

MD Journal

[4] 2017



DESIGN & INDUSTRY 4.0
REVOLUTION

Editoriale

**Flaviano Celaschi, Loredana Di Lucchio,
Lorenzo Imbesi**

Issue editors

Postfazione

Dario Scodeller

Essays

**Alessandra Battisti, Luca Casarotto,
Flaviano Celaschi, Fabio Conato,
Veronica Dal Buono, Lorenzo De Bartolomeis,
Annalisa Di Roma, Loredana Di Lucchio,
Marinella Ferrara, Angelo Figliola,
Carlo Franzato, Valentina Frighi,
Raffaello Galiotto, Lorenzo Imbesi,
Giuseppe Lotti, Giuseppe Mincolleli,
Roberto Montanari, Giuseppe Padula,
Alessio Paoletti, Fabiana Raco, Luca Rossato,
Michela Toni, Eleonora Trivellin**

La pubblicazione del presente numero di *MD Journal* è sostenuta dal fondo FIR dell'Università degli Studi di Ferrara, coerentemente con la "Policy di Ateneo sull'Accesso aperto alla letteratura scientifica" entrata in vigore il 30 aprile 2015. L'obiettivo è un'indagine delle potenzialità dei processi contemporanei in atto nel mondo della produzione industriale, al fine di costituire un primo nucleo di riflessioni sui rapporti tra disciplina del design e *Industry 4.0*, per mezzo di contributi che possano far emergere lo stato dell'arte e future direzioni di ricerca.



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.

MD Journal

Rivista scientifica di design in Open Access

Numero 4, Dicembre 2017 Anno II

Periodicità semestrale

Direzione scientifica

Alfonso Acocella *Direttore*

Veronica Dal Buono *Vicedirettore*

Dario Scodeller *Vicedirettore*

Comitato scientifico

Alberto Campo Baeza, Flaviano Celaschi, Matali Crasset,
Claudio D'Amato, Alessandro Deserti, Max Dudler, Hugo Dworzak,
Claudio Germak, Fabio Gramazio, Massimo Iosa Ghini, Hans Kollhoff,
Kengo Kuma, Manuel Aires Mateus, Caterina Napoleone,
Werner Oechslin, José Carlos Palacios Gonzalo, Tonino Paris,
Vincenzo Pavan, Gilles Perraudin, Christian Pongratz, Kuno Prey,
Patrizia Ranzo, Marlies Rohmer, Cristina Tonelli, Michela Toni,
Benedetta Spadolini, Maria Chiara Torricelli

Comitato editoriale

Alessandra Acocella, Chiara Alessi, Luigi Alini, Angelo Bertolazzi,
Valeria Buchetti, Rossana Carullo, Vincenzo Cristallo,
Federica Dal Falco, Vanessa De Luca, Barbara Del Curto,
Giuseppe Fallacara, Anna Maria Ferrari, Emanuela Ferretti,
Lorenzo Imbesi, Alessandro Ippoliti, Carla Langella, Alex Lobos,
Giuseppe Lotti, Carlo Martino, Giuseppe Mincoelli, Kelly M. Murdoch-
Kitt, Pier Paolo Peruccio, Lucia Pietroni, Domenico Potenza,
Gianni Sinni, Sarah Thompson, Vita Maria Trapani, Eleonora Trivellin,
Gulname Turan, Davide Turrini, Carlo Vannicola, Rosana Vasqu ez,
Alessandro Vicari, Stefano Zagnoni, Michele Zannoni, Stefano Zerbi

Procedura di revisione

Double blind peer review

Redazione

Giulia Pellegrini *Art direction*, Federica Capoduri, Annalisa Di Roma,
Fabrizio Galli, Monica Pastore

Promotore

Laboratorio Material Design, Media MD

Dipartimento di Architettura, Universit  di Ferrara

Via della Ghiara 36, 44121 Ferrara

www.materialdesign.it

Rivista fondata da Alfonso Acocella, 2016

ISSN 2531-9477 [online]

ISBN 978-88-85885-00-4 [print]

Stampa

Grafiche Baroncini



In copertina
Robot del sistema Next MIRS
nello stabilimento di Settimo
Torinese. Courtesy Pirelli

DESIGN & INDUSTRY 4.0 REVOLUTION

- 6 Editoriale
Flaviano Celaschi, Loredana Di Lucchio, Lorenzo Imbesi
- Essays
- 14 Post-Industrial Robotics
Angelo Figliola, Alessandra Battisti
- 26 Open design for Industry 4.0
Carlo Franzato
- 40 Post-digital stone industry
Veronica Dal Buono, Raffaello Galiotto
- 60 Una possibile strategia per il prodotto italiano
Giuseppe Lotti, Eleonora Trivellin
- 74 Approcci all'innovazione trainata dal design
Flaviano Celaschi, Roberto Montanari, Giuseppe Padula
- 86 Fabbrica digitale e innovazione
Giuseppe Mincoelli
- 100 L'industria 4.0 e formazione futuri designer
Alessio Paoletti, Loredana Di Lucchio, Lorenzo Imbesi
- 110 Il design mediatore di processi di networking
Patrizia Ranzo, Maria Antonietta Sbordone
- 120 La riorganizzazione di una filiera aeronautica 4.0
Luca Casarotto
- 132 Ospedale 4.0: il ruolo del design nel progetto Apoteca
Marinella Ferrara, Lorenzo De Bartolomeis
- 150 Pneumatico connesso
Michela Toni
- 160 Tecnologie virtuali per il concept design
Luca Rossato, Fabiana Raco
- 170 Smart Architecture in Digital Revolution
Fabio Conato, Valentina Frighi
- 180 Postfazione
Cultura industriale e cultura del design
Dario Scodeller

Cultura industriale e cultura del design

Il paradigma dell'innovazione di sistema

Dario Scodeller Università di Ferrara, Dipartimento di Architettura
 dario.scodeller@unife.it

La pubblicazione del presente numero di *MD Journal* è sostenuta dal fondo FIR dell'Università degli Studi di Ferrara, con l'obiettivo di costituire un primo nucleo di riflessioni sui rapporti tra disciplina del design e *Industry 4.0*, per mezzo di contributi che possano far emergere lo stato dell'arte e future direzioni di ricerca. All'indubbio interesse che il tema ha registrato negli ambiti dell'economia, dell'ingegneria dei sistemi e della politica industriale, non ha ancora corrisposto una approfondita analisi (anche di tipo critico) sul ruolo che il design, nelle sue varie accezioni, potrà avere nel quadro generale delle trasformazioni prospettate da questo modello.

Rispetto ai contributi pubblicati, il presente saggio propone un esame degli aspetti culturali che hanno connotato e connotano la relazione tra industria, ricerca e progetto, al fine di chiarire il ruolo e l'autonomia disciplinare del design e individuare alcune problematiche che il mutamento di paradigma nella catena di valorizzazione del prodotto (nell'asse progetto-produzione-distribuzione-consumo) pone oggi alla ricerca e al progetto di prodotti e servizi.

