

DE LA REPREZENTARE LA REALITATE¹

Translatarea spațiului topologic în spațiu euclidian

FROM REPRESENTATION TO REALITY¹

Translating the Topological Space to the Euclidian Space

Melinda BOGNÁR

bognarmelindaszofia@edu.bme.hu

Universitatea de Tehnologie și Economie din Budapesta, Budapesta, HU
Budapest University of Technology and Economics, Budapest, HU

Rezumat

Apariția revoluției digitale în arhitectură solicită reconsiderarea multor fenomene convenționale de proiectare. În prezent, comunicarea are loc pe calculator, iar calculatoarele modifică deja modul în care experimentăm spațiile de proiectare și scenariile virtuale. Cu toate acestea, implementarea aduce un clivaj în procesul de proiectare. Chiar dacă exprimarea oricărei intenții formale este posibilă pe ecran, realizarea lor prin tehnici de construcție industrială întâmpină dificultăți. Cercetarea în domeniul designului bazat pe materiale care implică producția poate deschide, de asemenea, noi abordări ale creației arhitecturale.

Tehnologiile robotice și imprimarea 3D fac transpunerea dintre domeniile virtual și fizic, de exemplu între lucrătorii din construcții și mașinile industriale. În timp ce reprezentarea urmează deja logica digitală, materializarea este adeseori industrială, creând un clivaj în procesul de design.

Abstract

The advent of the Digital Turn in architecture calls for reconsidering many conventional design phenomena. The way of communication is already computed, computers already alter how we experience design spaces and virtual scenarios. However, implementation brings a rupture to the design process. Even though the expression of any formal intention is possible on the screen, their realisation by industrial construction techniques comes with difficulties. Material-based design research involving manufacturing can also open new approaches to architectural creation.

Robotic technologies and 3D printing are translators between the virtual and physical realms, such as construction workers and industrial machines. While representation is already following the digital logic, materialisation is often still industrial, creating a rupture in the design process.

Această lucrare urmărește să evidențieze punctele de tensiune acolo unde materialitatea poate lega lucrul pe calculator de noi medii pentru a crea un flux de lucru coerent în care informația materialului să fie un stimul al procesului de design. Întrebarea pe care o adresăm este dacă materialitatea virtuală și fizică derivă una din cealaltă sau este momentul să le recunoaștem independent?

Cuvinte cheie: arhitectură, logică digitală, logic, fabricarea aditivă, noua materialitate, polimeri.

Introducere: clivajul din procesul de design

Revoluția digitală (Carpo, 2013) combină practica arhitecturală în mai multe aspecte. Designul computațional a devenit o expresie generală în care spațiul virtual oferă posibilități infinite. Materialitatea digitală, materia reprezentată de texturi codate în biți și octeți sunt instrumente bine cunoscute designerilor. Totuși, realizarea unor asemenea designuri virtuale încă întâmpină unele dificultăți.

Atât materialitatea, cât și reprezentarea s-au schimbat foarte mult de-a lungul istoriei. Renașterea a dat viață planurilor, separând designerul arhitectural de muncitorii din construcții (Carpo & Lemerle, 2007). În acea perioadă, traducătorii și mijloacele de transmitere a ideilor erau hârtia și desenele realizate manual. În prezent, ne aflăm într-o perioadă de tranziție, în care cea mai mare parte a procesului de design este realizată prin software, deși realizarea depinde încă de munca manuală și industrială. Astfel, traducerea între mediile de expresie face ca procesul să fie complicat. Având în vedere actuala digitalizare a designului și a producției industriale, arhitecții trebuie să traducă dublu gândurile creative.

Acest articol oferă o prezentare a felului în care conexiunea dintre designul computațional și noua materialitate poate crea un proces de lucru coerent în design, aplicând o concepție complet digitală, bazată pe cercetarea interdisciplinară a științei materialelor și arhitectură, desfășurate la NIMS în Japonia. În momentul când

This paper seeks to highlight the tension points where materiality can connect computation through new media to create a coherent workflow, where the information of the material is an incentive driver of the design process. The question we ask is whether virtual and physical materiality are derivatives of each other or is it time to recognise them independently?

Keywords: architecture, digital logic, additive manufacturing, new materiality, polymers.

