infatti, lavoravano in scala reale, tracciando a terra gli schemi e i disegni esecutivi delle sagome per la scalpellatura. Elaborati con l’uso di un compasso, una squadra e una riga i rosoni sono il legame più evidente tra metodi costruttivi e la conoscenza della geometria euclidea, usata come una matrice flessibile, capace di generare un repertorio di forme e figure adattabili secondo le necessità e l’estro. Tradurre queste regole in algoritmi di descrizione della forma significa ricostruire i processi di progettazione dei rosoni e organizzarli in una sequenza logicamente interconnessa da cui è possibile derivare attraverso la variazione delle principali determinanti geometriche tutte le morfologie derivate.

La descrizione algoritmica dei rosoni suggerisce nuove soluzioni per tassellazioni aperiodiche, capaci di superare i limiti specifici dell’aggregazione di moduli circolari, basati sul controllo della logica scompositiva delle simmetrie cicliche e diedrali, risultato dell’interazione tra considerazioni formali e costruttive, sottostanti al processo di realizzazione che hanno lasciato poche tracce oltre i manufatti. In particolare, si ipotizza di sviluppare tassellazioni modulari aperiodiche adattabili a superfici NURBS, per strutture traforate leggere e autoportanti, caratterizzate da un forte impatto decorativo.

La logica generale dei rosoni è la suddivisione della superficie interna in spazi minori regolari con elementi sempre più leggeri, in modo da ridurre la dimensione effettiva delle aperture vetrate,

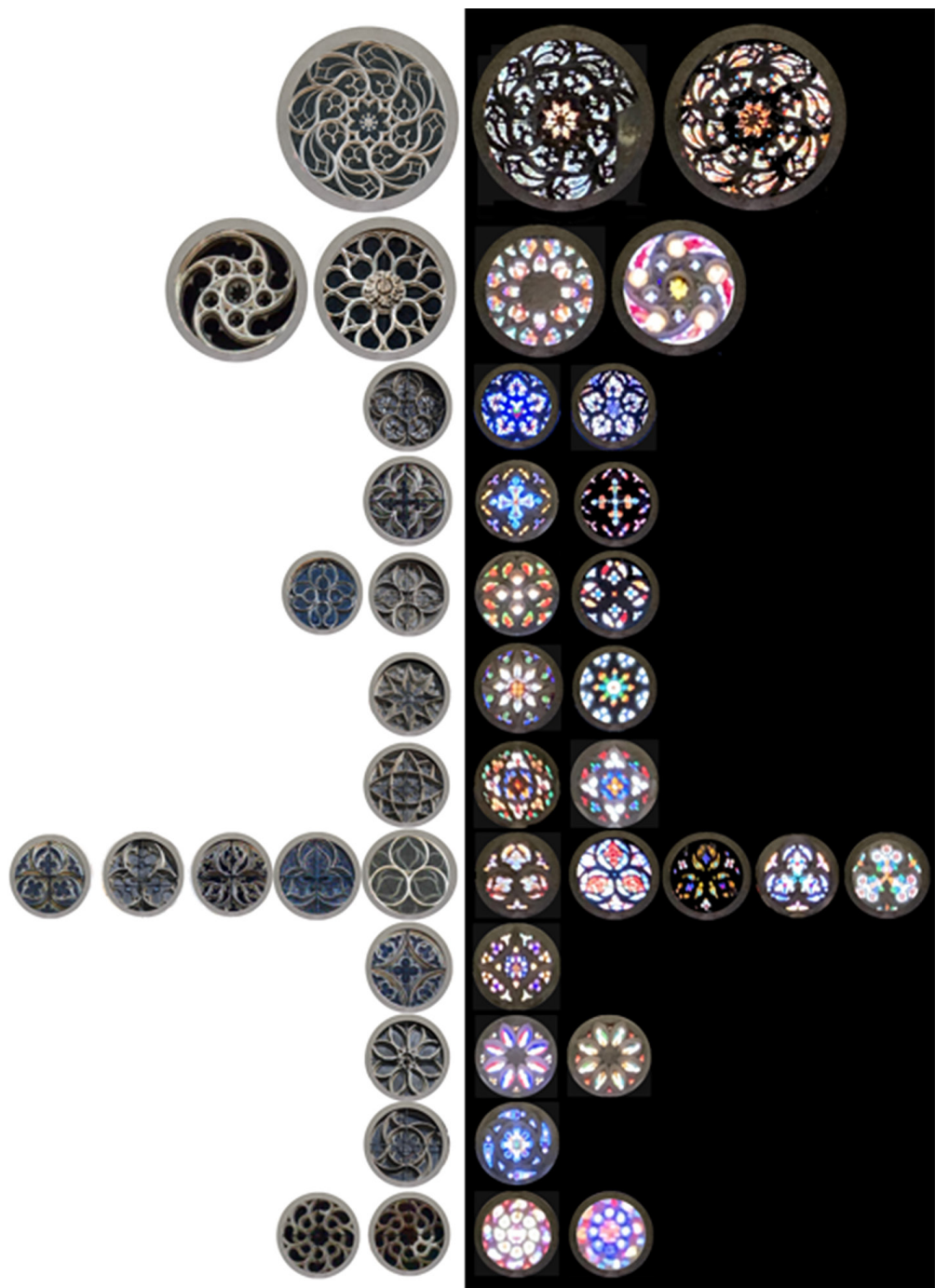
Fig. 3
Tassellazioni irregolari e aperiodiche da Voronoi e Penrose. La letteratura riporta diversi diversi metodi per la generazione della tassellazione di Voronoi, mentre la generazione della tassellazione di Penrose è più complessa. (elaborazione grafica e algoritmica di G. Buratti).

