

Beyond the techno-reductionism of nature: potential of the concepts of metabolism and biomimicry

Scienza in azione

Oltre il tecno-riduzionismo della natura: potenzialità dei concetti di metabolismo e biomimesi

Nicola Valentino Canessa*, Giorgia Tucci**

* University of Genoa, Department of Architecture and Design

** University of Genoa, Department of Architecture and Design; mail: giorgia.tucci@unige.it

Abstract. From a territorialist perspective, the territory is understood to be a highly complex living organism resulting from long-term co-evolutionary processes between humans and nature. It is also considered to be a subject that reacts to external disturbances through internal adaptation processes. As an evolving organism, the territory is characterised by its specific adaptive metabolism, the symbiotic result of natural and anthropogenic metabolic cycles. While nature is often viewed as a mere resource reserve within an anthropocentric and neoliberal framework, it is precisely in the delicate yet pivotal relationship between natural and anthropogenic cycles of extraction, production and consumption that we can envisage transcending a technocratic perspective on nature, which frequently results in eco-catastrophic consequences. This allows us to strive for a virtuous and generative equilibrium between humans and nature. The concept of urban-territorial metabolism has long been used as a metaphor, producing technocratic approaches that reduce nature to an economic factor, as well as eco-sustainable visions based on resource sharing and conviviality. This contribution explores the metabolic-biomimetic paradigm as a theoretical and operational device for ecological transition. It promotes a reformulation of urban planning knowledge in ecological terms that can orient design towards models of regenerative and resilient territorial development.

Keywords: urban metabolism; biomimicry; hybrid ecosystems; environmental justice; territorial project.

Riassunto. Nella prospettiva territorialista, il territorio come organismo vivente ad alta complessità viene inteso come esito di processi co-evolutivi di lunga durata tra uomo e natura, ma anche come soggetto che reagisce a perturbazioni esterne attraverso processi interni di adattamento. In quanto organismo vivente in evoluzione, il territorio si caratterizza per uno specifico metabolismo adattativo, risultato simbiotico delle relazioni tra cicli metabolici naturali e cicli antropici. Per quanto la natura sia considerata, nel quadro di una visione antropocentrica e neoliberista, un semplice serbatoio di risorse, è proprio nella relazione tra cicli della natura e cicli antropici di estrazione-produzione-consumo che si può ipotizzare il superamento di una visione tecnocratica della natura, spesso responsabile di esiti eco-catastrofici, per orientarsi verso un equilibrio virtuoso e generativo uomo-natura. Il concetto di metabolismo urbano-territoriale, a lungo utilizzato come metafora, ha prodotto da un lato approcci tecnocratici che riducono la natura a fattore economico, dall'altro visioni eco-sostenibili basate sulla condivisione delle risorse e sulla convivialità. Il contributo intende esplorare il paradigma metabolico-biomimetico quale dispositivo teorico e operativo per la transizione ecologica, promuovendo una riformulazione dei saperi urbanistici in chiave ecologica, capace di orientare la progettazione verso modelli di sviluppo territoriale rigenerativo e resiliente.

Parole-chiave: metabolismo urbano; biomimesi; ecosistemi ibridi; giustizia ambientale; progetto di territorio.

1. Il territorio come organismo vivente

Nel contesto delle molteplici crisi ecologiche, sociali ed economiche che attraversano le società contemporanee, il rapporto tra uomo e natura è tornato ad occupare un ruolo centrale nel dibattito teorico e progettuale sull'evoluzione dei territori. L'attuale condizione planetaria, segnata da processi di urbanizzazione diffusa, cambiamenti climatici,

¹ Il presente contributo è frutto di una riflessione collettiva sviluppata congiuntamente dagli autori. Ai fini della redazione, si specifica che i capitoli 1, 2 e 6 sono a cura di G. Tucci, i capitoli 3, 4 e 5 di N. Canessa.

Double-blind peer-reviewed, open access scientific article edited by *Scienze del Territorio* and distributed by UNICApres under CC BY-4.0



How to cite:

CANESSA N.V., TUCCI G. (2025), "Oltre il tecno-riduzionismo della natura: potenzialità dei concetti di metabolismo e biomimesi", *Scienze del Territorio*, vol. 13, n. 1, pp. 45-54, <https://doi.org/10.13125/sciter/6878>.

