

Fabio Conato, Valentina Frighi,

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Italia

fabio.conato@unife.it

valentina.frighi@unife.it

Abstract. Le nuove tecnologie messe in campo dalla quarta rivoluzione industriale hanno costretto professionisti ed operatori di settore a rivedere paradigmi formali ormai consolidati. Quest'attitudine ha determinato la nascita di architetture complesse, nelle quali materiali e componenti eterogenei si interfacciano per fornire risposta ad una serie di istanze differenti, tra loro compenstrate, rendendo gli edifici organismi capaci di instaurare relazioni mutevoli con gli utenti e con l'ambiente circostante. Il presente contributo si propone pertanto di comprendere, attraverso l'analisi di alcune architetture contemporanee, come l'uso di tali tecnologie abbia innovato le pratiche del progetto, modificando il linguaggio architettonico e arricchendolo mediante l'introduzione di elementi innovativi.

Parole chiave: Involucro edilizio; *Smart materials*; Componenti adattivi; Innovazioni tecnologiche; *Smart buildings*.

Introduzione

Lo sviluppo di materiali dotati di prestazioni inedite costituisce

da sempre una sfida per l'industria delle costruzioni e, di riflesso, per coloro che ricorrono a tali strumenti nella professione.

I cambiamenti registratesi nell'ultimo decennio, determinati dall'avanzamento del progresso tecnologico, in aggiunta alle innovazioni di processo che hanno introdotto tecniche di lavorazione e prototipazione sempre più evolute, hanno prodotto un avanzamento significativo in tale direzione, rendendo disponibile una gamma di soluzioni tecnologiche trasversali capace di stravolgere i paradigmi progettuali ormai consolidati alla base del processo edilizio.

Al giorno d'oggi dunque, l'architetto, ed il tecnologo in particolare, non può più esimersi dal confrontarsi con le possibilità messe in campo dalla quarta rivoluzione industriale, seppur non tra ostacoli e difficoltà tecniche frutto anche di un quadro normativo in continua evoluzione.

L'ambito in cui le suddette tecnologie trovano terreno più fertile è senz'altro quello dell'involucro edilizio, filtro tra fattori

The role of the innovation in the definition of new formal paradigms in Architecture

Abstract. New technologies spread by the fourth industrial revolution led professionals and workers in building sector to reconsider formal paradigms by now well-established. This attitude determined the birth of complex architectures in which heterogeneous materials and components interact each other to provide an answer to different, interconnected issues, making buildings capable of establish changing relationships with users and the surrounding environment as well. Therefore, the present contribution aims to understand, through the analysis of some contemporary architectures, how the use of such technologies has innovated design practices, modifying the architectural language and enhancing it through the introduction of innovative elements.

Keywords: Building envelope; Smart materials; Adaptive components; Technological innovations; Smart buildings.

ambientali ed esigenze degli utenti cui è affidato il compito di regolare le interazioni tra interno ed esterno (Altomonte, 2006), ovvero rispondere ad una moltitudine di istanze complesse, talvolta contrapposte, con lo scopo di garantire la resa prestazionale del sistema.

La trasformazione nel tempo dei bisogni antropici, così come la variabilità delle condizioni al contorno, determinata da un ambiente costruito in mutamento a causa anche del frequente susseguirsi di fenomeni a carattere emergenziale, ha portato le prestazioni di base garantite dall'involucro ad evolversi in funzione di esigenze sempre più articolate, conducendo verso una progressiva perdita delle capacità adattive e di recupero degli edifici in relazione a tale mutevolezza (Tucci, 2014).

In prima istanza, si è tentato di fornire risposta a tali esigenze riscoprendo la cosiddetta "architettura vernacolare", efficace in un determinato luogo ed in un contesto storico ben preciso (Fig. 1); a ciò ha poi fatto seguito una decade caratterizzata dalla ricerca della massima efficienza energetica e sostenibilità del patrimonio edilizio, sospinta anche dalla crisi energetica del secolo scorso.

Tale tensione verso edifici a consumo quasi zero, si è oggi tradotta nella ricerca di edifici intelligenti, capaci di adattarsi non soltanto alle condizioni al contorno ma anche e soprattutto alle esigenze in continua evoluzione dei loro fruitori.

In questa transizione da un edificio "tradizionale" ad uno *Smart Building*, materiali e componenti innovativi, equipaggiati con caratteristiche adattive e responsive capaci di soddisfare istanze sempre diverse, non giocano soltanto un ruolo chiave nella realizzazione dei suddetti organismi bensì si pongono come elementi in grado di dare vita ad un nuovo linguaggio architettonico, grazie anche alla diffusione di software di modellazione

Introduction

The development of materials with uncommon performance has always been a challenge for construction industry and, consequently, for those who use these tools in profession.

Changes registered in the last decade and determined by the advancement of the technological progress, in addition to process' innovations that introduced ever more advanced processing and prototyping techniques, produced a significant step-forward in such direction, making available a wide range of cross-cutting technological solutions able to produce an overturn of design paradigms on which building process was based on.