senza ridurre la luce. La soluzione più comune è la divisione radiale e concentrica di una griglia polare, su cui si possono costruire sia simmetrie diedrali che cicliche. Nelle ultime il modulo 'ruota' intorno al centro, imprigionando il dinamismo della spirale all'interno della circonferenza perimetrale in due versi opposti, e quindi consente coppie simmetriche. I rosoni milanesi invece, sono diversamente risolti con varie soluzioni di accostamento di circonferenze di diverso diametro, tangenti tra loro, la cui combinazione individua tracciati compositi che approssimano altre curve derivate da movimenti circolari (cicloidi, cardioidi, nefroidi, epitrocoidi e ipocicloidi) e usate negli ingranaggi, che hanno interessato i matematici. (Marchetti & Costa, 2015).

Partendo dalla campionatura e catalogazione dei diversi *pattern* dei 42 rosoni (fig. 4) che illuminano le vetrate policrome del duomo di Milano, si vuole ricostruire l'identità della logica organizzativa e funzionale dei diversi *pattern* per definire i parametri necessari alla loro gestione digitale e valutarne le potenzialità nell'applicazione a diverse scale. I rosoni sono complessivamente 42, ma nel momento del rilievo parte del transetto sinistro era coperta da ponteggi, richiedendo una successiva verifica. Essi presentano 4 diametri diversi a seconda della collocazione. Quelli laterali della facciata, delle navate, del transetto e del coro hanno diametri uguali o molto simili e sono stati scelti come base per definire i parametri di disegno e individuare i *pattern* di riferimento. Infatti, mentre nella loro varietà questi presentano elementi ricorrenti, i tre grandi rosoni dell'abside e i rosoni centrali del transetto, di misura paragonabile a quello centrale della facciata, presentano disegni diversi che denunciano una ricerca di distinzione gerarchica. Quelli più piccoli illuminano le absidi poligonali del transetto. La tassonomia dei 36 rosoni di navata (16), transetto (16) e coro (4) presenta geometrie variate per simmetria (diedrale e ciclica), numero di divisioni radiali (3, 4, 5, 8), ma un numero limitato di scansioni concentriche anche nei rosoni più grandi. L'articolazione dei disegni a simmetria diedrale o ciclica è ingentilita da curve mistilinee costruite con archi di circonferenza e dalle forme fitomorfe delle forature residuali. Il disegno manifesta la predominanza di elementi circolari, accostati in modo da ridurre le aperture della superficie interna e quella degli interstizi interni lobati, risolti più liberamente con disegni lobati e tamponati con vetri colorati. In generale, i tracciati evidenziano aperture di compasso modulate sulla divisione in sei parti del raggio principale. La maggior parte dei rosoni

Fig. 4

I rosoni del duomo di Milano, disegno (geometria), forma (pieni e vuoti) e colore (vetri) (elaborazione grafica di M. Rossi).



