

# Ontologia dell'intreccio. I pattern delle strutture tessili dal nodo al merletto digitale

Giorgio Buratti, Sara Conte, Valentina Marchetti, Michela Rossi

## Abstract

*Uno dei principali problemi della progettazione riguarda la connessione delle componenti negli artefatti. In questo senso l'antica arte della tessitura presenta aspetti interessanti e attuali, che si applicano al campo del design e dell'architettura e rimarcano la verità delle affermazioni di Gottfried Semper riguardo alla classificazione di materiali e tecniche costruttive. Il connubio tra tecnologia digitale e pattern tessili derivati dallo sviluppo della struttura connettiva del nodo/bottone nell'intreccio e poi nel merletto, crea strutture tessili adattabili in molteplici settori, nelle quali si ritrovano le proprietà degli archetipi formali della tessitura. Questa ha sempre beneficiato nel suo sviluppo dell'innovazione tecnologica: significativa è infatti l'invenzione del telaio Jacquard, che nel XVII secolo introduce il controllo meccanico dei pattern con algoritmi ricorsivi.*

*Partendo dalla tradizione cinquecentesca del merletto milanese a fuselli, passando per le interpretazioni novecentesche nell'ambito delle scuole legate al Movimento Moderno sino alle interpretazioni più recenti, la ricerca sviluppa l'applicazione di strutture generate da algoritmi digitali per la produzione di manufatti innovativi attraverso la rivitalizzazione di un patrimonio di saperi antichi. Definiti gli elementi di base, i movimenti d'intreccio e il ciclo completo da ripetere, è possibile ricreare la struttura formale del merletto tramite il controllo di parametri geometrici di forma e movimento.*

*Parole chiave: nodo, algoritmo, collegamento, tessitura, visual modeling.*

## Introduzione. Le premesse teoriche

Gottfried Semper, che ha dimostrato la relazione esistente tra le forme artificiali e le tecniche di lavorazione specifiche delle quattro categorie in cui si inquadrano i materiali naturali impiegati nelle arti [Semper 1860, vol. I, pp. 9-12], sostiene che l'architettura ha imparato le regole dello stile dalle forme degli oggetti d'uso. Oggi si può aggiungere che, quando l'industria ha sostituito l'artigianato e la figura dell'ideatore si è disgiunta da quella dell'artefice, gli stessi principi sono passati dall'architettura al Design; le due arti si sono poi ricongiunte con l'industrializzazione dell'architettura, sino a quando la digitalizzazione ha portato all'annullamento delle differenze di scala tra diverse categorie progettuali, rimettendo al centro i principi fondanti del *basic Design* [1].

I concetti primitivi di simmetria, proporzione e movimento, che reinterpretano nella costruzione le leggi elementari dell'equilibrio, si riflettono nelle tre forme essenziali (nodo, intreccio, tessuto) che caratterizzano gli archetipi formali della tessitura; questa, considerata come prima tecnica fondamentale per la definizione dei principi formali dello stile, regola l'articolazione dei manufatti secondo un rigoroso riferimento funzionale e prestazionale. A differenza degli oggetti d'uso e del prodotto manifatturiero, l'architettura tende da sempre a sviluppare modelli ibridi tra i quattro principi costruttivi semperiani: tessitura, modellato, tettonica e carpenteria. Come sottolinea la comune radice dei termini germanici "Wand" e "Gewand" (rispettivamente "parete" e "veste"), il principio del ri-ve-

stimento accomuna l'arte tessile alla costruzione, poiché entrambe associate al principio costruttivo che permette di creare strutture spaziali legando pezzi di dimensioni ridotte. La connessione dei pezzi o delle parti, infatti, è tra i principali problemi del progetto, che deve bilanciare tecnologia e funzionalità, condizionando l'estetica secondo i termini della triade vitruviana: *firmitas, utilitas, venustas*.

Oggi le tecnologie digitali offrono strumenti di controllo applicabili in fase di progetto e realizzazione, capaci di rinnovare l'interesse per l'adozione di soluzioni tecnologiche ibride, che a partire dagli archetipi costruttivi fondamentali consentono il miglioramento delle prestazioni meccaniche e igrotermiche dei prodotti evoluti e delle componenti della costruzione. In particolare, le metodologie di modellazione generativa permettono di sviluppare algoritmi capaci di trasformare i processi tessili in sistemi evoluti di costruzione, applicabili a scale diverse in molteplici settori merceologici. La necessità di definire in modo rigoroso i parametri dei *pattern* che regolano gli algoritmi tessili per adattarli alla forma finale, rinnova l'interesse sui principi espressi da Semper oltre un secolo fa. La digitalizzazione ha riunificato il processo di progettazione/rappresentazione/costruzione, ma la possibilità/necessità di ottimizzarlo richiede la sua impostazione preliminare secondo procedimenti prestabiliti, in modo particolare quando questi possono essere ricondotti a operazioni ricorsive.

In quest'ottica è proprio la tecnica della tessitura a rivelarsi particolarmente interessante sia per la peculiarità delle sue strutture, sia per la loro replicabilità negli ambiti dell'architettura e dell'industria manifatturiera. Il motivo può essere ricondotto ad alcuni fattori cruciali risolti in modo articolato dall'arte tessile fin dai suoi esordi arcaici:

- l'importanza generalizzata della connessione dei pezzi in tutti i processi costruttivi;
- i caratteri strutturali del tessuto e le sue prerogative meccaniche;
- l'aspetto estetico e la qualità visiva prodotta dalla ripetitività delle strutture tessili;
- la grande adattabilità a materiali e sistemi diversi.

Diventa quindi naturale partire dalle strutture tessili per la definizione di una metodologia operativa basata su algoritmi ricorsivi applicati a parametri variabili. La prima sperimentazione riguarda la ricostruzione digitale della struttura agendo sui parametri dimensionali metrici per simulare l'adattamento alle diverse situazioni formali. Questa combacia con i contenuti progettuali

del Disegno nella sua natura progettuale, ma le prerogative della modellazione parametrica consentono oggi la rappresentazione simulata di altre proprietà che consentono di verificare anche prestazioni indipendenti dalla geometria.

