

TONALITE

Via Andrea Costa, 8 - 40019 Sant'Agata bolognese BO, ITALY
Tel: +39 051957253 - info@tonalite.it - www.tonalite.it

luglio dicembre 2025

48

CERAMIC MATERIAL > STONE MATERIAL

AND RIVISTA DI ARCHITETTURE, CITTÀ E ARCHITETTI

MATERIA CERAMICA > MATERIA PIETRA

48



AND

gianpiero alfarano
martina carandente
santi centineo
parisa darv
paolo di nardo
paolo franzo
leonardo gómez haro
antonella pettorruso
marcello scalzo
alessandro spennato

DNA editrice

ISSN 1723-9990

Semestrale **in Italia € 12,00** Poste Italiane S.p.A. – Spedizione in abbonamento postale – D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n.46) art. 1, comma 1, DCB FIRENZE
Austria € 20,90 · Belgio € 15,90 · Francia € 20,90 · Principato di Monaco € 20,90 · Germania € 20,90 · Portogallo € 14,90 · Spagna € 15,90 · Svizzera Chf 19,90 · Svizzera Canton Ticino Chf 18,90 · Gran Bretagna £ 15,90

AND
Rivista scientifica di architettura e design in Open Access / *Scientific journal of architecture and design in Open Access*
Numero/*Number* 48, Anno/*Year* 2025

Periodicità semestrale / *Six-monthly frequency*
ISSN 1723-9990 *print*
ISSN 2785-7778 *online*

editor-in-chief
Paolo Di Nardo

comitato scientifico / *scientific advisory board*
Alfonso Acocella, Alessandra Capuano, Maurizio Carta, Niccolò Cuppini, Fabrizia Ippolito, Alberto Ferlenga, Steffen Lehmann, Cherubino Gambardella, Alessandro Melis, Luca Molinari, Vincenzo Latina, Francesca Tosi, Mingchiu Tu, Armand Vokshi

comitato editoriale / *editorial board*
Carlo Achilli, Gianpiero Alfarano, Tommaso Bertini, Santi Centineo, Jurji Filieri, Gianluca Burgio, Paolo Franzo, Eugenio Guglielmi, Vincenzo Maselli, Giulia Panadisi, Gianluca Peluffo, Alessandro Spennato

procedura di revisione / *review procedure*
Double blind peer review

progetto grafico / *graphic project*
Davide Ciaroni

elaborazione grafica / *graphic design*
Alessandro Spennato

crediti fotografici / *photo credits*
Le foto sono attribuite ai rispettivi autori come indicato sulle foto stesse. L'editore rimane a disposizione per eventuali diritti non assolti. / *Photos are attributed to their respective authors as indicated on the photos. The publisher remains at disposal for any unpaid rights.*

corrispondenti / *corresponding*
Francia/*France:* Federico Masotto
Germania/*Germany:* Andreas Gerlsbeck
Inghilterra/*England:* Alessandro Melis

traduzioni / *translations*
italiano-inglese - a cura dei rispettivi autori / by the respective authors

direzione e amministrazione / *management and administration*
via degli Artisti, 18/R - 50132 Firenze
www.and-architettura.it

redazione / *editorial office*
Simone Chietti, Luca Sgrilli, Alessandro Spennato
via degli Artisti, 18/R - 50132 Firenze
redazione@and-architettura.it

editore / *publisher*
DNA Editrice
via degli Artisti, 18/R - 50132 Firenze
tel. +39 055 9755168
info@dnaeditrice.it

comunicazione e pubblicità / *communication and advertising*
DNA Editrice
via degli Artisti, 18/R - 50132 Firenze
tel. +39 055 9755168
redazione@and-architettura.it

distribuzione per l'Italia
DNA
via degli Artisti, 18/R - 50132 Firenze
tel. +39 055 9755168

distribuzione per l'estero
SO.DI.P. SpA
via Bettola, 18 - 20092 Cinisello Balsamo (MI)
tel. +39 02 66030400 - fax +39 02 66030269
sies@sodip.it - www.siesnet.it

stampa
ABC Tipografia Srl
Via di Capalle, 11 - 50041, Calenzano (FI)

Registrazione del Tribunale di Firenze
n. 5300 del 27.09.2003 ISSN 1723-9990
R.O.C. n. 16127 del 11/01/2006
© AND - Rivista di Architetture, Città e Architetti (salvo diversa indicazione)
© dei progetti di proprietà dei rispettivi autori

AND - Rivista di Architetture, Città e Architetti è una testata di proprietà di:
DNA Associazione Culturale
via degli Artisti, 18/R - 50132 Firenze

Le immagini utilizzate nella rivista rispondono alla pratica del fair use (Copyright Act 17 U.S.C. 107) recepita per l'Italia dall'articolo 70 della Legge sul Diritto d'autore che ne consente l'uso a fini di critica, insegnamento e ricerca scientifica a scopi non commerciali. / *The images used in the magazine comply with the practice of fair use (Copyright Act 17 U.S.C. 107) implemented in Italy by Article 70 of the Copyright Law, which allows their use for the purposes of criticism, teaching and scientific research for non-commercial purposes.*

Tutti i contenuti sono pubblicati in Open Access con licenza CC BY 4.0 / *All content is published in Open Access under a CC BY 4.0 licence*
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Gli autori mantengono i diritti d'autore e possono archiviare preprint, postprint e Version of Record senza embargo / *Authors retain copyright and may archive preprints, postprints, and versions of record without embargo*



in copertina/on the cover: Reticolo frattale della crettatura ceramica
Fonte/*Source*: pngtree.com

48

sommario/summary

Materia Ceramica > Materia Pietra

4

EDITORIALE

9



MARTINA CARANDENTE

17



SANTI CENTINEO

27



PARISA DARV

37



PAOLO DI NARDO

51



PAOLO FRANZO

59



GIANPIERO ALFARANO

75



LEONARDO GÓMEZ HARO

85



ANTONELLA PETTORRUSO

95



MARCELLO SCALZO

105



ALESSANDRO SPENNATO



Materia **progettata**

Superfici 3D tra processo digitale e percezione sensibile

testo di/*text by* Alessandro Spennato

Designed matter. 3D surfaces between digital processes and sensory perception

Introduction

In the contemporary debate on architecture and design, materials are no longer interpreted as mere technical supports or finishing elements subordinate to form, but as active design agents capable of shaping processes, experiences, and meanings. Within this framework, ceramics occupy a particularly significant position: an ancient yet profoundly contemporary material, it embodies a constant tension between permanence and transformation, between artisanal tradition and technological innovation. This tension is particularly evident today in surface design, where ceramics are breaking free from their role as two-dimensional cladding to become a three-dimensional, perceptual and narrative device. The evolution of digital fabrication technologies, particularly additive manufacturing applied to ceramic materials, has contributed decisively to this transformation. The ability to generate complex geometries, micro-layers and controlled reliefs allows us to rethink the surface as an informed field, in which form is no longer the result of a decorative operation, but the outcome of a negotiation between design parameters, process constraints and emerging sensory behaviours. Recent studies highlight how 3D ceramic printing can overcome many of the limitations of traditional processes, introducing a new formal grammar capable of integrating function, structure, and perception