Therefore, nowadays, the architect, and the technologist in particular, must necessarily confront oneself with the possibilities introduced by the fourth industrial revolution, although with

some barriers and technical difficulties determined, among other things, by a constantly-changing regulatory framework.

The area in which the aforementioned technologies find most fertile ground is certainly building envelope' domain, as filter between environmental factors and end-users' needs, entrusted with the task of regulating the interactions among inside and outside (Altomonte, 2006), thus responding to a multitude of complex requests, sometimes juxtaposed, with the aim of ensure the whole system's performance.

The transformation of human needs over time, as well as the variability of boundary conditions, intensified by a changeable building environment, even due to the frequent succession of catastrophic phenomena, led basic performance guaranteed by the envelope to evolve according to the increas-



digitale sempre più evoluti (CAD/CAM e BIM) che aprono la strada ad un universo di forme complesse, precedentemente impensabili.

Smart Materials e tecnologie per l'involucro edilizio adattivo

La composizione materica di componenti e sistemi edilizi si è dunque vista costretta a cedere il passo alle sue potenzialità prestazionali; se, un tempo, i materiali da costruzione venivano selezionati prevalentemente in base alle loro caratteristiche formali ed estetiche – accettandone limiti e criticità prestazionali – a partire dal XXI secolo, il rapporto fra scienza dei materiali, ingegneria e architettura è divenuto interdipendente, trovando la sua espressione più tangibile nella messa a punto di materiali innovativi dotati di prestazioni non comuni, i cosiddetti *Smart Materials*.

Tale concetto appare però fluido e dai contorni non del tutto definiti in quanto una precisa esplicitazione del suo significato risulta ancora difficoltosa (Addington e Schodek, 2005).

Il termine infatti, seppur comunemente utilizzato in diversi set-

ingly complex needs, producing to a progressive loss of adaptive and recovery capacities of buildings in relation to this changes (Tucci, 2014).

As a start, it was rediscovered the so-called “vernacular architecture” as attempt to provide an answer to the abovementioned needs, because of its effectiveness in a specific place and in a well-defined historical context (Fig. 1); this was followed by a decade characterized by the seek for the best energy efficiency and sustainability of the building stock, pushed by the energetic crisis of the last century.

This tension towards nearly-zero-energy buildings has now been translated into the search for intelligent buildings, able to adapt themselves to the surrounding and to the ever-changing needs of their users as well.

In this transition from a “traditional” to a “smart” building, innovative ma-

terials and components, equipped with adaptive and responsive features so able to respond to different needs, play a key role in the creation of the aforementioned organisms, as well as they stand as elements capable to give life to a new architectural language, even thanks to the diffusion of increasingly advanced digital modeling software (such as CAD/CAM and BIM) that paved the way for a universe of complex shapes, previously unthinkable.

Smart Materials and technologies for adaptive building envelope

Therefore, the material composition of building components and systems has been forced to give the way to its performance potentials; if, once, building materials were selected mainly on the basis of their formal and aesthetic features – accepting their performance limits and criticalities – starting from

tori, non presenta una definizione condivisa; il suo impiego comune tende perlopiù ad indentificare i suddetti materiali come altamente ingegnerizzati, capaci di rispondere in maniera intelligente al contesto nel quale si trovano a seguito di influenze esterne o stimoli di vario genere, modificando una o più delle loro proprietà in funzione di variazioni di temperatura, luminosità, differenze di potenziale o campi elettromagnetici (Drossel et al., 2015).

Parlando di *Smart Materials* dunque, si tende a riferirsi a materiali a risposta dinamica, tendenzialmente contrapposti a materiali di tipo “tradizionale”, dotati di prestazioni prevalentemente statiche (Conato and Frighi, 2018).

Tra le recenti innovazioni, le più promettenti nell’ambito delle tecnologie per l’architettura si sono registrate nel settore dei materiali ceramici, mediante sperimentazioni rivolte a migliorarne le caratteristiche di resistenza o ad introdurre proprietà inedite. All’interno di tale categoria, una trattazione separata meriterebbero i sistemi vetrati, per via delle numerose istanze ancora irrisolte legate alla loro applicazione negli organismi edilizi. Le perdite per trasmissione attraverso i componenti trasparenti infatti, risultano ancora oggi responsabili di una quota significativa dei consumi attribuibili al settore edilizio (Jelle et al., 2012).

Seppur diverse misure di risparmio energetico siano state recentemente messe in atto, la possibilità di mettere a punto componenti trasparenti dotati di capacità selettiva suscita ancora grande interesse in ambito comunitario, poiché le tecnologie attualmente in commercio risultano scarsamente applicabili o impiegate soltanto in edifici a particolare destinazione d’uso o di dimensioni o valenza tali da giustificare l’adozione e dunque il costo dei suddetti sistemi.

the 21st century, the relationship between materials’ science, engineering and architecture has become interdependent, finding its more tangible expression in the development of innovative materials with uncommon performance, the so-called Smart Materials.

However, this concept appears still fluid and not completely defined because a precise definition of its meaning still sounds difficult (Addington and Schodek, 2005).