Introduction: Rupture in the Design Process

The Digital Turn (Carpo, 2013) interweaves the architectural practice in several aspects. Computational design has become a general expression where the virtual space offers endless possibilities. Digital materiality, matter represented by textures encoded to bits and bytes, are well-known tools for designers. However, the realisation of such virtual designs still comes with difficulties.

Materiality and representation both changed a lot during history. Renaissance called blueprints to life, separating the architectural designer from the construction workers (Carpo & Lemerle, 2007). At that time, the translators and transmitters of creative ideas were paper and handmade drawings. Currently, we are in a transition period, when most of the design process is accomplished via software, although realisation is still dependent on manual and industrial labour. Thus, the translation between the occurring media makes the process complicated. Given current digitised design and industrial manufacturing, architects must double translate creative thoughts.

This article gives an overview of how the connection of computational design and new materiality via additive manufacturing can create a coherent design workflow, by applying a fully digital mindset, based on the interdisciplinary research of material science and architecture conducted at NIMS, Japan. In a time when material properties can

proprietățile materiale pot fi modificate și personalizate, designul poate implica materia în mod activ în procesul creativ. După opinia lui Menges (2012), informația materială poate deveni un factor generator al designului pe calculator.

Este important să înțelegem și să interpretăm posibilitățile tehnologice curente care ne înconjoară pentru a le explora caracteristicile, a învăța despre potențialul și limitările lor pentru a le folosi în cel mai bun mod. Scopul cercetării de față este să examinăm așa-numitul domeniu al „computației materiale”, în care factorul generator din cursul designului este informația inerentă din material. De aceea, metodologia designului nu privește materialul drept un participant pasiv care satisface forma modelată în cursul designului, ci drept o forță motivantă activă care afectează formarea ideii. Includerea învățării automate și a imprimării 3D în procesul de design poate susține conexiunea dintre spațiul topologic și spațiul euclidian.

Din punct de vedere conceptual, cercetarea de față se bazează pe teoria formelor a lui Goethe, precum și pe rezultatele lui Achim Menges și Neri Oxman, arhitecți renumiți în domeniu în prezent.

În ciuda obstacolelor, cercetarea științifică indică rezultate optimiste, ținând cont de folosirea polimerilor sintetizați chimic cu proprietăți personalizate, combinată cu designul computațional al structurilor meta-materiale. Limitările pot apărea în timpul trecerii de la o scară la alta. Anumite tehnici de fabricație pot funcționa bine la scara obiectului, în ciuda deficiențelor la scara construcției. Aceasta se petrece odată cu procesul complicat de elaborare a codificărilor și de acreditare a noilor materiale.

Concepte spațiale diferite: spațiul topologic față de cel euclidian

Designul computațional nu mai este legat de spațiul euclidian și de sistemul de coordonate carteziane (Fig. 1). Nu mai există constrângeri ale proiecției paralele și

be modified and customised, design can actively involve matter in the creative process. Following the thoughts of Menges (2012), material information can become a generative driver of design computation.

It is important to understand and interpret the current technological possibilities that surround us, to explore their characteristics, to learn about their potential and limitations in order to use them in the most appropriate way. The aim of the current research is to examine the field of so-called “material computation”, in which the generative driving force during design is the information inherent in the material. Therefore, the design methodology does not regard the material as a passive participant that satisfies the form shaped during the design, but as an active motivating force that affects the formation of the idea. The inclusion of machine learning and 3D printing in the design process can sustain the link between Topological and Euclidean space.

Conceptually speaking, the present research builds on Goethe's Form theory, as well as on the results of Achim Menges and Neri Oxman, the leading architects in the field today.

Despite obstructions, scientific research indicates optimistic results considering the use of chemically synthesised polymers with custom properties, combined with computational design of metamaterial structures. Limitations occur while shifting between various scales. Certain manufacturing techniques can perform well on the object scale, despite shortcomings at the building scale. This comes along with the complicated process of building codifications and licensing new materials.