Introduzione

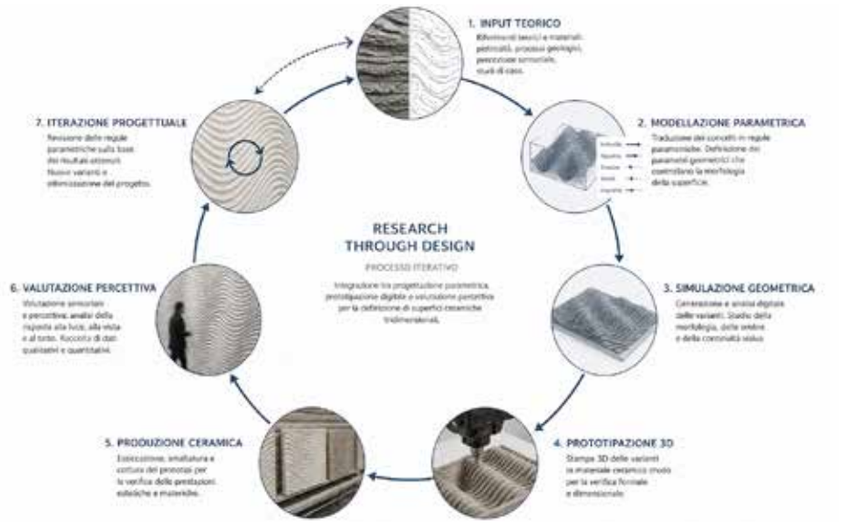
Nel dibattito contemporaneo su architettura e design, la materia non è più interpretata come semplice supporto tecnico o come elemento di finitura subordinato alla forma, ma come agente progettuale attivo, capace di orientare processi, esperienze e significati. In questo quadro, la ceramica occupa una posizione particolarmente significativa: materiale antico e al contempo profondamente attuale, essa incarna una tensione costante tra permanenza e trasformazione, tra tradizione artigianale e innovazione tecnologica. Tale tensione si rende oggi evidente soprattutto nel progetto delle superfici, dove la ceramica si emancipa dal ruolo di rivestimento bidimensionale per configurarsi come dispositivo tridimensionale, percettivo e narrativo. L'evoluzione delle tecnologie di *digital fabrication*, e in particolare della manifattura additiva applicata ai materiali ceramici, ha contribuito in modo determinante a questa trasformazione. La possibilità di generare geometrie complesse, micro-stratificazioni e rilievi controllati consente infatti di ripensare la superficie come un campo informato, in cui la forma non è più il risultato di un'operazione decorativa, ma l'esito di una negoziazione tra parametri progettuali, vincoli di processo e comportamenti sensoriali emergenti. Studi recenti evidenziano come la stampa 3D in ceramica permetta di superare molte delle limitazioni dei processi tradizionali, introducendo una nuova grammatica formale capace di integrare funzione, struttura e percezione (Dadkhah et al., 2023; Wang et al., 2024). In questo contesto, la superficie ceramica 3D assume un valore che va oltre la sperimentazione tecnologica, diventando uno spazio privilegiato di riflessione sul rapporto tra materia e percezione. La tridimensionalità del rilievo, la modulazione della luce, la variazione delle ombre e la risposta tattile concorrono a costruire un'esperienza che si sviluppa nel tempo e nel movimento del corpo, trasformando la superficie in un'interfaccia sensibile tra spazio e individuo. La percezione non è più un effetto collaterale della forma, ma una dimensione progettuale intenzionale, inscritta nella morfologia stessa del materiale. La pietra, tradizionalmente associata a stabilità, durata e memoria geologica, rappresenta un riferimento simbolico e culturale forte, che la ceramica contemporanea è in grado di rielaborare criticamente. Attraverso il progetto di superfici tridimensionali, la ceramica non imita la pietra in senso mimetico, ma ne reinterpreta i processi: stratificazione, sedimentazione, erosione, discontinuità. Si configura così una sorta di geologia artificiale, in cui il tempo profondo evocato dalla pietra viene tradotto in regole progettuali e algoritmi generativi, rendendo visibile una temporalità costruita e consapevole. L'articolo si colloca all'interno di una prospettiva di *design doing* e *research through design*, assumendo il progetto come strumento di produzione di conoscenza. In questa visione, la superficie ceramica 3D non è soltanto un esito formale, ma un mezzo attraverso cui esplorare relazioni complesse tra processo digitale, comportamento materiale e risposta percettiva. Il

ALESSANDRO SPENNATO
alessandro.spennato@unifi.it / University of Florence, Italy
ORCID: 0000-0001-6259-5714

(Dadkhah et al., 2023; Wang et al., 2024). In this context, the 3D ceramic surface takes on a value that goes beyond technological experimentation, becoming a privileged space for reflection on the relationship between matter and perception. The three-dimensionality of the relief, the modulation of light, the variation of shadows and the tactile response combine to construct an experience that unfolds over time and through the movement of the body, transforming the surface into a sensitive interface between space and the individual. Perception is no longer a side effect of form, but an intentional design dimension, inscribed in the very morphology of the material. Stone, traditionally associated with stability, durability, and geological memory, represents a strong symbolic and cultural reference point that contemporary ceramics can critically rework. Through the design of three-dimensional surfaces, ceramics do not mimic stone in a mimetic sense, but reinterpret its processes: stratification, sedimentation, erosion, and discontinuity. This gives rise to a sort of artificial geology, in which the deep time evoked by stone is translated into design rules and generative algorithms, making visible a constructed and conscious temporality. The article is situated within a perspective of design doing and research through design, treating the project as a tool for the production of knowledge. In this view, the 3D ceramic surface is not merely a formal outcome, but a means through which to explore complex relationships between digital processes, material behaviour and perceptual response. The prototype thus becomes an epistemic artefact, capable of making observable phenomena that elude purely theoretical or quantitative description (Giaccardi, 2019; Giaccardi et al., 2024). Building on a design experiment with three-dimensional ceramic tiles, this paper offers a critical reflection on the role of the surface in contemporary design, interpreting it as designed matter: a material that integrates information, process and perception, and which acts as a point of convergence between material culture, technological innovation and sensory perception. The aim is to contribute to the international debate on ceramic and surface design, highlighting how digital fabrication can trigger new design paradigms in which matter is not simply transformed, but conceived, interrogated and rendered discursive.

Matter, surface and design: theoretical perspectives

In recent years, the theoretical debate on the design of matter has undergone significant evolution, shifting the focus from the material's functional performance to its experiential and relational dimensions. Within this framework, the surface emerges as a



prototipo diventa così un artefatto epistemico, capace di rendere osservabili fenomeni che sfuggono a una descrizione puramente teorica o quantitativa (Giaccardi, 2019; Giaccardi et al., 2024). A partire da una sperimentazione progettuale sulle piastrelle ceramiche tridimensionali, il contributo propone una riflessione critica sul ruolo della superficie nel design contemporaneo, interpretandola come materia progettata: una materia che integra informazione, processo e percezione, e che si pone come luogo di convergenza tra cultura materiale, innovazione tecnologica e sensibilità sensoriale. L'obiettivo è contribuire al dibattito internazionale sul design della ceramica e delle superfici, evidenziando come la *digital fabrication* possa attivare nuovi paradigmi progettuali in cui la materia non è semplicemente trasformata, ma pensata, interrogata e resa discorsiva.