Il tema sotteso al titolo *Design e Industry 4.0* implica un rapporto chiaro e consolidato tra design e industria, rapporto dato generalmente per scontato, essendo il design, fin dalle sue origini, connotato dall'accezione "industriale". Se, tuttavia, cerchiamo di chiarire quale sia la natura (anche storica) di questa relazione, ci accorgiamo che le due culture, quella del progetto del prodotto industriale e quella della sua produzione, non sono state sempre sinergiche e convergenti negli obiettivi. Anzi, potremmo

affermare che la cultura del progetto ha spesso nutrito un autentico pregiudizio nei confronti della cultura industriale e dei suoi fini.

Progetto industria e ricerca

Nell'introduzione a quella che viene considerata la storia del design più aderente alle logiche e ai valori dell'industria, *Italia 1860-1980. Il disegno del prodotto industriale*, edito nel 1982, Vittorio Gregotti scriveva: «In verità io penso che parlare di cultura industriale è enumerare i termini di una contraddizione. La civiltà industriale è una civiltà barbarica, incompleta, primitiva. Quando si parla di cultura industriale, questa sembra invadere la nostra vita in modo ingombrante, ma parziale, come una specie di immensa protesi, piuttosto che un nuovo, diverso organismo [...]

Nonostante una tradizione di ormai quasi due secoli di storia, nonostante il suo sofisticato sviluppo tecnico e organizzativo e la sua vastissima influenza su tutti gli aspetti della vita sociale (anche nei paesi che non possono essere definiti industrializzati), nonostante il fatto di essere al centro di un nodo di questioni e dibattiti intellettuali, essa non ha ancora prodotto una cultura, nel senso pieno del termine.» (Gregotti, 1982, p. 10)

Si tratta di un'affermazione assai perentoria, che ripropone quelle dicotomie tra Tecnica e Cultura ("Technik-Kultur") e Meccanizzazione e Cultura ("Mechanisierung-Kultur") in cui affonda le proprie radici la parte più influente del pensiero progettuale moderno in seno al razionalismo mitteleuropeo. La Germania dei primi trent'anni del Novecento ha espresso diverse di queste dicotomie inconciliabili – ha sottolineato Tomás Maldonado – tanto più incomprensibili in quanto il rifiuto dei valori della "moderna civiltà industriale" proveniva da un popolo che ha contribuito in modo considerevole allo sviluppo della base tecnico materiale di tale civiltà (Maldonado, 1991, p. 11). Si tratta di questioni non marginali perché oggi, che Industry 4.0 prende l'avvio da una particolare condizione dell'industrializzazione tedesca contemporanea, che considera l'innovazione tecnologica l'aspetto centrale di tale trasformazione, la saldatura e la sinergia con la cultura del progetto è tutt'altro che scontata.

Il design europeo, inoltre, soprattutto nella sua relazione privilegiata con le arti e con l'artigianato, nasce con l'imprinting del pensiero anti-industrialista di John Ruskin e William Morris, nel contesto della prima grande crisi dell'economia industriale degli anni Settanta e Ottanta dell'Ottocento: crisi che accentua il conflitto tra società e organizzazione del lavoro.

Secondo Ferdinando Bologna, che ha ricostruito mirabilmente la storia dell'ideologia che marginalizza le arti minori e il design a causa del loro carattere "produttivo", le due conferenze che John Ruskin tiene agli industriali di Bradford nel marzo 1859 e nell'aprile 1864, nelle quali afferma il legame tra il buon disegno industriale, la buona industria e (attraverso il lavoro e il consumo) la buona organizzazione della società (Ruskin, 1864), dimostrano un aspetto particolarmente trascurato dalla storiografia del design, ovvero che il miglioramento della qualità dei progetti è possibile solamente trasformando il rapporto tra industria e società (Bologna, 1972, p. 228). Il tema riemergerà in tutta la sua problematica chiarezza a distanza di un secolo nel celebre libro che Viktor Papenek dedica al ruolo sociale del design: *Design for the real world*. (Papenek, 1973 [1970]).

Ma anche se guardiamo alla società americana nel fervore produttivo del secondo dopoguerra, dove il design come professione è al servizio dell'industria per il consumo di massa, emergono – da parte dei promotori della SID (Society of Industrial Design) – non poche perplessità lessicali e teoriche. Scrive Henry Dreyfuss nel suo *Designing for people* nel 1955: «Anche oggi il termine lascia molto a desiderare. La parola "design" non è certamente di esclusiva proprietà degli industrial designer. Il suo significato "escogitare per uno scopo", ne divide equamente la proprietà tra ingegneri, architetti, pubblicitari, artisti e creatori di moda. La qualificazione "industriale" non ne fissa con precisione il significato. Ma ora è troppo tardi per provare a coniare un sostituto. Il termine è uno dei piccoli tormenti della professione.» (Dreyfuss, 2003 [1955], p. 57, T.d.A.). Anche i padri dell'industrial design americano, dunque, si trovavano a disagio nella stretta relazione che sembrava legare i termini che designavano progetto e produzione.

In questa "distanza" tra sapere progettuale e industria come organizzazione e applicazione del sapere tecnico, gioca inoltre un ruolo non secondario una questione epistemologica, collegata al modo in cui il concetto di tecnica moderna viene accolto in seno alla cultura del Novecento. Sul piano filosofico, in età contemporanea – ha scritto Giudo Calogero – il concetto di τέχνη riflette quella «comprensività ancora indifferenziata rispetto alla posteriore distinzione della teoria dalla pratica» (Calogero, 1937, p. 378), che caratterizzava l'antico concetto. Perciò, se consideriamo la scienza come indagine teorica (e non operativa) della realtà, la tecnica, intesa come "applicazione della conoscenza scientifica al dominio pratico della realtà stessa", viene a presentarsi come qualcosa d'intermedio fra la teoria e la prassi.

Si tratta, per certi aspetti, dello stesso problema che connota lo statuto disciplinare del design.

Nel corso della seconda metà del Settecento, la rivoluzione industriale prende avvio contemporaneamente alla grande opera di configurazione del sapere scientifico occidentale (epistème) e dei suoi strumenti d'indagine. L'*Encyclopédie*, la cui pubblicazione inizia nel 1751, ha come sottotitolo *Dictionnaire raisonné de sciences, des arts et des métiers*, mentre la *Royal Society*, fondata a Londra nel 1754, ha come obiettivo l'*Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce*.

Il processo di appropriazione della complessità operativa del mondo industriale, realizzato dagli enciclopedisti settecenteschi tramite la descrizione e il disegno, può essere considerato uno dei primi esempi di ricerca organizzata sul rapporto tra design e industria; ma il processo di comprensione del settore manifatturiero si rivela complesso. Con l'obiettivo di superare la separazione tra pensiero e tecnica, ai fini di una rivalutazione del lavoro umano e della sua utilità sociale, l'*Encyclopédie* formula una metodologia d'indagine sui luoghi e i sui processi di produzione (Bologna, 1972) che D'Alembert esplicita nel "discorso preliminare": «Ci siamo rivolti agli operai più abili di Parigi e di Francia, ci siamo recati nei loro laboratori, per intervistarli e scrivere sotto loro dettatura, sviluppare i loro pensieri, trarre i termini propri della loro professione, realizzare dei disegni. Abbiamo dato un titolo e una descrizione e la rappresentazione di macchine e utensili, per parti separate e per parti assemblate. [...] Da qui il bisogno di figure.» (D'Alembert, 1751, p. XXXIX, T.d.A.). Tuttavia, proprio nella definizione di industria, che troviamo alla voce *Manufacture*, scritta nel 1765, l'*Encyclopédie* rivela i termini di una difficoltà, ancor oggi in parte irrisolta, di conciliazione tra conoscenza teorica e prassi. «Si dovrebbe pensare infatti – sostiene il compilatore – che la descrizione di questa materia sia esaustiva solo se trattata da persone che hanno coniugato l'esperienza con la teoria; ma gli industriali scrivono poco, e coloro che non lo sono hanno ordinariamente delle idee molto superficiali su ciò che si può imparare solo con l'esperienza.» (Manufacture, 1765, p. 60, T.d.A.).