Gli elementi primitivi della tessitura, il nodo e l'intreccio, che permettono di connettere tra loro due o più filamenti, creano strutture lineari allungate [Semper 1860, vol. I, pp. 18-87] dalle quali nascono rispettivamente:

- il bottone e la cucitura, ovvero le due strutture di ancoraggio che bloccano la posizione relativa di due elementi indipendenti rendendoli solidali;

- la maglia, un tessuto creato da un unico filo, e la tessitura, che estende il processo nelle due dimensioni della superficie a un'orditura a filati in più direzioni;

- il ricamo e il merletto, nei quali la vocazione decorativa deriva dagli stessi aspetti costruttivi dell'intreccio della rete. L'intreccio e il merletto rielaborano la legatura tridimensionale del nodo [Semper 1860, vol. I, pp. 177-201], nato da un movimento della fune nello spazio per rendere solidali due monconi con avvolgimenti o accavallamenti, il quale si presenta come la struttura primitiva che ha permesso lo sviluppo delle altre. Non appare un caso che l'arte dei nodi, che non interessa solo la mariniera, preveda una serie di strutture classificabili in funzione del numero di cappi e dell'uso (fissare, allungare o attaccare). Inoltre è lo studio matematico di una branca della topologia ad aver generato la Teoria dei nodi, che studia le curve chiuse intrecciate nello spazio, la quale trova applicazione nella biologia, nella fisica subatomica e nella chimica molecolare.

Il nodo fissa l'inizio di strutture allungate (trecce) che a loro volta possono generare stuoie e tessuti nei quali la regolarità ricorsiva costituisce il principale elemento di ordine e di resistenza, permettendo la creazione di disegni caratteristici. L'articolazione dei segni dell'intreccio/annodatura di refoli a più direzioni determina sulla superficie un disegno che scaturisce dal materiale e diventa forma, coniugando i principi della costruzione e dell'ornamento (fig. 1).

Dalla tradizione cinquecentesca del merletto milanese, della quale resta traccia nei pizzi di Cantù e nelle pubblicazioni di Gio Ponti, inizia una ricerca che intende sperimentare l'applicabilità di strutture generate da algoritmi digitali nella realizzazione di materiali e manufatti innovativi e sostenibili reinterpretando un'arte antica attraverso strumenti e tecnologie digitali.

## La tradizione e la rilettura novecentesca

Secondo una leggenda veneziana, il primo merletto fu realizzato in schiuma di mare e donato dalle sirene a un pescatore dell'isola di Burano come premio per la fedeltà dimostrata verso la fidanzata. La storia interpreta l'origine del merletto, che evolve a partire dalle reti da pesca divenendo oggetto decorativo: le donne infatti ne affinano la trama studiando figure e geometrie ricercate.

Tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo il merletto ad aghi di Burano si diffonde nelle case signorili. Inoltre nei documenti di divisione dei beni tra le sorelle Angela e Ippolita Sforza Visconti (1493), si utilizza il termine "tarne-te" per indicare trecce, pizzi e passamaneria, testimoniando la loro presenza anche in area del milanese: dal 1584, infatti, il merletto risulta tra gli insegnamenti dell'Università dei ricamatori di Milano. Nella seconda metà del XVII secolo la tecnica del merletto trova ampia diffusione grazie all'affermarsi, nel monastero di Santa Maria a Cantù, dell'insegnamento a gruppi di ragazze dell'uso del tombolo a fuselli. Questa pratica e la tecnica canturina si diffusero poi in varie scuole tra cui La Regia scuola d'arte applicata all'industria locale fondata nel 1882. Pochi anni prima, nel 1872, anche nell'area lagunare, sotto il patrocinio della regina Margherita, si apriva la Scuola di Burano e nel 1898 a Bologna nasceva l'Aemilia Ars, denominata "Società protettrice di arti e industrie decorative della Regione Emilia", a testimonianza dello sviluppo di un crescente interesse per merletti e lavori ad ago.

Dopo la battuta d'arresto causata dalla Prima guerra mondiale e in opposizione alla diffusione dei pizzi realizzati a macchina, le attività artigianali e industriali vengono rilanciate dall'Ente Nazionale per l'Artigianato e la Piccola Industria (ENAPI) e presto i lavori tessili entrano a far parte prima delle Biennali di Monza e poi delle Triennali, attirando l'attenzione di vari architetti tra i quali Gio Ponti. Nascono inoltre rubriche a carattere pratico, che si alternano a scritti sull'arte del ricamo e a fotografie dei manufatti, a dimostrare un crescente interesse per il fenomeno e come tentativo di legarlo alle necessità concrete di un pubblico meno astratto. *Domus, Stile e Fili*, nata nel 1934 per volontà di Emilia Kuster Rosselli, contribuiscono in modo significativo alla diffusione e modernizzazione del merletto. *Domus* fornirà accurate rassegne della sezione dedicata a pizzo e ricamo alla Triennale del 1933, promuovendo la preparazione della Triennale del 1940, nata «con lo scopo preciso di realizzare [...] la più esauriente ed alta mostra moderna

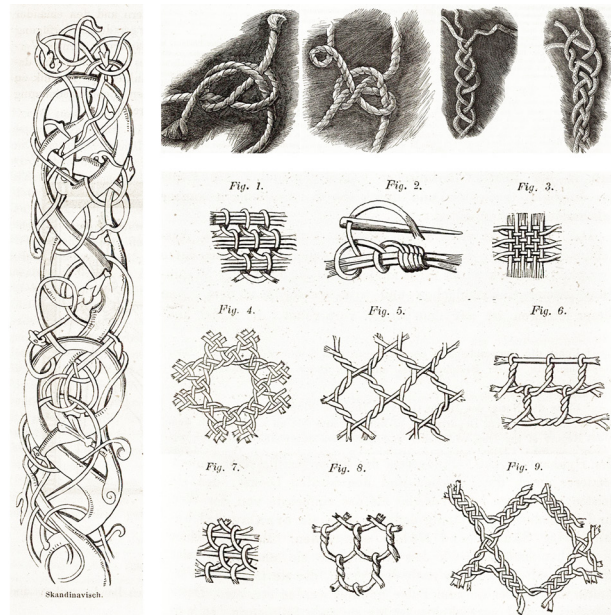


Fig. 1. Motivo ornamentale. Strutture tessili. Abaco di nodi, trecce e reti. Immagini tratte da Semper 1860, pp. 83, 180, 181, 184, 186, 187.

del ricamo, che si sia mai vista in Italia» [Ponti 1939, pp. 65, 66]. A partire dal '28 sono pubblicati vari esempi di merletti "moderni" tra cui quelli disegnati dall'architetto Giorgio Wenter Marini, che assunse nel 1931 la direzione della Scuola canturina del mobile e del merletto con l'intento di rilanciarla. La VII Triennale rappresenta secondo Ponti l'occasione per «fare tornare a risplendere fra noi il senso di una tradizione che non sia un limite – cioè copia e imitazione – ma la vivente continuità di quell'italiano prodigioso spirito inventivo che ha sempre sbalordito il mondo» [Ponti 1939, pp. 65, 66].