Different Spatial Concepts: Topological vs Euclidean Space

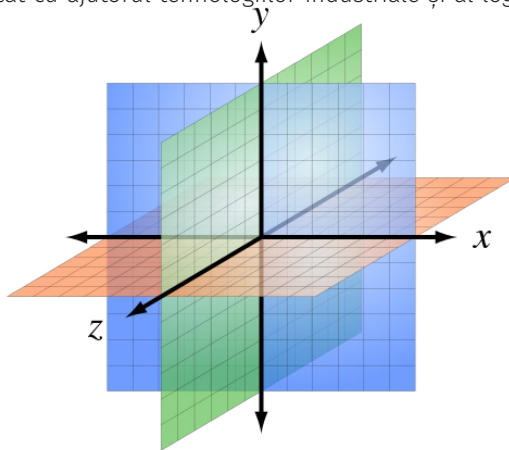
Computational design is no longer connected to the Euclidean space and the Cartesian coordinate system (Fig. 1). There are no more constraints of parallel projection and

ale unui număr limitat de secțiuni în mediul software. Modelele virtuale constau, pe de o parte, în mult mai multe informații decât o proiecție 2D. Totuși, deoarece trebuie să fie transpuse în forme de comunicare familiare pentru implementare, apare o pierdere semnificativă de informații în timpul procesului.

Cu aproximativ 20 de ani în urmă, când revoluția digitală era la început, Perrella (2001) a descris fenomenul după cum urmează:

Topologia arhitecturală reprezintă mutația formei, structurii, contextului și programului în modele combinate și dinamice complexe. În ultimii ani, a apărut o abordare analitică în design prin care suprafețele arhitecturale și topologizarea formei sunt explorate în mod sistematic și transformate în diverse programe arhitecturale. „Spațiul” topologic diferă de spațiul cartezian prin faptul că îmbracă evenimentele temporale în cadrul formei. Astfel, spațiul nu mai este un vid în care sunt cuprinse subiecte și obiecte, ci se transformă într-o rețea interconectată, densă de particularități și singularități, mai bine înțeleasă ca substanță sau spațiu plin (p. 149-150).

Acest concept complet diferit de înțelegere spațială explică fenomenul conform căruia, pe ecran, totul este posibil. Formele curbilinii de comenzi parametriche variază reprezentările în câteva secunde. Oricum, când ne referim la construcții, aceste forme geometrice sunt greu de aplicat cu ajutorul tehnologiilor industriale și al logicii de



a limited number of sections in the software environment. Virtual models, on the one hand, consist of considerably more information than a 2D projection. However, as they need to be translated into well-known communication forms for implementation, there is significant information loss during the process.

Approximately 20 years ago, when the 2nd Digital Turn started to rise, Perrella (2001) described the phenomenon as follows:

Architectural topology is the mutation of form, structure, context and programme into interwoven patterns and complex dynamics. Over the past several years, a design sensibility has unfolded whereby architectural surfaces and the topologising of form are being systematically explored and unfolded into various architectural programmes. Topological “space” differs from Cartesian space in that it imbricates temporal events within form. Space then, is no longer a vacuum within which subjects and objects are contained, space is instead transformed into an interconnected, dense web of particularities and singularities better understood as substance or filled space (p. 149-150).

This completely different concept of spatial understanding explains the phenomenon that, on the screen, everything is possible. Curvilinear forms of parametric commands vary representations in a matter of seconds. Anyway, when it comes to construction, these geometric shapes are hard to implement with industrial technologies and assembly

Fig. 1. Un sistem de coordonate carteziene tridimensionale pozitiv utilizat pentru a indica pozițiile în spațiu, după Sakurambo. CC BY-SA 3.0./ A right-handed three-dimensional Cartesian coordinate system used to indicate positions in space, according to Sakurambo. CC BY-SA 3.0.

Sursa / Source: <https://en.wikipedia.org/wiki/Space/>

asamblare. O abordare materială diferită ar putea oferi soluția pentru a crea o legătură lină între reprezentarea digitală și realitatea spațiului euclidian.

Formele spațiului euclidian aplică reguli diferite de cele ale spațiului topologic. Conectarea celor două abordări aduce provocări, deoarece „geometria” se ocupă de măsurarea spațiului ca geo-metrie, în timp ce „topologie” ignoră dimensiunile și se ocupă exclusiv de structura spațiului (topos) și de esența unei forme (Lojanica & Dragisic, 2018). Odată ce aceste două concepte matematice se întâlnesc, spațiul euclidian poate deveni derivatul spațiului topologic.

În timp ce arhitectura privește în mod tradițional expresii spațiale statice, folosind forme și măsuri fixe, designul computațional poate deveni un design orientat spre o formă non-finită, în care procedurile, logica conexiunilor spațiale pot deveni centrale. Designul procedural poate traduce elementele structurale în descrieri procedurale, utilizând încă expresii formale, dar, în loc de eforturi intuitive, acestea se bazează pe regulile relațiilor (Brandverse, 2022).