Ne è consapevole anche Voltaire il quale, nel compilare la voce *Storia*, nel volume II dell'*Encyclopédie*, sottolinea come «...la storia delle arti può essere la più utile di tutte, quando unisce alla conoscenza dell'invenzione e del progresso delle arti, la descrizione dei loro processi.» (Voltaire, 1765, p. 220, T.d.A.)

La conoscenza va dunque estesa, al di là dell'invenzione, alla descrizione e analisi dei processi produttivi. Per

quanto possa apparire singolare, la scarsa conoscenza della struttura industriale e dei suoi processi (un problema apparentemente superato nell'organizzazione dell'economia contemporanea) viene sottolineato dall'OCSE, in un suo studio del 2007, come uno dei principali ostacoli alla valutazione della performance delle imprese. (OCSE, 2007) Nel corso dell'Ottocento l'azione di trasferimento tecnologico dalla scienza all'industria diviene progressivamente più complessa e le società scientifiche e i gruppi di ricerca andranno assumendo un ruolo predominante: in Inghilterra la *Royal Society* creerà il contesto di gestione e sviluppo delle principali scoperte dell'elettrologia, da cui prenderà avvio quella fase della rivoluzione industriale resa possibile dall'utilizzo dell'elettricità in tutte le sue forme: una trasformazione ancor oggi alla base di gran parte dell'innovazione tecnologica.

Come hanno evidenziato gli storici della scienza Mario Gliozzi e Michele Giua, poiché: «...le scoperte dell'elettrologia conducevano a una nuova tecnica, indipendente e meno intuitiva della tradizionale, e che pertanto non avrebbe potuto trasformarsi in industria senza il concorso, anzi senza l'intervento, degli scienziati [...] le grandi industrie sentivano via via più vivo il bisogno di disporre di laboratori e personale specializzato dedito esclusivamente alla ricerca scientifica, organizzata in squadre di specialisti nei vari rami della scienza, che coordinavano le loro ricerche ad uno scopo comune. [...] Questa nuova forma di organizzazione fu applicata (...) prima in Germania, poi negli Stati Uniti. Nel 1911 l'industria tedesca dette un grande esempio di questa nuova forma di organizzazione, fondando il Kaiser Wilhelm Gesellschaft, una serie d'istituti che conducevano [...] ricerche sia di scienza pura che di scienza applicata. Negli Stati Uniti, nel decennio anteriore alla prima guerra mondiale importanti industrie come la General Electric company, la Bell Telephone, la Westinghouse, la Eastman Kodak, la Standard Oil, avevano organizzato laboratori di ricerca.» (Gliozzi, Giua, 1965, p. 331).

Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Il progetto per il futuro dell'industria 4.0

Il riferimento alla Germania, già dai primi decenni del Novecento all'avanguardia nel campo della ricerca scientifica applicata all'industria, appare interessante, oltre che per le coeve esperienze di rapporto antesignano tra design e industria (la nascita del Werkbund tedesco nel 1907 e la celebre relazione professionale di consulenza tra Peter Behrens e la AEG), anche per una significativa coincidenza temporale. Ad un secolo dalla fondazio-

01
 Industria artistica tardoromana.
 Lucerne con marchio di fabbrica del fornaciaio.
 Museo Civico di Udine



ne della Kaiser Wilhelm, il 25 gennaio 2011, Henning Kagermann, Wolfgang Wahlster e Wolf-Dieter Lukas, presentano alla Fiera di Hannover una relazione dal titolo *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*, che annuncia lo *Zukunftprojekt Industrie 4.0* (Progetto per il futuro dell'industria 4.0). (Kagermann et al., 2011)

Per comprendere meglio il significato di questa proposta, può essere utile sapere chi siano i tre relatori, in quale contesto essa nasca e infine quali fossero le motivazioni del progetto, considerato il punto di partenza del tema che stiamo analizzando.

Wolfgang Wahlster (1953), CEO e direttore scientifico del Centro tedesco di ricerca per l'intelligenza artificiale (DFKI GmbH), è docente di Informatica presso la Saarland University di Saarbrücken; nel 2001 è stato insignito del German Future Prize (Deutscher Zukunftspreis), il prestigioso premio tedesco per l'innovazione scientifica. Henning Kagermann (1947), fisico di formazione, è il presidente di Acatech, l'Accademia tedesca delle scienze ingegneristiche e membro dell'Unione di ricerca economia e scienza del governo federale. Con un passato da manager, fino al 2009 è stato CEO di SAP AG, una delle principali aziende al mondo nelle soluzioni informatiche per imprese. Dal 2010 è alla guida della Piattaforma nazionale tedesca per la mobilità elettrica, il piano per lo sviluppo della produzione di veicoli elettrici.

Wolf-Dieter Lukas (1957), fisico di formazione, dirige il dipartimento Tecnologie chiave-ricerca per le innovazioni presso il Ministero federale dell'educazione e della ricerca; è professore onorario presso l'Università Tecnica di Berlino e curatore di Alcatel Lucent Foundation for Communication Research.

Si tratta, dunque, di tre figure fortemente inserite nell'ambito della ricerca scientifica dell'industria e delle università tedesche. Kagermann, che nel 2012 presenterà la proposta di Industry 4.0 al Governo federale tedesco, ha così sintetizzato la genesi del progetto: «Nel 2006 il Governo federale fondò l'Industry-Research Alliance come organo consultivo per la realizzazione della strategia high-tech della Germania. Ero responsabile del settore della comunicazione. Stavamo esplorando idee per progetti strategici relative al futuro dell'industria tedesca. Dopo la crisi finanziaria del 2008, ci siamo concentrati sui punti di forza dell'economia tedesca, allo scopo di mantenerne elevate la competitività, il volume di produzione e l'occupazione.» (Kagermann, 2014)

Industry 4.0 è, per i relatori, sinonimo di *Internet of Things*. Secondo la loro visione, la crisi finanziaria del

2008 era stata affrontata dalla Germania meglio di altri paesi in virtù dello sviluppo e dell'integrazione di nuove tecnologie ai processi di produzione di beni e servizi: si trattava di promuovere questa leadership nel campo del *software-intensive*, dei sistemi *embedded* nel settore automobilistico e dell'ingegneria meccanica, al fine di diventare, entro il 2020, il principale fornitore nel nuovo mercato dell'*Internet of Things* in ambito industriale.