Le ricerche degli anni '30 si focalizzano sull'astrazione e la geometrizzazione del disegno, senza modifiche significative in termini materici; solo a partire dalla fine degli anni '50, dopo la nuova battuta d'arresto dovuta alla guerra, assistiamo da un lato alla diffusione di merletti e centrini realizzati in plastica, dove l'innovazione consiste solo nell'applicazione del nuovo materiale, e dall'altro a diversificate sperimentazioni che reinterpretano la tecnica pratica tradizionale discostandosene (fig. 2).

	1600-1700	1800	1900-20	1930	1940	1950-60
FIGURATIVO	<p>Victoria and Albert museum '600-700</p>	<p>Victoria and Albert museum, 1860</p>	<p>Aemilian Ars 1900-29</p>	<p>Scuola di Cantù, V Triennale, 1933</p>	<p>P. Fornasetti, VII Triennale, 1940</p>	<p>P. Fornasetti, anni '50</p>
ASTRATTO	<p>Victoria and Albert museum '600-700</p>		<p>Aemilian Ars 1900-29</p>	<p>G. W. Marini, Scuola di Cantù, 1932</p>	<p>Pescocostanzo, VII Triennale, 1940</p>	
BORDATURE	<p>Smithsonian museum 1700</p>	<p>Victoria and Albert museum 1871-72</p>	<p>Victoria and Albert museum 1900-1929</p>	<p>ENAPI VI Triennale, 1936</p>	<p>Arch Clerici VII Triennale, 1940</p>	<p>National Museum of American History, 1968</p>

Fig. 2. Schema delle tipologie di merletto (elaborazione V. Marchetti).

La Tenda di Carla Accardi, nel 1965, supera il limite bidimensionale della tela creando un ambiente 3D in sicofoil, arricchito da una fitta trama di segni grafici, che rimanda alla tradizionale tecnica d'intreccio reinterpretata attraverso la grafica e il colore. Altri lavori interessanti sono sviluppati da Franca Sonnino a partire dalla seconda metà degli anni '70, dove gli intrecci di fil di ferro e filo di cotone ricreano libri tridimensionali, elementi costruttivi come mattoni, mosaici o rappresentazioni tridimensionali astratte dell'architettura, di paesi o paesaggi. Dai primi anni '90 proliferano iniziative per la salvaguardia della tradizione del merletto come la Biennale Internazionale del Merletto di Cantù e la correlata Merletti e Design, che vedono la collaborazione tra artisti, architetti, designer e merlettaie per dar vita a progetti innovativi

che valorizzino la sapienza artigianale, inserendola nelle ricerche del design contemporaneo [Guglielmetti 2015], culminate con la candidatura dello stesso per l'inserimento nella lista dei beni del Patrimonio Culturale Immateriale dell'Unesco.

Negli ultimi 10 anni la ripresa delle tecniche tradizionali e dell'estetica del merletto si combina alle nuove tecnologie. Serena Confalonieri presenta nel 2014 due lampade che sfruttano le tecnologie 3D reinterpretando gli intrecci tipici dei merletti e dell'oreficeria tradizionale italiana in poliammide sinterizzata. Tradizione, linguaggio universale della geometria e schemi preordinati e ripetuti tipici del merletto sono alla base anche degli elementi architettonici della macro-installazione di *The Flying Mosque* del 2018 di Choi+Shine Architects. Infine il merletto diventa



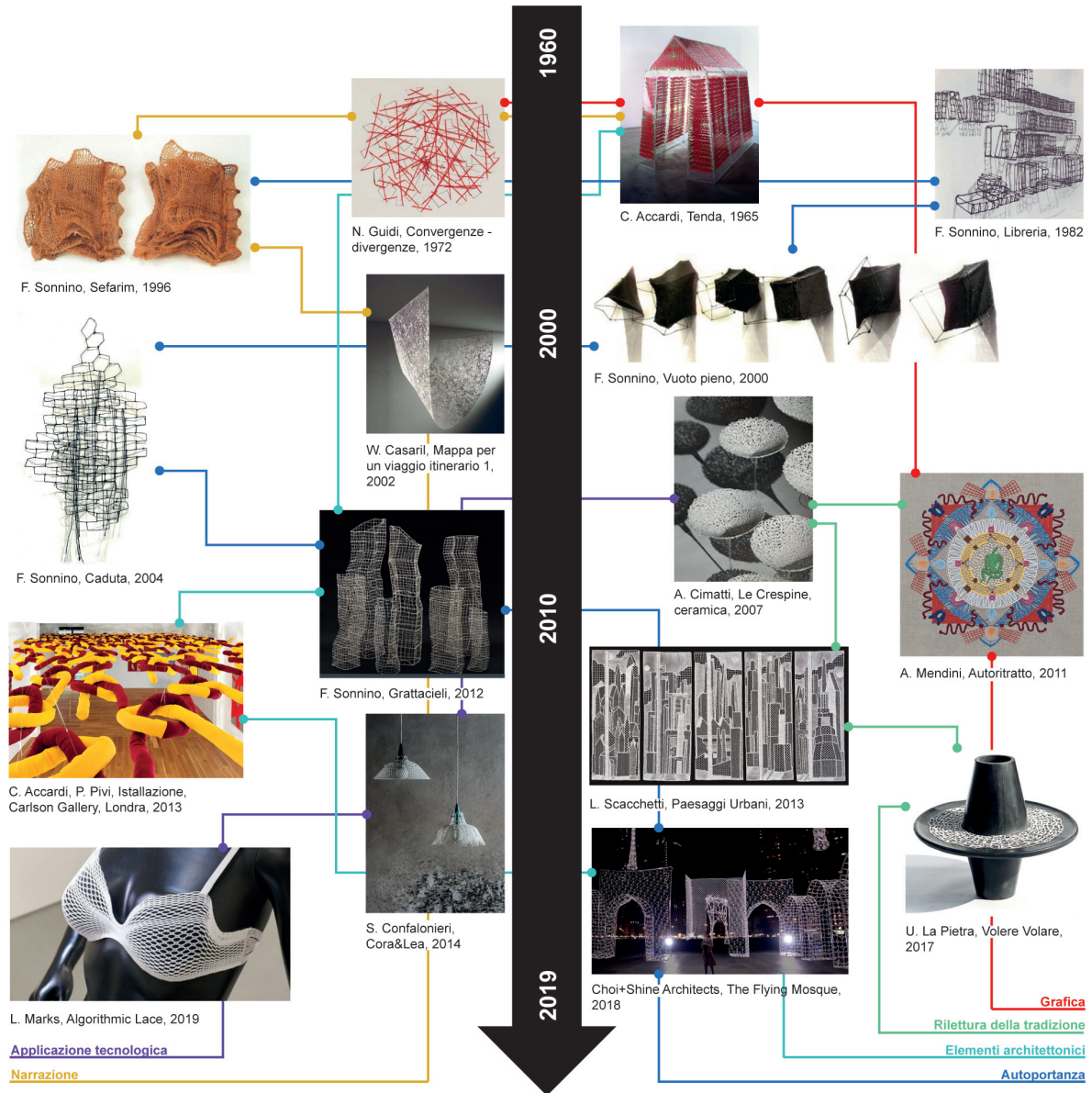


Fig. 3. Timeline evoluzione e applicazione: selezione di casi studio (elaborazione V. Marchetti).