The term indeed, although commonly used in different sectors, does not have a shared definition; its common use mainly tends to identify the aforementioned materials as highly engineered, capable of responding in an intelligent way to their application context as a result of external influences or various stimuli, modifying one or more of their properties according to tem-

perature, lighting, electric variations or electromagnetic fields (Drossel et al., 2015).

Thus, referring to Smart Materials means speaking about materials with a dynamic response, by their own nature juxtaposed to “traditional” materials, generally equipped with mainly static performances (Conato and Frighi, 2018).

Among recent innovations, the most promising in the domain of technologies for architecture have been registered in the field of ceramic materials, by means of experiments aimed at improving their resistance features or at introducing in them new unconventional properties.

Within this category, glazed systems would deserve a separate dissertation due to many shortcomings related to their applications in building systems. Transmission losses through trans-

Tra i prodotti *smart* diffusi nella prassi corrente troviamo anche materiali capaci di fronteggiare i fattori atmosferici e ambientali grazie alla modificazione delle loro proprietà alla scala nanometrica o alla funzionalizzazione superficiale mediante l'uso di nanotecnologie, capaci, a partire da tecnologie di base, di implementarne le prestazioni, aprendo così la strada a nuovi processi di innovazione nell'ambito della materia.

Tuttavia, va detto che nel concetto di "*smart*" possono rientrare sia materiali e tecnologie innovative sia componenti realizzati con materiali tradizionali ma in grado di fornire un comportamento intelligente in risposta ad una pluralità di esigenze; anche sistemi progettati e realizzati per acquisire nuove funzionalità grazie all'integrazione di singoli materiali o componenti eterogenei possono dunque essere considerati *smart* (Conato e Frighi, 2018).

A valle del concetto sopra descritto, appare pertanto possibile considerare *Smart Materials* non soltanto quei materiali dotati di prestazioni variabili, controllabili e selezionabili ma anche materiali di uso comune, semplicemente "innovati" nelle prestazioni o impiegati in maniera inconsueta rispetto alla comune prassi costruttiva.

Tale concetto – nello specifico ambito riferito alle tecnologie per l'Architettura – risulta estensibile, secondo la medesima logica, anche ad organismi edilizi nel loro complesso, rendendo così *Smart Buildings* anche organismi nei quali materiali e prodotti eterogenei, all'apparenza tradizionali, si relazionano fra loro in maniera "*smart*", variando le loro modalità di funzionamento in ragione di stimoli esterni o fornendo una risposta prestazionale dinamica e personalizzata, non necessariamente adattiva, ma capace di dare soddisfare istanze diverse compenstrate tra loro.

parent building components indeed, are still responsible for a significant amount of building energy consumption (Jelle et al., 2012).

Although several energy saving measures have been recently implemented, the chance of developing glazed components equipped with selective capacity is still of a great interest within EU, even because on-the-market-available technologies are not widely applicable or they are employed only in buildings of a particular use, size or value such as to justify the adoption and then the cost of the aforementioned systems.

Among smart products commonly spread in building practice, we could find even materials able to cope with atmospheric and environmental factors, thanks to the modification of their properties at the nanometre scale, or by means of their surface functionalization through the use of nanotechnolo-

gies, able, starting from basic technologies, to implement their performance, thus paving the way for new innovation processes in the field of matter.

However, it has to be said that in the concept of "*smart*" can be included both innovative materials and technologies as well as components made of traditional materials but able to provide an intelligent behavior in response to different needs; so, even systems designed and built to acquire new functionalities, thanks to the integration of single materials or heterogeneous components, can consequently be considered smart (Conato and Frighi, 2018).

Hence, following the abovementioned concept, it appears possible to consider as Smart Materials not only materials with variable, controllable and selectable performance, but also common materials, merely "innovated" in their performance or used in an original

Riferirsi al concetto di "*smartness*" attribuendolo unicamente ai materiali appare dunque assai riduttivo, in quanto suscettibile di applicazione a tutte le scale che caratterizzano il processo edilizio, in un'accezione più ampia del termine e secondo molteplici chiavi di lettura.

Nuovi paradigmi per l'architettura contemporanea: esperienze internazionali nell'ambito dell'involucro edilizio adattivo

L'attitudine a generare architetture dotate di capacità responsive per fronteggiare le moderne esigenze di cambiamento sta producendo una rivoluzione nei paradigmi formali oramai consolidati, determinando la nascita di sistemi complessi nei quali la componente tecnologica contribuisce significativamente alla definizione di un nuovo linguaggio architettonico, plasmatosi sulle nuove tecnologie impiegate.

Le istanze prestazionali e funzional-tecnologiche acquisiscono così nuova valenza estetico-formale, divenendo generatrici di un processo progettuale rivolto alla produzione di organismi capaci di travalicare culture e tradizioni architettoniche differenti, mescolandole in una nuova concezione architettonica fatta di materiali inediti e apparentemente capaci di rispondere in maniera appropriata agli attuali bisogni.

Nell'ambito del patrimonio architettonico contemporaneo, vastissimo per estensione e collocazione geografica oltre che di difficile catalogazione, a causa della soggettività dei criteri impiegabili, sono dunque stati identificati circa 50 "casi studio", ritenuti emblematici in quanto dotati di caratteristiche tecnologiche ed architettoniche capaci di renderli altamente performanti, consentendone l'interazione con il contesto nel quale sono inseriti.

way if compared with common construction practice.