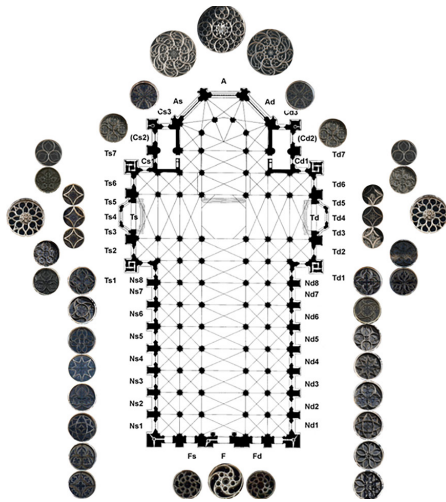
presenta una simmetria diedrale. Fanno eccezione i due rosoni della settima campata di destra e sinistra e dei due rosoni laterali dell'abside e della facciata, che sono ciclici, uguali i primi e chiralmente i secondi. Sono diedrali anche i due rosoni maggiori, uguali tra loro, sopra le absidi del transetto, che da terra si vedono di scorcio. I *pattern* si ripetono in modo simmetrico nelle due metà del transetto e del coro, con qualche differenza nell'articolazione minore di quelli centrali della navata, che nelle prime due campate sono diversi con un doppiante a destra e due completamente diverso a sinistra, mentre sono uguali i rosoni della settima (l'unico con simmetria ciclica) e dell'ottava campata. Nel transetto e nella parte absidale le due metà presentano gli stessi motivi, che si ripetono con simmetria assiale (fig. 5).

L'articolazione dei rosoni di ogni navata evidenzia 5 *pattern* diedrali e uno ciclico; un ulteriore *pattern* diedrale compare nei due rosoni maggiori del transetto. I rosoni minori delle absidi del transetto, che sono 6 riprendono il *pattern* di quello della prima campata di sinistra con varianti minori. Il *pattern* ciclico delle sette campate della navata riprende quello del rosone centrale della facciata con 4 scansioni invece di 5, mentre quelli laterali sono scanditi chiralmente da 8 gocce girate in senso orario a sinistra e antiorario a destra. I due rosoni principali del transetto sono uguali tra loro e presentano una doppia scansione ortogonale che organizza due giri di 8 petali intorno a una rosetta centrale.

Il rosone centrale dell'abside è diverso da tutti gli altri. Esso mostra un sole a 8 raggi ciclici ondeggianti, circondato da 4 circonferenze quadripartite e poi tripartite, e 4 volute diedrali che disegnano una croce. Indipendentemente dalla dimensione, i *pattern* del duomo milanese adottano una griglia di riferimento che all'esame sul rilievo fotografico [9] sembra basata sulla esa-ripartizione del raggio principale che definisce l'appoggio delle circonferenze minori e degli archi di circonferenza delle curve composite delle nervature, mentre il contorno delle forature presenta curve più complesse che si adattano agli spazi di risulta disegnando forme lobate.

Dal punto di vista percettivo i motivi ciclici sono alleggeriti dall'effetto dinamico della rotazione attorno al polo centrale, ma quelli diedrali sono più semplici dal punto di vista del tracciamento che offre la possibilità di adattare elementi prefabbricati e il comportamento meccanico risulta più omogeneo. Dal punto di vista progettuale, i primi permettono lo sviluppo di strutture richiudibili, gli altri possono produrre intelaiature leggere e resistenti,

Fig. 5
distribuzione e
tassonomia dei rosoni
del duomo, navata,
coro e transetto
(elaborazione grafica
di M. Rossi).



d1



d2



d3a



d3b



d3c



d4



d5



d6



d7



c1



c2

come quelle delle ruote a raggi, dove le sollecitazioni si distribuiscono sull'intera struttura. Questo primo studio delle geometrie privilegia i *pattern* diedrali (fig. 6).

Il più articolato inserisce 3, 4 o 5 circonferenze uguali, che nella versione trilobata viene utilizzato anche nella decorazione interna delle volte, mentre quelle quadrilobate risolvono la campitura maggiore con trasformazioni della circonferenza. La versione a cinque lobi compare nei due rosoni ai lati delle absidi del transetto, che sono uguali ma a destra uno è rovesciato con il vertice verso il basso.

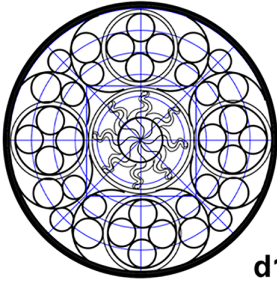
Il secondo *pattern* è quadripartito a croce da due diametri raccordati da quarti di circonferenza tangenti ad una circonferenza centrale e viene ripreso con modifiche minime nei sei rosoni minori delle absidi del transetto.

