

WEIGHTED DYNAMIC NETWORKS

Strumenti per la progettazione digitale multiscale e responsiva

WEIGHTED DYNAMIC NETWORKS

Digital multiscale and time responsive design techniques

Caterina Tiazzoldi

ABSTRACT

In una città strutturata complessa nella quale le interazioni tra le parti si intensificano, i decisori e gli scenari culturali si sovrappongono (e talvolta si scontrano), dove locale e globale nonché le dimensioni fisiche e virtuali coesistono, è necessario mettere a punto strumenti di progettazione capaci di adattarsi alle diverse scale d'intervento della città contemporanea. Il saggio illustra una metodologia di progettazione multiscale denominata Weighted Dynamic Networks che consente di simulare e gestire l'evoluzione del progetto nel tempo. Sviluppata originariamente dall'autrice nella qualità di Direttore del Laboratorio di Ricerca Non-Linear Solutions Unit presso la Columbia University, la metodologia WDN è stata implementata negli ultimi 20 anni in una serie di casi studio in ambito professionale e accademico.

In a complex structured city, where the interactions between parts intensify, the number of decision-makers and cultural scenarios overlap, interconnect (and sometimes collide), where local and global as well as physical and virtual dimensions co-exist, it is necessary to identify a set of design tools which could adapt to different scales of intervention of the modern city. The essay proposes a multiscale and time-sensitive Weighted Networks Design methodology. Originally developed by the author as director of the Research Lab Non-Linear Solutions Unit at Columbia University, the WDN methodology has been implemented by the author herself in a series of multiscale case studies in the professional and academic environment along over the last 20 years.

KEYWORDS

weighted dynamic networks, tipo, multiscale, classificatore, coworking

weighted dynamical networks, type, multiscale, classifier, coworking

Caterina Tiazzoldi, PhD and Master of Science in Architectural Design at Columbia University, is an Adjunct Professor at the Rhode Island School of Design (US). She is the former co-Founder and Director (from 2005 to 2015) of the Research Lab of Non-Linear Solutions Unit at Columbia University. She won the Architecture Rivelate Award and was a finalist at the Renzo Piano Award for a Young Italian Architect. Her interests focus on the cross-pollination between architecture, sciences and social innovation, time responsive architectural design, typological innovation, and resilience in architectural design methodology. E-mail: caterina@tiazzoldi.org

L'ambizione di definire una metodologia di progettazione applicabile a diverse scale appare spesso nelle opere e nelle ricerche di rinomati architetti: nel Manifesto di Le Corbusier *From the Cell to the City* (Le Corbusier, 1925), in quello di Ernesto Nathan Rogers *From the Spoon to the City* o di Rem Koolhaas S,M,L,X,L (Koolhaas and Mau, 1995). Inoltre, la sfida di una progettazione indipendente dalla sua scala è stata affrontata anche dagli architetti che, a partire dagli anni '80, hanno svolto un importante ruolo nella cosiddetta 'era digitale' (Cache, 1995; Lynn, 1998; Eisenman, 1999; Wolfram, 2002). All'interno di questo contesto culturale, il saggio illustra la metodologia dei *Weighted Dynamic Networks* (WDN) sviluppata dall'autrice, a partire dalla definizione di 'tipo' di Carlos Martí Aris (1993) e dal concetto di 'framing and deframing' proposto da Bernard Cache (1995), come uno strumento capace di essere sistemico e specifico nello stesso frangente.

La selezione dei due riferimenti citati mira a superare l'idea che l'approccio progettuale digitale (contemporaneo) sia diverso da quello dell'architettura moderna. La scelta di Bernard Cache si basa sul fatto che è autore di uno dei primi saggi sull'architettura digitale, e sulla sua collaborazione con il filosofo Gilles Deleuze il cui lavoro influenza, oltre la filosofia, anche l'architettura, l'urbanistica, la geografia, la cinematografia, la musicologia, l'antropologia, gli studi di genere e la letteratura. In entrambi gli studiosi è possibile riscontrare un approccio progettuale che prevede la coesistenza da un lato di una dimensione 'strutturale' o sistemica, indipendente da luogo e scala, dall'altro di una dimensione più 'specifica' che si esprime attraverso il concetto di 'differenza e ripetizione', e nella quale i 'tipi di molteplicità' risolvono la dicotomia tra 'l'uno e i molti'.

Tipo come generico | Martí Aris definisce il 'tipo' come un concetto, una struttura formale, una chiave di lettura analitica che conduce alla peculiarità e alla specificità del progetto. Il 'tipo' esiste dal momento in cui si può riconoscere l'esistenza di 'sommiglianze strutturali' fra oggetti architettonici, al di là delle loro differenze apparenti. Il 'tipo' approccia il problema della forma in termini di massima generalità (va oltre gli stili e le epoche): non è mera classificazione in quanto descrive i criteri di variazione e stabilisce un 'classificatore' di differenze. Secondo Martí Aris (1993), diversamente dallo stile, il 'tipo' esprime la permanenza di alcuni aspetti essenziali e mette in luce il carattere variabile delle strutture formali: lo studioso spagnolo definisce il 'tipo' come impostazione mentale strutturale, uno strumento fondante capace di integrarsi con il sito e con le sue specificità culturali durante il processo di contestualizzazione.

Similmente, Cache concepisce l'idea di 'deframing' come un approccio astratto da scala e sito, capace di contestualizzarsi in maniera specifica nei vari progetti. Con il concetto di 'framing and deframing', ispirato a quello metafisico del Piano dell'Immanenza teorizzato alla fine degli anni '80 dai filosofi francesi Deleuze e Guattari (2017), Bernard Cache (1995) anticipa non solo l'approccio topologico di Greg

Lynn (1998) ma anche l'implementazione del concetto di diagramma in architettura (Eisenman, 1999) nonché gli algoritmi genetici e i complessi sistemi adattativi nel campo delle scienze della complessità (Nicolis and Prigogine, 1992; Holland, 1995), tutte strutture concettuali riconducibili all'idea di 'tipo' con la potenzialità di diventare progetto specifico durante la 'fase di contestualizzazione'.

Dal generico allo specifico | Ma come è possibile passare da una condizione astratta di 'deframing' a una soluzione specifica 'framing'? Il problema principale è gestire la transizione dal modello alla sua variazione progettuale in presenza di condizioni diverse. Nell'introduzione di *Earth Moves*, Michael Speaks (1995) afferma che Cache concepisce un universo in cui gli oggetti non sono stabili ma possono subire variazioni. L'idea di variazione richiama il concetto deleuziano di 'differenza e ripetizione' per il quale la differenza è concepita come una relazione empirica tra due termini aventi, entrambi, una precedente identità per cui x non è diversa da y ; l'identità quindi persiste, ed è prodotta da una precedente relazione tra i differenziali 'dx anziché non-x' (Smith and Protevi, 2018). In questa chiave possiamo quindi leggere il 'tipo' di Martí Aris che, diversamente dallo stile, include le caratteristiche differenziali e stabilisce un 'classificatore' delle diverse varianti.

Weighted Dynamic Networks | Negli ultimi trent'anni lo sviluppo di strumenti digitali ha permesso di implementare i concetti di ripetizione, variazione e diversità in varie discipline diventando potenti strumenti da un lato per esplorare una grande varietà di possibili soluzioni, dall'altro per ridurre l'impatto economico della produzione di prototipi. Nella mostra *Architecture Non-Standard* inaugurata nel 2003 presso il Centro Pompidou di Parigi (Migayrou, 2003) sono state illustrate le potenzialità applicative dei dispositivi digitali in architettura. Sebbene all'inizio di tale sperimentazione l'approccio sia stato più speculativo che pratico, negli anni la ricerca sul campo si è sviluppata tanto nei settori della manifattura e dell'industria quanto in ambito accademico, così come dimostra la metodologia *Weighted Dynamic Networks* (WDN) – basata su software nodali quali Maya e Grasshopper – messa a punto dall'autrice all'interno del Laboratorio di ricerca *Non-Linear Solutions Unit* della Columbia University, del quale è stata co-fondatrice e Direttrice dal 2005 al 2015.

I software nodali consentono di collegare dati di modellazione tridimensionale e di manipolare una serie di proprietà o attributi che ne modificano le caratteristiche (Fig. 1a). Sono prevalentemente utilizzati per animazioni in film e pubblicità per simulare il movimento di personaggi, simulare incendi e tsunami, ecc. In *Mastering Autodesk Maya 2016*, Palamar (2016) illustra come i vincoli nodali consentano di collegare due corpi rigidi con una relazione dinamica. Definendo la lunghezza della connessione, il livello di attrazione o di repulsione tra due o più elementi e impostando alcuni attributi come forza, distanza, compenetrazione, massa positiva/negativa e posizione nello spazio, è possi-

bile creare un modello dinamico. I vincoli nodali (utilizzati ad esempio per simulare i collegamenti in una catena o in un braccio robotico), possono collegare 'corpi attivi' e 'corpi passivi' (Palamar, 2016; Fig. 1b): mentre i 'corpi attivi' hanno facoltà di muoversi nello spazio, quelli 'passivi' non variano mai il proprio status.

È anche possibile applicare la metodologia dei vincoli nodali all'architettura, riferendo un particolare volume a specifici standard architettonici e urbani (Neufert, 2013) o a normative. Ad esempio, i 'corpi compenetranti' possono essere associati alla compatibilità spaziale tra diverse funzioni: una cucina solitamente è compatibile con una sala da pranzo e un salotto, tuttavia non è compatibile con un bagno. La compenetrazione di alcuni corpi permette di combinare le attività in un unico spazio, riducendo o aumentando alcune superfici utili o variandone la collocazione. Alla fine, ma non necessariamente, il progettista può rimuovere il vincolo nodale cambiando così la relazione fra le parti. La Figura 1c illustra un esempio elaborato con Autodesk Maya in cui i volumi sono 'corpi rigidi attivi' che, collegati da vincoli nodali, convergono in un'area unica. Tali vincoli hanno una rigidità e una lunghezza che consente loro di avvicinarsi o allontanarsi tra loro, in base agli input e agli attributi inseriti dal progettista mentre i volumi non collegati, invece, si spostano in modo indipendente. Nel caso specifico il progettista ha attribuito alle masse cariche differenti (positive e negative), determinando quindi repulsione o attrazione fra i vari volumi.