So, this concept – in the specific field of technologies for architecture – seems extensible, following the same logic, even to building systems in their whole, thus making Smart Buildings all the organisms in which heterogeneous materials and products, apparently traditional, relate each other in a "smart" manner, varying their modes of operation according to external stimuli or providing a dynamic and tailored performance response, not necessarily adaptive, but able to satisfy different issues.

Thus, referring to the concept of "*smartness*", assigning it solely to materials, sounds very reductive, as it can be applied to all the scales that mark out building process, in a broader sense of this term and according to multiple interpretations.

New paradigms for contemporary architecture: international experiences in the context of adaptive building envelope

The aptitude to generate responsive architectures to face contemporary changing demands is triggering a revolution in formal paradigms by now consolidated, giving birth to complex systems in which the technological component plays a significant role in the definition of a new architectural language, shaped on the new technologies employed.

So, performance, functional and technological issues acquire a new aesthetic-formal value, becoming creators of a design process aimed at producing systems able to go beyond different architectural cultures and traditions, thus apparently able to properly respond to current needs.

Within contemporary architectures,

A valle di tale analisi, è stato preso in considerazione un campione ridotto di essi con lo scopo di fornire una lettura critica dell'uso che in tali edifici viene fatto di materiali e componenti *smart*, senza volontà di sintesi bensì cercando di comprendere come gli esiti di tale processo progettuale abbiano innovato le pratiche del progetto, modificandone il linguaggio architettonico e arricchendolo mediante l'introduzione di elementi innovativi.

Aedas (2012), Al-Bahar Towers, Abu Dhabi (UAE) (Fig. 2)

Premiate con il Tall Building Innovation Award, le torri, sede del quartier generale dell'Abu Dhabi Investment Council, fanno dello speciale sistema di involucro il loro tratto distintivo. Completamente vetrate, la loro capacità di adattamento in un contesto estremo come quello del deserto degli Emirati è garantita dallo speciale sistema di schermatura, interamente automatizzato, in grado di attivarsi al variare delle condizioni esterne, controllando in maniera selettiva la radiazione solare senza compromettere la visuale verso l'esterno.

Tale sistema, realizzato mediante elementi esagonali in PTFE che riprendono la forma a "rosetta" tipica della *mashrabiya* araba¹, reagisce in funzione della temperatura esterna, contraendosi all'abbassarsi di quest'ultima. Il suo dimensionamento e, in particolare, la definizione della geometria dei singoli inserti, è stato possibile grazie ad un descrittore parametrico che ne ha simulato il comportamento durante un ciclo solare quotidiano.

In tale edificio, la presenza di un elemento radicato nella prassi costruttiva corrente come uno schermo solare, reinterpretato secondo le tradizioni locali, ha permesso di ottenere una riduzione del surriscaldamento attraverso le facciate fino al 50%, grazie ad un funzionamento di tipo dinamico.

huge for extension and geographical location as well as difficult to be classified, due to the subjectivity of criteria suitable to be employed, it has been identified around 50 "case-studies", considered significant by virtue of their technological and architectural features that make them well-performing, allowing their interactions with their application context.

Downstream to this analysis, a reduced sample of them was taken in consideration, with the aim of providing a critical reading of smart materials and components' use in such buildings, not with synthesis purposes but rather as attempt to understand how the results of such design process have innovated project's practices, changing the architectural language and enhancing it through the introduction of new innovative elements.

Aedas (2012), Al-Bahar Towers, Abu Dhabi (UAE) (Fig. 2)

Honored with the Tall Building Innovation Award, the towers, headquarters of the Abu Dhabi Investment Council, make of their special building envelope system their distinguishing feature. Totally glazed, their ability to adapt in an extreme climatic context such as the Emirates' desert is guaranteed by the peculiar shading systems, fully automated and able to be activated when the external conditions change, controlling in a selective way the solar radiation without compromising the outside view.

This system, made by hexagonal PTFE elements inspired by the typical shape of the Arab *mashrabiya*¹, reacts according to the external temperature, contracting itself when it goes down. Its dimensioning, and in particular, the definition of the geometry of the



Splitterwerk Architects and Arup (2013), Smart Material House BIQ, Hamburg (DDD) (Fig. 3)

Progetto pilota dotato di una facciata bio-reattiva, la Smart Material House BIQ – presentata all' International Building Exhibition di Amburgo nel 2013 – è il primo edificio al mondo totalmente passivo alimentato da alghe. Il sistema, installato sui lati sud-est e sud-ovest del fabbricato, è composto da 129 moduli costituiti da due vetrocamere, con argon in intercapedine, montate su telaio metallico e separate tra loro da una cavità di circa 24 lt, atta ad ospitare il terreno di coltura necessario per la proliferazione delle micro-alghe. Stimolata dalla radiazione solare incidente e grazie all'aggiunta di CO₂ come sostanza nutritiva, la crescita di queste ultime consente la produzione di calore (impiegato per il riscaldamento dei vani, la produzione di ACS o conservato per usi successivi) e di biomassa (circa 30 KWh/m² anno), raccolta mediante un separatore e posta in un contenitore a temperatura controllata per poi venire impiegata successivamente per la produzione di biogas.