Il terzo applica tre varianti alla divisione in 8: una raddoppia lo schema del *pattern* precedente, inserendo un trifoglio negli interstizi esterni, una intreccia 3 *vescica piscis* inserendo nei petali 3 piccole circonferenze tangenti, l'ultima organizza 8 petali a mandorla intorno a una circonferenza centrale, lasciando liberi gli interstizi. Il problema geometrico che risolve il gruppo principale è quello dell'inserimento di circonferenze tangenti, risolto con il tracciamento delle tangenti alle circonferenze interne in corrispondenza dei vertici del poligono corrispondente. L'inserimento di un'eventuale circonferenza al centro non richiede altre costruzioni. Gli altri due *pattern* intersecano archi di raggio uguale alla circonferenza circoscritta, mentre l'inserimento delle 3 circonferenze minori nei petali della rosa si risolve con il teorema di Apollonio (fig. 7).

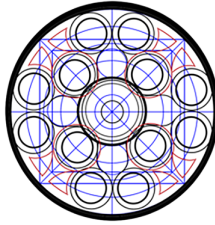
Sperimentazione

L'elaborazione di un algoritmo per la creazione o ricostruzione di un dato artefatto recupera e ripresentata in un processo dinamico le logiche compositive e produttive sottostanti la realizzazione dell'opera, facilitando lo studio delle varianti tipologiche. Rosoni e trafori gotici sono l'ideale per questo tipo di analisi: concepiti a partire da semplici schemi basati sulla geometria euclidea si caratterizzano per la pronunciata raffinatezza ornamentale, innovazione storica formale e simbolica capace di rispondere a complessi problemi statici in modo coerente.

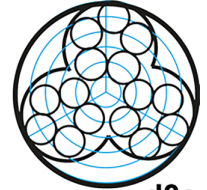
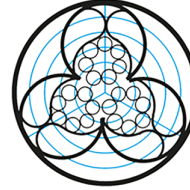
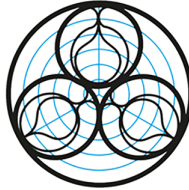
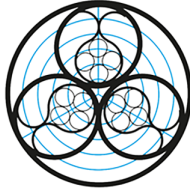
Fig. 6
Pattern diedrali d1, d2, d3abc, d4, d5 (elaborazione grafica di M. Rossi).



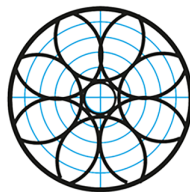
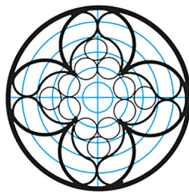
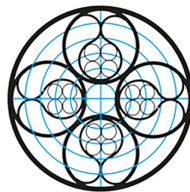
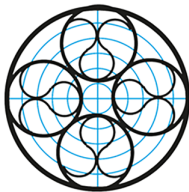
d1



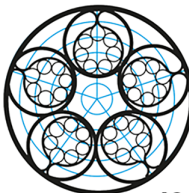
d2



d3a



d3b



d3c



d4



d5

La descrizione in un'unica definizione algoritmica delle diverse costruzioni geometriche utilizzate nella progettazione dei rosoni dimostra come il metodo dei maestri costruttori fosse uno strumento flessibile, capace di fornire un ricco repertorio formale, realizzabile con squadra e compasso a partire da semplici regole geometriche. Si noti (fig. 8) come tutti tipi di rosoni identificati nel duomo di Milano siano ottenibili dall'iscrizione in una circonferenza di qualsivoglia poligono regolare i cui vertici corrispondano ai centri delle circonferenze minori, di raggio pari al punto medio dei lati del poligono stesso, con cui si vuol suddividere il rosone. Quindi, noto il diametro dell'apertura, è possibile stabilire il tipo di rosone (oculo, multifoil o ruota) e prevedere i motivi decorativi decidendo in numero di colonne, barre e nervature, così come le specifiche decorazione con cui è possibile suddividere ulteriormente gli elementi del traforo.