Questo esempio di relazione tra masse è applicabile anche alle varie scale della progettazione: alla scala paesaggistica parchi e corsi d'acqua sono 'corpi attivi', a quella urbana lo sono le strade e gli edifici circostanti mentre non lo sono alla scala architettonica; nell'interior design, il perimetro esterno è invariabile e quindi è un 'corpo passivo'.

Riduzionismo creativo e sua implementazione nei modelli di progettazione

Valutate le potenzialità dei vincoli e dei software nodali come strumenti progettuali, occorre individuare gli elementi invariati e quelli soggettivi che entrano in gioco nel processo di modellazione. A differenza dell'approccio deterministico (Wolfram, 2002; Schumacher, 2009, 2016), il WDN richiede un processo decisionale soggettivo. Infatti, secondo il premio Nobel Ilya Prigogine (1980), il passaggio dal paradigma deterministico alla scienza della complessità implica una radicale attenuazione della distinzione tra scienze dure (matematica, fisica) e scienze leggere (biologia, scienze sociali e architettura): un tale cambiamento paradigmatico ha attenuato il limite tra i concetti di soggettivo e oggettivo (Kuhn, 2012). Poiché con le ricerche di Boltzmann, Poincaré ed Einstein le scienze sono considerabili soggettive di per sé, è necessario definire il nuovo ruolo dello scienziato e del progettista in ogni processo di modellazione che è soggetto a una qualche forma di 'riduzionismo creativo' come evidenziato da John Holland (1995, 2000; Dye and Flora, 2015).

Il processo di 'riduzionismo creativo' segue parzialmente le linee guida del 1637 di Descartes (2014) e Deleuze (2004) nel campo della

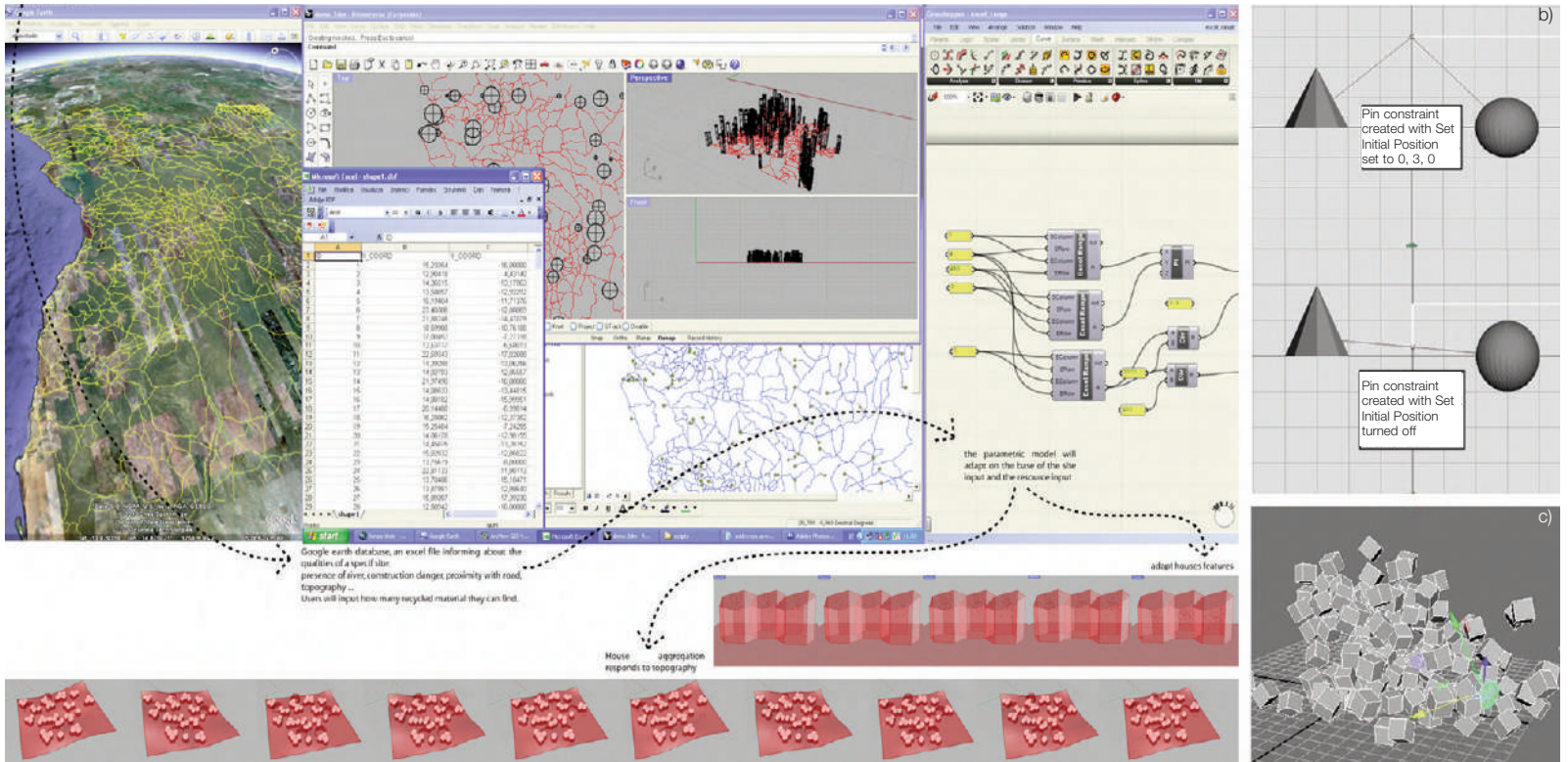


Fig. 1 | WDN process constraints: implementation of a nodal software to multiscale project 'Adaptable House for Luanda' project develop a detail (credit: C. Tiazzoldi, 2009); pin constraints; dynamic system created by a network of volumes connected by pins constraints (credits: T. Palamar, 2016).

filosofia, di Munari (1981) e Cache (1995) in architettura e design, di Holland (1995), Prigogine (1980) e di Bertuglia (Bertuglia and Vaio, 2005) nel campo delle scienze della complessità. Il processo di 'riduzionismo creativo' può essere strutturato integrando le regole di Descartes e quelle di Deleuze. Per Descartes esistono quattro regole: «[...] La prima è di non accogliere mai nulla per vero che non conoscessi essere tale per evidenza: di evitare, cioè, la precipitazione e la prevenzione; e di non comprendere nei miei giudizi nulla di più di quello che si presentava così chiaramente e distintamente nella mia intelligenza da escludere il dubbio. La seconda di dividere ogni problema in tante piccole parti minori quante fosse possibile e necessario per meglio risolverlo. La terza di condurre con ordine i miei pensieri, cominciando dagli oggetti più semplici e più facili da conoscere per salire poco a poco, come per gradi, sino alla conoscenza dei più complessi; e supponendo un ordine anche tra quelli di cui gli uni non precedono naturalmente gli altri. Infine, di far dovunque enumerazioni così complete, e revisioni così generali, da essere sicuro di non aver ommesso nulla» (Descartes, in Munari, 1981, p. 7).

Per Deleuze esistono tre regole: «1. Designation or denotation, which is the relation of a proposition to an external situation (theory of reference, with its criterion of truth or falsity). 2. Manifestation, which marks the relation of the proposition to the beliefs and desires of the person who is speaking (with its values of veracity or illusion). 3. Signification or demonstration, which is the relation of the proposition to other propositions (the domain of logic, with its relations of implication and assertion)» (Smith and Protevi, 2018).

Quando applicato alle scienze cognitive, il 'riduzionismo creativo' consiste nello scomporre alcune condizioni ambientali apparentemente intangibili (Tiazzoldi, 2018) e nel tradurle in unità elementari, attributi e 'building blocks' o parti essenziali riutilizzabili. Secondo Holland (1995) – riconosciuto dalla comunità scientifica come il padre degli algoritmi genetici – è possibile scomporre una scena 'non familiare' in un insieme di elementi conosciuti (alberi, edifici, persone, animali, ecc.), identificando la logica che li relaziona; sempre secondo lo scienziato americano questa rapida scomposizione di immagini complesse in 'building blocks' familiari non può ancora essere simulata con i computer (Fig. 2a). Anche nella letteratura, Italo Calvino (1988) approccia le sue opere con una forma di 'riduzionismo creativo', sintetizzando la scrittura in cinque proprietà: leggerezza, rapidità, esattezza, visibilità e molteplicità.

Quando applicato all'architettura e al design, il 'riduzionismo creativo' consiste nello scomporre una data realtà in un insieme di unità elementari quali pareti, finestre, aperture, pannelli e loro attributi quali spessore, lunghezza e rotazione nello spazio, scala, posizione ma anche riflettività, trasparenza, porosità e assorbimento acustico (Tiazzoldi, 2016): il 'riduzionismo creativo' è quindi un atto che consente di affrontare un determinato problema esplorando nuove frontiere del 'misurabile', approccio condiviso anche da Bruno Munari (1981) quando richiama le quattro regole cartesiane per dividere ciascuna delle difficoltà in esame in quante più parti possibili e necessarie per la sua soluzione adeguata.

All'interno della metodologia WDN, si prevede quindi di 'ridurre' o tradurre un determinato problema in una serie di proprietà spazia-

li, trasformandole in attributi-input (dimensioni, spessore, trasparenza, colore, altezza, posizione nello spazio, ecc.) che possono essere manipolati e che determinano le prestazioni qualitative e quantitative del progetto, e di 'comporre' tali elementi secondo una serie di regole che li relazionano (ritmo, distanza relativa, ripetizione, rototraslazione, ecc.), il tutto attraverso le interfacce dei software di modellazione (Fig. 2b).

Un caso studio senza scala: Napoleone | Un caso studio, sviluppato dall'autrice nel 2001 in un contesto educativo, illustra l'efficacia della metodologia WND nell'elaborazione di modelli anche in assenza di scale di riferimento. Il caso Napoleone implementa infatti i WDN in una sequenza storica descritta nel libro di Max Gallo (1997) dal titolo *Napoleon – L'Empereur des Rois*. La Figura 3 illustra una sequenza di sette fotogrammi rappresentanti un insieme di 'corpi rigidi', 'attivi' e 'passivi', ovvero due cubi e sette sfere. Il cubo grigio è un 'corpo rigido passivo' e rappresenta il desiderio di Napoleone di creare un Impero e una dinastia. Mentre il testo sul lato sinistro riporta alcuni momenti storici salienti della vita di Napoleone, i sette fotogrammi sul lato destro ne restituiscono la variazione del modello WDN nel tempo. Il cubo nero rappresenta Napoleone ed è un 'corpo attivo' poiché la sua posizione può variare rispetto agli altri volumi. Anche le sfere sono 'corpi attivi' e rappresentano le diverse Istituzioni o forme di potere (militare, culturale, politico, legale, religioso e genealogico). Tutti i volumi possono convergere verso il cubo grigio; alcuni hanno un campo di gravità positivo e tutti sono collegati tramite vincoli nodali qualificati dalla lunghezza e dalla rigidità delle singole connessioni.