Materia, superficie e design: prospettive teoriche

Negli ultimi anni, il dibattito teorico sul progetto di materia ha conosciuto un'evoluzione significativa, spostando l'attenzione dalla prestazione funzionale del materiale alla sua dimensione esperienziale e relazionale. In questo quadro, la superficie emerge come luogo privilegiato di mediazione tra proprietà fisiche e costruzione del senso, assumendo un ruolo attivo nella definizione dell'esperienza spaziale. Il filone delle material experiences ha contribuito in modo decisivo a questa rilettura, interpretando il materiale non come entità neutra, ma come sistema di relazioni che coinvolge percezione sensoriale, pratiche culturali e contesti d'uso (Pedgley, Rognoli & Karana, 2021). La superficie, in questa prospettiva, non è un semplice esito formale, ma un'interfaccia capace di generare significato attraverso l'interazione con il corpo, la luce e il tempo. Questa concezione della superficie come elemento attivo del progetto trova un antecedente significativo nelle sperimentazioni della Bauhaus, dove il rapporto tra materia, forma e produzione seriale venne riconsiderato come fondamento di una nuova cultura progettuale. In particolare, le ricerche di autori quali Josef Albers e László Moholy-Nagy hanno contribuito a ridefinire il materiale non come supporto neutro della forma, ma come componente intrinsecamente generativa del processo progettuale, capace di influenzare percezione, comportamento e costruzione dell'esperienza spaziale (Droste, 2019; Whitford, 1984). In tale prospettiva, la sperimentazione contemporanea sulle superfici ceramiche tridimensionali può essere letta come una prosecuzione critica di quella tradizione, aggiornata attraverso gli strumenti computazionali e le logiche della fabbricazione digitale. Parallelamente, l'affermazione della manifattura additiva ha introdotto una discontinuità rilevante nei processi di progettazione e produzione dei materiali ceramici. La letteratura recente evidenzia come le tecnologie additive consentano di integrare forma, struttura e comportamento materiale in un unico processo informato, superando la separazione tradizionale tra fase progettuale e fase esecutiva (Dadkhah et al., 2023). In particolare, la possibilità di controllare porosità, stratificazione e micro-rilievi ha aperto nuove prospettive per il design delle superfici, rendendo programmabili aspetti percettivi un tempo affidati alla variabilità artigianale o alla standardizzazione industriale (Wang, Wu & Huang, 2024). All'interno di questo scenario, la ceramica si distingue come materiale paradigmatico per indagare la relazione tra processo digitale e identità materica. La sua natura ambivalente – al

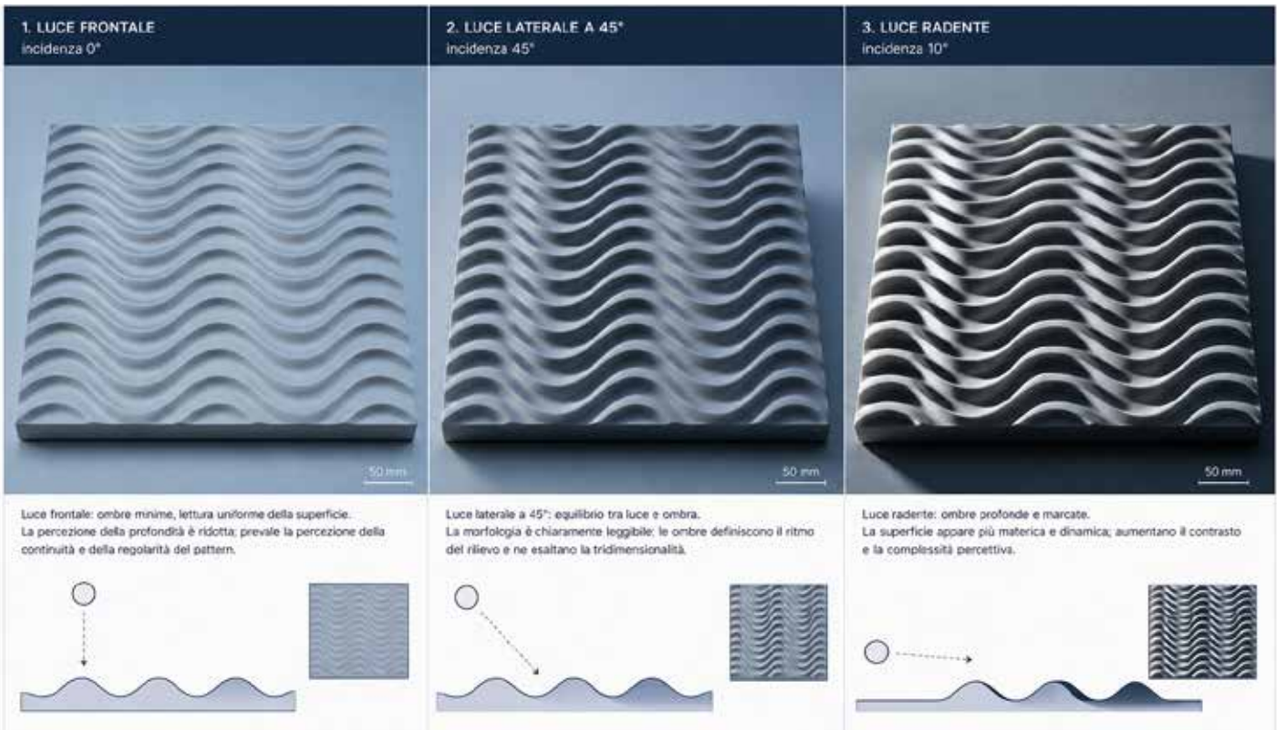
privileged site of mediation between physical properties and the construction of meaning, assuming an active role in defining spatial experience. The strand of material experiences has contributed decisively to this reinterpretation, treating the material not as a neutral entity but as a system of relationships involving sensory perception, cultural practices, and contexts of use (Pedgley, Rognoli & Karana, 2021). From this perspective, the surface is not merely a formal outcome, but an interface capable of generating meaning through interaction with the body, light and time. This conception of the surface as an active element of design finds a significant precedent in the experiments of the Bauhaus, where the relationship between material, form and mass production was reconsidered as the foundation of a new design culture. In particular, the research of figures such as Josef Albers and László Moholy-Nagy helped to redefine the material not as a neutral support for form, but as an intrinsically generative component of the design process, capable of influencing perception, behaviour and the construction of spatial experience (Droste, 2019; Whitford, 1984). From this perspective, contemporary experimentation with three-dimensional ceramic surfaces can be seen as a critical continuation of that tradition, updated through computational tools and the logic of digital fabrication. At the same time, the rise of additive manufacturing has introduced a significant shift in the design and production processes of ceramic materials. Recent literature highlights how additive technologies allow for the integration of form, structure, and material behaviour into a single, informed process, overcoming the traditional separation between the design and production phases (Dadkhah et al., 2023). In particular, the ability to control porosity, layering, and microtextures has opened new possibilities for surface design, enabling the programming of perceptual aspects that were once left to the variability of craftsmanship or industrial standardisation (Wang, Wu & Huang, 2024). Within this context, ceramics stand out as a paradigmatic material for exploring the relationship between digital processes and material identity. Its ambivalent nature – at once fragile and resilient, artisanal and industrial – makes it particularly suited to experiments that challenge established design categories. Recent studies in architecture and interior design demonstrate how three-dimensional ceramic surfaces can act as perceptual devices, capable of modulating light and producing atmospheric effects through micro-variations in form, rather than through the use of colour or applied decoration (Zhang et al., 2020). The conceptual comparison between ceramic material and stone, at the heart of the call, fits into this debate as an