Il funzionamento dell'intero sistema è garantito da un dispositivo centralizzato di gestione.

Il punto di forza di tale progetto sta nell'impiego di un materia-

single inserts, was realized thanks to a parametric descriptor that simulated its behavior during a daily solar cycle. In this building, the presence of a well-established construction elements such as a shading system, reinterpreted according to local traditions, has allowed to achieve a reduction of overheating through the façades up to 50%, thanks to a dynamic way of operation.

Splitterwerk Architects and Arup (2013), Smart Material House BIQ, Hamburg (DDD) (Fig. 3)

Pilot project with a bio-reactive façade, the Smart Material House BIQ – presented at the International Building Exhibition in Hamburg in 2013 – is the first totally passive building in the world powered by algae. The system, installed on the south-east and south-west building façades, is made up of 129 modules consisting of a double-

glazed window (with argon in the air-gap), mounted on a metal frame and separated by a cavity of about 24 lt, suitable for the culture medium needed for the proliferation of micro-algae. The algae's growth, stimulated by the incident solar radiation and by the addition of CO₂ as nutrient, allows the production of heat (used for heating the rooms and for the production of domestic hot water or stored for further uses) and biomass (about 30 KWh / m² year), collected by means of a separator and placed in a container at a controlled temperature to be further used for biogas' production.

The whole system operation is guaranteed by a centralized management device.

The strength of this project is the use of a material largely available in nature as renewable energy source, integrating additional features to the produc-

03 - 04 | Smart Material House BIQ, Amburgo, foto di NordNordWest, Licenza: Creative Commons by-sa-3.0 de da Wikimedia Commons (disponibile a: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBA_Hamburg_BIQ_\(2\).nww.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBA_Hamburg_BIQ_(2).nww.jpg))
 Smart Material House BIQ, Hamburg, NordNordWest ph., Licence: Creative Commons by-sa-3.0 de from Wikimedia Commons (available at: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBA_Hamburg_BIQ_\(2\).nww.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBA_Hamburg_BIQ_(2).nww.jpg))

le presenti in natura in grandi quantità come fonte energetica rinnovabile, integrando nel sistema di produzione funzionalità aggiuntive come ombreggiatura dinamica – determinata dalla crescita variabile delle alghe in funzione della radiazione solare incidente – e isolamento termico ed acustico, dando vita ad un organismo fortemente connotato dalla tecnologia impiegata, anche a livello estetico, potenzialmente dotato di ripercussioni significative sull'ambiente circostante, in qualità di mezzo per la riduzione delle emissioni di CO₂ attraverso le facciate degli edifici.

Rob-Ley, Urbana Studio (2014), May-September, Eskenazi Hospital façade, Indianapolis (USA) (Fig. 4)

Identificato con la facciata dell'ospedale di Indianapolis, tale involucro dinamico costituisce in realtà il rivestimento del parcheggio multipiano ad esso prospiciente. Realizzato impiegando circa 7000 pannelli in alluminio e acciaio, la sua caratteristica principale sta nella tridimensionalità, ottenuta attraverso la mobilità degli elementi che lo compongono e accentuata dal cromatismo differente sulle due facce degli stessi.

Tali variazioni cromatiche sono state progettate in funzione della direzione dei venti dominanti nel sito oltre che dei punti di vista degli utenti, grazie ad un sistema informatizzato capace di simulare la disposizione reciproca dei singoli pannelli, ottimizzando così l'immagine finale ottenuta.

È evidente dunque, come tale architettura sia riuscita a sfruttare materiali tradizionali per equipaggiare di un carattere di va-

riabilità l'involucro edilizio, coniugando l'aspetto estetico della materia con quello prestazionale (la mobilità delle lamelle implementa le sue funzionalità di schermatura e ventilazione), conferendogli al tempo stesso grande valenza artistica in qualità di esperienza visiva mutevole e graduale.

Kieran Timberlake Associates (2017), US Embassy, London (GBR) (Fig. 5)

L'ambasciata degli Stati Uniti d'America su suolo britannico mira a coniugare elevati standard di sicurezza con un'immagine visiva di apertura e trasparenza, configurandosi come un cubo realizzato in vetro stratificato e avvolto, sui lati maggiormente esposti, da vele in ETFE. La forma inusuale di tali elementi e, conseguentemente, l'estetica che essi generano, è funzione di un'attenta ricerca rivolta alla minimizzazione del guadagno solare e dell'abbagliamentamento pur consentendo l'ingresso di una quantità di luce naturale tale da ridurre l'apporto artificiale. Le pellicole plastiche traslucide infatti, riflettendo la radiazione, modificano il loro cromatismo in funzione della posizione del sole; anche gli





05 | Facciata dell'ospedale Eskenazi, Indianapolis, foto di Rockinrollblues, Licenza: CC BY-SA 4.0 da Wikimedia Commons (disponibile a: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:YH48AINjxjw.jpg>)

Eskenazi Hospital façade, Indianapolis, Rockinrollblues ph., Licence CC BY-SA 4.0 from Wikimedia Commons (available at: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:YH48AINjxjw.jpg>)

spazi interni, progettati secondo criteri di flessibilità, sono stati disposti per massimizzare il contributo dato dalla luce naturale. Il risultato finale è un edificio hi-tech nel quale la tecnologia impiegata riveste un ruolo significativo nella definizione del suo aspetto, impiegando materiali conosciuti ma con funzionalità non convenzionali, rivolte ad un'ottimizzazione del funzionamento dell'organismo nella sua totalità.