La sequenza riportata si riferisce agli anni 1806-1809. Nel 1806, Napoleone si autoproclama Imperatore di Francia e l'unico tassello mancante per creare una dinastia è un erede. Napoleone è sposato con Giuseppina Beauharnais la quale però non può avere figli. Poiché la religione non consente il divorzio, nel 1809 Napoleone arresta il Papa, divorzia da Giuseppina e sposa Maria Luisa, dalla quale, nel 1809, ha un figlio: il Re di Napoli. Il caso studio mostra come i WDN possano rappresentare anche un particolare momento storico definendo relazioni e criteri e seguendo la metodologia dello studioso francese Fernand Braudel (1953), uno dei primi storici ad avere inserito, in qualità di Direttore degli Annali Storici Francesi, un approccio nodale alla lettura della storia.

Implementazione dei WDN nell'architettura | Prendendo come riferimento uno dei più diffusi manuali di progettazione, l'Enciclopedia Pratica per Progettare e Costruire, pubblicato nel 1936 da Ernst Neufert (2013), è possibile rintracciare similitudini metodologiche con l'idea di 'tipo' e di 'differenza e ripetizione', di 'classificatore di immagini' e di 'elementi ripetibili' analizzati nei paragrafi precedenti. Il Manuale esplora la progettazione a diverse scale, dal 'nano' dei materiali al 'mega' della città (Fig. 4), evidenziando le relazioni tra corpo umano e spazio: le tipologie si presentano come 'tipo' riconducibile a uno schema generale, le specifiche tecniche sono determinate dall'ergonomia (ad esempio la distanza tra i letti in un ospedale è correlata all'accessibilità dei macchinari e del personale medico); i mobili e lo spazio operativo che li circonda possono essere assimilati ai 'building blocks' architettonici e alle 'unità ripetibili'. Dall'aggregazione degli arredi fino a quella delle unità ambientali, correlate dai diagrammi di flusso, si perviene a un insieme via via più complesso fino alla definizione

ne dell'intero edificio. Invece di relazionarsi con la forma degli edifici, Neufert propone diagrammi di relazione, 'bubble diagram', in cui i vettori sono più rilevanti delle rispettive posizioni nello spazio. All'inizio di ogni capitolo, Neufert descrive le caratteristiche di un determinato 'tipo' – edifici per uffici, ospedali, abitazioni, ecc. – proponendo poi alcune varianti per l'adattamento a contesti diversi: in questo modo, ricrea il 'classificatore di immagini' o i 'building blocks', suggerendo come combinarli in modi diversi.

I WDN applicano la stessa metodologia di Neufert implementandola con uno strumento digitale che agisce in modo euristico e non deterministico. Volumi e vettori sono elementi con cariche positive o negative che si attraggono o si respingono, possono essere visibili o invisibili, compenetranti, accostati o isolati, possono modificarsi con le normative, la topografia, l'illuminazione, il budget a disposizione, ecc., simulando gli effetti delle variazioni di un singolo attributo sull'insieme e gestire l'evoluzione del progetto nel tempo.

Toolbox ex Area OSI-Ghia a Torino: 20.000 mq | L'esempio di Toolbox, ex-Area OSI-Ghia, è uno dei casi studio più rilevanti sviluppati dall'autrice applicando la metodologia WDN. Situato nella Città di Torino, Toolbox è un edificio industriale di 20.000 mq, realizzato per attività a supporto di fabbriche automobilistiche come Fiat e Lancia; diventato successivamente un Centro Uffici, principalmente destinato alle filiali secondarie delle aziende, è entrato in disuso alla fine degli anni '90 quando la recessione economica ha costretto la maggior parte delle imprese internazionali a ridurre il numero di uffici e di dipendenti.

Nel 1990 la proprietà dell'immobile ha chiesto all'autrice, in collaborazione con gli architetti Fogli e Mellano, di elaborare una proposta di rigenerazione dell'area che contemplasse anche il coinvolgimento di una serie di immobili

circostanti tra cui l'Istituto Europeo di Design per il cui progetto era stato incaricato Mario Cucinella. I nuovi partners sono stati promotori di una variante urbanistica che prevedeva il ridisegno complessivo dell'area urbana e nuove destinazioni tra cui il residenziale (anche per studenti), il terziario e i parcheggi. Il modello concettuale eseguita con i WDN è stato strutturato con elementi che avrebbe potuto cambiare, incluse le strade locali (concepite come dei 'corpi rigidi attivi' con l'unico vincolo della giacitura sul piano preesistente) e le residenze, che avevano un vincolo unidirezionale potendo muoversi solo sull'asse verticale; le nicchie invarianti, riportate nel modello come 'corpi rigidi passivi', erano rappresentate da una rotonda che garantiva l'accesso all'area e a un cavalcavia. La proposta è stata comunque scartata a causa degli elevati costi d'intervento e dell'incertezza che presentava l'iter amministrativo e autorizzativo da parte del Comune (Fig. 5, 6).

Nel 2002 la proprietà ha richiesto di studiare altre ipotesi progettuali circoscritte alla sola area in suo possesso. La nuova proposta è stata elaborata utilizzando i concetti di 'tipo', 'classificatore di immagini', 'building blocks' e 'unità ripetibili', e avviando una tassonomia di spazi generici che avrebbero potuto adattarsi a nuove destinazioni tra cui un centro commerciale, un cinema multisala e un centro fitness. Ma gli incontri con i potenziali investitori (tra cui la Virgin Active) hanno evidenziato come l'impossibilità di modificare la rotonda di accesso impedisse di soddisfare i requisiti richiesti dalle normative sul pubblico spettacolo e antincendio per il deflusso rapido e in sicurezza degli utenti. La mancanza di investitori ha così portato l'autrice a introdurre nuovi vincoli nel modello, tra cui il riutilizzo degli edifici esistenti, il controllo del budget e lo sviluppo per fasi. Il nuovo modello, strutturato con diverse unità indipendenti che avrebbero potuto ampliarsi e interconnettersi in futuro, ha comunque previsto altri vincoli

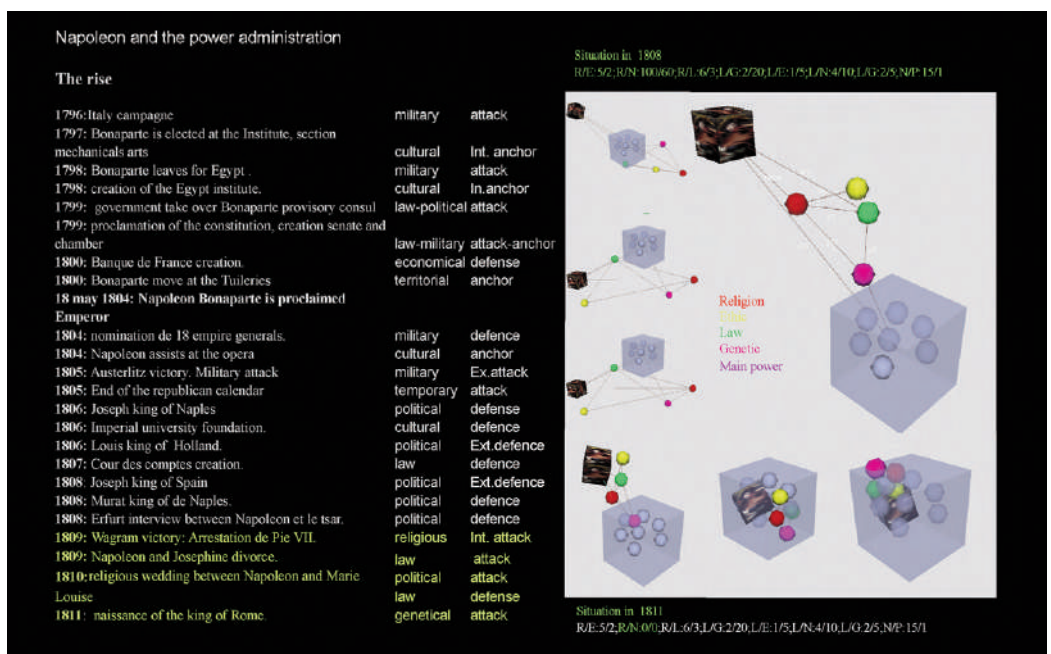
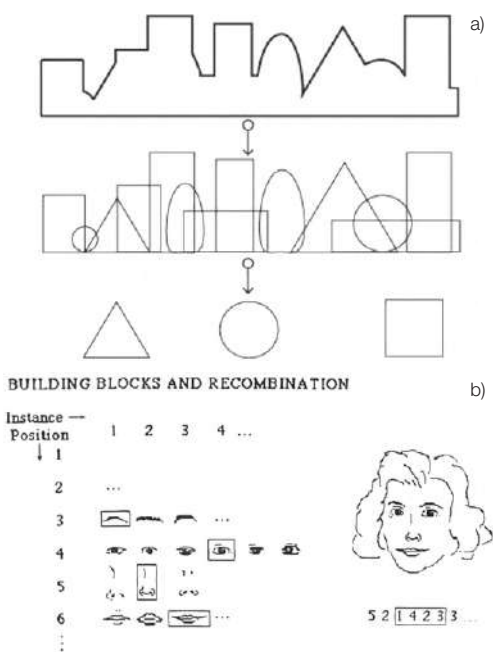


Fig. 2 | Creative reductionism (element, composition of element, structure) by Caterina Tiazzoldi (2008); combinatorial procedure by John Holland (1995).

Fig. 3 | Weighted Dynamic Networks applied to Napoleon case study (credit: C. Tiazzoldi, 2001).