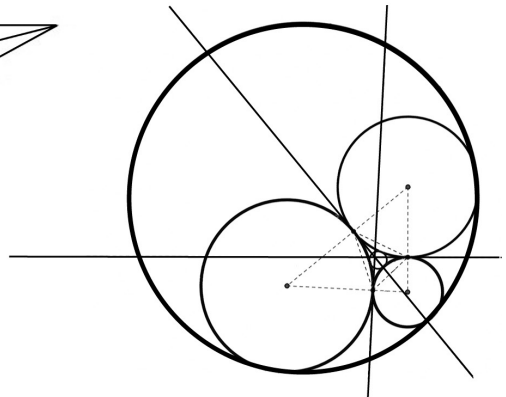
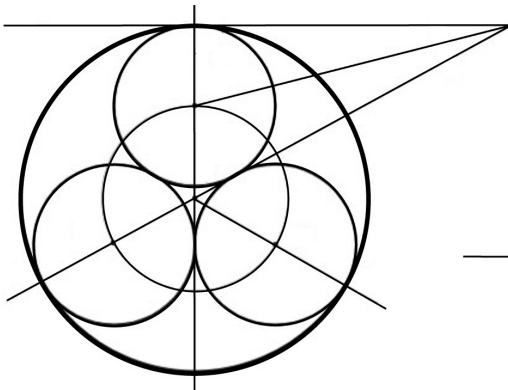
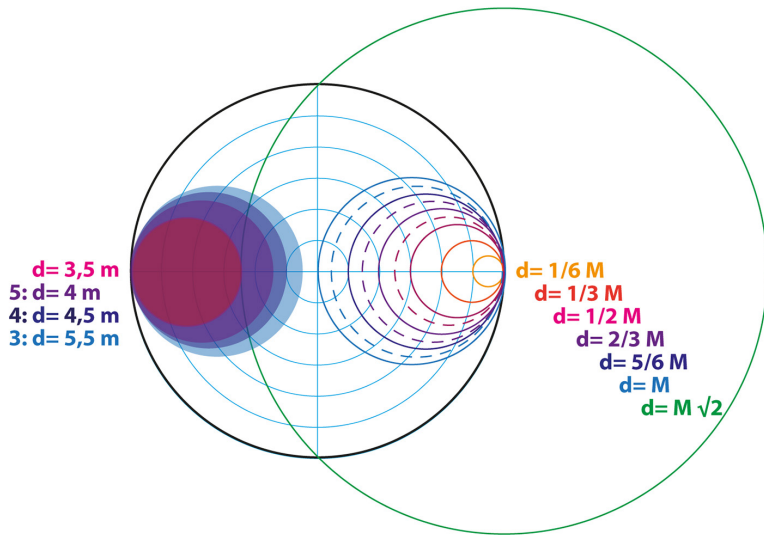
Questo lavoro analizza solo un numero limitato di tipi ornamentali, ma l'algoritmo può essere facilmente esteso, includendo tutte le variabili formali tipiche dei diversi periodi dello stile gotico. Gli schemi permettono anche di studiare e definire i punti di giunzione ed assemblaggio delle strutture portanti, integrando considerazioni formali e costruttive e permettendo, già nella fase di disegno, di legare i diversi motivi ornamentali alla tecnica costruttiva più idonea, a partire dal traforo di lastre lapidee sino all'assemblaggio di montanti.

Grazie a questi semplici modelli improntati sui principi basilari della geometria euclidea i costruttori gotici produssero audaci soluzioni formali, compatibili con le tecnologie costruttive dell'epoca, applicando empiricamente quei rapporti matematico-geometrici capaci di risolvere i principali problemi costruttivi spesso tramandati in forma esoterica. Le tecnologie e le conoscenze oggi disponibili consentono l'esplorazione di modelli alternativi, interessanti per le loro notevoli proprietà strutturali ed estetiche, che superano la geometria euclidea. Spesso riscontrabili in natura, queste strutture riflettono le indiscutibili leggi dell'economia e dell'efficienza derivata dall'interazione dinamica di mutue risposdenze e di adattabilità al contesto tipiche dei sistemi biologici. Scarsamente indagati per la complessità morfologica, questi *pattern* vedono nell'avvento del disegno computazionale il momento risolutivo tra la visione progettuale e l'effettiva costruibilità. (Buratti, 2017).

Prendendo le mosse dallo studio dei rosoni si è utilizzato il disegno computazionale per studiare soluzioni formali alternative

Fig. 7

La regola metrica e geometrica dei rosoni della navata (d3-d4-d5. Modularità del tracciamento, costruzione di circonferenze interne uguali (poligoni regolari) e diverse (problema di Apollonio).



che potessero risolvere gli stessi problemi costruttivi con schemi diversi. In figura 3 è possibile vedere l'applicazione dei diagrammi di Voronoi e di Penrose in luogo delle costruzioni classiche del Gotico. Sebbene lo scopo di questo scritto non sia quantificare le forze fisiche presenti in queste strutture (ipotizzabile in un successivo avanzamento di ricerca), si potrebbero applicare tassellazioni ispirate alle microstrutture policristalline (Wigner & Seitz 1933) e a quelle di alcuni sistemi biologici, quali la microarchitettura ossea (Vajjhala, et al., 2000), entrambe note per la loro efficienza strutturale.