Fabricația aditivă și materiale computate cu calități personalizate

Dificultățile apar, de obicei, atunci când designul trece de la un anumit mediu la altul. Lumea fizică funcționează încă pe baza expresiilor euclidiene și a notațiilor formale exacte. Inovațiile materiale și fabricarea digitală pot simplifica procesul de translatare din spațiul topologic în spațiul euclidian. Pentru a transpune ideile abstracte în geometrie sunt necesare o materie și o tehnică de implementare bine adaptabile.

Neil Gershenfeld (2023), Director al Centrului pentru Biți și Atomi (înființat în 2001) la MIT, a fost unul din primii cercetători care au explorat relația dintre lumea digitală și cea fizică la cea mai mică scară. Una din cele mai cunoscute inițiative ale institutului a fost realizarea Fab Labs. Acest atelier ușor realizabil la scară mică face posibilă

logic. A different material approach could provide the solution to create a smooth connection between the digital representation and the reality of Euclidean space.

Forms of Euclidean space apply different rules from those of the topological. Connecting the two approaches comes with challenges, since “geometry” deals with space measuring as geo-metry, whereas “topology” disregards sizes and deals exclusively with the structure of space (topos) and the essence of a shape (Lojanica & Dragisic, 2018). Once these two mathematical notations meet each other, Euclidean space can become the derivative of the topological space.

While architecture historically targets static spatial expressions using fixed forms and measures, computational design can become a non-finite-shape-oriented design, where procedures, the logic of spatial connections can take over the stage. Procedural design can translate structural elements into procedural descriptions, still employing formal expressions, but instead of intuitive endeavours, they build on the rules of relations (Brandverse, 2022).

Additive Manufacturing and Computed Materials with Custom Qualities

Difficulties usually arise when the design shifts from one particular medium to another. The physical world still operates based on Euclidean expressions and exact formal notations. Material innovations and digital manufacturing can simplify the translation process from the topological space to the Euclidean space. A well-adaptable matter and implementation technique are required to translate abstract ideas into geometry.

Neil Gershenfeld (2023), the Director of MIT's Center for Bits and Atoms (established in 2001), was one of the first researchers investigating the relationship between the digital and physical world on the smallest scale. One of the most well-known initiatives of the institute was the realisation of Fab Labs. This easily realisable small-

implementarea fluentă a designurilor computațional cu instrumente controlate electronic. De la înființare, s-au deschis în lume peste 1500 de Fab Labs (fabfoundation, 2022).

În ceea ce privește producția, de la abordarea substractivă a lucrului cu materiale naturale precum piatra sau lemnul, revoluția industrială a adus o schimbare prin logica de asamblare a materialelor produse de om precum oțelul, betonul sau sticla. Urmând această cale, metodele digitale introduc tehnicile de fabricație aditivă a materialelor sintetice.

Având în vedere procesarea modelelor virtuale prin construirea robotică a materialelor arhitecturale, nu ar mai fi nevoie de proiecții 2D. Informațiile din modelul 3D au potențialul de a fi construite direct cu ajutorul tehnicii corespunzătoare de construcție digitală. Această fabricație aditivă poate pune în aplicare materiale diferite de cele din epoca industrială sau artizanală. Soluția ar putea consta în aplicarea materialelor sintetice, cum ar fi polimerii, care aduc posibilitatea de a personaliza proprietățile materialelor, deschizând o cale cu totul nouă în practica designului.

Polimerii deschid calea către o realitate mono-materială, în care logica de asamblare industrială se poate dezvolta în continuare către o logică de construcție digitală. Astfel, polimerii pot obține toate calitățile generate de structurile multistrat, cum ar fi izolarea împotriva apei și izolarea termică fixate deasupra sistemului de susținere. Un polimer bine pus la punct poate fi simultan hidrofug și chiar termostabil, putând fi imprimat de roboți sau sculptat de muncitorii din construcții. Aceste materiale sunt relativ ușor de realizat și pot apărea în numeroase variante modificate la scară atomică (Fig. 2).

Mulți polimeri cu proprietăți diferite excelează la scară nanometrică, deși trecerea la scara arhitecturală este încă în curs. Existența polimerilor poate deschide calea spre mono-materialitate, care ar fi mai coerentă având în vedere metodele de design digital. Tehnica de construcție stratificată din era industrială, care aplica în mod

scale workshop makes the fluent implementation of computational designs with computer-controlled tools possible. Since its establishment, more than 1500 Fab Labs opened worldwide (fabfoundation, 2022).