struttura tecnica nel progetto di Lisa Marks per un regiseno per donne mastectomizzate, nel quale la modellazione algoritmica genera un vero e proprio merletto tridimensionale, in grado di adattarsi a qualsiasi forma anatomica: il merletto diventa struttura (fig. 3).

### Il tombolo e la tecnica lombarda del merletto canturino

Il merletto a tombolo è un'opera tessile eseguita a mano, realizzata intrecciando alcuni fili singoli parzialmente avvolti su bobine alle estremità, comunemente chiamate fuselli. L'intreccio viene lavorato su un cuscino di forma cilindrica, imbottito di crine detto "tombolo" dal quale il merletto stesso prende il nome e a cui è fissato attraverso spilli che ne bloccano i vari passaggi durante l'avanzamento del lavoro. I filati di uso tradizionale sono il lino, la seta, il cotone o più particolari fili metallici, mentre nelle creazioni moderne si usano materiali di ogni genere. Il merletto può essere suddiviso in base al tipo di lavorazione in merletto a filo continuo, a nastrino continuo e a nastrino discontinuo o pezzi riportati.

Nel primo caso, il tessuto si esegue nella sua interezza, lavorando contemporaneamente le parti piene e quelle vuote chiamate "retini", partendo da un numero costante e a volte molto elevato di fuselli; il merletto a nastrino continuo invece si esegue con un numero limitato e costante di coppie, dove il nastrino, seguendo il disegno di una serie di volute più o meno elaborate, costituisce la parte piena del lavoro; quando due o più di queste parti si avvicinano vengono unite per mezzo di passaggi di filo, effettuati con l'ausilio dell'uncinetto o dei fuselli, chiamate "barrette" o con retini a disegni più complessi. In ultimo il merletto a nastrino discontinuo o a pezzi riportati utilizza nella tessitura un numero variabile di fuselli, che aumenta o diminuisce nel corso del lavoro seguendo il disegno; le parti piene tessute, che possono venir eseguite da persone diverse, vengono connesse tra loro anche in questo caso con l'uncinetto e riempite nelle parti vuote da fondi a trecce, a barrette, picot o retini.

Fin dalle origini nel XV secolo, la caratteristica principale del merletto canturino o punto Milano, trina a fuselli di area lombarda, è la lavorazione a nastrino o a bisetta continua; una tecnica antica, definibile "merletto delle origini", illustrata da numerosi disegni già in *Le Pompe*, uno dei primi e più diffusi libri di modelli per trine stampato a Venezia nel 1557. La tessitura è compatta e solida, di

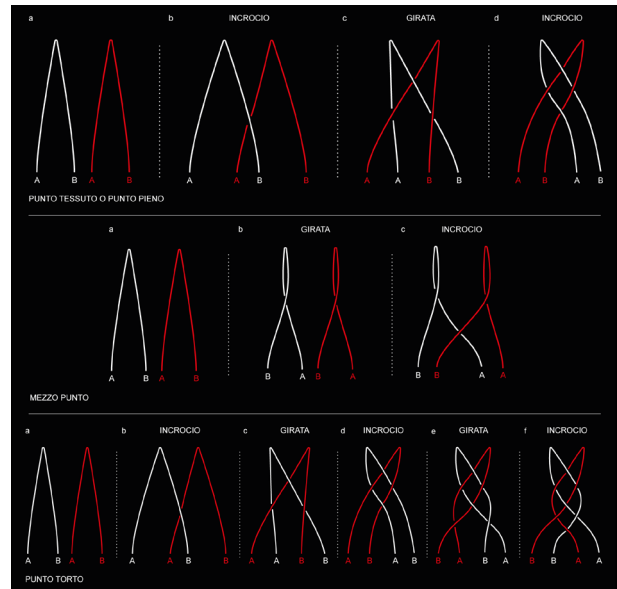
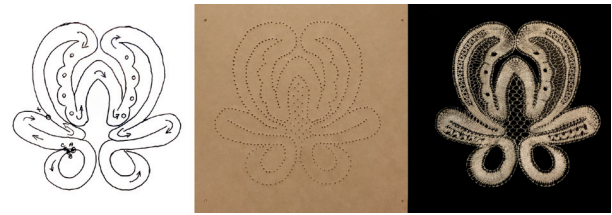


Fig. 4. Disegno schematico, cartone spuntato, il motivo realizzato (elaborazione S. Conte).

Fig. 5. Sequenza dei movimenti per l'esecuzione dei punti base: punto tessuto o punto pieno, mezzo punto e punto torto (elaborazione S. Conte).

esecuzione abbastanza veloce, peculiarità che insieme «al miracolo di leggerezza» [Il girovago 1943, p. 3] ne determina il successo nel tempo; nei merletti canturini più antichi giunti a noi il nastro è continuo, a differenza dei coevi di stampo fiammingo apparentemente simili, lavorato a punto tessuto e disegna con le sue volute, trame sottili e leggere che ripropongono fiori e fogliame in motivi ornamentali. Inoltre, diversamente dalle trine ad ago, la lavorazione non necessita di una rete di fondo a supporto e le diverse parti sono unite tra loro per mezzo di barrette a treccino durante l'avanzamento del lavoro [Jourdain 1905, pp. 384, 385]. Solo a partire dalla metà del Seicento nelle lavorazioni canturine compare, a riempire gli spazi e non per motivi strutturali, la rete; eseguita a partire dalla lavorazione, e non applicata a posteriori, con i medesimi punti base della trina disegna motivi a ragnatela, pesce, gelosia o il più comune Valenciennes, una maglia a forma diamantata.

Questo specifico tipo di merletto è realizzato seguendo un progetto grafico riportato su cartoncino di medio peso da una disegnatrice utilizzando con un codice definito, in cui le barre trasversali indicano il numero di girate del filato, i punti indicano gli spilli che fermano la lavorazione e i cerchi uno specifico punto base, il punto torto; successivamente la spuntatrice fora il cartone organizzando l'andamento e la direzione della tessitura, che servirà da tracciato alla merlettaia per la creazione dell'intreccio (fig. 4).