Un'ulteriore sperimentazione interessante, direttamente ispirata alle variazioni sul tema dei rosoni milanesi e quindi più vicina alle soluzioni classiche, sfrutta le proprietà del cosiddetto *circle packing*, ovvero lo studio della tassellazione basata su circonferenze omologhe all'interno di un perimetro dato, in modo tale che le circonferenze non si sovrappongano e, per quanto possibile, siano tangenti tra di loro. Se nel piano il problema è ben noto e la soluzione più efficiente si raggiunge attraverso una maglia di esagoni regolari (o triangoli equilateri) in cui la circonferenza è iscritta, per qualsiasi altra geometria la soluzione è meno banale. Qualsiasi poligono regolare presenta infatti delle zone dove il ricoprimento è impossibile, dando andito nel corso del tempo a numerosi studi (Goldberg, 1970; Maranas et al., 1995) che si prefiggono di identificare le soluzioni più efficienti (fig. 9).

Nel caso di superfici *free-form* il problema è ancora più complesso e molti quesiti sono a tutt'oggi irrisolti nonostante molti ricercatori e progettisti stiano usando la potenza degli strumenti computazionali alla ricerca di possibili regole di generalizzazione (Schiftne et al., 2009).

La soluzione adottata nel presente studio è quella di utilizzare circonferenze di raggio differente in modo tale che i tori ottenuti per rotazione delle stesse, si adattino alla geometria di riferimento, creando una maglia maggiormente impacchettata, dove le singole unità 'incernierate' formano una struttura stabile, capace di resistere sia a trazione che a compressione.

L'algoritmo utilizzato è di tipo dinamico: i tori sono generati casualmente all'interno di un dominio geometrico, per poi essere continuamente ricalcolati, disposti o rimossi per mantenere i vincoli di tangenza ed evitare eventuali intersezioni (fig. 10). Benché dispendioso dal punto di vista computazionale, poiché le dimensioni e la posizione delle unità sono continuamente modificate durante il

Fig. 8

Con un'unica definizione algoritmica è possibile ottenere tutte le varianti decorative che caratterizzano i rosoni del duomo di Milano (elaborazione grafica e algoritmica di G. Buratti).

processo, l'algoritmo risolve efficacemente il problema, rivelandosi idoneo soprattutto per l'ottimizzazione di geometrie di piccola-media scala. Infatti, per manufatti di dimensione commensurabile alla sedia Panton (fig. 11), la complessità morfologica può oggi essere risolta tramite stampa 3D, tecnologia produttiva con la quale è possibile ottenere un oggetto monolitico, mentre l'applicazione a strutture di scala maggiore potrebbe rivelarsi complessa prima di un'ulteriore evoluzione dei sistemi di produzione. Ai fini costruttivi, al momento sarebbe infatti necessario ridurre la maglia nelle sue unità costituenti, ognuna diversa per dimensioni, con una gestione antieconomica nel trasporto e assemblaggio della struttura. Ulteriori sviluppi della ricerca prevedono la riduzione delle unità che compongono la maglia per ovviare a questi problemi, mantenendo invariate le proprietà strutturali e l'efficacia ornamentale della soluzione costruttiva.

Conclusioni

Le morfologie osservabili in natura, che riflettono le indiscutibili leggi dell'economia e dell'efficienza (Perez & Gomez, 2009; Hensel et al. 2004), sono da sempre fonte di ispirazione per i costrutti umani. Queste geometrie hanno *pattern* lontani dagli schemi ortogonali e sviluppano livelli di complessità maggiori delle strutture a diagriglia, astrazione funzionale all'attività progettuale e costruttiva 'tradizionale', ma spesso inadeguate alla replicazione dell'efficienza dei processi biologici. Le capacità reattive e trasformatrice sono tipiche del mondo organico, per cui strutture articolate, derivate dall'osservazione di questi fenomeni possono essere facilmente tradotte in processi di adattamento al variare delle condizioni del contesto.

La realizzazione di tali *pattern* responsivi si basa sulla convergenza di due elementi: 'computazione' e 'cinetica'. La prima è da intendersi come il 'codice nella forma' che varia nel tempo ed esprime l'insieme delle regole che governano il sistema tecnologico; la seconda è il sistema tecnologico fisico, composto di sensori, attuatori e forme costruite. L'innovazione tecnologica consente di gestire queste due determinati. Sono però necessari ulteriori studi interdisciplinari che dimostrino come questi *pattern* non si limitano ad essere suggestive decorazioni, ma grazie alle loro proprietà possono costituire una valida alternativa ai tradizionali

Fig. 9

Le prime 6 soluzioni ottimali (di 20 sinora scoperte) con cui possono essere impacchettati n cerchi dello stesso diametro in una circonferenza e le rispettive ottimizzazioni per gli impaccamenti all'interno di un quadrato.