tempo stesso fragile e resistente, artigianale e industriale – la rende particolarmente adatta a sperimentazioni che mettono in discussione categorie consolidate del progetto. Studi recenti in ambito architettonico e di interior design mostrano come superfici ceramiche tridimensionali possano agire come dispositivi percettivi, capaci di modulare la luce e di produrre effetti atmosferici attraverso micro-variazioni morfologiche, piuttosto che attraverso l'uso di colore o decorazione applicata (Zhang et al., 2020). Il confronto concettuale tra materia ceramica e materia pietra, al centro della call, si inserisce in questo dibattito come questione eminentemente culturale e simbolica. La pietra, tradizionalmente associata a durata, massa e memoria geologica, rappresenta un riferimento archetipico che la ceramica contemporanea è in grado di rielaborare criticamente. Piuttosto che imitare l'aspetto lapideo, le superfici ceramiche progettate attraverso strumenti digitali tendono a evocare processi geologici – sedimentazione, erosione, stratificazione – traducendoli in logiche formali controllate. Tale approccio produce una "pietrosità" percettiva che non deriva dalla materia in sé, ma dalla configurazione della superficie e dalla sua capacità di attivare una lettura temporale e corporea dello spazio. Sul piano metodologico, queste ricerche si collocano sempre più spesso all'interno della cornice della *research through design*, che riconosce al progetto e al prototipo un ruolo epistemico autonomo. In questa prospettiva, la conoscenza non è generata esclusivamente attraverso astrazioni teoriche o misurazioni quantitative, ma emerge dall'interazione tra pratica progettuale, iterazione e riflessione critica (Giaccardi, 2019). Contributi recenti hanno ulteriormente ampliato questa visione, sottolineando come dati, algoritmi e modelli computazionali trasformino il prototipo in un oggetto "connesso", capace di rendere visibili le incertezze e le scelte implicite del processo progettuale (Giaccardi et al., 2024). Nel contesto italiano, tali trasformazioni si intrecciano con le dinamiche di innovazione del distretto ceramico, dove la digitalizzazione e le tecnologie di Industry 4.0 sono interpretate non solo come strumenti di efficientamento produttivo, ma come occasioni per ripensare il valore culturale del prodotto e la sostenibilità della filiera (Contini et al., 2023; Raffaeli et al., 2024). In questo quadro, la superficie ceramica 3D si configura come un terreno di sperimentazione strategico, capace di mettere in dialogo ricerca accademica, industria e progetto, e di alimentare un dibattito internazionale sul futuro della materia nel design.

Metodologia

La ricerca si configura come uno studio practice-based in cui il progetto della superficie ceramica tridimensionale è assunto come strumento primario di indagine. L'approccio metodologico si fonda su un processo iterativo che integra progettazione digitale, prototipazione fisica e osservazione critica dei risultati, con l'obiettivo di esplorare in modo sistematico le relazioni tra configurazione morfologica, comportamento materiale e risposta percettiva. In questa prospettiva, il progetto non è considerato come una fase preliminare alla produzione, ma come un dispositivo cognitivo capace di rendere esplicite le scelte, i vincoli e le trasformazioni che attraversano il ciclo di vita della superficie. La prima fase della ricerca è dedicata alla definizione di un lessico formale condiviso, orientato alla progettazione del rilievo piuttosto che alla decorazione. Attraverso la selezione e la messa in relazione di parametri geometrici quali profondità, frequenza, continuità e variazione del rilievo, vengono costruite matrici morfologiche in grado di generare comportamenti percettivi differenziati. L'attenzione si concentra in





eminently cultural and symbolic issue. Stone, traditionally associated with durability, mass, and geological memory, represents an archetypal reference that contemporary ceramics can critically rework. Rather than imitating the appearance of stone, ceramic surfaces designed with digital tools tend to evoke geological processes – sedimentation, erosion, stratification – and translate them into controlled formal logics. This approach produces a perceptual 'stony quality' that does not derive from the material itself, but from the configuration of the surface and its capacity to activate a temporal and bodily reading of space. Methodologically, this research is increasingly situated within the framework of research through design, which recognises an autonomous epistemic role for the design and the prototype. From this perspective, knowledge is not generated exclusively through theoretical abstractions or quantitative measurements, but emerges from the interaction between design practice, iteration and critical reflection (Giaccardi, 2019). Recent contributions have further expanded this vision, highlighting how data, algorithms and computational models transform the prototype into a 'connected' object, capable of making visible the uncertainties and implicit choices of the design process (Giaccardi et al., 2024). In the Italian context, these transformations are intertwined with the innovation dynamics of the ceramics sector, where digitalisation and Industry 4.0 technologies are interpreted not only as tools for enhancing production efficiency but as opportunities to rethink the cultural value of the product and the sustainability of the supply chain (Contini et al., 2023; Raffaeli et al., 2024). Within this framework, the 3D ceramic surface emerges as a strategic field of experimentation, capable of fostering dialogue between academic research, industry and design, and of fuelling an international debate on the future of the material in design.

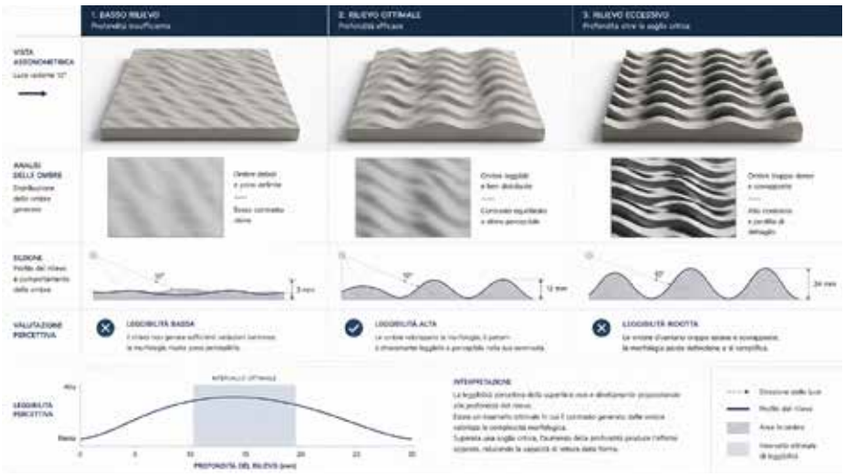
Methodology

The research takes the form of a practice-based study in which the design of the three-dimensional ceramic surface is adopted as the primary tool of investigation. The methodological approach is based on an iterative process that integrates digital design, physical prototyping, and critical observation of the results to systematically explore the relationships between morphological configuration, material behaviour, and perceptual response. From this perspective, the design is not regarded as a preliminary phase to production, but as a cognitive device capable of making explicit the choices, constraints and transformations that run through the surface's life cycle. The first phase of the research is dedicated to defining a shared formal lexicon, oriented towards the design of relief rather than decoration. Through the selection and interrelation of geometric parameters such as depth, frequency, relief continuity, and relief variation, morphological matrices are constructed that are capable of generating differentiated perceptual behaviours. Particular attention is focused on the surface's ability to produce micro-shadows and light gradients, treating light as an implicit design material rather than a mere external condition. Computational modelling forms the operational core of the process, enabling the formal vocabulary to be translated into generative rules and families of coherent yet variable surfaces to be developed. The use of parametric tools allows for the exploration of multiple morphological scenarios, whilst maintaining precise control over the relationships between parameters and formal outcomes. This phase is not aimed at optimising a single solution, but at constructing a critical series of variants for comparative observation of the perceptual effects produced by micro-variations in geometry. The prototyping phase introduces direct engagement with the material and the constraints of the production process. Digital models are translated into physical samples using 3D printing techniques compatible with ceramic production, taking into account the transformations associated with drying, shrinkage, and firing. In this phase, discrepancies between the model and the prototype are not interpreted as errors to be corrected, but rather as relevant design information that can provide insights into the limits and potential of additive manufacturing applied to ceramics. The observation of the prototypes is conducted through a situated perceptual evaluation, under controlled yet variable lighting, distance, and angle of incidence. The evaluation favours a qualitative approach, based on shared descriptors and a direct comparison between the different surface configurations. Attention is focused on the legibility of the relief, the density and depth of the shadows, visual continuity, and the implicit tactile response, understood as a sensory expectation generated solely by visual perception. Taken as a whole, the methodology adopted is situated within a vision of design doing as a practice of knowledge, in which design experimentation serves to critically question the role of the surface in contemporary design. Through the alternation between design, prototype and reflection, the research constructs an interpretative framework that does not separate form, process and perception. However, it considers them as interdependent dimensions of a single design operation. The adopted protocol also serves

as a replicable model for future experiments on the relationship between surface morphology, optical behaviour, and material perception in the design context.