First submitted: 2025-6-30

Accepted: 2025-7-31

Online as Just Accepted: 2025-12-23

Published: 2024-12-30

This article is a product of the PRIN 2022 PNRR research project "Bioregional planning tools to co-design life places: Empowering local communities to manage and protect natural resources" (protocol P2022NSAE/J), PI. Daniela Poli.

impoverimento delle risorse naturali e perdita di biodiversità, ha reso evidente la necessità di superare i modelli di sviluppo fondati su una visione tecnocratica e riduzionista della natura. Una visione, questa, che ha storicamente concepito l'ambiente naturale come un semplice serbatoio di risorse da sfruttare, sottovalutando la complessità sistemica e le capacità autoregolative degli ecosistemi (VITOUSEK *ET AL.* 1997).

All'interno di tale quadro critico si colloca la riflessione proposta in questo contributo, che assume come chiavi interpretative i concetti di metabolismo territoriale e di biomimesi, considerandoli strumenti teorici e operativi per ridefinire le relazioni tra insediamenti umani e processi naturali. Da una visione territorialista, che riconosce il territorio come organismo vivente e risultato di processi co-evolutivi tra uomo e natura deriva una lettura sistemica e generativa dello spazio, in cui le relazioni tra cicli antropici e naturali diventano principio fondativo.

Il concetto di metabolismo urbano-territoriale, ampiamente discusso nella letteratura internazionale (WOLMAN 1965; KENNEDY *ET AL.* 2007; PINCETL *ET AL.* 2012; WEISZ, STEINBERGER 2010), si è evoluto da visioni ingegneristiche basate sull'efficienza dei flussi a prospettive ecologiche e territorialiste che ne valorizzano la dimensione sistemica e culturale (FISCHER-KOWALSKI, HÜTTLER 1998; BARLES 2009; ALBERTI 2016; PEDERSEN ZARI 2015; MAGNAGHI 2020). In quest'ultimo senso, il metabolismo può costituire una metafora potente per comprendere la natura relazionale e processuale del territorio, inteso non più come supporto passivo delle attività umane, bensì come ambiente co-produttivo e generativo di forme di vita e culture locali.

Il concetto di territorio come organismo vivente affonda le sue radici nella Scuola Territorialista italiana (MAGNAGHI 2020), che interpreta il territorio come "*place-conscious*" e come entità dotata di specifica identità culturale, ecologica e storica. Secondo questa visione, il territorio è frutto di processi co-evolutivi di lunga durata tra comunità umane e sistemi naturali.

Parallelamente, Janine Benyus (1997) introduce il concetto di biomimesi, inteso come approccio progettuale e scientifico capace di apprendere dalla natura non solo in termini superficiali (forme), ma anche nei livelli più profondi (funzioni, processi e sistemi). Benyus invita a "*emulate natural form, function, process and systems*" ovvero superare la mera imitazione estetica per avvicinarsi ad un modello di progettazione ispirato alla logica della natura. In questa prospettiva, i sistemi antropici sono chiamati a diventare efficienti, resilienti, ciclici e non distruttivi, analogamente agli ecosistemi naturali. Tale visione, fondata su un approccio di sistemica ecologica applicata alla progettazione urbana, apre scenari promettenti per l'innovazione nella pianificazione territoriale.

La biomimesi, in questo senso, si configura come una postura epistemica e progettuale che riconosce il valore delle strategie evolutive naturali, integrandole nei processi decisionali e insediativi umani. Essa permette di concepire ambienti costruiti che non solo impattano meno sull'ecosistema, ma che si inseriscono in modo virtuoso nei cicli ecologici, promuovendo forme di simbiosi e co-evoluzione. Studi recenti, come quelli di Pedersen Zari (2015; 2016) e Taylor Buck (2017), hanno dimostrato come la biomimesi, a livello infrastrutturale o di ecosistema, offra strumenti concreti per l'integrazione di servizi ecosistemici nei contesti costruiti, come ad esempio la progettazione di infrastrutture blu-verdi ispirate alla logica degli ecosistemi o la simulazione di meccanismi di autoregolazione e adattamento propri degli ecosistemi volti a rafforzare la resilienza urbana o, ancora, lo sviluppo di standard prestazionali (EPS) basati sul funzionamento degli ecosistemi locali per valutare la capacità dei progetti urbani di replicare i servizi ecosistemici.

Il duplice obiettivo di questo articolo è dunque esplorare le potenzialità del paradigma metabolico-biomimetico come chiave di transizione ecologica dei territori, promuovendo una riconfigurazione dei saperi urbanistici verso un'ecologia della progettazione capace di generare forme di sviluppo locale rigenerative e resilienti.