Fig. 10

Con un unico modulo (sopra) le condizioni di tangenza tra i tori non sono sempre rispettati, mentre variando il raggio è possibile ricoprire efficientemente lo spazio dato, mentendo sempre sei punti di tangenza per ogni unità (elaborazione grafica e algoritmica di G. Buratti).

sistemi e tipologie costruttive in diversi ambiti dell'architettura, del design e dell'ingegneria.

Le strutture sviluppate con questi presupposti sono caratterizzate da leggerezza e resistenza, ottimizzando la minima massa strutturale per una varietà di condizioni di carico, senza collassare per compressione o per instabilità grazie alla distribuzione uniforme delle tensioni. Esse offrono quindi prospettive interessanti, che devono essere indagate per integrare funzioni di controllo cooperanti con il *pattern*, permettendo adattamenti di forma nel mantenendo di elementi modulari nella progettazione e, a grande scala, anche nella costruzione. Il disegno computazionale esplora modelli alternativi, interessanti per le notevoli proprietà strutturali ed estetiche, colmando il divario tra visione progettuale e costruibilità reale.

Come i rosoni gotici, nati per creare grandi superfici vetrate, si evolvono in elementi decorativi indipendenti ispirati dallo studio del mondo vegetale, con intrecci sempre più complessi e raffinati mantenendo la leggerezza strutturale, lo studio delle proprietà reologiche dei *pattern* naturali può essere finalizzato all'attribuzione di caratteristiche sensoriali e funzionali innovative a uno specifico artefatto.

Note

[1] L'accostamento regolare di moduli uguali o simili consente di ottenere molti disegni diversi con un numero limitato di elementi base, favorendo la variabilità delle forme e costituisce la base della decorazione, che si caratterizza con motivi geometrizzati.

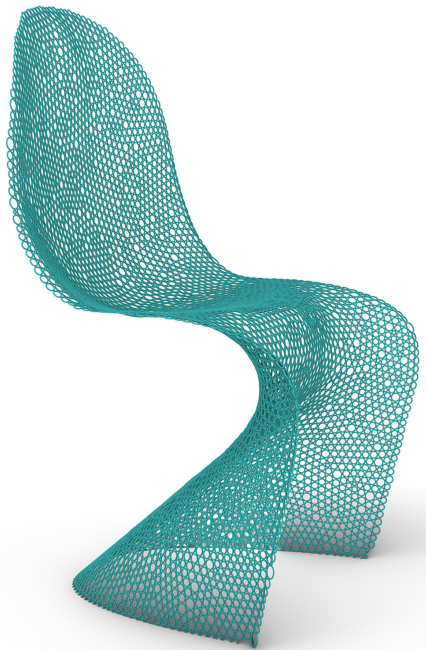
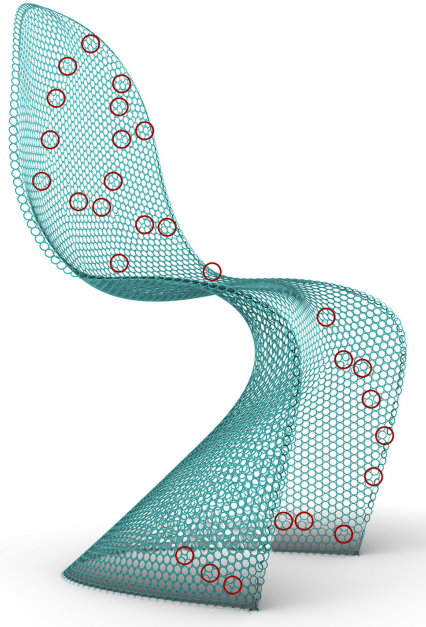
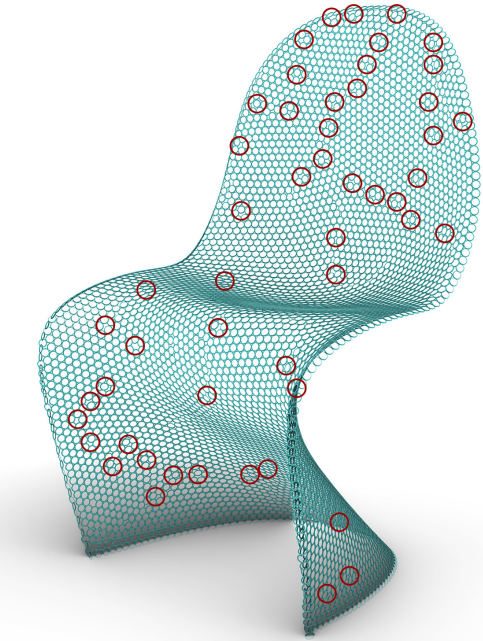
[2] Da qui l'avversione illuminista e del Movimento Moderno nei confronti dell'uso abnorme che tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento ha accompagnato l'horror vacui alla disponibilità di tecnologie che favorivano la realizzazione di importanti apparati ornamentali senza contravvenire alla razionalità costruttiva. Dopo Eclettismo e *Art Nouveau*, al virtuosismo decorativo nella lavorazione dei materiali si contrappone l'esaltazione delle forme pure e dei segni della costruzione, accompagnato dalla stilizzazione dei principi decorativi dell'ornamento nella geometria modulare (Semerari, 1994; Jones, 1856).