In terms of manufacturing, from the subtractive approach of working with natural materials like stone or wood, the industrial revolution brought a shift with the assembly logic of man-made materials like steel, concrete or glass. Following this path, digital methods introduce the additive manufacturing techniques of synthetic materials.

Supposed to process virtual models by robotic construction of architected materials, there would no longer be a need for 2D projections. The information in the 3D model has the potential to be directly built with the appropriate digital construction technique. This additive manufacturing can implement different materials than the industrial or artisanal era. The solution might lie in applying synthetic materials such as polymers, which bring the opportunity to customise material properties, opening an entirely new way to the design practice.

Polymers do pave the way towards a mono-material reality, where the industrial assembly logic can further develop towards the digital construction logic. Polymers can thus obtain all the qualities generated by multi-layered structures, such as water insulation and thermal insulation installed on top of the supporting system. A well-developed polymer can be water-repellent and even thermostable simultaneously, while it can also be printed by robots or sculptured by construction workers. These materials are relatively easy to realise and can occur in many variations modified on the atomic scale (Fig. 2).

Many polymers of various properties excel in the nanoscale, although the shift to architectural scale is still in the making. The existence of polymers can pave the way towards mono-materiality, which would be more coherent given digital design methods. The layered building technique of the industrial era, which fundamentally applied assembly



Fig. 2. Știința materialelor în condiții de laborator/ Material Science in laboratory conditions.

Sursa: Arhiva personală, 2023./ Source: Personal archive, 2023.

fundamental tehnica de asamblare, necesită modernizare. Un material care nu are legătură exclusiv cu piesele independente, ci unul care poate îndeplini toate cerințele. Înțelegerea naturii și a comportamentului arhitecturii polimerice ajută la extinderea măsurilor de construcție.

Polimerii au marele potențial de a îndeplini rolul de nou material digital, fiind modelat odată cu ideea de design (Fig. 3). Capacitatea lor de imprimare 3D și proprietățile de fabricație pot fi modificate relativ rapid. Prin utilizarea polimerilor, sunt disponibile soluții personalizate atât în ceea ce privește forma, cât și proprietățile fizice. Memoria formei, proprietățile hidrofobe și izolatoare sunt toate realizabile în mod coerent atunci când structura este în armonie cu materia și calitățile acesteia.

Pe baza tehnicilor de învățare automată, este posibil să se proceseze pe calculator proprietățile fizice ale unui anumit material, implicându-le în același timp în procesul propriu-zis de design. În cadrul institutului japonez NIMS, oamenii de știință din cadrul laboratorului DDPD (Data Driven Polymer Design Group) lucrează la integrarea materialelor în procesul de design, provocând o schimbare de paradigmă de la dezvoltarea materialelor bazată pe experiență și intuiție la dezvoltarea materialelor care utilizează big data, calculul și știința informației (NIMS, 2022).

technique, calls for an update. A material unrelated to independent pieces solely, but one that can fulfil all requirements. Understanding the nature and behaviour of polymer architectonics helps scale up to construction measures.

Polymers have the great potential to fulfil the role of the new digital material, being shaped along with the design idea (Fig. 3). Their ability of 3D printing and manufacturing properties can be changed relatively quickly. By using polymers, custom solutions are available both in terms of form and physical properties. Shape memory, hydrophobic, and insulating properties are all achievable coherently where the structure is in harmony with the matter and its qualities.

Based on Machine Learning techniques, it is possible to compute the physical properties of a certain material while involving them in the formal design process. In the Japanese NIMS institute, scientists of the DDPD (Data Driven Polymer Design Group) lab work on the integration of materials into the design process, challenging a paradigm shift from materials development relying on experience and intuition to materials development utilising big data, computation, and information science (NIMS, 2022).