All'inizio del disegno vengono ancorate in linea alcune coppie di fuselli chiamate "verticali", solitamente in numero dispari, mentre una coppia definita "portante" e posizionata più in basso rispetto alle verticali, viene lavorata alternativamente da una parte all'altra creando la bisetta [Read, Kindcaid 1988].

Tutti i punti base della tessitura si originano dall'utilizzo di due coppie di fuselli, il portante e un verticale, che vengono lavorati con movimenti di "girata", scambio della posizione dei fili in una stessa coppia e di "incrocio", scambio di posizione tra i fili affiancati di due coppie diverse. Dalla combinazione di questi movimenti base, la merlettaia determina nella lavorazione una trama che può essere:

- compatta con il punto tessuto (o punto pieno), ottenuto riproducendo la sequenza di incrocio, girata e incrocio;
- più rada con il mezzo punto, attraverso lo schema di girata e incrocio;
- traforata con il punto torto, formato dalla sequenza di cinque movimenti tra i fili dei fuselli (incrocio, girata,

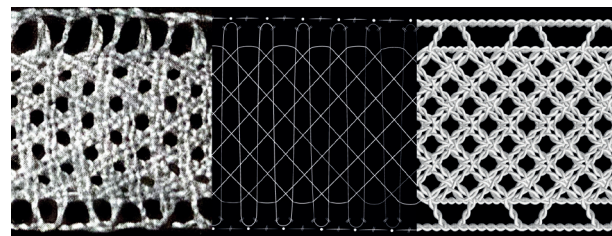
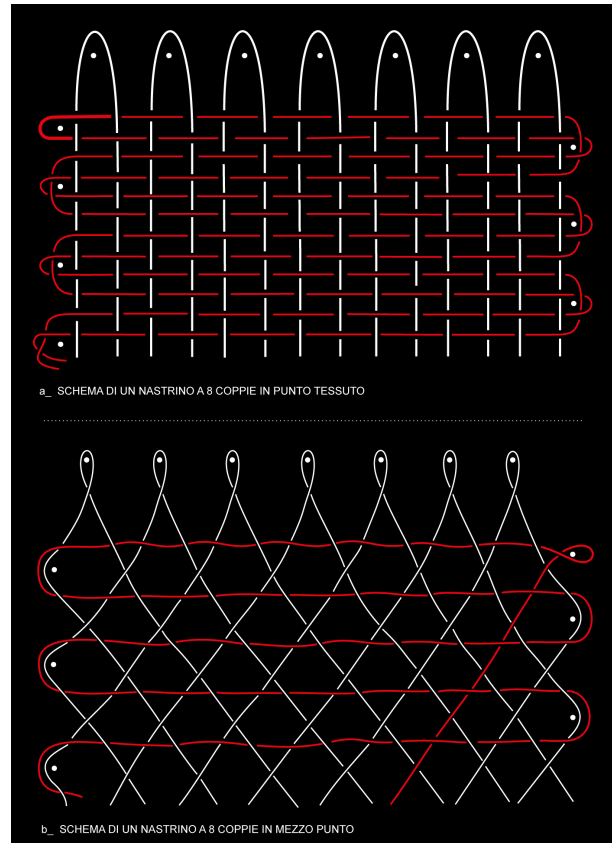


Fig. 6. Schemi di nastro a punto pieno e mezzo punto. In rosso i fili portanti e in bianco i verticali, alla fine della riga una torsione doppia o singola del portante e il posizionamento dello spillo permettono di ripartire con il lavoro (elaborazione S. Conte).

Fig. 7. Bissetta a punto canestro al tombolo, schema disegnato, costruzione algoritmica di una bissetta a punto canestro (elaborazione S. Conte).

incrocio, girata, incrocio), utilizzato anche nel caso in cui il progetto richieda la girata del lavoro o la divisione di una bisetta (figg. 5, 6).

Nel merletto tradizionale canturino la successione di queste semplici sequenze codificate alternate a spazi vuoti ha dato vita a una grande varietà di bisette (circa 80), che abbinare secondo schemi ornamentali consolidati o nuovi disegni creati dalla creatività delle merlettaie genera una serie praticamente infinita di motivi o *pattern* decorativi. Nel tempo i disegni delle bisette si sono semplificati molto, anche abbandonando la continuità assoluta del nastrino, ma mantenendo immutata l'idea base di struttura decorativa che rinasce oggi nella rielaborazione di nuovi linguaggi, frutto della collaborazione progettuale tra antichi saperi e progettualità contemporanea, capace di infondere la tecnologia della produzione meccanizzata alla unicità dell'esecuzione. Tra le lavorazioni tradizionali di tipo geometrico, il motivo a canestro [Read, Kindcaid 1994] presenta alcune prerogative, come le caratteristiche autoportanti, la robustezza del tessuto e la sua permeabilità, di grande interesse per l'applicazione in vari campi del design. Anche la varietà dei punti utilizzati nella realizzazione ha favorito la sua scelta per sperimentare la generazione automatizzata di una bisetta attraverso la modellazione algoritmica (fig. 7).

### Merletti digitali

Il binomio processi computazionali e produzione tessile ha attirato l'interesse del mondo industriale e di quello accademico sin dall'invenzione (XVII sec.) del telaio Jacquard, che permetteva la movimentazione automatica dei singoli fili di ordito a partire da cartoni perforati per impostare trame più complesse di quelle ottenibili a mano. Il *computational textile* [Yi et al. 2007] che ha già permesso di sviluppare soluzioni capaci di migliorare le proprietà di lavabilità ed elasticità, fornisce ulteriori notevoli impulsi al settore tessile, promuovendo la ricerca di nuove funzionalità. Il risultato è una varietà di tessuti avanzati, le cui proprietà discendono dalla sinergia tra materiali innovativi e lo studio delle geometrie che caratterizzano gli intrecci tessili.