Dal punto di vista dei tre studiosi, il cambiamento di paradigma consiste nel fatto che l'intelligenza artificiale (IA) non è più solamente la base della configurazione elettronico-informatica dei singoli prodotti, ma ogni oggetto può diventare "smart" in relazione alla possibilità di essere inserito in un sistema di feed-back che coinvolga, attraverso le tecnologie digitali, progetto-produzione-consumo. Il miglioramento digitale dei sistemi di produzione e degli stessi prodotti industriali d'uso quotidiano con memoria integrata, sensori wireless e capacità di comunicazione guidati da software evoluti, avrebbe permesso – secondo i relatori – di costituire un ponte tra virtualità ("cyber spazio") e mondo fisico, attraverso un modello in grado di sincronizzare dimensione digitale e realtà fisica. Si trattava di sviluppare *Cyber Physical Systems*, di cui in Germania erano già disponibili risultati derivanti da progetti di ricerca che avevano esplorato le tendenze d'uso delle tecnologiche innovative.

Questo processo avrebbe dovuto portare – oltre a un aumento dell'automazione con sorveglianza intelligente per il controllo e l'ottimizzazione della produzione – alla creazione di valore aggiunto tramite la gestione autonoma e in tempo reale, da parte delle aziende, del rapporto con la domanda. Anziché un oggetto isolato posto in una determinata posizione della filiera produzione-distribuzione, questo processo avrebbe generato un prodotto "attivo" con una destinazione di consumo configurata. Tale aspetto costituisce – per i relatori – il cambio di paradigma industriale che apre a una trasformazione dei modelli produttivi, a un nuovo mercato dei sistemi di gestione aziendale con software applicativi e al rinnovamento di modelli di business con notevoli potenzialità nell'ottimizzazione della logistica. Un nuovo modo di produrre che genererebbe vantaggi non solo in termini economici, ma anche sul piano della sostenibilità dei prodotti, dell'efficienza energetica e della riduzione delle emissioni di CO₂.

Spostando l'attenzione dall'Internet delle cose all'Internet dei servizi, i relatori mettevano, infine, l'accento sul potenziale delle tecnologie semantiche, in grado di gestire i servizi anche sul piano dei contenuti.

Si trattava perciò, a tutti gli effetti, di un progetto di indirizzo della politica economica, che individuava nelle nuove soluzioni informatiche per le imprese, applicate alla produzione robotizzata e ai servizi di logistica e distribuzione, non solo una possibilità di innovazione industriale, ma un mercato per i prodotti tedeschi finalizzati alla gestione dei sistemi produttivi.

Se la matrice culturale di questo progetto riflette la natura dell'organizzazione industriale tedesca, ne andrebbe analizzata più accuratamente anche la matrice ideologica, perché il concetto di “quarta rivoluzione industriale” proposto dai relatori tedeschi sembra oggi condiviso più dagli studiosi di filosofia dell'informazione (Floridi, 2017) che dagli economisti. Nel 2011 l'economista e saggista americano Jeremy Rifkin pubblicava, infatti, il celebre libro *La terza rivoluzione industriale* (Rifkin 2011) e nel 2006 Alan Stuart Blinder – un economista estremamente influente – nel saggio “Offshoring: the Next Industrial Revolution?” annunciava anch'egli, non la quarta, ma la Terza rivoluzione industriale, detta anche Era dell'informazione, dove l'elemento fondamentale del commercio internazionale non era più rappresentato dalle merci oggettuali (confezionabili), ma dai “servizi impersonali”, forniti senza necessità di prossimità fisica. (Blinder, 2006)

La cultura italiana del progetto e il contesto di Industry 4.0

La visione e il ruolo politico dei relatori di Hannover sono chiaramente inscrivibili nelle strategie di miglioramento della competitività del sistema produttivo tedesco all'interno del quadro globale dei mercati europei e internazionali. Poiché il *Piano Nazionale Industria 4.0* redatto dal Ministero per lo sviluppo economico italiano (Ministero, 2017) è stato varato nel gennaio del 2017, sembrerebbe d'obbligo interrogarsi sul ritardo della ricerca e della struttura produttiva italiana (il cosiddetto Sistema Paese), rispetto alle potenzialità di questo nuovo modello di organizzazione industriale.

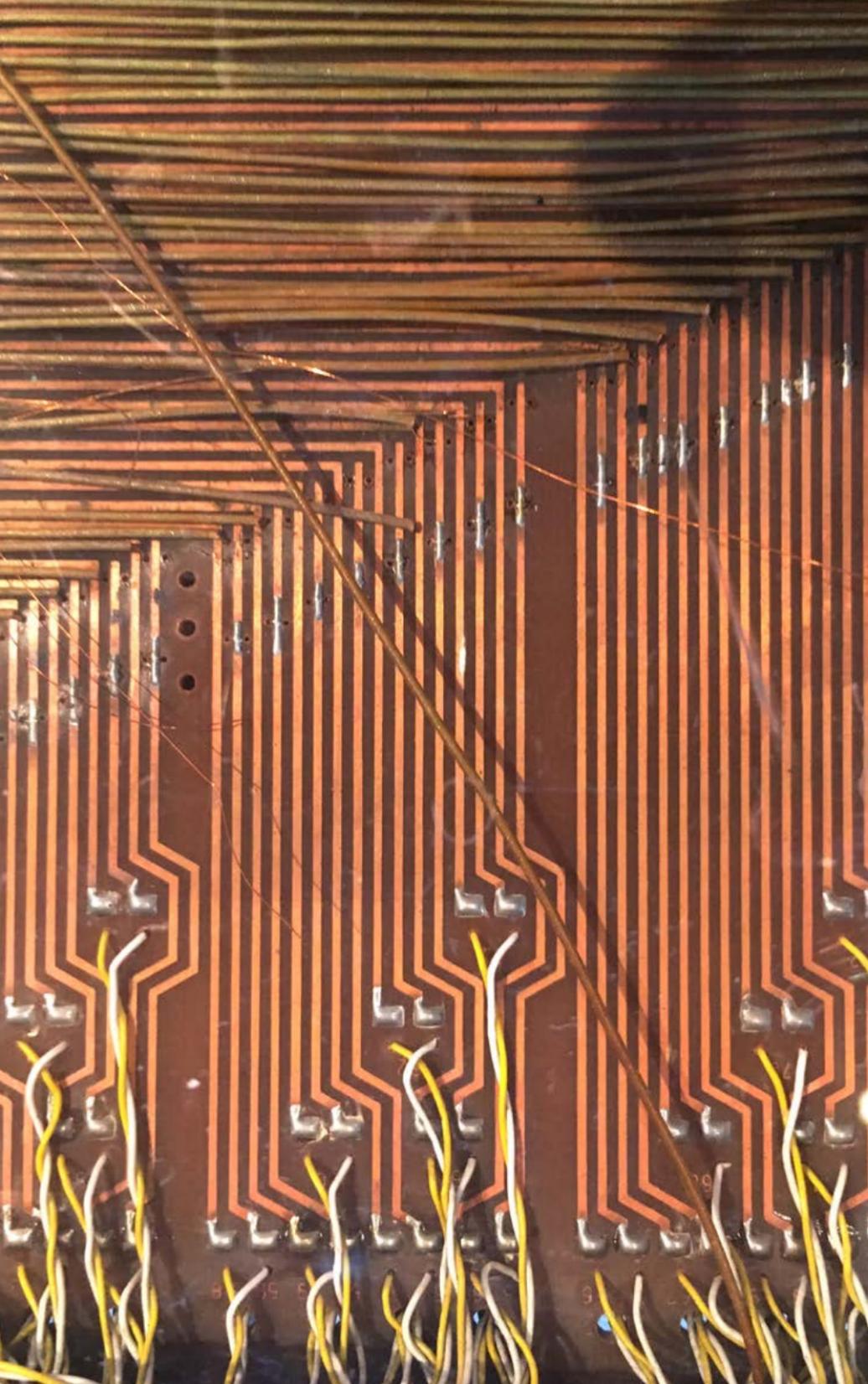
Poiché i casi virtuosi di innovazione, in cui l'advanced design ha giocato un ruolo significativo, sono nati in Italia da un felice connubio tra industria e ricerca tecnologica, ci sembra utile riflettere su alcuni passaggi chiave di questa relazione tra progetto e ricerca industriale.