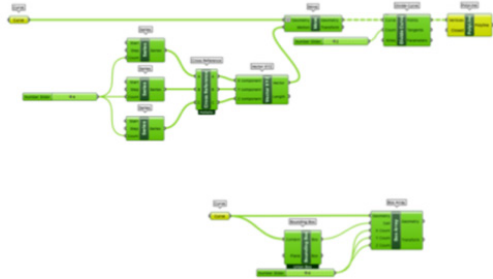
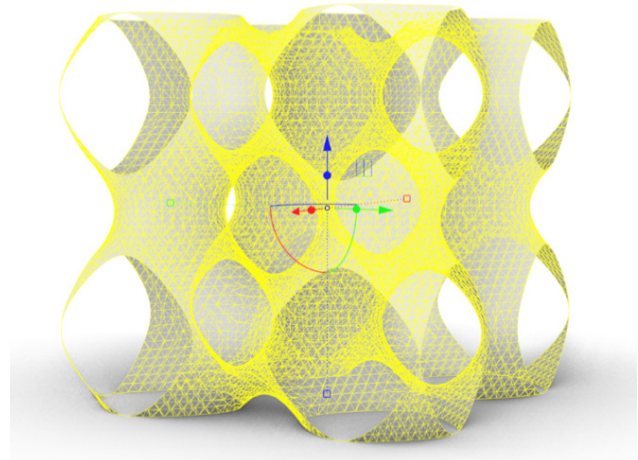


Fig. 3. Metamaterial în arhitectură. / *Architected metamaterial*
 Sursa: Arhiva personală (2022)/Source: Personal archive, 2022..

Discuție: limitele și potențialul materialelor pe baza logicii digitale

Metodele de creare a obiectelor, ca sinteză a formei și a materiei, se schimbă substanțial în prezent. Astăzi, multe elemente pasive intră în acțiune pe baza calculului. După cum spune Nina Zschocke, citându-l pe Friedrich Kittler la o conferință care a abordat chestiunile legate de materialitatea digitală, „Materia cu o legătură puternică cu forma nu mai este un obiect pasiv de manipulare” (ETH, 2022, 00:11:40). Această afirmație subliniază, de asemenea, evoluția relațiilor dintre design, modelare și construcție.

Are loc cercetarea științifică despre o nouă materialitate. Limitările apar atunci când vine vorba de problema scării. Multe eforturi rămân între pereții laboratoarelor, având nevoie de mai mult potențial la scară industrială. Imprimantele 3D de birou oferă o varietate masivă de metode de imprimare, cum ar fi SLS, SLA sau FDM, care sunt bine aplicabile la scară de birou. În privința arhitecturii și construcțiilor, majoritatea metodelor de imprimare care funcționează la scara obiectului nu sunt adaptabile pe șantier. În același timp, fabricarea robotizată se referă adesea la asamblarea robotizată, deși imprimarea cu un braț robotic - ca mărire a imprimării FDM cu mișcări



Discussion: Limitations and Potentials of Materiality Based on the Digital Logic

The methods to create items, as the synthesis of form and matter, change substantially today. Nowadays, many passive elements come into action based on computation. As Nina Zschocke says, quoting Friedrich Kittler at a conference addressing the questions of digital materiality, “Matter with a strong connection of form is no longer a passive object of manipulation” (ETH, 2022, 00:11:40). This statement also highlights the changing relationship between design, modelling and construction.

Scientific research targeting new materiality is in place. Limitations occur when it comes to the question of scale. Many endeavours remain within the walls of laboratories, needing more industrial-scale potential. Desktop 3D printers provide a massive variety of printing methods, such as SLS, SLA or FDM, which are well applicable on a desktop scale. When it comes to architecture and construction, most printing methods that work on the object scale are not adaptable to the construction site. At the same time, robotic manufacturing often refers to robotic assembly, although printing with a robotic arm – as the magnification of FDM printing with more flexible axle movements –

mai flexibile ale axilei - are potențialul de a aplica noi materiale în domeniul arhitecturii. Deși s-a dovedit că, la scara obiectului, SLS și SLA oferă rezultate mai bune ale rezoluției, aplicarea lor nu a fost încă modernizată la nivelul unei clădiri.

Imprimarea 3D automată la scară unei clădiri aplică cel mai adesea beton lichid (Fig. 4), o materie din epoca industrială fabricată cu ajutorul unui instrument digital. Imprimarea polimerică la scara unei clădiri se află în stadii incipiente. Nagami Design realizează una dintre cele mai impresionante aplicații ale imprimării 3D robotizate, contribuind la realizarea scaunelor design Zaha Hadid (Fig. 5).

Implementarea proprietăților materialelor în faza incipientă a procesului de design poate duce de la o practică de design de tip feed-forward la un proces de design circular în care materialul este calculat împreună cu ideea. Pentru a realiza o metodologie de proiectare digitală coerentă, este indispensabilă aplicarea învățării automate și a unor cantități mari de serii de date disponibile la scară largă.