Jacques Ferrier Architectural (2017), Metropole Rouen Normandy, Rouen (FFF) (Fig. 6)

Dotato di un involucro ispirato alle pitture di Monet presenti nella cattedrale di Rouen, l'edificio di Ferrier sfrutta la componente tecnologica per inserirsi nel contesto circostante, grazie ad elementi puntuali in vetro sulla cui faccia esterna è applicato uno strato di ossidi metallici tale da conferirgli un cromatismo cangiante, accentuato anche dalla presenza di acqua nell'immediato intorno.

Attraverso tale opera, Ferrier è riuscito a giungere ad una sintesi tra l'aspetto formale e quello prestazionale, generando un edificio dall'aspetto mutevole grazie ad un involucro di tipo di-

tion system, such as dynamic shading – determined by the variable growth of algae as a function of incident solar radiation – and thermal and acoustic insulation, giving life to an organism strongly characterized by the technology employed, also from an aesthetic point of view, and potentially endowed with significant consequences also on the surrounding environment, as a means to reduce CO₂ emissions through buildings' façades.

Rob-Ley, Urbana Studio (2014), May-September, Eskenazi Hospital façade, Indianapolis (USA) (Fig. 4)

Commonly identified with the façade of the Indianapolis hospital, this dynamic envelope is actually the cladding of the multi-story car park that faces it. Made using about 7000 panels in aluminum and steel, its main feature is the three-dimensionality, obtained

through the mobility of the elements that compose it and emphasized by the different colors on their two sides.

These chromatic variations have been designed according to the direction of the prevailing winds on the site as well as to users' points of view, thanks to a computer-aided system that simulated the mutual arrangement of the individual panels, thus optimizing the final image obtained.

Therefore, it is evident how this architecture managed to exploit common materials to equip the building envelope with a variability feature, combining matter's aesthetic attitude with the performance aspect (the plate movability implements building envelope's shielding and ventilation functions) while conferring it a great artistic value as changeable and gradual visual experience.

namico, capace di offrire non soltanto vantaggi in termini prestazionali (schermando parte della radiazione solare in ingresso dei vani) bensì configurandosi come punto di incontro con le tradizioni culturali del luogo, dunque favorendo l'integrazione dell'opera nel contesto circostante.

Conclusioni

La produzione di architetture dotate di capacità responsive ed adattive un tempo impensabili per fronteggiare le moderne esigenze di cambiamento sta rapidamente conducendo verso una rivoluzione della genesi dell'opera architettonica nel suo complesso, conferendo alla tecnologia impiegata un ruolo attivo in tale processo: non più mera 'ingegnerizzazione' del progetto bensì elemento di sintesi – accentratore di molteplici istanze – sul quale far leva per favorire l'integrazione ed il dialogo tra edifici, contesto e loro fruitori.

L'applicazione, in ambito architettonico, delle innovazioni messe in campo dalla quarta rivoluzione industriale, in risposta alle variate esigenze dell'abitare contemporaneo, ha infatti prodotto una modificazione delle pratiche del progetto, arricchendo il linguaggio architettonico mediante l'adozione di componenti eterogenei, talvolta noti ma dotati di nuove valenze tecnologiche, talvolta frutto di processi di trasferimento tecnologico da altri settori o dei più recenti ritrovati di scienza e tecnica.

L'evoluzione del quadro esigenziale che ha portato alla trasformazione nell'impiego di materiali e prodotti secondo un approccio funzionale alla materia (Sinopoli e Tatano, 2012) ha dunque determinato la nascita di architetture dalle forme complesse, che superano la semplificazione delle soluzioni architettoniche tradizionali spesso determinata dall'assemblaggio di elementi regio-

Kieran Timberlake Associates (2017), US Embassy, London (GBR) (Fig. 5)

The United States embassy in Britain aims at combine high safety standards with an appearance of openness and transparency, as a laminated glass cube wrapped, on the most exposed sides, by ETFE sails. The unusual shape of these elements and, consequently, the aesthetics they generate, is function of a careful research aimed at minimizing undesired solar gain and glare while allowing the entry of an amount of natural light able to reduce the artificial contribution. The translucent plastic films in fact, reflecting the radiation, modify their chromatism according to sun position; also the interior spaces, designed according to flexibility criteria, have been arranged to maximize the contribution given by natural light. The final result is a hi-tech building in which the technology used plays a sig-

nificant role in defining how it looks, using well-known materials with unconventional functionalities to optimize the functioning of the system as a whole.