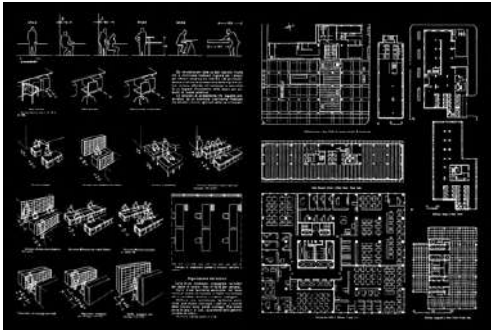
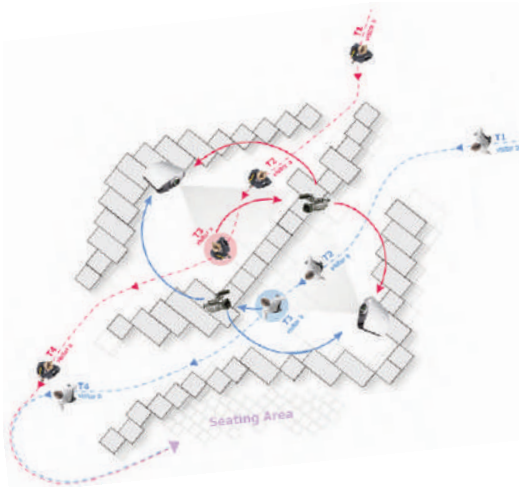


Fig. 4 | Ergonomics furniture and operational spaces around them and implementation of the aggregation in different site configurations (source: E. Neufert, 1936); WDN translating vectors and movements into 'Social Cave' spaces (credit: C. Tiazzoldi and GSAPP, 2011).

rappresentati come 'corpi passivi' tra cui la posizione della strada, le vie carrabili e gli accessi pedonali, e la gestione degli ambienti presenti in un piano interrato di 6.000 mq che, per l'assenza di luce naturale, risultavano prevalentemente adatti alle funzioni di auditorium, sale conferenze e sale di registrazione (Fig. 7).

La prima fase operativa ha interessato la zona di accesso all'IOS Office Center attraverso una 'leggera' ristrutturazione della hall, così come richiesto dalla proprietà, seppur l'autrice avesse non pochi dubbi sul mantenimento della destinazione a uffici in ragione del fatto che fosse possibile lavorare in remoto da qualsiasi luogo utilizzando un semplice laptop e una rete Wi-Fi. In effetti, dopo la prima fase in cui il lavoro da casa appare come una vera alternativa al tradizionale ambiente di lavoro, le persone riscoprono la necessità di spazi dedicati alle attività lavorative per soddisfare le necessità di socializzazione, di apparire più professionali (agli occhi di altre persone ma soprattutto ai propri occhi) e di non trascorrere 24 ore nello stesso posto. Toolbox risponde a tutte queste esigenze, rivolgendosi a una nuova generazione di architetti professionisti, web designer, artisti, avvocati, commercialisti e imprese (Fig. 8).

Grazie alla metodologia WDN, Toolbox è il risultato dell'ibridazione di uno spazio di lavoro tradizionale europeo organizzato in piccoli uffici e di un open space americano del dopoguerra. Toolbox, che propone un nuovo approccio al lavoro, è concepito come un incubatore professionale, uno spazio in cui gli utenti possano contribuire attivamente alla definizione di una nuova identità imprenditoriale per Torino. Dal punto di vista funzionale, l'intervento ha previsto la trasformazione di un ufficio tradizionale (suddiviso in stanze) in un vasto spazio aperto con 44 postazioni di lavoro individuali, intervallate da aree comuni tra cui sale riunioni, sale stampanti e spazi informali, mantenendo intatta e visibile la struttura originaria in cemento armato. L'edificio principale è diviso in due parti: il lato lungo con le finestre è utilizzato per le postazioni coworking, mentre sul lato opposto un corridoio collega cinque scatole chiuse che contengono i servizi funzionali (cucina, sale riunioni, cassette postali, bar, ecc.), concepiti essi stessi come 'strumenti di lavoro'. L'edificio industriale secondario ospita poi il salone e un'area relax mentre altri spazi di servizio (ad es. la



caffetteria) sono chiusi in scatole funzionali.

Il processo di progettazione adattiva tramite i WDN ha quindi caratterizzato l'intervento di riuso degli spazi industriali; un'attenta lettura del progetto Toolbox chiarisce il passaggio all'altra dimensione del concetto di 'differenza e ripetizione' nella quale è implementato un metodo di progettazione generico per rispondere rapidamente alle specifiche esigenze dell'utente e alle variazioni di programma.

Base Milano: 12.000 mq | Base Ex Ansaldo può essere considerato un caso di evoluzione del concetto di 'differenza e ripetizione' nonché una variazione del progetto Toolbox. In effetti, valutando il suo impatto sulla stampa internazionale, sui quotidiani nazionali (Demurta, 2010), sui testi scientifici (Chiorino, Fassino and Milan, 2015; Leydecker 2013) ma anche su blog, riviste specializzate (Tiazzoldi, 2013) o sulla formazione universitaria (Ponchio and Cossa Majno di Capriglio, 2017), Toolbox può essere considerato un nuovo 'tipo' architettonico che ha creato le basi per un nuovo approccio al riuso di edifici industriali per investitori diversi e funzioni differenti (spazi a uso misto e per il coworking, spazi pubblici e riservati per uffici, anche caratterizzati dall'implementazione di tecnologie intelligenti, flessibilità d'uso e adattabilità funzionale ai piani aziendali). Inoltre, richiamando il libro di Prigogine (1980) *From Being to Becoming*, Toolbox rappresenta un modello di progettazione evolutiva, capace di integrare nel tempo nuovi 'building blocks' (il Fab Lab, Arduino, il Full Lab del Politecnico di Torino), di far coesistere spazi diversi per differenti modelli d'impresa e di costituire presupposto per la partecipazione ad alcuni bandi pubblici (Fig. 9).

Lo Stabilimento è stato costruito da un'impresa meccanica agli inizi del Novecento ed è stato acquistato negli anni '60 dall'Ansaldo per la produzione di locomotive, carrozze ferroviarie e tramviarie. A partire dagli anni '70, a causa dell'evoluzione del sistema produttivo, le fabbriche sono state abbandonate. Nel 1990 il Comune di Milano ha acquisito il Complesso Ansaldo avviando un processo per riqualificare l'area a uso culturale che ha visto insediarsi nel 1994 i Laboratori della Scala e nel 2015 il MUDEC - Museo delle Culture. Nel 2014, a seguito di un bando pubblico, gli spazi sono stati as-

segnati a un gruppo di imprese sociali formato da Arci Milano, Avanzi, esterni, H+ e Make a Cube3. Base è oggi un interessante progetto di contaminazione culturale tra arti, imprese, tecnologia e innovazione sociale, capace di stimolare nuove riflessioni per la città del XXI secolo, creare nuove connessioni tra arti, discipline e linguaggi, sostenere il ruolo di Milano tra le grandi capitali della produzione creativa. Il progetto si traduce in 12.000 mq di laboratori, spazi per esposizioni, spettacoli, workshop e conferenze, una grande sala studio e residenze per artisti (Base, 2014; Fig. 10).

Nel 2016, l'autrice è stata chiamata dalla proprietà come consulente esperta di spazi ibridi e hub creativi, (affiancando lo studio Onsite incaricato del progetto) per studiare la flessibilità degli spazi in relazione ai possibili sviluppi futuri delle aziende, in ragione del fatto che gli incubatori professionali e gli hub avviati dapprima con finanza pubblica o senza scopo di lucro spesso si trasformano in imprese e fondazioni di profitto con mutate esigenze. In Base Milano, in cui ogni piano dell'edificio lungo 300 metri avrebbe potuto essere diviso per essere affittato a diverse società, la consulenza prevedeva anche l'individuazione del sistema dei percorsi orizzontali e verticali, in particolare una scala esterna e un ascensore Schindler a cui erano riservati una parte consistente del budget.

Nel caso Base, l'autrice ha applicato la mappatura WDM dei 'corpi passivi' a strade, accessi e percorsi di distribuzione al primo piano. In effetti, il primo piano ha rappresentato una fonte di reddito rilevante, grazie all'utilizzo come fiera temporanea durante la settimana del design e della moda che si tiene ogni anno nella zona di Tortona. La scala, i condizionatori (con un volume di mc 260,00), la caffetteria sul tetto destinato a spazio per feste ed eventi, e i montacarichi per la movimentazione dei materiali pesanti dei laboratori, sono tutti interconnessi e sono inseriti nel modello come 'corpi rigidi attivi' che si muovono nello spazio, seppur con gradi di libertà differenti (Fig. 11). Nel progetto, una particolare attenzione è stata data alla compenetrazione di spazi privati e di coworking mentre la forma degli uffici privati, originariamente concepita come cubi poligonali collegati alle finestre, è stata ridisegnata. Richiamando il concetto del 'riduzionismo creativo', ai cubi, inizialmente concepiti come quattro punti collegati con linee e quindi estrusi, è stato aggiunto un punto di controllo (per ogni linea) che potesse muoversi liberamente nello spazio; di conseguenza le stanze degli uffici, anziché semplici cubi situati lungo le pareti sono diventati elementi spaziali che conformano le aree comuni, comprimendone o dilatandone lo spazio secondo le esigenze di privacy.

Illy Shop: 35 mq | Un altro caso studio riguarda la scala dell'interior design. Il Flag Store della Illy S.p.A., situato a Milano nella Galleria San Carlo vicino al Duomo, è arredato solo con cubi bianchi, dimensionati per collocare all'interno le scatole di caffè e le macchine per il caffè espresso. Richiamando Frearson (2011), il concept è quello di un negozio 'ricongfigurabile', un 'tipo' caratterizzabile dalle infinite combinazioni di elemento singolo: il 'cubo' con una base

(esterna) quadrata di cm 45x45 (Kottas, McBride and Ferguson, 2014; Figg. 12, 13). Tramite la metodologia WDN, il protocollo di massing è stato sviluppato per esporre prodotti di diverse dimensioni e per collegare tra loro le diverse funzioni nello spazio; tutto richiama il modulo: un bancone, un tavolo da degustazione e persino i bidoni della spazzatura sono ricavati dai cubi, così come l'illuminazione del negozio.

Conclusioni | I casi studio illustrati rappresentano un'occasione per stimolare il dibattito sulle metodologie di progettazione. I progetti di Toolbox e Base Milano dimostrano che la metodologia WDN, in quanto strumento euristico multi-scala a supporto della progettazione nei settori dell'architettura e dell'interior design, è in grado di gestire e simulare l'evoluzione nel tempo di un determinato spazio. Seppur software nodali e WDN siano validi strumenti alla progettazione concettuale, non sono comunque esenti da limitazioni. In progetti complessi ed estesi, il peso del file aumenta considerevolmente, il modello diventa poco gestibile e richiede un'estrema semplificazione. Tuttavia, tale metodologia, se usata in maniera appropriata, può anche lavorare simultaneamente a scale diverse.