Concluzii

Designul computațional a cunoscut o dezvoltare masivă în ultimele decenii, în timp ce dezvoltarea materialelor se află încă în fruntea unei transformări semnificative pentru a găsi o modalitate coerentă de design și construcție. În acest sens, polimerii sunt un grup de materiale în plină dezvoltare, cu mare potențial în industria aplicată.

În perioada de tranziție de la industrial la digital, când doar etapa de comunicare este informatizată, reprezentările pe ecran încearcă să imite materialele fizice prin texturi și vizualizări fotorealiste. Prin această abordare, materialele sunt plasate, în timpul fazei de construcție, pe baza impactului extern, uneori fără a ține cont de natura lor inițială. Între timp, dacă materialitatea joacă un rol activ în procesul de proiectare, noi forme și notații estetice pot prinde viață. Astfel, geometria și matematica conduc la o transformare științifică a domeniului arhitectural cu ajutorul calculatorului.

has the potential to apply new materials in the field of architecture. Although it is proven that, at the object scale, SLS and SLA provide better results in terms of resolution, their application has yet to be upgraded to a building level.

Building-scale automatic 3D printing most often applies liquid concrete (Fig. 4), a matter of the industrial age manufactured by a digital tool. Building-scale polymer printing is in its early stages. Nagami Design conducts one of the most impressive applications of robotic 3D printing, contributing to the realisation of Zaha Hadid design chairs (Fig. 5).

The early-stage implementation of material properties into the design process can lead from a feed-forward design practice to a circular design process where the material is computed along with the idea. In order to achieve a coherent digital design methodology, the application of Machine Learning and broadly available vast amounts of data sets are indispensable.

Conclusions

Computational design underwent massive development in the past decades, while material development is still ahead of its significant transformation to find a coherent way to design and construct. In this sense, polymers are a quickly developing group of materials with great potential in the implementation industry.

During the transition period from the industrial to the digital, when only the communication phase is computerised, the on-screen representations try to mimic physical materials through textures and photorealistic visualisation. In this approach, during the construction phase, materials are put in place based on external impacts, sometimes regardless of their original nature. Meanwhile, if materiality plays an active role in the design process, new forms and aesthetic notations can come to life. Thus, geometry and mathematics lead to the scientification of the architectural field via computation.



Fig. 4. Imprimarea cu un braț robotic. Sursa: "3D printed wall" by COBOD is licensed under CC BY-SA 4.0/ Printing with robotic arm. Source: "3D printed wall" by COBOD is licensed under CC BY-SA 4.0.
Sursa/ Source: <https://all3dp.com/1/3d-concrete-printing-guide/>

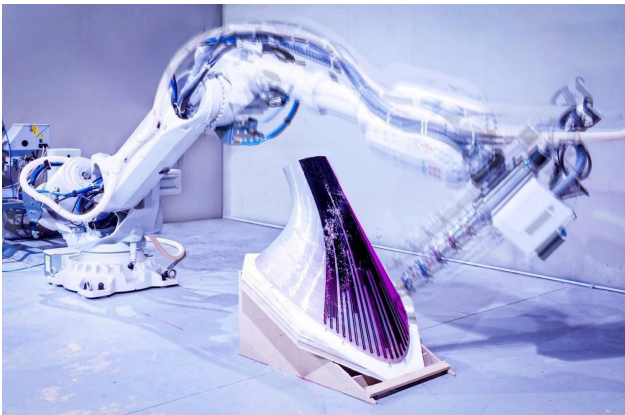


Fig. 5. Nagami scara obiectului imprimare 3D cu PLA, scaune Zaha/ Nagami object scale 3D printed PLA, Zaha chairs.
Sursa/ Source: <https://nagami.design/en/product/bow/>

Logica designului digital permite să se lucreze cu metode permanente și rezultate personalizate. Întrebarea care rămâne este legată de materializarea acestor rezultate. Așa cum atomii sunt cele mai mici elemente ale materialelor, biții sunt unități la fel de mici ale sistemelor de calcul. Arhitecții învață deja să folosească notații digitale codificate prin 0 și 1. Știind cum să conecteze aceste numere de materie, forma computațională își poate găsi echivalentul material. Materialitatea determină percepția umană a spațiului. Ea a servit mult timp ca punct de referință în spațiul virtual, ajutându-i pe arhitecți să își imagineze scara și proprietățile