È nota la relazione tra la scoperta di Giulio Natta del polipropilene isotattico nel 1954 e la ricerca finanziata dalla società Montecatini presso il Politecnico di Milano. Giulio Castelli, allievo di Natta al Politecnico, ha chiarito il rapporto tra il “clima” creato da quelle ricerche e l'avvio della sua attività imprenditoriale con Kartell, protagonista di una delle più significative sperimentazioni pro-

gettuali con le materie plastiche finalizzata alla produzione di oggetti e arredi per la casa. È importante, però, sottolineare due fatti. Il primo è relativo alla formazione culturale e tecnica dei protagonisti di quella stagione innovativa: erano ingegneri Giulio Natta e Giulio Castelli, ma era ingegnere anche Guido Donegani, amministratore e “creatore” di Montecatini che, fin dagli anni Trenta del Novecento, aveva avviato importanti centri di ricerca nel settore della chimica applicata a Novara e Milano; la seconda è relativa ai mezzi: negli anni del boom economico il Politecnico e Montecatini erano tra le poche istituzioni e aziende italiane dotate di uno dei primi calcolatori elettronici mainframe importati dagli USA: il CRC 102A. Inoltre, Kartell ha introdotto, nel settore dell’arredo, non solo un nuovo materiale, ma anche una originale innovazione di sistema produttivo, adottando un decentramento totale, affidato a una rete di sub-fornitori che investivano nella produzione degli stampi. «Una strategia decisamente innovativa – sottolineava Castelli – poi divenuta peculiare di tante aziende del design italiano.» (Castelli, 2007, p. 29)

Sono gli anni in cui si compie una importante saldatura tra la “cultura di fabbrica” e quella del disegno industriale, riconosciuta ufficialmente dalla giuria con l’assegnazione del premio “Compasso d’oro” del 1959, che considerava la particolare fase di sviluppo dell’industrial design con «una graduale apertura verso [...] una progettazione collettiva nella quale la collaborazione del designer, nel senso [...] “tradizionale”, non costituirà che una, ma non la fondamentale delle componenti operative. [...] apertura [...] testimoniata dai valori riconosciuti in alcune segnalazioni d’onore, in quei prodotti [...] concepiti e disegnati da persone od organi aziendali nei quali la figura del designer (di qualsiasi tipo di formazione esso sia) ha saputo integrarsi o fondersi senza che da un lato il risultato risentisse di un cedimento culturale assumendo aspetti incolti o meramente tecnicistici, o dall’altro fosse compromessa la sincerità dei rapporti tra la tecnologia, la funzionalità e l’estetica.» (Compasso d’oro, 1959)

Oggi si discute molto all’interno dell’Università se l’attività progettuale possa essere o meno considerata alla stregua di un’attività di ricerca: un problema che i progettisti industriali italiani degli anni Cinquanta aveva una risposta molto chiara. La stretta relazione tra progetto e attività di ricerca è stata messa bene in evidenza da Dante Giacosa, tra i premiati, in quel 1959, per il design della Fiat Seicento. «Durante la mia vita di lavoro – scrive Giacosa nel suo *Progetti alla Fiat prima del computer* – non ho mai tralasciato di occuparmi direttamente o indirettamente di



ricerca, riferendomi a quella che viene normalmente chiamata applicata, ma che più propriamente potrebbe essere chiamata tecnologica, di cui non sempre è possibile distinguere i limiti, essendo difficile dire quando essa finisce e comincia il progetto. A ben pensarci non sono trascorsi molti anni da quando il termine 'ricerca' è stato adottato dallo scienziato e dall'ingegnere, prima che fosse agguantato dalle moltitudini e usato correntemente in tutti i campi dell'attività umana. Prima di allora quando si diceva studio o progetto era sottinteso che si facesse della ricerca, particolarmente quando si trattava della creazione e dello sviluppo di qualcosa di nuovo.» (Giacosa, 1988, p. 225)

La visione che il design, come disciplina, potesse avere un ruolo non solo negli uffici dell'industria, ma anche all'interno di un gruppo di ricerca, è un'intuizione di Adriano Olivetti il quale, nel 1957, inserisce il giovane Ettore Sottsass nel team di ingegneri guidati da Mario Tchou che, grazie a una felice collaborazione tra l'Università di Pisa e l'Olivetti, porterà alla configurazione dei computer mainframe Elea. Pochi anni dopo, nel 1965, sulla scia di tali sperimentazioni, un gruppo di ingegneri guidati da Piergiorgio Perotto, realizzerà nella sede di ricerca milanese di Olivetti il celebre desktop computer a transistor Programma 101, con la collaborazione del giovane designer Mario Bellini.

Nel chiederci se, pur nella discontinuità storica dei fenomeni d'innovazione, esista un'eredità culturale proveniente da quelle esperienze, ricordiamo che nel 2005, proprio a Ivrea, all'interno dell'*Interaction Design Institute* (il Master nato dalla collaborazione tra Olivetti e Telecom Italia), Massimo Banzi e il suo gruppo misero a punto il progetto open-source "Arduino", l'hardware di prototipazione elettronica celebrato in tutto il mondo come flessibile e performativo strumento di disintermediazione tecnologica. L'*Interaction Design Institute* era nato nel 2001 proprio dalla consapevolezza che il designer avrebbe potuto rappresentare, nel futuro, una figura di connessione tra il campo del progetto e lo sviluppo di nuovi modelli di prodotto e d'impresa.