Results

The research results emerge from the comparative observation of three-dimensional ceramic surfaces developed through the design and prototyping process, and take the form of qualitative evidence linking geometric configuration, material behaviour and perceptual response. Rather than providing precise measurements, the study yields a set of design regularities that help understand how micro-variations in the surface influence the spatial and sensory interpretation of the cladding. A first finding concerns the non-linear relationship between relief depth and perceptual legibility. Analysis of the prototypes shows that a progressive increase in depth does not produce a proportional increase in formal clarity; beyond a critical threshold, the relief tends to generate shadows that are too dense, reducing the surface's ability to convey subtle articulations and variations. Conversely, configurations characterised by distributed micro-reliefs and gradual depth variations produce a richer visual texture, capable of being effectively activated even under diffuse lighting conditions. This result highlights that the perception of three-dimensionality does not depend solely on the quantity of material removed or added, but also on the quality of the transitions and the continuity of the surfaces. A second finding concerns the role of morphological continuity in constructing a perception of 'stony quality'. Surfaces characterised by soft gradients and progressive transitions between solid and void tend to evoke natural processes of sedimentation and erosion, generating a temporal and layered reading of the material. In these cases, the surface appears as the outcome of a slow, cumulative process, symbolically approaching the imagery of stone. Conversely, geometries based on sharp discontinuities and repetitive patterns accentuate a more artificial and technical dimension, making the computational origin of the design explicit and shifting perception towards an industrial register. This difference suggests that the material evocation is not linked to the material in the strict sense, but to the formal grammar through which it is organised. A further finding concerns the relationship between the tile's orientation and the surface's perceptual identity. The observations carried out show that the module's rotation produces significant variations in the distribution of shadows and the reading of the reliefs, substantially altering the overall impression of the surface. This perceptual instability introduces a dynamic dimension into the clad-



particolare sulla capacità della superficie di produrre micro-ombre e gradienti luminosi, assumendo la luce come materiale progettuale implicito e non come semplice condizione esterna. La modellazione computazionale costituisce il nucleo operativo del processo, consentendo di tradurre il lessico formale in regole generative e di sviluppare famiglie di superfici coerenti ma variabili. L'uso di strumenti parametrici permette di esplorare scenari morfologici multipli, mantenendo un controllo puntuale sulle relazioni tra parametri e risultati formali. Questa fase non è finalizzata all'ottimizzazione di una soluzione unica, ma alla costruzione di una serie critica di varianti, funzionale all'osservazione comparativa degli effetti percettivi prodotti da micro-variazioni della geometria. La fase di prototipazione introduce il confronto diretto con la materia e con i vincoli del processo produttivo. I modelli digitali vengono tradotti in campioni fisici attraverso tecniche di stampa 3D e processi compatibili con la produzione ceramica, tenendo conto delle trasformazioni legate all'essiccazione, al ritiro e alla cottura. In questa fase, le discrepanze tra modello e prototipo non sono interpretate come errori da correggere, ma come informazioni progettuali rilevanti, capaci di restituire indicazioni sui limiti e sulle potenzialità della manifattura additiva applicata alla ceramica. L'osservazione dei prototipi avviene mediante una valutazione percettiva situata, condotta in condizioni controllate ma variabili di illuminazione, distanza e angolo di incidenza. La valutazione privilegia un approccio qualitativo, basato su descrittori condivisi e su un confronto diretto tra le diverse configurazioni di superficie. L'attenzione è rivolta alla leggibilità del rilievo, alla densità e profondità delle ombre, alla continuità visiva e alla risposta tattile implicita, intesa come aspettativa sensoriale generata dalla sola percezione visiva. Nel suo insieme, la metodologia adottata si colloca all'interno di una visione del *design doing* come pratica di conoscenza, in cui la sperimentazione progettuale diventa un mezzo per interrogare criticamente il ruolo della superficie nel design contemporaneo. Attraverso l'alternanza tra progetto, prototipo e riflessione, la ricerca costruisce un quadro interpretativo che non separa forma, processo e percezione, ma li considera come dimensioni interdipendenti di un'unica operazione progettuale. Il protocollo adottato si configura inoltre come modello replicabile per future sperimentazioni sul rapporto tra morfologia superficiale, comportamento ottico e percezione materiale in ambito progettuale.

Risultati

I risultati della ricerca emergono dall'osservazione comparativa delle superfici ceramiche tridimensionali sviluppate attraverso il processo progettuale e prototipale, e si configurano come evidenze qualitative che mettono in relazione configurazione geometrica, comportamento materiale e risposta percettiva. Piuttosto che fornire misurazioni puntuali, l'indagine restituisce un insieme di regolarità progettuali utili a comprendere come micro-variazioni della superficie influenzino la lettura spaziale e sensoriale del rivestimento. Un primo risultato riguarda la relazione non lineare tra profondità del rilievo e leggibilità percettiva. L'analisi dei prototipi mostra come l'incremento progressivo della profondità non produca un aumento proporzionale della chiarezza formale; oltre una soglia critica, il rilievo tende infatti a generare ombre troppo dense, riducendo la capacità della superficie di restituire articolazioni e variazioni sottili. Al contrario, configurazioni caratterizzate da micro-rilievi distribuiti e da variazioni graduali della profondità producono una vibrazione visiva più ricca, in grado di attivarsi efficacemen-

ding design, suggesting that the surface should not be understood as a static element, but as a system capable of generating multiple configurations from a single module. This characteristic is particularly relevant in architectural design, where the composition of surfaces can be modulated by natural light and the observer's viewpoint. The comparison between the different prototypes also highlights the possibility of reconciling formal variation and process control through the use of parametric tools. The families of surfaces developed display a recognisable morphological consistency despite significant differences between individual elements. This aspect is strategic for the system's potential industrial scalability, as it enables variability to be managed as a design value rather than a production anomaly. The three-dimensional surface thus emerges as a device capable of integrating seriality and difference, overcoming the traditional opposition between standardisation and uniqueness. Taken together, the results indicate that the 3D ceramic surface can be interpreted as a complex perceptual structure, in which light, shadow and relief combine to define a spatial experience that cannot be reduced to the sum of its individual parts. The material no longer appears as a passive support for form, but as an informed system that incorporates design decisions and renders them as sensory behaviours. This shift marks a significant conceptual shift: from the surface understood as a finish to the surface as an active field of design and knowledge.