2. Il concetto di metabolismo urbano e territoriale: interpretazioni e limiti

Il concetto di metabolismo urbano e territoriale affonda le sue radici nella riflessione marxiana sul "metabolismo sociale" tra uomo e natura, in cui la separazione crescente tra attività umane e cicli naturali è interpretata come effetto della logica capitalista (FOSTER 1999). In ambito urbanistico, la nozione trova una prima formulazione operativa con Abel Wolman (1965), che descrive la città come un organismo vivente attraversato da flussi di materiali, energia e rifiuti.

Negli anni successivi, tale visione è stata approfondita dall'ecologia industriale, che ha mappato i flussi metabolici urbani per ottimizzarne l'efficienza (*Material Flow Analysis*) producendo esiti tecnocratici e riduzionisti, orientati alla mera efficienza dei flussi piuttosto che alla qualità delle relazioni uomo-natura. È il caso, ad esempio, delle strategie adottate in città come Singapore, dove la gestione centralizzata dei flussi idrici ed energetici (tecnologie di desalinizzazione, impianti NEWater, rainwater harvesting, district cooling...) ha generato un modello di metabolismo altamente efficiente ma scarsamente integrato con le dinamiche sociali ed ecosistemiche (WEISZ, STEINBERGER 2010).

In alternativa, una seconda linea interpretativa – promossa da Fischer-Kowalski e Hüttler (1998), Alberti (2016) e Magnaghi (2020) – propone una lettura sistemica ed ecologica del metabolismo urbano, inteso come processo co-evolutivo che intreccia cicli naturali e antropici, conoscenze locali, relazioni ecologiche, assetti insediativi e cultura territoriale.

Esemplificativo di tale approccio è il progetto De Ceuvel ad Amsterdam, un ex cantiere navale fortemente inquinato e in disuso, trasformato a partire dal 2012 in un quartiere sperimentale di innovazione socio-ecologica, concepito come un ecosistema urbano autosufficiente, in cui i flussi di materia ed energia sono mantenuti in circolazione locale grazie all'uso di tecnologie ambientali e alle pratiche di gestione condivisa che, coinvolgendo direttamente i cittadini, creano un forte senso di comunità (LATA, DUINEVELD 2019) (Fig. 1). Un altro esempio paradigmatico è l'Eastgate Centre di Harare, in Zimbabwe: l'edificio, ispirato alla biomimesi dei termitai africani, impiega strategie passive di ventilazione naturale e di regolazione termica ispirate ai meccanismi con cui le colonie di termiti africane mantengono la temperatura interna dei loro nidi stabile nonostante le forti escursioni climatiche esterne (PEDERSEN ZARI 2015). Questo caso evidenzia una transizione da un modello estrattivo a un modello funzionale e rigenerativo, dove il costruito diventa parte integrante del sistema ecologico locale, dimostrando come la biomimesi possa tradursi in architettura ecologica ad alte prestazioni, integrando metabolismo architettonico e processi naturali.

Un caso ancora più integrato è il Mobius Project, sviluppato tra Regno Unito e Cina come progetto sperimentale di urban metabolic design; un centro urbano multifunzionale concepito come sistema chiuso e circolare, in cui i flussi metabolici di rifiuti, acqua, energia e alimentazione sono ridotti al minimo, rigenerati e interconnessi (ALBERTI 2016; PEDERSEN ZARI 2018). Da città che gestiscono i flussi con efficienza tecnica (Singapore) o sperimentano cicli locali decentralizzati (De Ceuvel), a un vero sistema metabolico chiuso, dove costruito, infrastrutture e natura interagiscono in un ciclo continuo di rigenerazione (Mobius Project).

Come già precedentemente anticipato, nel contesto della riflessione bioregionale, il metabolismo territoriale si configura come strategia essenziale per il radicamento delle comunità locali, puntando su modelli produttivi e sociali sostenibili e territorialmente integrati (MAGNAGHI 2020).