Il modello *Industry 4.0*, come abbiamo evidenziato, insiste sull'innovazione di sistema collegata alla robotizzazione quale metodica strumentale indispensabile al rinnovamento dei processi produttivi. Quando si considera questo aspetto altamente innovativo si sottovaluta il fatto che la robotizzazione è stata introdotta in Italia quasi mezzo secolo fa. Nel saggio *La ristrutturazione delle grandi fabbriche*, Andrea Graziosi, allora giovane studioso dei fenomeni tayloristici, descriveva l'introduzione alla Fiat, nel settembre del 1972, dei primi diciotto robot (le salda-

trici “Unimate”) che svolgevano operazioni simmetriche di giunzione sulla linea delle “132”, eseguendo 540 punti di saldatura in posizioni difficili e scomode, con una possibilità di rotazione di 220°, capaci di collocare un oggetto in posizione con una precisione di 5 centesimi di millimetro. (Graziosi, 1979)

Si tratta di una importante innovazione di processo attraverso la quale, secondo Graziosi, veniva attuato il superamento del modello di fabbrica fordista, centrato sull'organizzazione del lavoro umano: uno dei più grandi sconvolgimenti che la struttura economica e produttiva italiana avesse conosciuto, accompagnata dalla perdita di qualificazione del lavoro operaio. Questo avveniva mentre in Giappone si sviluppava la “filosofia” della *Total quality*, con gli operai coinvolti, assieme ai progettisti e al management, nel miglioramento della qualità complessiva del prodotto industriale e nel momento in cui la cultura del design italiano, così come si era venuta costituendo a partire dal secondo dopoguerra subiva, da un lato, la contestazione del ruolo di due sue storiche istituzioni, Il Premio Compasso d'Oro e la Triennale (le quali interrompero per diversi anni la loro attività) e, dall'altro, la messa in discussione del legame tra design e industria da parte dei movimenti Radical.

Se la ricerca nel campo del design veniva svolta principalmente all'interno dell'industria, con obiettivi focalizzati sulle tecnologie produttive e l'estetica del prodotto, non manca chi, come Ugo La Pietra, ha sottolineato il ruolo seminale dei progettisti consulenti dell'industria nella proposta e trasferimento di soluzioni tecnologiche all'interno del tessuto produttivo (La Pietra, 1988). Ma nel corso degli anni Ottanta anche questa ricerca interna alle aziende viene esaurendosi e La Pietra così sintetizzava i termini della questione: «Che la ricerca debba essere condotta all'interno di quella vasta area produttiva e culturale che passa sotto il nome di design, come ormai esiste da tempo all'interno di discipline come la fisica, la chimica, la scienza agraria ecc., è indiscutibile. [...] Ma le difficoltà e i problemi [...] che gravano su queste strutture non sono tanto riferibili a come di fatto lavorano, ma soprattutto, alla logica del sistema industriale che in questo periodo di difficoltà economica-produttiva cerca sempre più di demandare fuori ciò che costituisce argomento di ricerca e sperimentazione. Per alleggerire il peso delle strutture e delle spese, l'industria incomincia proprio da questi organismi: dagli uffici tecnici fino ai veri e propri centri di ricerca. Si incomincia a decurtare le spese per questo settore fino alla sua progressiva eliminazione...» (La Pietra, 1988, pp. 174-177).

Agli storici dell'industria i nodi del rapporto tra politica industriale e sviluppo di tecnologie innovative apparivano assi chiari fin da allora, tanto che Valerio Castronovo, al termine del suo *L'industria italiana dall'Ottocento a oggi*, scriveva nel 1980: «Ma senza una coerente politica [...] per lo sviluppo di tecnologie ad alto contenuto innovativo e la ricerca di fonti energetiche alternative, non c'è ricostituente che tenga, saremmo condannati a una navigazione sempre più difficile nelle acque di mercato internazionale, esposti senza possibilità di difesa alle bufe provocate dal continuo mutamento delle ragioni di scambio.» (Castronovo, 1980)

Ma sarà proprio dalle aziende più sottoposte alle “ragioni di scambio”, che affrontano le problematiche della distribuzione, che arriveranno, nel corso degli anni Ottanta del Novecento, alcune risposte significative sul piano dell'innovazione di sistema.

Un interessante esempio, che potrebbe essere considerato precorritore del modello *Industry 4.0*, è la tecnologia della “tintura in capo”. Si tratta di un processo ideato dall'imprenditore veneto Adalgerico Montana e adottato dalla produzione interna di Benetton fin dal 1974. Collegato alla rete distributiva, il sistema diviene virtuoso nel momento di massima espansione mondiale dell'azienda Benetton nel corso degli anni Ottanta. L'innovazione, incentrata sullo spostamento della tintura dalla fase iniziale (il filato) a quella conclusiva del capo finito, permetteva la produzione di capi di maglieria bianchi che venivano tinti successivamente in vari colori sulla base della domanda di mercato rilevata attraverso i dati delle vendite trasmessi quotidianamente dai negozi. La risposta in tempo reale alla domanda, registrata attraverso semplici sistemi telematici, permetteva il riassortimento rapido dei capi di abbigliamento non stagionali nei punti vendita. Questo esempio di innovazione e integrazione di sistema, che permette un collegamento diretto tra produzione e domanda attraverso un feed-back tra negozio e fabbrica, dimostra come, anche prima di Internet, fosse sostanzialmente possibile l'integrazione di filiera sulla base di un semplice sistema informativo.

Per quali motivi, dunque, in Italia, l'avvento del web non ha amplificato molte di queste potenzialità innovative, già latenti nel sistema industriale?

Mario Carraro, per decenni ai vertici dell'omonima industria meccanica veneta e per alcuni anni alla guida dell'organo regionale di Confindustria, ha recentemente ricordato che: «...nei primi anni '90 mi vennero a dire che dimostravo troppo interesse a Internet: questo loro rimprovero testimonia oggi i ritardi collettivi di un'Ita-

lia intera. Però devo dire che il disinteresse verso i nuovi strumenti e modelli a volte è diffuso. Ripenso a quando portai in Carraro il rappresentante italiano di Yahoo e il guru dell'IBM: riunii dirigenti, capi ufficio, operai, una giornata dedicata a Internet, ma purtroppo senza riscuotere troppo interesse.» (Carraro, 2017)

Questa testimonianza chiarisce come, più che di un problema di cultura industriale, si trattasse di una questione di mentalità, cioè di una difficoltà, alimentata dall'impreparazione, diffusa tra i vertici del management industriale (non solo italiano) che, ancora agli inizi del nuovo millennio, vedeva nella rete Internet principalmente un sistema di miglioramento della comunicazione elettronica e di potenziamento del marketing aziendale attraverso i siti web, mentre le grandi compagnie telefoniche investivano soprattutto sui sistemi e i prodotti di telefonia mobile, piuttosto che sul rinnovamento, la velocizzazione delle reti fisse e la ricerca di nuove forme di utilizzo della connettività. D'altro canto, anche se esempi significativi – come nel citato caso “Arduino” non mancano – negli stessi anni la cultura del design, anche all'interno dell'impresa, non era certamente dotata di una visione lungimirante rispetto alle potenzialità d'innovazione di prodotto e di sistema conseguibili grazie alla rivoluzione digitale.

Le imprese italiane tra *Industry 4.0*, crisi e globalizzazione

Nel gennaio del 2011, mentre i relatori tedeschi espongono ad Hannover la loro tesi su *Industry 4.0*, nell'organo informativo della Banca d'Italia, *Questioni di economia e finanza*, veniva pubblicato, uno studio di Antonio Accetturro, Anna Giunta e Salvatore Rossi su *Le imprese italiane tra crisi e nuova globalizzazione*. Il lavoro dei tre studiosi analizza le caratteristiche delle cosiddette imprese italiane “intermedie” inserite all'interno delle “catene globali del valore” (CGV) utilizzando dati dell'Indagine Invid della Banca d'Italia condotta su un campione di 4.000 imprese dell'industria e dei servizi che costituisce, per coincidenza temporale, un utile elemento di paragone rispetto alla parallela proposta tedesca.