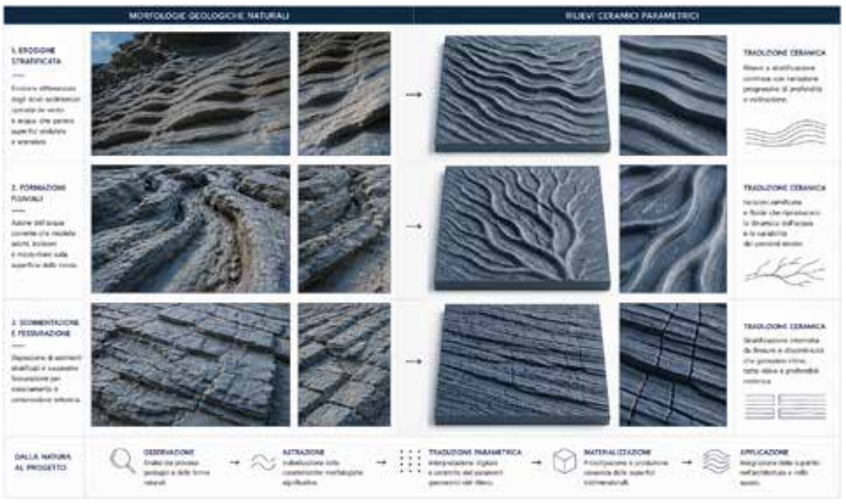
Discussion

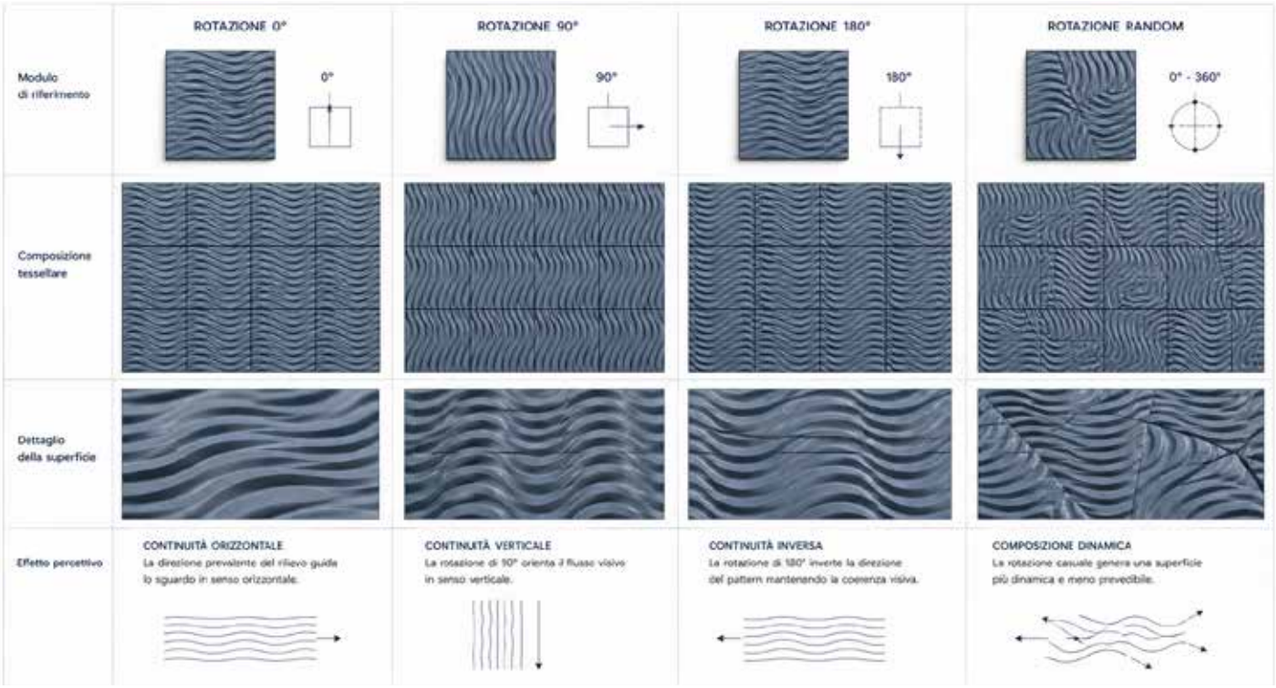
The results emerging from experimentation with three-dimensional ceramic surfaces allow us to problematise the role of material in contemporary design, shifting the focus from form as an outcome to process as a generator of meaning. From this perspective, the surface can no longer be considered a mere interface between object and space, but rather a cognitive device capable of making visible complex relationships between geometric configuration, material behaviour and perceptual response. This conceptual shift is consistent with the most recent reflections on design as a practice of knowledge, in which the project assumes an exploratory and epistemic function, rather than an exclusively problem-solving one (Giaccardi, 2019). The dialectic between ceramic material and stone finds in the 3D surface a particularly fertile ground for comparison. The results suggest that ceramics do not establish a dialogue with stone through the mimetic reproduction of textures or colours, but through the design translation of geological processes into formal and parametric rules. Stratification, continuity, discontinuity and erosion thus become intentional design operations, capable of

te anche in condizioni di illuminazione diffusa. Questo risultato evidenzia come la percezione della tridimensionalità non dipenda esclusivamente dalla quantità di materia sottratta o aggiunta, ma dalla qualità delle transizioni e dalla continuità delle superfici. Un secondo risultato riguarda il ruolo della continuità morfologica nella costruzione di una percezione di “pietrosità”. Le superfici caratterizzate da gradienti morbidi e da transizioni progressive tra pieni e vuoti tendono a evocare processi naturali di sedimentazione ed erosione, generando una lettura temporale e stratificata della materia. In questi casi, la superficie appare come esito di un processo lento e accumulativo, avvicinandosi simbolicamente all’immaginario della pietra. Al contrario, geometrie basate su discontinuità nette e su pattern ripetitivi accentuano una dimensione più artificiale e tecnica, rendendo esplicita l’origine computazionale del progetto e spostando la percezione verso un registro industriale. Tale differenza suggerisce che l’evocazione materica non sia legata al materiale in senso stretto, ma alla grammatica formale attraverso cui esso viene organizzato. Un ulteriore risultato riguarda la relazione tra orientamento della piastrella e identità percettiva della superficie. Le osservazioni condotte mostrano come la rotazione del modulo produca variazioni significative nella distribuzione delle ombre e nella lettura dei rilievi, modificando in modo sostanziale l’impressione complessiva della superficie. Questa instabilità percettiva introduce una dimensione dinamica nel progetto del rivestimento, suggerendo che la superficie non debba essere intesa come elemento statico, ma come sistema capace di generare configurazioni multiple a partire da un unico modulo. Tale caratteristica risulta particolarmente rilevante in relazione all’allestimento architettonico, dove la composizione delle superfici può essere modulata in funzione della luce naturale e del punto di vista dell’osservatore. La comparazione tra i diversi prototipi evidenzia inoltre la possibilità di conciliare variazione formale e controllo di processo attraverso l’uso di strumenti parametrici. Le famiglie di superfici sviluppate mostrano una coerenza morfologica riconoscibile pur nella presenza di differenze significative tra i singoli elementi. Questo aspetto risulta strategico in relazione alla potenziale scalabilità industriale del sistema, poiché consente di gestire la variabilità come valore progettuale e non come anomalia produttiva. La superficie tridimensionale si configura così come un dispositivo capace di integrare serialità e differenza, superando l’opposizione tradizionale tra standardizzazione e unicità. Nel loro insieme, i risultati indicano che la superficie ceramica 3D può essere interpretata come una struttura percettiva complessa, in cui luce, ombra e rilievo concorrono a definire un’esperienza spaziale non riducibile alla somma delle singole parti. La materia non appare più come supporto passivo della forma, ma come sistema informato che incorpora decisioni progettuali e le restituisce sotto forma di comportamenti sensoriali. Questo passaggio segna uno spostamento concettuale rilevante: dalla superficie intesa come finitura alla superficie come campo attivo di progettazione e conoscenza.