Per ricostruire mediante algoritmi le morfologie tessili occorre capire le combinazioni di punti e le sequenze di intrecci che caratterizzano i diversi *pattern*, in modo da tradurre tutti gli elementi costitutivi e i movimenti co-

struttivi in entità che il computer possa riconoscere e gestire. Il processo di rappresentazione implica la parametrizzazione degli elementi di base che determinano il risultato finale per rendere possibile la modifica digitale di forma e dimensioni, facilitando lo studio di proprietà, funzionalità, adattabilità e producibilità dell'oggetto finale. Definiti i parametri fondamentali di forma che controllano gli elementi e i movimenti di ogni singolo punto base, tramite l'editor visuale di algoritmi *Grasshopper*, associato a *Rhinoceros* (McNeel), sono stati "ricostruiti" i movimenti ricorsivi dei merletti semplici, poi assemblabili in elementi più articolati:

- l'intreccio base di 2 o più fili è ottenuto suddividendo una serie  $L$  di circonferenze in 6 punti noti. Questi diventano i punti di controllo di una curva *spline* di interpolazione, definita da una funzione polinomiale di 3° grado capace di mantenere, per ogni coppia di punti, la continuità di posizione e tangenza che caratterizza il comportamento fisico della fibra tessile, simulando l'andamento elicoidale dei fili intrecciati e controllando i parametri che determinano le diverse tipologie di intreccio: spessore, giri e passo dell'elica (fig. 8);

- operatori logici booleani di negazione, legati ai punti  $A, B, C, D, E, F$  garantiscono la non compenetrazione delle superfici e limitano il variare dello spessore del filo sino al punto di tangenza, a prescindere dal numero di fili. Modificando nello spazio cartesiano la curva su cui giacciono perpendicolarmente le circonferenze generatrici è quindi possibile ottenere qualsiasi tipo di geometria mantenendo e controllando le caratteristiche dell'intreccio;
- la trama così ottenuta definisce le componenti fondamentali del merletto Milanese: accavallando tre o più fili si possono creare prodotti finiti, tuttavia è anche possibile realizzare strutture reticolari portanti, dove finiture ornamentali caratterizzate da diversa geometria vanno a completare la composizione.

L'algoritmo che descrive l'intreccio base sfrutta le proprietà precedentemente descritte della curva *spline* di interpolazione, vincolata agli estremi della curva  $AB$  e al punto  $V$ , proiezione del punto  $M$  nel piano  $xz$ , che giace sul segmento  $AB$  appartenente a  $xy$ . Rendendo  $M$  una variabile compresa tra i valori della lunghezza  $AB$  e  $MV$  una variabile in un intervallo compreso tra 0 e infinito è possibile modificare le caratteristiche morfologiche della curva. Modificando la curva su cui giacciono le circonferenze generatrici è possibile ottenere le geometrie ricercate. La rototraslazione rispetto al punto  $A$  crea una sinusoide le cui onde sono vincolate ai punti variabili  $M$  e  $V$  e alla simmetria



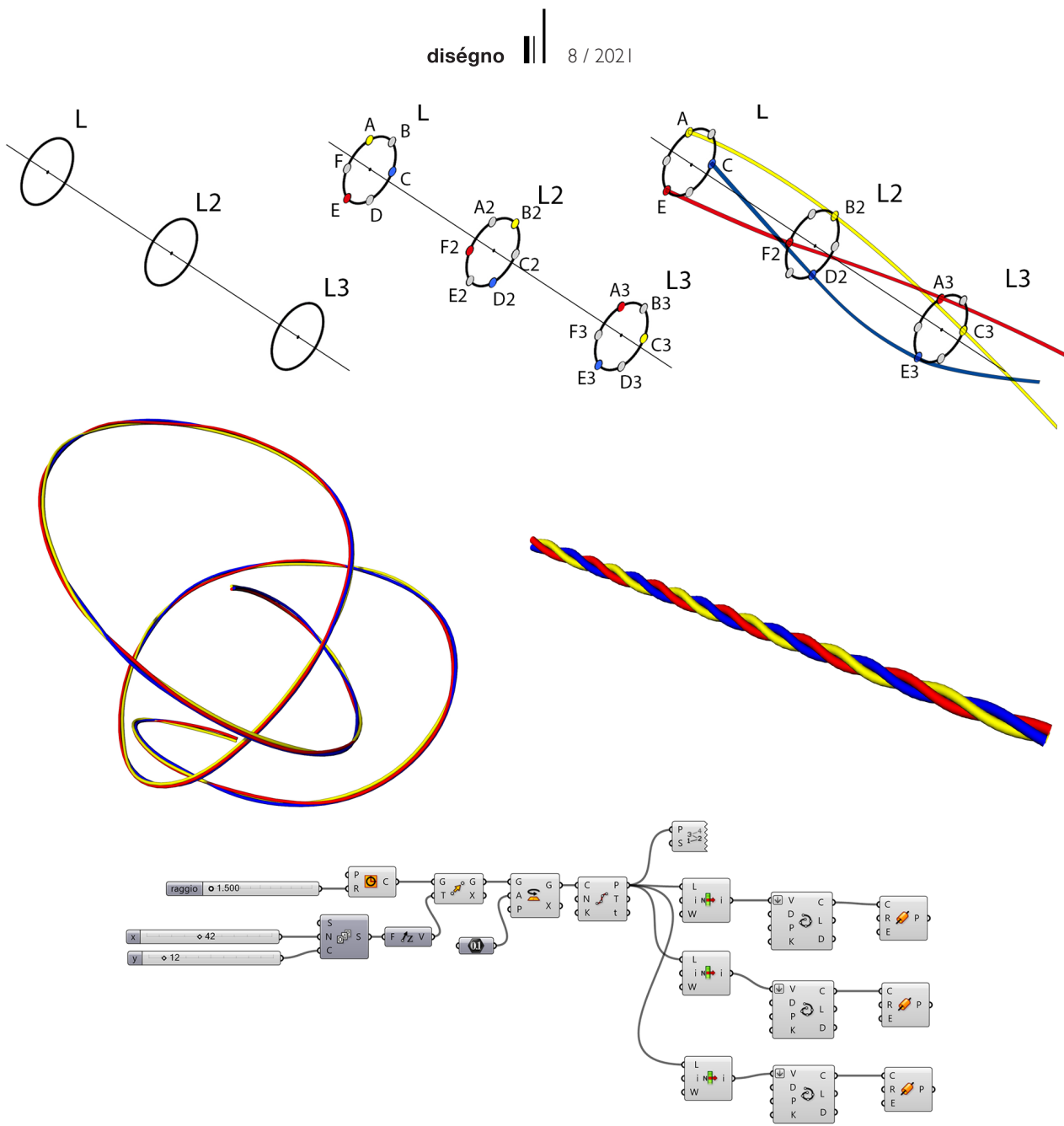


Fig. 8. Costruzione algoritmica del filo intrecciato (elaborazione G. Buratti).