Sviluppi futuri della metodologia WDN possono riguardare certamente una progettualità multi-scala, da quella paesaggistica a quella del design: in tal senso, la prima sperimentazione riguarda le otto sculture d'arte pubblica collocate nello Starlight Park, recentemente ricollocato, nel Bronx di New York (Fig. 14). Il Bronx è uno dei cinque distretti di New York che ha la quarta estensione più grande, la quarta popolazione e la terza densità di popolazione più alte. Associato ad abitanti a basso reddito e rinomato come un quartiere pericoloso e socialmente critico (per lo spaccio di sostanze stupefacenti, per l'elevato consumo di alcol e per la prostituzione), negli ultimi vent'anni il Bronx ha visto sviluppare diversi progetti per rigenerarlo attraverso l'educazione e l'arte.

Le otto sculture, realizzate in collaborazione con il Bronx River Art Center e con lo studio Khan, sono state collocate nell'area ricreativa dello Starlight Park all'interno di un sistema nodale, una rete di opere d'arte che consente ai cittadini di muoversi all'interno del parco e vedere sempre simultaneamente almeno due sculture, creando una continuità visiva e una sensazione di sicurezza per le giovani famiglie e per tutti gli utenti. Tra le diverse sculture, la Mathematical Belonging – progettata dall'autrice con Eduardo Benamor Duarte – è un'opera concepita con la metodologia WDN nella quale la possibilità di produrre un elevato numero di varianti ha permesso di integrare nel ciclo delle iterazioni un consistente numero di vincoli (ad esempio, una distanza tra i pannelli tale da garantire da un lato l'introspezione visiva dall'altro la sicurezza dei bambini, un costo di realizzazione definito, un peso contenuto per il trasporto a mano, un semplice sistema di assemblaggio per persone non esperte, quali i componenti della comunità locale, ecc.) e di dar vita a una variabilità di funzioni: dalla reception per eventi al laboratorio per il Bronx River Art Center BRAC, dal piccolo rifugio al parco giochi nel

quale gli utenti possono entrare e interagire apprendendone la geometria. La forma curva che caratterizza la scultura produce un senso di appartenenza alla comunità del Bronx favorendone l'avvicinamento alla cultura, alle scienze e al paesaggio naturale e urbano.

The ambition to define a design methodology applicable to different scales frequently appears into architects' works and researches: in Le Corbusier Manifesto From the Cell to the City (Le Corbusier, 1925), Ernesto Nathan Rogers From the Spoon to the City, and Rem Koolhaas S,M,L,XL (Koolhaas and Mau, 1995). As well as in the so-called 'digital era', starting in the late 80s, architects engaged the topic of scale-less design (Lynn, 1988; Eisenman, 1999; Wolfram, 2002). The paper will illustrate the Weighted Dynamic Networks (WDN) methodology as a tool, developed by the author, having the capacity to be structural and specific at the same time. The author will first compare Carlos Marti Aris' definition of 'type' (Marti Aris, 1993) and Bernard Cache's concept of 'framing and deframing' (Cache, 1995).

The selection of the two references aims to eradicate the idea that digital methodologies are different from modern architecture's ones. Bernard Cache was chosen because his essay on digital architecture was one of the firsts published and because of his collaboration with the philosopher Gilles Deleuze. In effect, Deleuze's influence reaches, besides philosophy, researchers in architecture, urban studies, geography, film studies, musicology, anthropology, gender studies and literary studies. In both authors, it is possible to see the coexistence between a structural scale-less and site-less design approach and the possibility to become specific via difference and variation. The proposition to define 'types of multiplicities' replaces the dichotomy between 'the one and the many'.

Type as Structural Design | Marti Aris defines 'architectural type' as a concept, a formal structure, an analytical key leading to the peculiarity and specificity of the project. 'Type' exists from the moment in which we recognize the existence of 'structural similarities' between architectural objects, beyond their differences on the most apparent and superficial level. This principle – the 'type' – fosters the problem of form in terms of maximum generality (beyond eras and styles). 'Type' is not a mere classification; it describes differential features and establishes a 'classifier' of differences. According to Marti Aris (1993), differently from style, 'type' expresses the permanence of essential aspects and highlights the variable attributes of the formal structures. Furthermore, Marti Aris's defines 'type' as a structural mind-setting, such a fundamental tool can blend with the site and cultural specificities via a contextualization process.

Similarly, Cache envisions the idea of 'deframing' as a scale-less and site-less instrument and 'framing' as a scale and time-sensitive procedure. Bernard Cache (1995) defined the concept of 'framing and deframing' inspired

by the Plane of Immanence defined in the late 80s by the philosophers Deleuze and Guattari (2017). Furthermore, Cache anticipated the topological approach (Lynn, 1998), the architectural implementation of the philosophical diagram concept (Eisenman, 1999), the genetic algorithms and complex adaptive systems in the field of sciences of complexity (Nicolis and Prigogine, 1992; Holland, 2000) which are structural mind-settings becoming specific during the 'framing phase'.

From Generic to Specific | After exposing the value of a generic, systemic approach, the following step is how to move from an abstract 'unframed' context to a specific 'framed' one. The emerging problem is how to control the adaptation to different conditions. In Earth Moves

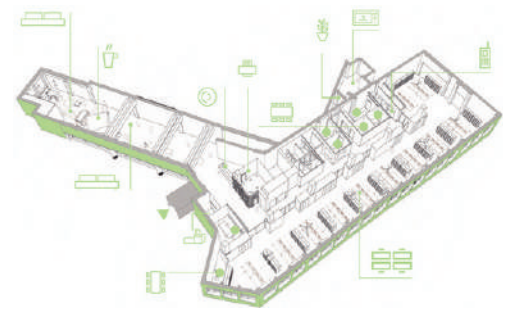


Fig. 5 | 'Toolbox Office Lab and Coworking' (credit: C. Tiazzoldi, 2010).

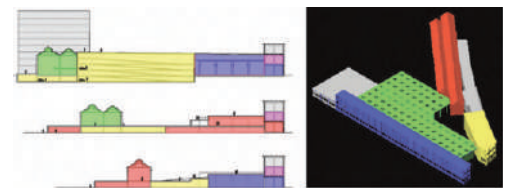


Fig. 6 | 'Toolbox Office Lab and Coworking', phases 1-2: massing model (credits: C. Tiazzoldi, 2002, 2011).

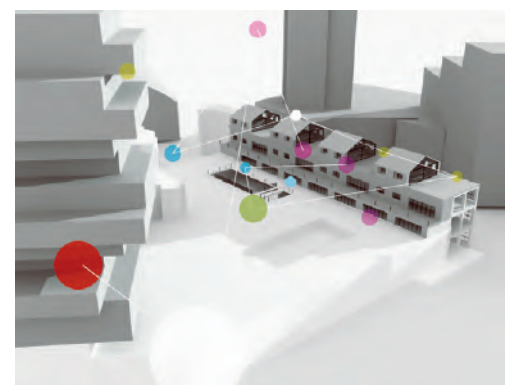
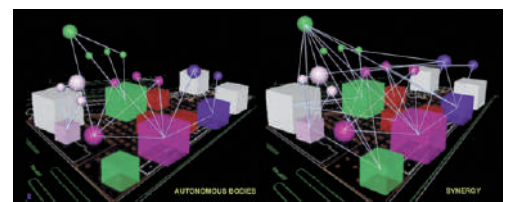


Fig. 7 | WDN applied on Toolbox, scheme phase 1-2 and massing model (credits: C. Tiazzoldi, 2002, 2011).



Fig. 8 | 'Toolbox Office Lab and Coworking', phase 3, built (credits: S. Pellion di Persano, 2010).

Fig. 9 | 'Toolbox Office Lab and Coworking' further developments: 'Full Future Development Urban Legacy' Lab of the Polytechnic of Torino (credit: M. Rapelli, 2017); Fab Lab (credit: C. Griffa, 2012); Toolbox rooftop; Auditorium below the sqm 6,000 cement platform (credit: Toolbox, 2013).

introduction, Michael Speaks (1995, p. ix) affirms that «Cache envisages a universe where objects are not stable but may undergo variations». The variation idea recalls the Deleuzian concept of 'difference and repetition': «Normally, difference is conceived of as an empirical relation between two terms which each has a prior identity of its own ("x is different from y"). Deleuze inverts this priority: identity persists but is now a something produced by a prior relation between differentials (dx rather than not- x)» (Smith and Protevi, 2018). By recalling Marti Aris's concept, 'type' – differently from style – describes differential features and establishes a 'classifier' of the different images.

Weighted Dynamic Networks | In the last 30 years, the development of digital tools permitted to implement the concept of repetition, variation and diversity to various disciplines. It became a powerful tool to explore difference without the economic impact of making several prototypes. The Architecture Non-Standard exhibition at the Pompidou Centre in Paris in 2003 (Migayrou, 2003) exposed the potential of the application of digital devices into architecture. Although, at the beginning of such experimentation, the profile was more speculative than practical. In the following years, the research on the field progressed in different directions – manufacturing, technical and formal. In this paragraph, the author will expose the Weighted Dynamic Networks (WDN) methodology – based on nodal software such as Maya, Grasshopper – developed as a co-founder and Director of the research Lab Non-Linear Solutions Unit at Columbia University.

Nodal software permits to connect 3D modelling data and to manipulate a file according to a given set of attributes (Fig. 1a). They are usu-

ally applied to animations for cartoons, movies, and advertisements. By applying such tools, it is possible to create the movement of the characters, to simulate a fire, a tsunami, etc. They permit to dynamically connect item to item, enabling them to evolve over time. In Mastering Autodesk Maya 2016, Palamar (2016) describes how pin constraints permit to connect two volumes with a dynamic relationship. Pin constraints link two or more rigid bodies. By defining the connection length, the level of attraction or repulsion between two or more elements and by setting some attributes such as strength, distance, compenetration, positive and negative mass, and an initial position, it is possible to create a relationship-based evolutive model. Pin constraints (used for example to simulate links in a chain or robotic arm) can connect 'active bodies' and 'passive bodies' (Palamar, 2016; Fig. 1b): while 'active bodies' have the faculty to move in space, 'passive' ones never change their status.