[3] Il breve saggio segue una serie di articoli di costume scritti tra il 1897 e il 1990, che criticano l'atteggiamento dei contemporanei nei confronti della moda, pubblicati nel 1921 nella raccolta 'Ins Leere gesprochen' (Loos, 1921).

[4] L'attenzione al disegno come concetto piuttosto che come rappresentazione si definisce in riferimento alla didattica delle scuole tecniche, nelle quali si dovevano formare la manualità e la coscienza estetica degli artefici e si rivolge

Fig. 11

La discretizzazione di una superficie *free-form* che presenti un andamento complesso non è risolvibile con un unico modulo circolare (sopra), la maglia risultante presenta una serie di discontinuità che ne inficiano le possibilità strutturali. Utilizzando la soluzione proposta (sotto) è possibile ottenere una struttura autorganizzata ed efficiente. (elaborazione grafica e algoritmica di G. Buratti).



all'importanza delle arti minori e delle tradizioni locali nella valorizzazione della nascente industria manifatturiera per la quale nascerà il design (Rossi, 2018).

[5] Traslazione, rotazione, riflessione e glisso riflessione (specularità traslata).

[6] Il diagramma, detto anche tassellazione o decomposizione di Voronoj o ancora tassellatura di Dirichlet, deve il nome a Georgij Feodosjevič Voronoj, che ne definì il caso generale, n-dimensionale, nel 1908.

[7] Il fisico Roger Penrose nel 1974 descrisse il *pattern* P1, un gruppo composto di 4 tasselli, basati su un modulo pentagonale anziché quadrato. Successivamente riuscì a ridurre il numero di tasselli da quattro a due, con due tassellazioni dette P2, o *'kite and dart'* (aquilone e dardo) e P3, o *'dei rombi'*.

[8] La prima tassellazione di Penrose scompone pentagoni regolari in un pentagramma, una *'barca'*, che è una porzione di pentagramma, e un rombo irregolare. Nella tassellazione P2, alla base dell'algoritmo proposto, l'aquilone e il dardo sono forme composte ciascuna da due triangoli che presentano particolari rapporti tra gli angoli interni. L'aquilone è un quadrilatero convesso con tre angoli interni consecutivi di 72° e il quarto di 144° , che può essere suddiviso lungo il proprio asse di simmetria in una coppia di triangoli acutangoli isosceli (36° , 72° , 72°). Il dardo è invece un quadrilatero concavo, con gli angoli di 36° , 72° , 36° e 216° , composto da una coppia di triangoli ottusangoli isosceli (108° , 36° , 36°), di area minore rispetto ai precedenti. Perché aquiloni e dardi possano coprire il piano senza soluzione di continuità occorre rispettare delle *'regole di corrispondenza'* (*matching rules*). L'algoritmo permette solo sette delle 54 possibili configurazioni ciclicamente ordinate per la tassellazione del piano.

[9] Solo un rilievo digitale che non è stato possibile fare permetterebbe di individuare il tracciamento effettivo e la vera natura matematica delle curve utilizzate, ma ai fini del presente lavoro interessa capire la logica del tracciamento di base, più facilmente basata sull'uso di riferimenti semplificati ad uso del cantiere.

Bibliografia

A.A. V.V. (1990). I segni del decoro. *Rassegna. Problemi di architettura dell'ambiente*, 41.

Boito, C. (1882). *I principi del Disegno e gli stili dell'ornamento*. Hoepli.

Buratti, G. (2017). Il disegno computazionale. La forma come organizzazione.

In A. Nebuloni & A. Rossi (Eds.), *Codice e Progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie* (pp. 111-123). Nimesis.

Chiodo, S. (2011). *Estetica dell'architettura*. Carocci.

Decorazione (s.d.). In *Vocabolario Treccani*. <<https://www.treccani.it/vocabolario/decorazione>> (ultimo accesso 30 giugno 2022).