Discussione

I risultati emersi dalla sperimentazione sulle superfici ceramiche tridimensionali consentono di problematizzare il ruolo della materia nel progetto contemporaneo, spostando l’attenzione dalla forma come esito al processo come generatore di significato. In questa prospettiva, la superficie non può più essere considerata una semplice interfaccia tra oggetto e spazio, ma si configura come un dispo-





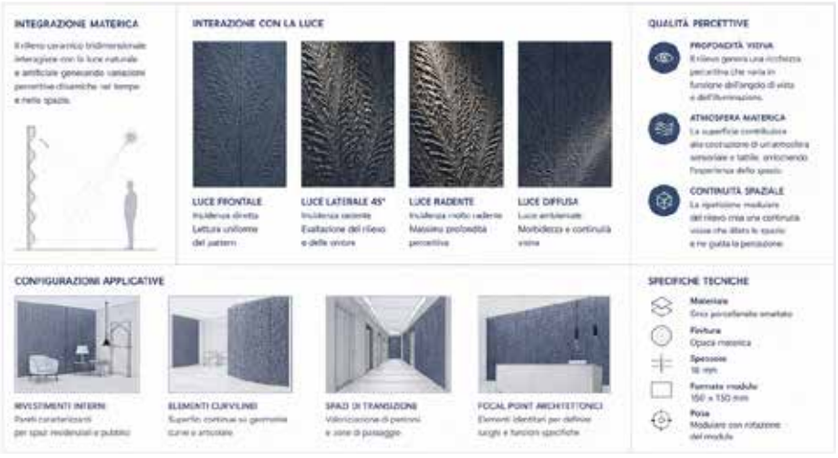
generating a perception of temporal depth even within a highly controlled and accelerated production process. The surface assumes the role of constructed memory, in which time is not a natural given but a designed effect, making explicit the artificial nature of all contemporary materiality. In this sense, additive manufacturing serves as critical infrastructure for the project rather than merely an enabling technology. The ability to control geometric micro-variations allows, in fact, for the design of perceptual qualities once left to chance or manual skill, transforming the surface into a field of negotiation between control and indeterminacy. This condition reflects the most recent reflections on the role of algorithms and data in design, which do not eliminate uncertainty but make it an integral part of the design process (Giaccardi et al., 2024). The 3D ceramic surface thus becomes a space where the designer's action shifts from defining form to constructing systems of possibility. From a perceptual point of view, the research confirms that the experience of the surface cannot be reduced to a static or purely visual interpretation. Variations in light, the module's orientation, and the observer's distance produce ever-changing configurations, suggesting a dynamic conception of the cladding as an atmospheric field. From this perspective, the surface contributes to the construction of the environment not only through its material properties, but through its ability to trigger sensory responses that influence orientation, comfort and the quality of space. This interpretation engages with international research exploring the integration of morphology, light, and environmental performance in architectural surfaces, whilst maintaining a specific focus on the experiential rather than the purely functional dimension (Tsiokou et al., 2026). A further significant aspect concerns the relationship between variation and seriality.

sitivo cognitivo capace di rendere visibili relazioni complesse tra configurazione geometrica, comportamento materiale e risposta percettiva. Tale spostamento concettuale è coerente con le più recenti riflessioni sul design come pratica di conoscenza, in cui il progetto assume una funzione esplorativa ed epistemica, piuttosto che esclusivamente risolutiva (Giaccardi, 2019). La dialettica tra materia ceramica e materia pietra trova nella superficie 3D un terreno di confronto particolarmente fertile. I risultati suggeriscono che la ceramica non stabilisce un dialogo con la pietra attraverso la riproduzione mimetica di texture o cromie, ma mediante la traduzione progettuale di processi geologici in regole formali e parametriche. Stratificazione, continuità, discontinuità ed erosione diventano così operazioni progettuali intenzionali, capaci di generare una percezione di profondità temporale pur all'interno di un processo produttivo altamente controllato e accelerato. La superficie assume il ruolo di memoria costruita, in cui il tempo non è un dato naturale ma un effetto progettato, rendendo esplicita la natura artificiale di ogni materialità contemporanea. In questo senso, la manifattura additiva agisce come infrastruttura critica del progetto, più che come semplice tecnologia abilitante. La possibilità di governare microvariazioni geometriche consente infatti di progettare qualità percettive un tempo affidate alla casualità o all'abilità manuale, trasformando la superficie in un campo di negoziazione tra controllo e indeterminazione. Tale condizione rispecchia le riflessioni più recenti sul ruolo degli algoritmi e dei dati nel design, che non eliminano l'incertezza ma la rendono parte integrante del processo progettuale (Giaccardi et al., 2024). La superficie ceramica 3D diventa così un luogo in cui l'azione del progettista si sposta dalla definizione della forma alla costruzione di sistemi di possibilità. Dal punto di vista percettivo, la ricerca conferma che l'esperienza della superficie non è riducibile a una lettura statica o puramente visiva. La variazione di luce, l'orientamento del modulo e la distanza dell'osservatore producono configurazioni sempre diverse, suggerendo una concezione dinamica del rivestimento come campo atmosferico. In questa prospettiva, la superficie contribuisce alla costruzione dell'ambiente non solo attraverso le sue proprietà materiali, ma mediante la capacità di attivare risposte sensoriali che influenzano orientamento, comfort e qualità dello spazio. Tale interpretazione dialoga con le ricerche internazionali che esplorano l'integrazione tra morfologia, luce e prestazione ambientale nelle superfici architettoniche, pur mantenendo un focus specifico sulla dimensione esperienziale piuttosto che su quella puramente funzionale (Tsiokou et al., 2026). Un ulteriore aspetto di rilievo riguarda la relazione tra variazione e serialità. La possibilità di generare famiglie di superfici coerenti ma non identiche mette in discussione l'opposizione tradizionale tra produzione industriale e unicità dell'oggetto. La variabilità controllata emerge come strategia progettuale capace di coniugare identità formale, adattabilità e potenziale scalabilità, aprendo scenari interessanti per il dialogo tra ricerca e industria. In questo senso, la superficie ceramica 3D si configura come un mediatore tra cultura del progetto e sistemi produttivi avanzati, in linea con le trasformazioni in atto nel distretto ceramico italiano e con le prospettive di sostenibilità legate alla digitalizzazione dei processi (Raffaeli et al., 2024). Nel complesso, la discussione evidenzia come il progetto delle superfici ceramiche tridimensionali possa contribuire a ridefinire il ruolo del design nel rapporto con la materia. Lontano da una visione strumentale della tecnologia, il design doing emerge come pratica critica capace di interrogare le condizioni stesse della materialità contemporanea. La superficie non è più un elemento

The possibility of generating families of surfaces that are coherent yet not identical challenges the traditional opposition between industrial production and the uniqueness of the object. Controlled variability emerges as a design strategy capable of combining formal identity, adaptability and potential scalability, opening up interesting scenarios for dialogue between research and industry. In this sense, the 3D ceramic surface acts as a mediator between design culture and advanced production systems, in line with the transformations currently underway in the Italian ceramics sector and the sustainability prospects associated with the digitalisation of processes (Raffaeli et al., 2024). Overall, the discussion highlights how the design of three-dimensional ceramic surfaces can help redefine the role of design in its relationship with matter. Far removed from an instrumental view of technology, 'design doing' emerges as a critical practice capable of questioning the very conditions of contemporary materiality. The surface is no longer a final element of the process, but a site of research where technical knowledge, perceptual sensitivity and the construction of meaning intertwine. From this perspective, ceramics is confirmed as a strategic material for exploring new design landscapes, in which tradition and innovation are not opposed but recombined in novel and conscious forms.