Gli autori dello studio sostengono che, tra le difficoltà manifestate dall'economia italiana a reggere la competizione internazionale, sono evidenti alcune inadeguatezze della struttura produttiva che frenano l'adeguamento ai cambiamenti del contesto esterno. A fronte del radicale mutamento a livello internazionale avvenuto nel corso dell'ultimo decennio del Novecento, sia nelle tecnologie dominanti sia nell'estensione dei mercati, il sistema produttivo italiano – caratterizzato da imprese piccole, statiche, tradizionali e familiari – «incontra crescenti difficoltà

a reggere la competizione in un contesto digitalizzato e globalizzato, in cui grande dimensione, complessità, capacità innovativa sono essenziali e per sfruttare i guadagni di efficienza offerti dalle nuove tecnologie e affermarsi su mercati lontani.» (Accetturro et al., 2011, p. 5)

Da parte degli analisti economici la consapevolezza dell'importanza legata alla digitalizzazione e all'aggiornamento tecnologico risulta abbastanza chiara.

Gli autori del saggio precisano che poco prima della crisi «si era osservato l'inizio, pur tardivo, di un processo di ristrutturazione in alcune parti del sistema produttivo italiano, con un uso più intenso e organico delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) nella gestione aziendale, un arricchimento della gamma di prodotti grazie ad avanzamenti nella scala di intensità tecnologica, una maggiore internazionalizzazione. Il sopravvenire della crisi potrebbe avere messo a repentaglio quel processo.» (Accetturro et al., 2011, p. 5)

Ma nel 2011 il quadro di riferimento è ulteriormente mutato e costringe ad analizzare l'evoluzione del sistema produttivo nella prospettiva più complessa di una *Nuova globalizzazione*, ipotesi che gli economisti avanzano mettendo in luce un mutamento strutturale nei sistemi produttivi a livello mondiale, in conseguenza della rivoluzione tecnologica delle ICT, della progressiva riduzione delle barriere commerciali e dei costi di trasporto.

Nell'ambito degli studi sulle governance della catena globale del valore (CGV) all'interno di "catene produttive globali" (*global supply chains*), è evidente una trasformazione che porta dal tradizionale scambio di beni completi (*trade-in-goods*) al commercio internazionale di "compiti" necessari a produrre tali beni (*trade-in-tasks*). I nomi per definire questa relazione complessa di forniture e subforniture sono: *unbundling, fragmentation, offshoring, global value (supply) chains*.

La situazione, dunque, appare assai più complessa del "ritardo" nell'introduzione di innovazioni tecnologiche e di sistema nei processi produttivi.

In studi recenti gli economisti italiani, consapevoli di questa complessità e di fronte alle difficoltà d'investimento, si mostrano più cauti nel proporre soluzioni di radicale trasformazione dei sistemi produttivi, preferendo approcci graduali. In uno studio dedicato a *La fabbrica connessa. La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, gli autori scrivono: «È infatti certamente vero che la progressiva evoluzione tecnologica in campi diversi può determinare improvvise discontinuità: gli sviluppi nel campo della sensoristica, delle connessioni wireless, dell'Internet pressoché ubiqua, del cloud computing, dell'analisi dei

big data, dell'intelligenza artificiale, della robotica collaborativa, della stampa 3D..., se utilizzati congiuntamente, costituiscono condizioni abilitanti per modelli produttivi e di business totalmente nuovi. È altresì evidente che un ipotetico imprenditore che – con adeguata disponibilità di capitale – si trovasse a costruire ex novo, partendo da un prato verde, un nuovo impianto industriale, potrebbe oggi realizzare qualcosa di radicalmente diverso rispetto alle strutture industriali che conosciamo. Ma non è questa la condizione nella quale si trova a operare la grandissima maggioranza degli imprenditori italiani. È evidente che aziende di grandi dimensioni e multinazionali segneranno certamente un passo più veloce, indicando, in molti casi, la via da seguire agli altri.» (Beltrametti et al., 2017, p. 18)

Conclusioni

Nell'introduzione alla ricerca *Vision of the future*, pubblicata da Philips nel 1996 e relativa alle possibilità di evoluzione futura degli oggetti a tecnologia integrata, Stefano Marzano – allora Senior director di Philips corporate design – affermava che, da un lato la miniaturizzazione avrebbe portato a un più proficuo uso delle risorse e dall'altro il software avrebbe potuto essere migliorato senza generare la necessità di nuovo hardware. Il collegamento di queste nuove tecnologie con le reti di comunicazione digitale avrebbe così diminuito la necessità di viaggi, trasporti e – tramite lo stoccaggio elettronico – di spazio (Marzano, 1996). Nella corposa ricerca venivano individuate alcune delle possibili trasformazioni della dimensione sociale e personale, come la diffusione delle comunità virtuali e una maggiore facilitazione a mantenere relazioni a distanza (“living apart together”). Nella “visione” a dieci anni (dal 1995 al 2005), che Philips proponeva come contributo di ricerca sulla relazione tra nuove tecnologie e miglioramento della qualità della vita, la connettività era considerata come una, non la principale, delle vie verso l'innovazione, anche se ne veniva sottolineata l'estrema importanza legata alla possibilità di ricevere feedback immediati.

Appare evidente, perciò, come il futuro non sia facilmente “immaginabile”. Tuttavia alcuni segnali sono avvertibili ed è necessario che la ricerca, quella industriale e quella universitaria, ne sappia analizzare le potenzialità e sia in grado di orientarne concretamente il percorso di sviluppo. (Garbassi, 2006)

Ma se in Italia è tramontata la stagione della grande impresa (Gallino, 2003) e con essa il ruolo del designer all'interno delle grandi organizzazioni, mentre le prospettive per il “futuro artigiano” all'interno di “snodi di filiere

globali” sono ancora tutte da costruire (Micelli, 2011), quale ruolo possono giocare, oggi, la figura del designer e la ricerca nel campo del design di fronte al nuovo mutamento di paradigma?

In un recente documento – pubblicato da Assolombarda e Confindustria lombarda su Industry 4.0, a cura dell’Area Industria e innovazione e Centro studi (Position Paper, 02/2016) – la parola design compare una sola volta nell’accezione di “oggetti di design”, a dimostrazione della distanza con cui l’industria considera, ancor oggi, le potenzialità del design nelle innovazioni di processo.

Nel 2016 Finmeccanica (a cui sono associate 16.000 imprese con 800.000 addetti) ha commissionato lo studio “Liberare l’ingegno” per comprendere il grado di conoscenza e aggiornamento su Industry 4.0 o “Fabbrica intelligente”. Il risultato dello studio è stato che gli *adopters* (le micro imprese con 1-9 dipendenti) possiedono livelli di conoscenza e di adozione di nuovi sistemi superiori rispetto alle piccole e medie imprese attribuendo grande importanza alla digitalizzazione per il miglioramento della produttività, per la rapidità del *time-to-market* e l’utilizzo di sistemi virtuali per la progettazione e la prototipazione. Questa tipologia di imprese, inoltre, impiega una quota più elevata di dipendenti laureati, investe maggiormente in Ricerca e Sviluppo (R&D), in programmi di formazione e ha più contatti con Università ed Enti di ricerca.