It is also possible to apply the method of pin constraints to architecture, referring to a particular volume to specific architectural and urban standards (Neufert, 2013) or regulations. For example, 'compenetrating attributes' can be understood as spatial compatibility between functions: a kitchen is compatible with a dining room and a living room, however, it is not compatible with a bathroom. Compenetrating volumes allow to combine activities and spaces by reducing or increasing surfaces and positions. Eventually, but not necessarily, pin constraints can be removed by the designer. Figure 1c represents an Autodesk example. The volumes are 'active rigid bodies' and are connected by pin constraints and converge in a unique area. The pin constraints have a rigidity and a length that can approach or distance

bodies one from each other according to the inputs and attributes inserted by the modeler. Unlinked volumes move independently. In this specific figure, the designer attributed a negative charge to the mass rather than a positive, therefore, volumes repel each other.

This example of relationship between masses is also applicable to the various design scales: parks and waterways are 'active bodies' on the landscape scale, as well as the surrounding streets and buildings at the urban one, while they are not on the architectural scale; in interior design, the external perimeter is invariable and therefore is a 'passive body'.

Creative Reductionism Models Implementation

The evaluation of the potential use of pin constraints and nodal-based software leads to the exploration of the limit between the deterministic parts of the modelling process and the subjective ones. Differently from the deterministic approach (Wolfram, 2002; Schumacher, 2009, 2016), WDN requires a subjective decision-making process. According to the Nobel Prize Ilya Prigogine (1980), the transition from the determinist paradigm to the science of complexity implies a radical attenuation of the distinction between hard sciences (mathematics, physics) and soft sciences (biology, social sciences and architecture). Such a paradigmatic switch (Kuhn, 2012) blurred the limit between subjective and objective. In fact, after Boltzmann, Poincaré, Einstein, sciences became subjective 'per se'. Hence it is necessary to clarify the role of the scientist and designer in every modelling process, a form of 'creative reductionism' according to Holland's definition (Holland 1995, 2000; Dye and Flora, 2015).

'Creative reductionism' recalls Descartes (2014) and Deleuze (2004) methodological guide-

lines in the field of philosophy, Munari (1981) and Cache (1995) in architecture and design, Holland (1995), Prigogine (1980) and Bertuglia (Bertuglia and Vaio, 2005), in the field of sciences of complexity. The method can be considered as a balance between Descartes' rules and Deleuze's ones. For Descartes there are four rules: «[...] the first is to never accept anything for true which I did not clearly know to be such; that is to say, carefully to avoid precipitancy and prejudice, and to comprise nothing more in my judgement than what was presented to my mind so clearly and distinctly as to exclude all ground of doubt. The second, to divide each of the difficulties under examination into as many parts as possible, and as might be necessary for its adequate solution. The third, to conduct my thoughts in such order that, by commencing with objects the simplest and easiest to know, I might ascend by little and little, and, as it were, step by step, to the knowledge of the more complex; assigning in thought a certain order even to those objects which in their nature do not stand in a relation of antecedence and sequence. And the last, in every case to make enumerations so complete, and reviews so general, that I might be assured that nothing was omitted» (Descartes in Watson, 2020).

For Deleuze there are three rules: «1. Designation or denotation, which is the relation of a proposition to an external situation (theory of reference, with its criterion of truth or falsity). 2. Manifestation, which marks the relation of the proposition to the beliefs and desires of the person who is speaking (with its values of veracity or illusion). 3. Signification or demonstration, which is the relation of the proposition to other propositions (the domain of logic, with its relations of implication and assertion)» (Smith and Protevi, 2018).

When applied to cognitive sciences, 'creative reductionism' consists in analysing some of the environmental conditions and in translating them into adjustable elementary units: attributes and 'building blocks' – reusable categorical parts. According to Holland, it is possible to fragment a non-measurable item, into a set of numeric data and to identify the logic connecting them and transforming them, to change the non-measurable into something measurable «[...] trees, buildings, automobiles, other humans, specific animals, and so on. This quick decomposition of complex visual scenes into familiar building blocks is something that we cannot yet mimic with comput-

ers» (Holland, 1995, p. 24; Fig. 2a). In literature, Italo Calvino (1988) approaches his works with a form of creative reductionism; writing is 'reduced' into five properties: lightness, speediness, exactitude, visibility, and plurality.

When applied to Architecture and Design, 'creative reductionism' phase consists in decomposing a given reality into a set of elementary units: walls, windows, openings, slabs and their attributes such as thickness, length, and XYZ rotation, scale, position in addition to reflectivity, transparency, porosity and sound absorbance (Tiazzoldi, 2016). 'Creative reductionism' permits to approach a given problem by unfolding new fields of the measurable, an approach also shared by Bruno Munari (1981) when he refers to the four Cartesian rules to divide each of the difficulties under consideration into as many parts as possible and necessary for its adequate solution.

In the WDN methodology, it is therefore expected to 'reduce' or translate a problem into a series of spatial properties, transforming them into input-attributes (dimensions, thickness, transparency, colour, height, position in space, etc.) that can be manipulated and that determine the qualitative and quantitative performance of the project, and to 'compose' these elements according to a series of rules that establish a relation between them (rhythm, relative distance, repetition, rototranslation, etc.), all through the interfaces of the modeling software (Fig. 2b).

Scale-less Napoleon case study | The Napoleon Case, developed in 2001 in the educational context, implements the WDN to a historical sequence described in Max Gallo (1997) book: *Napoleon – L'Empereur des Rois*. The scheme represents a seven frames sequence of a set of active, or passive rigid bodies: two cubes and seven spheres. The grey cube is a passive rigid body and represents Napoleon's ambition to create his empire and dynasty. The text on the left-side of Figure 3 analyses with the WDN some historical data. The seven frames on the right-side represent this historical moment. The black cube represents Napoleon as an 'active rigid body' in the model – its position can vary in relation to the other objects. The spheres are 'active rigid bodies' and symbolize the different institutions or form of power (military, cultural, political, legal, religious, and genealogical). All objects can compenetrare the grey cube. Some of them have a gravity field and are connected with pin connections defined by their length and rigidity.

The sequence relates to the years 1806-1809. In 1806, Napoleon proclaimed himself Emperor of France; at that time, the only missing dowel to create his dynasty was an heir. At that time, Napoleon was married to Josephine Beauharnais from whom he could not have a child. At that time, the religion would not allow divorce. Therefore in 1809, Napoleon arrested the Pope, divorced from Josephine, and married Marie Louise. In 1809, he had a son: The King of Naples. The case study shows how WDN can also represent a historical moment by applying the criteria-based approach that we can find in the work of the French Historian Fernand Braudel (1953), one of the first historians to have applied, as Director of the French Historical Annals, a nodal-based historical reading.

Implementation of WDN to architecture

| By taking as a reference one of the most classic design manuals *Architects Data* published in 1936 by Ernst Neufert (2013), it is possible to identify methodological similarities with the logic of 'difference and repetition', 'image classifier', repeatable component analysed in the previous paragraphs. The manual explores the multiscale design, approaching architecture from the 'nano' of the materials to the 'mega' of the city (Fig. 4), highlighting the relation between human body and space: typologies appear as a general scheme 'type' while specification always starts from ergonomics (for example, the distance between beds in a hospital related to machinery accessibility and medical assistance); furniture and operational space around them can be considered as the basic 'building blocks' and 'repeatable units'. The furniture aggregation and flow diagrams lead to more complex assembly up to the building. Rather than relating to building shapes, Neufert proposes relationship diagrams, 'bubble diagram' and vectors rather than fixed positions in space. In each chapter, Neufert firstly describes the specifications of a given 'type' – i.e. office buildings, hospitals, schools, housing, etc. – and then exposes some examples of schematic adaptations to the different sites: in this way, he creates an 'image classifier' or set of basic 'building blocks' suggesting how they could combine in different ways.

WDN applies the same Neufert methodology with a digital instrument intended to be heuristic rather than deterministic. Volumes and vectors are positive-negative mass, visible-invisible, compenetrating and non-compenetrating.

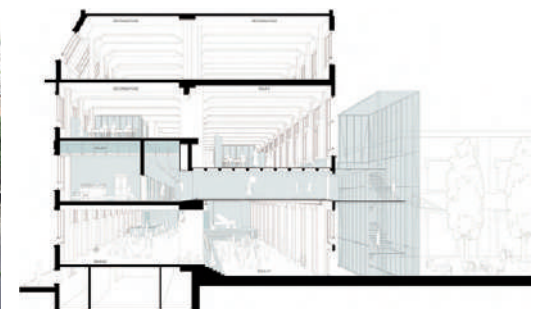


Fig. 10 | Base Milano by Onsite Studio and C. Tiazzoldi: historical aerial view (credit: Ansaldo); the entrance of the Ansaldo Building (credit: G. Silava); concept section (credit: Onsite studio).

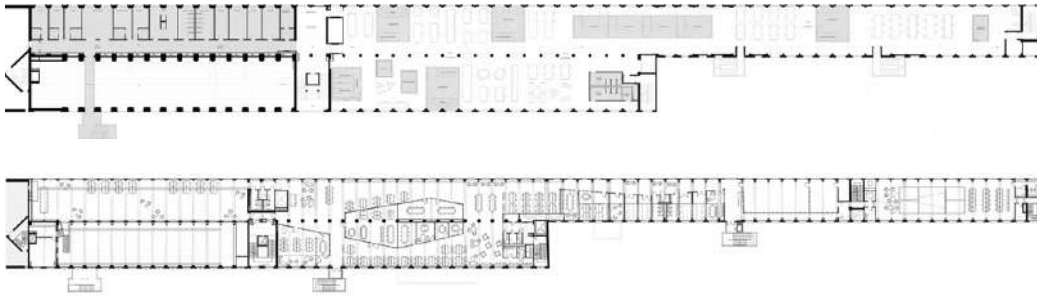


Fig. 11 | Base Milano by Onsite Studio and C. Tiazzoldi: original plan with polygon cubes as private offices (2015); final plan with private offices as a spatial articulator in the coworking space (2016); the final built result (credit: F. Romano, 2017).

ing items. They can or cannot change with security, topography, lighting, budget control and regulation; it is possible to visualize the consequences deriving from the variation of an attribute in all models.