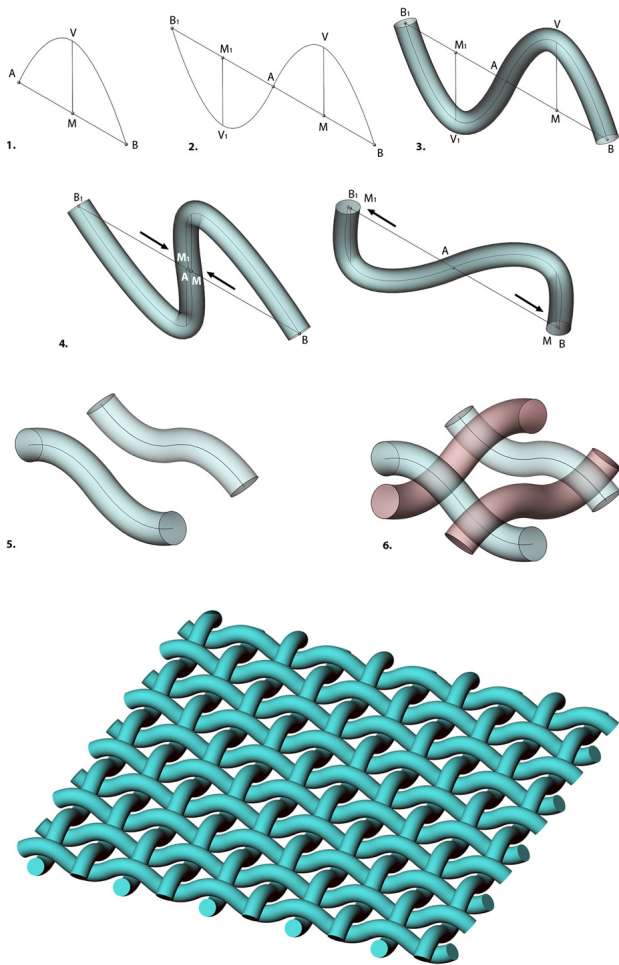


Fig. 9. Algoritmo di definizione dell'armatura. La parametrizzazione di  $M$  e  $M1$  permette la modifica della morfologia simulando il comportamento dei tessuti (elaborazione G. Buratti).

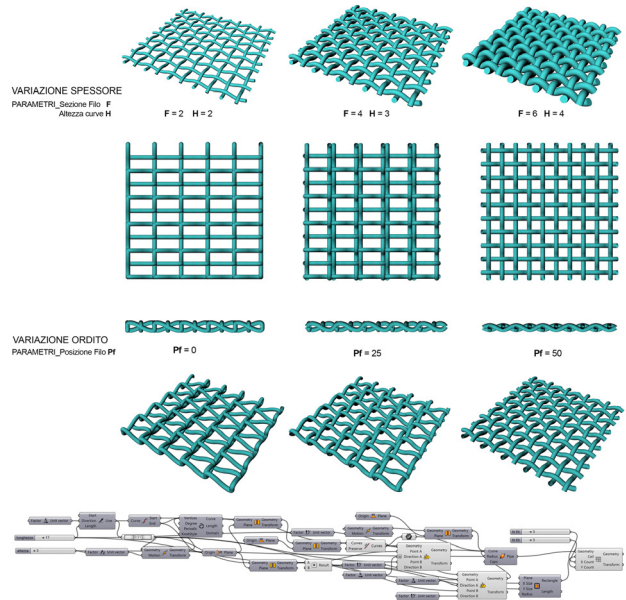


Fig. 10. Modificando i diversi parametri è possibile ottenere variazioni morfologiche e di densità di trama (elaborazione G. Buratti).

stessa. Con altre due traslazioni per simmetria è possibile ottenere l'unità base dell'armatura, ovvero l'intreccio sinuoidale tra trama (fig. 9) e ordito del merletto milanese. Tramite la variazione dei parametri e l'estensione dei caratteri comuni, la scrittura algoritmica può generalizzare la totalità dei casi possibili e svilupparne di nuovi. Si possono creare strutture in trama, in catena (fig. 10) o tridimensionali e quest'ultime, ancora poco indagate per la complessità produttiva e morfologica, presentano proprietà strutturali interessanti anche per settori diversi dal tessile, che potrebbero applicare le stesse morfologie con materiali e scale differenti (fig. 11). Infatti l'elasticità strutturale degli intrecci, che non dipende solo dal materiale, permette loro di agire come molle e per questo gli sforzi sono assorbiti a livello strutturale incidendo in misura minore sul materiale. La possibilità di controllare con il disegno computazionale la configurazione del filato in sinergia con processi produttivi altamente automatizzati che possono conferire ai materiali nuove prestazioni di leggerezza e resistenza, offre quindi prospettive applicative interessanti per l'architettura e il design, anche in campo aerospaziale o medicale.

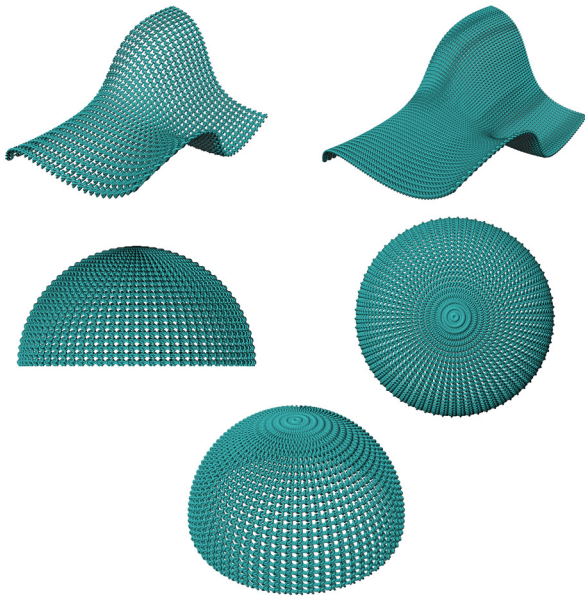


Fig. 11. Studi tridimensionali per l'adattamento geometrico della trama per una superficie strana e una calotta sferica (elaborazione G. Buratti).

## Conclusioni. Vecchi merletti e nuovi materiali

Quanto presentato è il primo risultato di una ricerca in fieri che si pone l'obiettivo di introdurre strumenti parametrici per l'innovazione industriale a partire da una valorizzazione di arti e lavorazioni antiche. Questa è intesa non solo come salvaguardia di modelli passati, ma come reinterpretazione contemporanea di *pattern* ancora attuali. Per il superamento della crisi innescata dall'esaurimento dei meccanismi economici basati sull'incremento dei consumi e sulla delocalizzazione della produzione, è necessaria una valorizzazione della tradizione finalizzata all'applicazione di processi capaci di fornire soluzioni più efficaci in termini di prestazioni, impiego dei materiali e sostenibilità ecologica ed economica.