The logic of digital design makes it possible to work with permanent methods and customised outcomes. The remaining question lies in the materialisation of these outcomes. As atoms are the smallest elements of materials, bits are such tiny units of computational systems. Architects already learn to use digital notations encoded by 0s and 1s. Knowing how to connect these numbers with the matter, the computational form can find its material equivalent. Materiality determines the human perception of space. It served as a reference point for a long time in virtual space, helping architects to imagine the scale and physical

fizice ale anumitor elemente spațiale, atâta timp cât aceștia urmăreau să imite realitatea, deoarece proiectele erau destinate să fie realizate fizic. Acum, procesul operează invers, deoarece arhitecții se confruntă cu dificultățile de a transforma ceea ce este reprezentat pe ecran.

Urmând o logică complet digitală, de la reprezentare la realitate, materialitatea fizică devine un derivat al virtualului, rezultând o dialectică a designului complet coerentă. În același timp, oportunitatea de a menține designul virtual pe ecran în interiorul metaversului, fără nicio limitare a constrângerilor fizice, generează separarea celor două domenii, în care lumea fizică este deconectată de realitatea virtuală proiectată.

properties of certain spatial elements as long as they aimed to mimic reality because the designs were meant to be realised physically. Now the process turned upside-down, as architects face the difficulties of transforming what is represented on the screen.

Following an utterly digital logic from representation to reality makes the physical materiality the derivative of the virtual, resulting in entirely coherent design dialectics. At the same time, the opportunity to keep the virtual design on the screen inside the metaverse, without any limitations of physical constraints, generates the separation of the two realms, where the physical world is disconnected from projected virtual reality.

Referințe/References

- Brandverse (2022). *What is Procedural Design and How Are We Creating Ultimately Unique NFTs?* Medium. <https://medium.com/@brandverse/what-is-procedural-design-and-how-are-we-creating-ultimately-unique-nfts-bdc3f48ad53>(last accessed: 03.04.2023)
- Carmo, M., & Lemerle, F. (Eds.). (2007). *Perspective, Projections and Design: Technologies of Architectural Representation* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203715574>
- Carmo, M. (Ed.). (2013). *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*. London, UK, John Wiley & Sons Ltd.
- ETH (2022). *Digital Materiality - Digital Matters. Introduction*. [Video]. YouTube. <https://video.ethz.ch/events/2022/materiality.html> (last accessed: 13.01.2023)
- fabfoundation. (2022). <https://fabfoundation.org/global-community/> (last accessed: 13.01.2023)
- Gershenfeld, N. (2023). <http://ng.cba.mit.edu/neil/bio/> (last accessed: 03.04.2023)
- Lojanica, V., & Dragisic, M. (2018). *The topological principles in the contemporary architectural design process*. [Doctoral Dissertation, University of Belgrade]. Sciencetech Publisher. <https://www.sci-en-tech.com/ICCM2018/PDFs/3481-11539-1-PB.pdf>
- Menges, A. (2012). Material Computation: Higher Integration in morphogenetic design. In *Architectural Design*, 82(2), 14-21
- NIMS (2022). https://www.nims.go.jp/group/Data-driven_Polymer_Design/en/research.html (last accessed: 13.01.2023)
- Perrella, S. (2001). Electronic Baroque. In Di Cristina, G. (Ed.) *Architecture and Science*, Chichester, Wiley-Academy, 149-150

¹ Mulțumiri. Doresc să exprim mulțumiri Noului Program Maghiar de Excelență (ÚNKP – Új Nemzeti Kivállóság Program) pentru finanțarea cercetării (Reprezentációtól a valóságig: Kapcsolat bitek és atomok között). Sunt, de asemenea, recunoscătoare Programului Internațional de Cooperare al Absolvenților și Institutului NIMS din Japonia, în mod special Grupului de Design Bazat pe Date din Polimeri pentru oportunitatea de a studia promisiunile noii materialități.

Acknowledgments. I hereby acknowledge the Hungarian New National Excellence Program (ÚNKP – Új Nemzeti Kivállóság Program) for founding my research (Reprezentációtól a valóságig: Kapcsolat bitek és atomok között). I am also grateful to the International Cooperative Graduate Program and the Japan NIMS Institute, specifically the data Driven Polymer Design Group for the opportunity to study the promises of new materiality.