Toolbox Formerly Area OSI-Ghia in Torino: sqm 20,000 | The example of Toolbox formerly Area OSI-Ghia is one of the most relevant case studies developed by the author applying the WDN methodology. Located in the City of Turin, a sqm 20,000 industrial building designed to support the industrial and automobile factories such as Fiat and Lancia. In a second time, the building became offices centre, mostly for companies' secondary branches. In the late 90s, the economic recession forced most international firms to reduce the number of their offices and their employees.

In 1990 the owner requested the author, in collaboration with the architects Fogli and Mellano, to work on a new proposal for the area. At that time, the owner settled a partnership with the owners of the surrounding buildings – including the European Institute of Design with a Mario Cucinella's project. They proposed to the City Hall a zoning modification. In that case, the plan was to redesign the five buildings entirely and to redistribute the values of the functions – mostly parking and tertiary – in residential, educational and residencies for students. The modelling of the concept was performed with the WDN: everything could change, including the streets of the area. Therefore, streets were modelled as 'active rigid bodies'. The only fixed constraints were a fast and firm con-

nection to the ground. In the model, residential units had a relatively flexible connection to the sky, represented by a flat, distant 'passive rigid body'. In that phase, the only substantial limitations – described in the model as passive rigid bodies – were a turnpike to access the area and an overpass. However, the proposal was excluded mainly due to the costs and the time uncertainty regarding the City Hall approval (Figg. 5, 6).

In 2002 the owner requested to test the feasibility of other solutions to be implemented only in his building. By using the idea of 'type', 'image classifier' and 'repeatable units', the author started a taxonomy of the 'generic spaces' that could fit the area: malls, multi-theatre cinemas or fitness centres. The owner met several possible investors such as Virgin Active and a movie theatre developer. Nevertheless, the issue of the turnpike would not fit the security requirements to allow a safe and rapid escape in case of fire. The lack of investors introduced other constraints set for the model: reuse of the existing building, budget control and a time-progressive development. At this point, the author developed a new model composed of different units which could interconnect in the future. The model was settled with a series of constraints represented as passive rigid bodies: the position of the streets, vehicle and walkable access, accessibility of the building by the three surrounding roads as well as the parts that were under a sqm 6,000 cement platform without natural light (Fig. 7).

The first operational phase started with the entry area of the IOS Office Centre by a 'light'

renovation of the Lobby. However, the author questioned the means of contemporary workspaces. In fact, by considering that it is possible to work remotely from anywhere by using a laptop and a Wi-Fi network, why then should people need a workspace? In effect, after the first stage in which working at home appeared as a real alternative to the traditional working environment, people rediscovered the need for spaces dedicated to work. Office Spaces are mostly needed for three reasons: socializing, professionalism (in the eyes of other people but mostly in our own eyes), and the distinction between private and professional environments. The Toolbox design targets a new generation of professional architects, web designers, artists, lawyers, accountants, and independent contractors (Fig. 8).

Toolbox concept was derived by hybridizing traditional European workspaces – organized in small – and post-war American open space models. Toolbox attempts to invent a new approach to work. Toolbox was conceived of as a professional incubator, as a space in which the users can actively contribute to the definition of a new professional identity for Turin. From a modelling perspective and functional standpoint, the intervention consisted of transforming a traditional office (divided into rooms) into a vast open space with 44 individual workstations, interspersed with communal areas including meeting rooms, printer rooms and informal meeting spaces. The goal of this transformation was to keep the original industrial concrete structure as intact and visible as possible. The main building is divided into two parts: the side along the windows is used for coworking workstations, while on the opposite side, a corridor connects five enclosed boxes that contain functional services (kitchen, meeting rooms, mailboxes, cafeteria, etc.). The service areas have been conceived as 'working tools'. The secondary industrial building houses the lounge, cafeteria, and a relaxation area. In this newly developed area, the double concrete beams were left exposed while the service spaces (e.g. the cafeteria) were enclosed in functional boxes.

The adaptive design processes and WDN explored in the previous paragraphs review the process of re-use of industrial spaces. A closer reading of the Toolbox project leads to another dimension of the concept of 'difference and repetition' previously presented: it implemented a design method conceived to quickly respond to user and programmatic variations.

Base Milano: smq 12,000 | Base Ex Ansaldo can be considered as a case of evolution or 'difference and repetition', a variation of the Toolbox Project. Considering the impact on the international press, national newspapers (Demurta, 2010), books (Chiorino, Fassino and Milan 2015; Leydecker 2013), blogs, specialized magazines (Tiazzoldi, 2013), and University education (Ponchio and Cossa Majno di Capriglio, 2017), Toolbox can be considered as a new architectural 'type'. In effect, it created the base for a new organisation for the adaptive reuse of industrial buildings for the definition of fragmented functions and mixed

stakeholders. Furthermore, by recalling Prigogine's idea 'from being to becoming', it could be said that Toolbox represents an evolutionary design model, integrating new elements in time such as Fab Lab, Arduino, the Full Lab by the Politecnico di Torino, permitting the co-existence of different spaces for different business models, and being a prerequisite for participation in some public calls (Fig. 9).

The Plant started as a mechanical firm before being bought by Ansaldo in the 1960s, which is when the production of engines, train carriages and tramways began. The transformation that the production system underwent in the 1970s resulted in many abandoned factories, with whole plants lying empty. «In 1990 Milan City Council bought the Ansaldo complex and so began the area's process of development for educational purposes. In 1994 the Laboratori della Scala, the Scala Theatre workshops, moved into the complex, followed by MUDEC – Museum of Cultures, which opened in 2015. A public call for proposals in 2014 resulted in the remaining spaces being assigned to a group made up of Arci Milano, Avanzi, esterni, H+ and Make a Cube3, which then became a social enterprise in the form of a limited company. [...] Urban regeneration, joint planning, and innovation in the creative industries. Base is a project for cross-pollination between the arts, enterprises, technology, and social innovation. Our mission: to generate new reflections for 21st century cities, establish new connections between different arts, disciplines and languages, and boost Milan's status among the great capitals of creative production. Today the project is manifested in a sqm 12,000 space dedicated to exhibitions, performances, workshops, and conferences, with a large studio and artists' residence» (Base, 2014; Figg. 10, 11).

In 2016, the author was recruited as expert in hybrid spaces and creative hubs. Her expertise to work both at the architectural and interior scale in addition to the ability to manage the essential components of hubs and coworking components and to envisage the evolution of spaces about the possible development of the business model could offer support to the architecture firm Onsite. Professional Incubator or Hub Types often started with a quasi-public or no profit activities and evolve with profit activities and foundations. In Base Milano, each floor of the 300-meters long building could need to split to become rentable to different companies. Part of the work was to define where to locate the vertical and horizontal circulation, especially an external Schindler stair and an elevator using a consistent part of the budget.

In the Base case, the author applied the WDM mapping 'passive rigid bodies'; streets, accesses, and the first-floor space distribution were passive rigid bodies. In effect, the first floor presented a relevant source of income

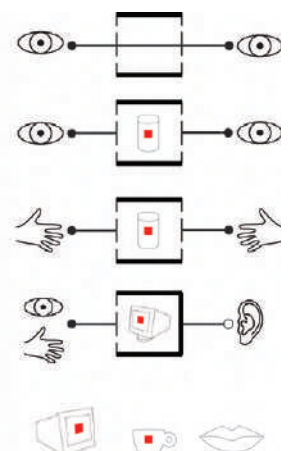
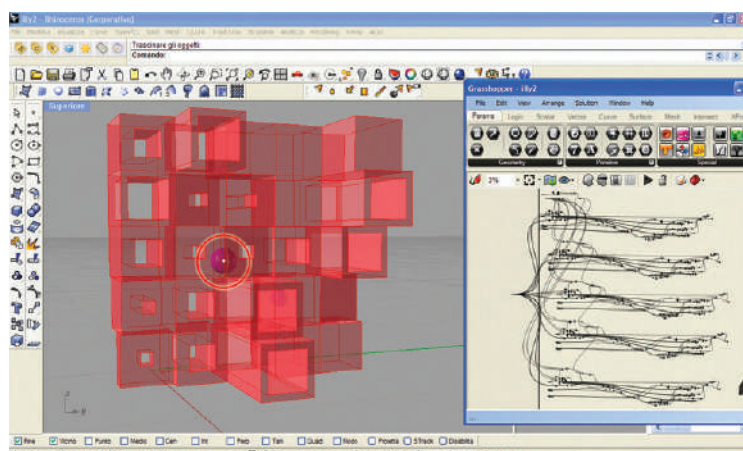
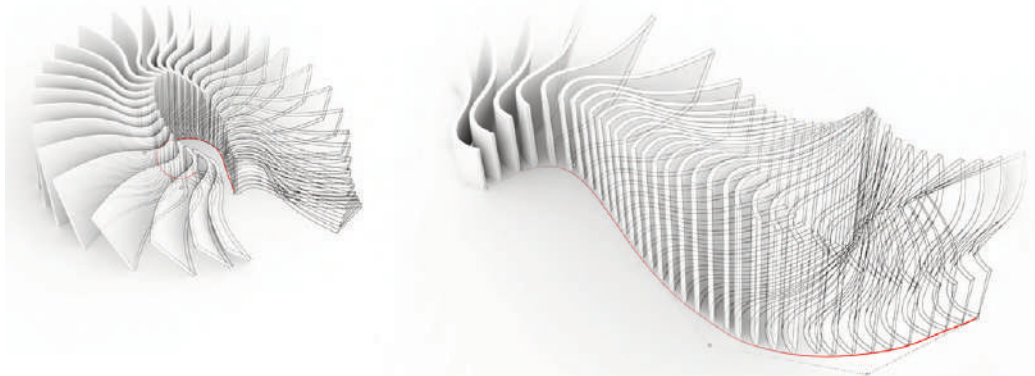


Fig. 12 | 'Illy Shop Milano' in Galleria San Carlo by C. Tiazzoldi (credits: F. Rizzo and L. Campigotto, 2011).

Fig. 13 | 'Illy Shop Milano': WDM applied in the form-finding process connected to the product size (credit: C. Tiazzoldi, 2011).



due to the use as a temporary fair during the design and fashion week happening every year in Tortona area. The position of the stairs, the air conditioning machines – a volume of mc 260.00 – the cafeteria on the roof to rent for private parties, labs, loading elevators for heavy material, are all interconnected and working as active rigid bodies moving into space with different freedom gradients (Fig. 11). The compenetrating bodies property has been applied to the integration between the Coworking and private spaces. By recalling the concept of ‘creative reductionism’, the form of private offices, originally conceived as polygon cubes connected to the windows, was redesigned. The cubes perimeters were initially designed with four points connected with lines and then extruded. The author proposed to add a control point to each line enabling the shape to move into space freely. The offices’ rooms, rather than being cubes located along the walls as the original design, became space articulator shaping the common area. For example, the position of the control points was linked to the external and internal needs, such as narrowing transition space to create more privacy in some of the common parts.