Il nodo, l'intreccio e la tessitura sviluppano la logica modulare e le regole geometriche della superficie e insieme alle simmetrie dello spazio, costituiscono un tema di ricerca insieme teorico (matematico) e progettuale (design).

Le strutture geometriche utilizzate nei merletti rimandano alle indagini di Maurits Cornelis Escher, Richard Buck-

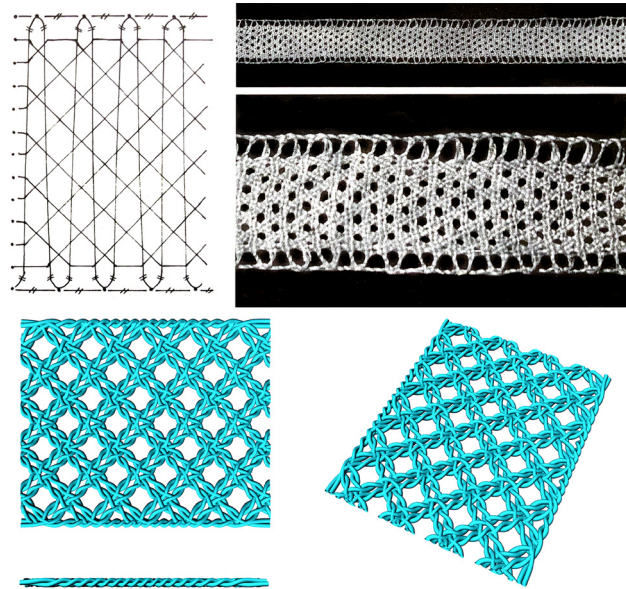


Fig. 12. Ricostruzione parziale di un nastrino a punto canestro (elaborazione G. Buratti).

minster Fuller e Roger Penrose sulle griglie modulari, sulle simmetrie dei reticoli alla base delle costruzioni spaziali e sulle regole della tassellazione piana e tridimensionale. Questo permette inoltre di sottolineare lo stretto legame presente tra tessitura, architettura e arti applicate, considerando l'importanza del principio tessile applicato al progetto.

Le innumerevoli scale di applicazione dei principi formali del nodo, dell'intreccio e del tessuto e la loro rielaborazione volta all'applicazione in molteplici campi rappresentano una fonte preziosa di riferimenti per la trasposizione delle tecniche tradizionali del merletto a differenti scale. La diffusione contemporanea degli strumenti digitali non nega ma riafferma l'importanza dei principi costruttivi primari e sottolinea il valore dell'introduzione di nuove applicazioni digitali agli elementi basilari della tessitura. L'approfondimento dei processi costruttivi del merletto milanese e l'indagine delle proprietà di leggerezza e complessità delle strutture realizzate secondo questa tradizione costituiscono il substrato culturale di partenza per l'applicazione di processi computazionali. Il controllo digitale

della geometria favorisce la diffusione di un patrimonio culturale passato sia come modello per la creazione di nuovi materiali, strutture o prodotti, che per la valorizzazione delle tecniche tradizionali e di un patrimonio culturale intangibile.

Tecniche antiche insieme a strumenti attuali consentono di reinterpretare il merletto mediante applicazioni non solo estetiche ma strutturali, poiché, come insegna Semper, esiste un indissolubile nesso biunivoco tra materiale e tecnica di lavorazione. Le caratteristiche di leggerezza, permeabilità e resistenza, tipiche del merletto

milanese, possono tradursi sotto nuove vesti nello studio di materiali modellabili, flessibili, elastici e responsivi. La manipolazione attraverso i nuovi strumenti di progettazione e produzione dei parametri formali, come la variazione della sezione del “filo” o della grandezza della “legatura”, permette la realizzazione di innovative strutture su piccola e/o grande scala prima impossibili. L'architettura può trarne vantaggio immaginando elementi flessibili, producibili in serie e dotati di peculiari caratteristiche non solo formali ed estetiche, ma anche strutturali ed economiche.

### Nota

[1] Sebbene il contributo sia stato concepito congiuntamente, Michela Rossi è autore del paragrafo *Le premesse teoriche*; Valentina Marchetti del paragrafo *La tradizione e la rilettura novecentesca* e delle relative immagini;

Sara Conte del paragrafo *Il tombolo e la tecnica lombarda del merletto canturino* e delle relative immagini; Giorgio Buratti del paragrafo *Merletti digitali* e delle relative immagini. Le conclusioni sono state redatte congiuntamente.

### Autori

Giorgio Buratti, Dipartimento di Design, Scuola del Design, Politecnico di Milano, giorgio.buratti@polimi.it

Sara Conte, Dipartimento di Design, Scuola del Design, Politecnico di Milano, sara.conte@polimi.it

Valentina Marchetti, Dipartimento di Design, Scuola del Design, Politecnico di Milano, valentina.marchetti@polimi.it

Michela Rossi, Dipartimento di Design, Scuola del Design, Politecnico di Milano, michela.rossi@polimi.it

### Riferimenti bibliografici

Guglielmetti, I. (2015). Cultural Design: un tentativo interdisciplinare sperimentato nel progetto. Design al tombolo. In *Antropologia*, vol. 2, N° 2, pp. 141-156.

Il girovago (1943). La scuola di Cantù. In *Fili*, n. 113, maggio 1943, pp. 2-7.

Jourdain, M. (1905). The Lace Collection of Mr. Arthur Blackborne. Part IV - Milanese Laces. In *The Burlington Magazine for Connoisseurs*, vol. 6, No. 23, February 1905, pp. 384, 385, 388-391, 393.

Ponti, G. (1939). Per l'affermazione delle industrie femminili italiane. In *Domus*, n° 139, luglio 1939, pp. 65, 66.

Read P, Kindcaid L. (1988). *Milanese Lace. An introduction*. London: Batsford.

Read P, Kindcaid L. (1994). *New Braids and Designs in Milanese Lace*. London: Batsford.

Semper, G. (1860). *Der Stil in der technischen und tektonischen Künsten oder, Praktische Ästhetik. Ein Handbuch für Techniker, Künstler und Kunstfreunde*. Band I: Die textile Kunst für sich betrachtet und in Beziehung zur Baukunst. Frankfurt a.M.: Verlag für Kunst und Wissenschaft [Trad. it. parziale in *Lo stile nelle arti tecniche e tettoniche o estetica pratica*. Bari: Laterza, 1992].

Yi, L. (2007). Computational Textile Bioengineering. In Xiany Zeng et al. (eds.) *Computational Textile*. Berlino: Springer, pp. 203-221.