Conclusions

This paper has explored the design of three-dimensional ceramic surfaces as a privileged domain in which material, process and perception are inextricably intertwined, highlighting how the surface can play an active role in the production of design knowledge. Through approaches of design doing, and research through design, ceramics have been interpreted not simply as a material to be modelled or a cladding to be applied, but as designed matter, informed by generative rules and capable of producing complex, situated perceptual effects. The comparison between ceramic and stone materials, proposed by the call, was addressed by moving beyond the logic of formal imitation. The 3D ceramic surfaces developed in the research do not reproduce the appearance of stone, but critically rework its symbolic and temporal processes, translating stratification, sedimentation and erosion into conscious design operations. In this sense, the surface becomes a form of artificial geology, in which the temporal depth evoked by stone is reconstructed through digital tools and controlled processes, thereby making explicit the material's cultural and design-oriented nature. From a methodological perspective, the research confirms the value of design as an epistemic tool. The three-dimensional ceramic prototype acts as a cognitive artefact,





finale del processo, ma un luogo di ricerca in cui si intrecciano sapere tecnico, sensibilità percettiva e costruzione di significato. In questa prospettiva, la ceramica si conferma come materiale strategico per esplorare nuove geografie del progetto, in cui tradizione e innovazione non si oppongono, ma si ricombinano in forme inedite e consapevoli.

Conclusioni

Il contributo ha esplorato il progetto delle superfici ceramiche tridimensionali come ambito privilegiato in cui materia, processo e percezione si intrecciano in modo inseparabile, mettendo in evidenza come la superficie possa assumere un ruolo attivo nella produzione di conoscenza progettuale. Attraverso un approccio di *design doing* e *research through design*, la ceramica è stata interpretata non come semplice materiale da modellare o rivestimento da applicare, ma come materia progettata, informata da regole generative e capace di restituire effetti percettivi complessi e situati. Il confronto tra materia ceramica e materia pietra, proposto dalla call, è stato affrontato superando la logica dell'imitazione

capable of making observable phenomena that emerge only through direct engagement with the material and perception. The situated evaluation of surfaces, conducted in relation to light, orientation, and distance, highlights that design quality is not a static property but the result of dynamic interactions between form and context, reinforcing a vision of design as a reflective and iterative practice. From a disciplinary perspective, the work contributes to the international debate on the role of surfaces in contemporary design, proposing an interpretation that integrates material culture, digital fabrication and the sensory dimension. The possibility of managing variation as a design value rather than a production anomaly opens up significant prospects for dialogue between research and industry, particularly in the ceramics sector, where mass production has historically been dominant. In this scenario, the 3D ceramic surface emerges as a mediating device that connects design experimentation, process sustainability, and product identity. In conclusion, the design of three-dimensional ceramic surfaces demonstrates how design can play a critical role in redefining the relationship between material and technology. Moving away from a purely instrumental view of additive manufacturing, this contribution highlights how digital fabrication can serve as a means of conceptualising matter, transforming the surface into a space for narrative, experience, and knowledge. This perspective opens up future developments focused on integrating micro-morphology, finishes, and colour, as well as defining more structured perceptual evaluation protocols. From this perspective, the three-dimensional ceramic surface represents not merely a technological evolution of cladding but the very redefinition of the surface as a cognitive and perceptual infrastructure of contemporary design.

formale. Le superfici ceramiche 3D sviluppate nella ricerca non riproducono l'aspetto lapideo, ma ne rielaborano criticamente i processi simbolici e temporali, traducendo stratificazione, sedimentazione ed erosione in operazioni progettuali consapevoli. In questo senso, la superficie diventa una forma di geologia artificiale, in cui la profondità temporale evocata dalla pietra viene ricostruita attraverso strumenti digitali e processi controllati, rendendo esplicita la natura culturale e progettuale della materia. Dal punto di vista metodologico, la ricerca conferma il valore del progetto come strumento epistemico. Il prototipo ceramico tridimensionale agisce come artefatto conoscitivo, capace di rendere osservabili fenomeni che emergono solo attraverso il confronto diretto con la materia e con la percezione. La valutazione situata delle superfici, condotta in relazione a luce, orientamento e distanza, evidenzia come la qualità progettuale non sia una proprietà statica, ma il risultato di interazioni dinamiche tra forma e contesto, rafforzando una visione del design come pratica riflessiva e iterativa. Sul piano disciplinare, il lavoro contribuisce al dibattito internazionale sul ruolo delle superfici nel design contemporaneo, proponendo una lettura che integra cultura materiale, *digital fabrication* e dimensione sensoriale. La possibilità di gestire la variazione come valore progettuale e non come anomalia produttiva apre prospettive rilevanti per il dialogo tra ricerca e industria, in particolare nel settore ceramico, dove la serialità è storicamente dominante. In questo scenario, la superficie ceramica 3D si configura come un dispositivo di mediazione capace di connettere sperimentazione progettuale, sostenibilità dei processi e identità del prodotto. In conclusione, il progetto delle superfici ceramiche tridimensionali mostra come il design possa svolgere un ruolo critico nella ridefinizione del rapporto tra materia e tecnologia. Lontano da una visione puramente strumentale della manifattura additiva, il contributo evidenzia come la *digital fabrication* possa diventare un mezzo per pensare la materia, trasformando la superficie in un luogo di narrazione, esperienza e conoscenza. Tale prospettiva apre a sviluppi futuri orientati all'integrazione tra micro-morfologia, finiture e colore, nonché alla definizione di protocolli di valutazione percettiva più strutturati. In questa prospettiva, la superficie ceramica tridimensionale non rappresenta soltanto un'evoluzione tecnologica del rivestimento, ma la ridefinizione stessa della superficie come infrastruttura cognitiva e percettiva del progetto contemporaneo.

References

- Contini, G., Peruzzini, M., Bulgarelli, S., & Bosi, G. (2023). Developing key performance indicators for monitoring sustainability in the ceramic industry: The role of digitalization and Industry 4.0 technologies. Journal of Cleaner Production, 414, 137664. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137664
- Dadkhah, M., Tulliani, J.-M., Saboori, A., & Iuliano, L. (2023). Additive manufacturing of ceramics: Advances, challenges, and outlook. Journal of the European Ceramic Society, 43(15), 6635–6664. https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.07.033
- Droste, M. (2019). Bauhaus, 1919–1933. Taschen.
- Giaccardi, E. (2019). Histories and futures of research through design: From prototypes to connected things. International Journal of Design, 13(3), 139–155. https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/3192
- Giaccardi, E., Speed, C., Cila, N., & Caldwell, M. (2024). Prototyping with uncertainties: Data, algorithms, and research through design. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 31(2), Article 16. https://doi.org/10.1145/3702322
- Pedgley, O., Rognoli, V., & Karana, E. (Eds.). (2021). Materials experience 2: Expanding territories of materials and design. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819244-3.00036-3
- Raffaeli, R., Malaguti, L., Bianchi, A., & Rimini, B. (2024). Industry 4.0 solutions as enablers for the sustainability of the Italian ceramic tiles district. Sustainability, 16(10), 4301. https://doi.org/10.3390/su16104301
- Tsiokou, V., Antypa, D., Karatza, A., & Koumoulos, E. P. (2026). 3D-printed ceramic solutions for passive cooling and CO_2 adsorption: Investigating material and fabrication parameters in LDM for new eco-sustainable design paradigms. Sustainability, 18(1), 13. https://doi.org/10.3390/su18010013
- Wang, Y., Wu, T., & Huang, G. (2024). State-of-the-art research progress and challenges of printing techniques and potential applications for advanced ceramic materials 3D printing. Materials Today Communications, 40, 110001. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.110001
- Whitford, F. (1984). Bauhaus. Thames & Hudson.
- Zhang, V., Rosenwasser, D., Knippers, J., & Menges, A. (2020). PolyTile 2.0: Programmable micro-textured ceramic architectural tiles. Proceedings of ACADIA 2020.