Illy Shop: smq 35 | The last case study engages the scale of the interior design. It is the Flag Ship Store of Illy S.p.A., located in Milano in Galleria San Carlo near the Duomo. Illy Shop is furnished with nothing but white cubes, scaled to fit coffee tins and espresso machines inside. «The concept for a reconfigurable store, characterized by different modulations of a single element, a ‘cube’ which has a 45x45 cm-squared base. The massing protocol is developed to fit the different size of the products and functions connected. A counter, tasting table and rubbish bins are also made from the cubes, as are lights affixed to the ceiling» (Frearson, 2011). With the WDN protocol, the massing of the space was conceived to expose different products and other functions. Developed with the Grasshopper, the external size of the cubes was settled as a passive rigid body while the internal one could vary in relation to the product size or the functions themselves (Kottas, McBride and Ferguson, 2014; Fig. 12, 13).

Conclusions | The illustrated case studies represent an opportunity to stimulate the debate on design methodologies. The Toolbox and Base Milano projects demonstrate that the WDN methodology, as a multi-scale heuristic tool to support design in the architecture and interior design sectors, is able to manage and simulate the evolution over time of a given space. Although nodal software and WDN are excellent tools for conceptual design, they have limitations. In complex and extensive projects, the weight of the file increases considerably, the model becomes difficult to manage and requires extreme simplification. Nevertheless, as in the last case, this methodology stud-

Fig. 14 | ‘Mathematical Belonging’ in New York by C. Tiazzoldi and E. B. Duarte (credit: C. Tiazzoldi, 2018).

ies if appropriately used, can also work simultaneously at different scales.

The future research applications will address the implementation of the model into a multiscale approach from landscape to design: in this key the author presents the first experimentation on the eight large-scale public art sculptures in the newly renovated Starlight Park, in the Bronx New York (Fig. 14). The Bronx is one of the five NYC boroughs; it has the fourth-largest area, fourth-highest population, and third-highest population density. It is the only borough predominantly on the U.S. mainland. It was initially classified as a dangerous district, recognizable by low-income inhabitants and has been frequently associated with a critically social environment (abuse of drugs, alcohol, and prostitution). In the past twenty years, several initiatives were developed to create new projects based on education and art.

The eight sculptures, developed in collaboration with the Bronx River Art Centre and Khan Landscape firm, were distributed as a nodal system in the recreational area. The goal

was to develop a network of artworks permitting to move along the park and continuously see at least two sculptures at the same time. The system creates a visual continuity and makes the young families and other users feel a sense of safety. This condition permits to bring in and out the user's views, the nature of the park and remaining park landmarks now recollected and merged in a game of perspective. The curve of the structure permits to develop a feeling of belonging and to blend the Bronx community with sciences and the cityscape. Designed by the author with Eduardo Benamor Duarte, Mathematical Belonging is an artwork conceived with the WDN. The possibility to develop a relevant number of iterations and variations permitted to integrate several constraints: such as the distance between panels mitigating the need for visual transparency as well as the children accidents prevention, to control production and transportation costs, to simplify the project's assembly enabling the possibility to work with non-specialized personnel. Also, WDN permitted to de-

velop a variety of solutions from a counter desk for the BRAC Bronx River Art Centre events, as well as a small shelter and playground where people can enter and interact with the structure as a geometry learning platform, a non-orientable space, continuously revealing and recapturing while enhancing the presence of other people to form a community.

References

- Base (2014), *Ex Ansaldo – Da industria a polo culturale*. [Online] Available at: base.milano.it/en/about/ [Accessed 17 May 2020].
- Bertuglia, C. S. and Vaio, F. (2005), *Nonlinearity, Chaos, and Complexity – The Dynamics of Natural and Social Systems*, Oxford University Press, New York.
- Braudel, F. (1953), *Civiltà e Imperi del Mediterraneo nell'età di Filippo II*, Einaudi, Torino.
- Cache, B. (1995), *Earth Moves – The Furnishing of Territories*, MIT Press, Cambridge (MA).
- Calvino, I. (1988), *Six Memos for the Next Millennium*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Chiorino, C., Fassino, G. and Milan, L. (2015), "Toolbox, co-working, Turin", in *Turin – Architectural Guide*, DOM Publishers, p. 176.
- Deleuze, G. (2013), *Differenza e Ripetizione* [or. ed. *Différence et Répétition*, 1968], Cortina, Milano 2013.
- Deleuze, G. (2004), *La piega – Leibniz e il Barocco* [or. ed. *Le Pli – Leibniz et le Baroque*, 1988], Einaudi, Torino.
- Deleuze, G. and Guattari, F. (2017), *Mille Piani* [or. ed. *Mille Plateaux*, 1980], Orthotes, Nocera Inferiore.
- Demurta, A. (2010), "Il Design crea l'ufficio per professionisti freelance", in *Il Sole 24 ore*, newspaper, 15 April 2010, p. 27.
- Descartes, R. (2014), *Discorso sul metodo* [or. ed. *Discours de la méthode*, 1637], Einaudi, Torino.
- Dye, A. and Flora, S. (2015), *Demystifying Architectural Research – Adding Value to Your Practice*, RIBA Publishing, Newcastle upon Tyne.
- Eisenman, P. (1999), *Diagram Diaries*, Thames & Hudson, London.
- Frearson, A. (2011), *Illy Shop by Caterina Tiazzoldi*. [Online] Available at: www.dezeen.com/2011/12/16/illy-shop-by-caterina-tiazzoldi/ [Accessed 27 May 2020].
- Gallo, M. (1997), *Napoléon – L'Empereur des Rois – Tome 3*, Robert Laffont, Paris.
- Holland, J. H. (2000), *Emergence – From Chaos to Order*, Oxford University Press, Oxford.
- Holland, J. H. (1995), *Hidden Order – How Adaptation builds complexity*, Addison-Wesley, New York.
- Koolhaas, R. and Mau, B. (1995), *S,M,L,XL*, The Monacelli Press, New York.
- Kottas, D., McBride, E. and Ferguson, N. (2014), *Digital Architecture – New Application*, Links International, Barcelona.
- Kuhn, T. S. (2012), *The Structure of Scientific Revolutions*, 50th Anniversary Edition, The University of Chicago Press, Chicago.
- Leydecker, S. (2013), *Designing Interior Architecture – Concept, Typology, Material, Construction*, Birkhäuser, Basel.
- Le Corbusier (1925), *Urbanisme*, Les Editions G. Crès & Cies, Paris.
- Livi, R. and Rondoni, L. (2006), *Aspetti elementari della complessità*, CLUT, Torino.
- Lynn, G. (1988), *Folds, Bodies and Blobs – Collected Essays*, La Lettre Volée, Brussels.
- Martí Aris, C. (1993), "Tipo", in Semerani, L. (ed.), *Dizionario critico illustrato delle voci più utili all'architetto moderno*, C.E.L.I., Faenza, pp. 183-194.
- Migayrou, F. (2003), *Architecture non standard*, Centre Pompidou, Paris.
- Munari, B. (1981), *Da Cosa Nasce Cosa*, Laterza, Milano.
- Neufert, E. (2013), *Enciclopedia pratica per progettare e costruire* [or. ed. *Baueingwursflehre*, 1936], Hoepli, Milano.
- Nicolis, G. and Prigogine, I. (1992), *À la rencontre du complexe*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Palamar, T. (2016), *Mastering Autodesk Maya 2016*, Sybex-John Wiley & Sons, Indianapolis.
- Ponchio, G. and Cossa Majno di Capriglio, F. (2017), *Urban trigger – Requalification of the industrial area ex O.S.I.-Ghia in Turin*, Honor thesis, Degree in Sustainability Design, Tutor Ambrosini, G., Co-tutor Tiazzoldi, C., Polytechnic of Torino.
- Prigogine, I. (1980), *From Being to Becoming – Time and Complexity in the Physical Sciences*, W. H. Freeman, San Francisco.
- Schumacher, P. (ed.) (2016), *Parametricism 2.0 – Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, John Wiley & Sons, London.
- Schumacher, P. (2009), "Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design", in *AD – Architectural Design / Digital Cities*, vol. 79, n. 4, pp. 14-23. [Online] Available at: www.academia.edu/11854283/Parametricism_A_new_global_style_for_architecture_a
- nd_urban_design [Accessed 13 May 2020].
- Smith, D. and Protevi, J. (2018), "Gilles Deleuze", in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, first published May 23, 2008; substantive revision February 14, 2018. [Online] Available at: plato.stanford.edu/entries/deleuze/ [Accessed 13 May 2020].
- Speaks, M. (1995), "Folding toward a New Architecture", in Cache, B., *Earth Moves – The Furnishing of Territories*, MIT Press, Cambridge (MA), pp. xiii-xix.
- Tiazzoldi, C. (2018), "Capturing the Intangible", in Seražin, H., Franchini, C. and Garda, E. (eds), *Women's Creativity since the Modern Movement (1918-2018) – Towards a New Perception and Reception*, Založba ZRC, Ljubljana, pp. 669-679.
- Tiazzoldi, C. (2016), "Combinatorial Architecture – Methods for the creation of ambience in public space", in Rémy, N. and Tixier, N. (eds), *Ambiance Demain / Ambiance Tomorrow – Vol. 02 – Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances, September 2016, Volos, Greece*, International Ambiances Networks and University of Thessaly, pp. 865-872. [Online] Available at: hal.archives-ouvertes.fr/hal-01414073/document [Accessed 13 May 2020].
- Tiazzoldi, C. (2013), "Toolbox Office Lab, Torino Italy", in *World Architecture*, Torino. Sustainable Practices vol. 5, pp. 82-87.
- Wolfram, S. (2002), *A New Kind of Science*, Wolfram Media, Champaign.
- Watson, R. A. (2020), "René Descartes – French Mathematician and Philosopher", in *Encyclopaedia Britannica*. [Online] Available at: www.britannica.com/biography/Rene-Descartes [Accessed 27 May 2020].