Se, dal lato delle piccole e medie imprese, si tratta di un dato preoccupante, dall’altro esso rappresenta una prospettiva che apre ampie possibilità per un ruolo attivo del designer nelle micro-imprese.

Anche in conseguenza dell’imprinting tedesco, le riflessioni su Industry 4.0 sembrano rivolte prioritariamente all’industria meccanica. Andrebbe ricordato, tuttavia, che in Italia, oltre a una meccanica altamente specializzata, esiste un’industria agro-alimentare, un’industria dei servizi e del turismo e un largo settore denominato Industrie Culturali Creative (ICC). È importante che la ricerca nel campo del design elabori proposte sul modo in cui Industry 4.0 potrebbe portare dei benefici a ciascuno di questi settori.

Non si tratterà solamente di integrare tecnologie in processi produttivi, beni di consumo e servizi, ma anche di saper intercettare i mutamenti culturali che ne alimentano le trasformazioni.

L’aspetto originale e caratterizzante la matrice costitutiva del design italiano è la capacità di costituire collegamenti tra pensiero tecnico, pensiero umanistico e produzione e la connessione tra questi saperi potrebbe avere, nel futuro, lo stesso valore strategico della connettività consentita delle reti digitali.

REFERENCES

- D'Alembert Jean Baptiste, "Discourse preliminaire", in: *L'Encyclopédie. Dictionnaire raisonné de sciences, des arts et des métiers*, vol. I, Parigi, **1751**, pp. I-XLVI.
- Voltaire Arouet François-Marie de, "Histoire", in: *L'Encyclopédie. Dictionnaire raisonné de sciences, des arts et des métiers*, vol. X, Parigi, **1765**, pp. 220-225.
- L'Encyclopédie. Dictionnaire raisonné de sciences, des arts et des métiers*, "Manufacture", vol. X, Parigi, **1765**, p. 60.
- Ruskin John, *Modern manufacture and design. Lecture delivered at Bratford, March 1859*, in Ruskin John, *The two phats*, **1864**. Disponibile in: http://rci.rutgers.edu/~tripmcc/phil/poa/ruskin-two_paths.pdf
- Calogero Guido, "Tecnica", in: *Enciclopedia italiana del Novecento*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Treccani, Vol. XXXIII, **1937**, p. 378.
- Dreyfuss Henry, *Designing for people*, New York, Allworth Press, 2003 [**1955**], pp. 284.
- Premio "Compasso d'oro", "Relazione della giuria", **1959**.
- Gliozzi Mario, Giua Michele, *Storia delle scienze*, Torino, Utet, **1965**, pp. 802.
- Bologna Ferdinando, *Dalle arti minori al design. Storia di un'ideologia*, Bari-Roma, Laterza, **1972**, pp. 310.
- Papenek Viktor, *Progettare per il mondo reale*, Milano, Mondadori, 1973 [**1970**], pp. 352.
- Graziosi Andrea, *La ristrutturazione delle grandi fabbriche 1973-1976*, Milano, Feltrinelli, **1979**, pp. 158.
- Maldonado Thomàs, *Tecnica e Cultura. Il dibattito tedesco tra Bismark e Weimar*, Milano, Feltrinelli, **1991** [**1979**], pp. 312.
- Castronovo Valerio, *L'industria italiana dall'Ottocento a oggi*, Milano, Mondadori, 1980, pp. 414. Cit. in Gregotti, 1982, p. 250.
- Gregotti Vittorio, *Italia 1860-1980. Il disegno del prodotto industriale*, Milano, Electa, **1982**, pp. 372.
- La Pietra Ugo, *Argomenti per un dizionario del design italiano*, Franco Angeli, Milano, **1988**, pp. 288.
- Giacosa Dante, *Progetti alla Fiat prima del computer*, Automobili, Milano, **1988**, pp. 322.
- Marzano Stefano, "Foreword a new modernity", pp.13-15, in: *Vision of the future*, Eindhoven, Philips corporate design, **1996**, pp. 200.
- Gallino Luciano, *La scomparsa dell'Italia Industriale*, Torino, Einaudi, **2003**, pp. 106.
- Giovanni Favero, *Benetton. Una storia a colori*, Milano, EFEA, **2005**, pp. 250.
- Blinder Alan Stuart, "Offshoring: the Next Industrial Revolution?", pp. 113-128, in: *Foreign Affaires*, n. 85, **2006**. Disponibile in: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2006-03-01/offshoring-next-industrial-revolution>
- Garbassi Fabio, *Trent'anni di ricerca al Donegani. Come fare e disfare la ricerca scientifica in Italia*. Milano, Lampi di stampa, **2006**, pp. 176.

Castelli Giulio, Antonelli Paola, Picchi Francesca (a cura di), *La fabbrica del design. Conversazioni con i protagonisti del design italiano*, Milano, Skira, **2007**, pp. 408.

OCSE, *Moving Up the Value Chain: Staying Competitive in the Global Economy*, Parigi, **2007**. Disponibile in: <https://www.oecd.org/sti/ind/38558080.pdf>

Micelli Stefano, *Futuro Artigiano. L'innovazione nelle mani degli italiani*, Venezia, Marsilio, **2010**, pp. 221.

Kagermann Henning, Wahlster Wolfgang & Wolf-Dieter Lukas, *Industria 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*, **2011**. Disponibile in: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>

Rifkin Jeremy, *La terza rivoluzione industriale*, Milano, Mondadori, **2011**.

Accetturro Antonio, Giunta Anna, Rossi Salvatore, "Le imprese italiane tra crisi e nuova globalizzazione", pp. 5-26, in: *Banca d'Italia. Questioni di economia e finanza*, n. 86, **2011**.

Kagermann Henning, "Behind Germany's new economic push" Intervista di Takayuki Kato, in: *Nikkei Asian Review*, Dicembre, **2014**. Disponibile in: https://asia.nikkei.com/Business/Companies/Behind-Germany_s_new_economic-push?page=2

Indagine di Federmeccanica, "Industria 4.0", **2016**. Disponibile in: <http://federmeccanica.it/industria40>

Carraro Mario, "Non penserai mica che Mario entri in fabbrica? Intervista esclusiva ad uno dei padri dell'industria italiana: Mario Carraro", intervista di Stefania Zolotti, in: *"Senza Filtro" Notizie dentro il lavoro*, n.57, 2017. Disponibile in: <http://www.informazionezenzafiltro.it/non-penserai-mica-che-mario-entri-in-fabbrica/>

Beltrametti Luca, Guarnacci Nino, Intini Nicola, La Forgia Corrado, *La fabbrica connessa. La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, Milano, Edizioni Angelo Guerini e Associati, **2017**, pp. 216.

Position Paper 02/2016, Assolombarda, **2016**.

Disponibile in: <http://www.assolombarda.it/centro-studi/position-paper-industria-4.0>

Floridi Luciano, *Quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Milano, Raffaello Cortina, **2017**, pp. 304.

Ministero per lo sviluppo economico del Governo italiano, *Piano Nazionale Industria 4.0*, **2017**. Disponibile in: <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>