Jacques Ferrier Architectural (2017), Metropole Rouen Normandy, Rouen (FFF) (Fig. 6)

Equipped with a building envelope inspired by Monet's paintings of the Cathedral of Rouen, this building exploits the technological component to harmonizing itself with the surrounding, thanks to individual glass elements on whose external face its applied a layer of metal oxides that give them a changing chromatism, enlightened by the presence of water all around.

Through this work, Ferrier achieved a synthesis between the formal aspect and the performance aspect, generating a building with a changing appear-



06 | Ambasciata degli Stati Uniti d'America, Londra, foto di Loco Steve, Licenza: CC BY 2.0 da Flickr (disponibile a: <https://www.flickr.com/photos/locosteve/39519856244>)
US Embassy, London, Loco Steve ph., Licence CC BY 2.0 from Flickr (available at: <https://www.flickr.com/photos/locosteve/39519856244>)

07 | Métropole Rouen, Normandy, foto di Luc Boegly, Divisare.com
Métropole Rouen, Normandy, Luc Boegly ph. from Divisare.com

di conferire all'edificio la tanto agognata capacità di resilienza, configurandosi al contempo come veri e propri supporti iconografici in grado di evolversi in relazione all'uso che in essi viene fatto di materiali e componenti innovativi (Romano, 2013).

Anche l'utilizzo dei materiali dunque, si scinde dalla loro applicazione secondo forme e significati convenzionali, dettati da tradizioni culturali, disponibilità di risorse o caratteristiche formali ed estetiche ben precise, per divenire mezzo 'linguistico' per la comunicazione del progetto con precise intenzionalità funzionali, espressione di un nuovo linguaggio architettonico 'glocale', capace di adattarsi alle istanze in continuo mutamento di una contemporaneità 'ibrida' ma ritrovando al tempo stesso un rapporto con la tradizione, seppur innovato nella forma e nella vocazione.

NOTE

¹ Struttura reticolare in legno tipica dell'architettura islamica impiegata per ridurre l'abbagliamento degli spazi interni e ottenere maggiore privacy.

REFERENCES

- Abeer, S.Y.M. (2017), "Smart Materials Innovative Technologies in Architecture; Towards Innovative Design Paradigm", *International Conference - Alternative and Renewable Energy Quest*, AREQ, ES.
- Addington, M. and Schodek, D. (2005), *Smart Materials and New Technologies. For architecture and design professions*, Architectural Press, Elsevier, Oxford, UK.
- Altomonte, S. (2006), *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile*, Alinea, Florence.

lari, in favore di forme più evolute, assistite dalle ICT per il processo edilizio, rendendo così i materiali da costruzione elementi funzionali capaci di fornire un comportamento inedito.

Gli involucri adattivi, i cui componenti tecnologici acquisiscono nuovo valore estetico-formale, divengono dunque forza motrice per lo sviluppo di nuove idee e forme architettoniche, costituendo «la prossima grande pietra miliare» della tecnologia dell'architettura (Gallo e Romano, 2017), in qualità di elementi capaci

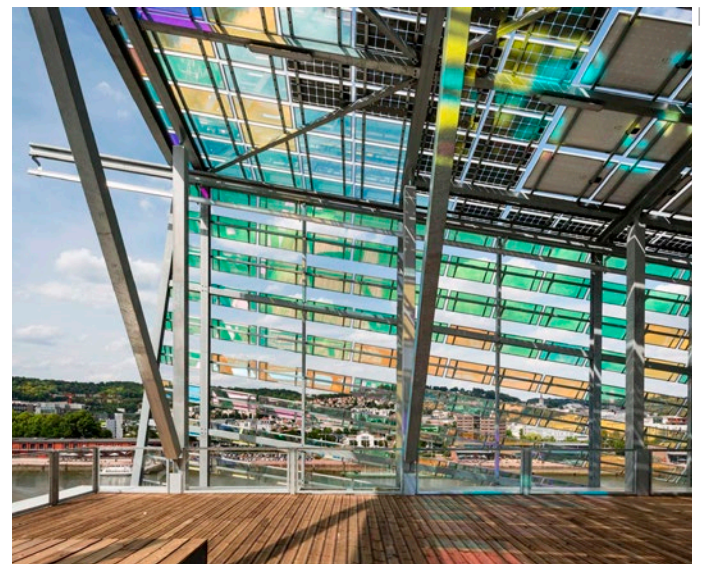
ance thanks to its dynamic envelope, able to offer not only advantages in terms of performance (by shading part of the entering solar radiation) but rather reconciling it with cultural traditions of the place, thus fostering its integration in the surrounding.

Conclusions

The establishment of architectures with responsive and adaptive capabilities, previously unthinkable, to face the modern needs of change, has rapidly triggered a revolution in the creation of the architectural work as a whole, giving to technology for architecture an active role: no longer as 'engineering' of a project but rather as element of synthesis – centralizer of multiple instances – on which leverage to foster interactions among buildings, surrounding environment and user-needs.

The application, in the architectural field, of the innovations spread by the fourth industrial revolution, in response to changing needs of contemporary living, has, indeed, produced a modification of project practices, enriching architectural language through the adoption of heterogeneous components, sometimes known but endowed with new technological values, while sometimes resulting from technological transfer processes from other sectors or from the most recent scientific and technical discoveries.

The evolution of the demanding framework that modified the use of materials and products according to a functional approach towards matter (Sinopoli and Tatano, 2012), generated architectures with complex shapes, able to overcome the simplification of traditional architectural solutions, often determined by the assembly of reg-



Casini, M. (2016), "Smart Buildings. Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy-Efficiency and Environmental Performance", *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, No. 69, Elsevier, Oxford, UK.

Cilento, K. (2012), "Al Bahar Towers Responsive Facade", available at <https://www.archdaily.com/270592/albahar-towers-responsive-facade-aedas> (accessed 27 February 2018).

Conato, F. e Frighi, V. (2016), *Metodi della progettazione ambientale. Approccio integrato multiscala per la verifica prestazionale del progetto di architettura*, Franco Angeli Edizioni, Milan.

Conato, F. e Frighi, V. (2018), "Smart Materials. Innovazione tecnologica per un nuovo linguaggio architettonico", *L'Ufficio Tecnico*, No.1, pp. 7-15.

Drossel, W.G., Kunze, H., Bucht, A., Weisheit, L., Pagel, K. (2015), "Smart3 – Smart Materials for Smart Applications", *25th Design Conference for Innovative Product Creation, CIRP*, Haifa, Israel.

Gallo, P. e Romano, R. (2017), "Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area", *International High-Performance Built Environment Conference*, Sidney, AUS.

Grisi, T. (2017), "Facciata dell'Ospedale Eskenazi a Indianapolis – Rob Ley", available at: <https://www.arketipomagazine.it/facciata-dellospedale-eskenazi-a-indianapolis-rob-ley/> (accessed 27 February 2018).

IBA Hamburg GmbH (2013), "Smart Material House BIQ Whitepaper", available at: http://www.iba-hamburg.de/fileadmin/Mediathek/Whitepaper/130716_White_Paper_BIQ_en.pdf (accessed 27 February 2018).

Jelle, B. P., Hynd, A., Gustavsen, A., Arasteh, D., Goudey, H. and Hart, R. (2012), "Fenestration of today and tomorrow: A state-of-the-art review and future research opportunities", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 96, pp. 1-28.

Lucarelli, M.T., Mandaglio, M., Pennestri, D. (2012), "The building envelope between process and product innovation", *International Conference: Sustai-*

nable Environment in the Mediterranean Region: from Housing to Urban and Land Scale Construction, Naples.

Pearman, H. (2017), "U.S. Embassy in London by KieranTimberlake", available at: <https://www.architecturalrecord.com/articles/13162-us-embassy-in-london-by-kierantimberlake> (accessed 27 February 2018).

Rinaldi, M. (2017), "Headquarters of Métropole Rouen Normandie by Jacques Ferrier Architecture", available at: <http://aasarchitecture.com/2017/10/headquarters-metropole-rouen-normandie-jacques-ferrier-architecture.html> (accessed 27 February 2018).

Ritter, A. (2007), *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*, Birkhäuser, Basel, CH.

Romano, R. (2013), "Sistemi di chiusura a comportamento dinamico", in Scudo, G. (Ed.), *Tecnologie solari integrate nell'architettura. Processi, Strumenti, Sistemi, Componenti*, Wolters Kluwer, Milanofiori Assago, IT, pp. 181-193.

Rossetti, M. e Tatano, V. (2013), "Smart Materials", *Ponte*, No. 1, pp. 48-56.

Sinopoli, N. e Tatano, V. (2002), *Sulle tracce dell'innovazione. Tra tecniche e architettura*, Franco Angeli Edizioni, Milan.

Tucci, F. (2014), *Involucro, Clima, Energia, Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici*, Altralinea Edizioni, Florence.

Zacchei, V. (2011), "Nanotecnologie e materiali per l'edilizia", available at: http://materialdesign.it/it/post-it/nanotecnologie-e-materiali-per-l-edilizia_13_158.htm (accessed 23 February 2018).

ular elements, in favor of more evolved shapes, assisted by ICTs for building process, thus making building materials functional elements that could perform an adaptive behavior.

So, adaptive envelopes, whose technological components acquire new aesthetic-formal value, become the driving force for the development of new architectural ideas and forms, being «the next big milestone» of the technology for architecture (Gallo and Romano, 2017) thanks to their ability in giving to buildings the desired resilience capacity, becoming, at the same time, iconographic supports able to evolve in relation to the use they made of innovative materials and components (Romano, 2013).

Therefore, even the use of materials has been separated from their application, according to conventional forms and meanings dictated by cultural

traditions, availability of resources or precise formal and aesthetic features, to become 'linguistic' means for communicating the project, with precise functional intentions, expression of a new 'glocal' language, able to adapt itself to the ever changing needs of a 'hybrid' contemporary society while finding at the same time a relationship with local traditions, even if innovated in form and vocation.

NOTES

¹ Wooden reticular structure traditional within Islamic architecture, employed to minimize glare in confined spaces and to obtain greater privacy.