Un punto centrale in tale prospettiva è la gestione circolare delle risorse: la chiusura dei cicli materiali ed energetici, che implica l'abbandono della tradizionale logica lineare, diviene un criterio fondamentale per ricostituire l'autonomia ecologica ed economica dei territori (DALY 1996). Questo principio orienta verso modelli produttivi locali – come i sopracitati casi di Singapore, Amsterdam o Zimbabwe – in cui il riuso, il riciclo e la rigenerazione delle risorse costituiscono pratiche quotidiane, riducendo così la dipendenza da risorse esterne e limitando l'impatto ambientale complessivo. A supportare tale visione vi è anche l'idea di simbiosi territoriale, che valorizza le relazioni cooperative tra i diversi settori produttivi di un territorio. La rete di interdipendenze tra attività agricole, industriali e urbane può infatti generare processi virtuosi che ottimizzano l'uso delle risorse locali. Esperienze consolidate di ecologia industriale e distretti agroecologici indicano chiaramente come tali strategie non solo siano fattibili, ma generino anche vantaggi economici, ambientali e sociali tangibili.

La riflessione sul metabolismo territoriale non riguarda però soltanto aspetti tecnici ed economici; apre infatti profonde questioni etiche e politiche. L'approccio bioregionale di Magnaghi richiama la necessità di concepire la natura non come una risorsa da sfruttare, ma come bene comune di cui le comunità sono custodi responsabili. Tale cambiamento di paradigma implica necessariamente l'affermazione di una governance territoriale inclusiva e partecipata, capace di coinvolgere direttamente le comunità locali nelle decisioni che riguardano la gestione delle risorse e la cura del territorio (OSTROM 1990).

In questa prospettiva, assume particolare rilevanza il tema della giustizia ambientale. Riconoscere e tutelare i diritti dei territori e delle popolazioni più vulnerabili significa agire direttamente sulle disuguaglianze ambientali, che frequentemente coincidono con disuguaglianze sociali ed economiche (MARTÍNEZ-ALIER 2002). Garantire equità nell'accesso alle risorse essenziali, quali acqua, aria e suolo, diviene pertanto imprescindibile per realizzare una reale sostenibilità che sia anche sociale e democratica.

La valorizzazione dei saperi locali e delle conoscenze tradizionali gioca inoltre un ruolo fondamentale nella costruzione di sistemi territoriali resilienti e sostenibili. L'integrazione delle competenze locali nel metabolismo territoriale consente infatti di rafforzare l'identità comunitaria e di promuovere modelli di sviluppo più inclusivi e capaci di rispondere alle specificità dei diversi contesti locali.

Il paradigma metabolico-territoriale rappresenta dunque una sfida centrale della riflessione bioregionale contemporanea. Esso mira a rafforzare l'autonomia e la resilienza dei territori, valorizzando risorse e competenze locali, e promuove una visione integrata in cui ambiente, economia e giustizia sociale diventano componenti inscindibili di un processo di cambiamento più ampio e profondo.

4. Biomimesi e biofilia: approcci progettuali ispirati alla natura

Mentre l'approccio biofilico si concentra sul (re)inserire la natura in città per il benessere umano, quello biomimetico studia la natura come modello, misura e mentore per risolvere problemi tecnici e di progettazione complessi. Quest'ultimo nella progettazione della città consiste nel progettare sistemi, infrastrutture, edifici e processi urbani imitando le strategie, le forme e i processi evolutisi in natura in 3.8 miliardi di anni di vita sulla Terra.

L'imitazione può riguardare sia le forme che i processi come anche i sistemi (DICKS ET AL. 2021). L'approccio biomimetico si sostanzia in un processo di ottimizzazione, direttamente verificabile alla scala dell'edificio, più indirettamente visibile alle scale superiori. La natura viene utilizzata in quanto "modello" rispetto al quale ripensare forme, processi e sistemi secondo i quali si possono conseguire più alti livelli di prestazione e si riduce, nella maggior parte dei casi, a progettare "secondo natura" nella prospettiva di ridurre scarti, inefficienze, sprechi e quindi si orienta a definire sistemi con migliori capacità di adattamento all'ambiente.

La città biofilica rappresenta un approccio che i suoi autori definiscono radicale che pone la natura al centro della progettazione urbana promuovendo la connessione uomo-natura a beneficio di salute, benessere e resilienza ambientale (LEFOSSE ET AL. 2025). Fondata sulla teoria della biofilia (WILSON 1984; KELLERT 2018), la visione biomimetica si sviluppa attraverso un approccio multiscalare, agendo dalla microscala rappresentata dagli edifici con pareti verdi e vegetazione interna alla scala di area vasta dove si introducono principi di progettazione applicabili ad interi sistemi bioregionali policentrici (secondo quanto proposto per la prima volta da Beatley e Newman (2013), passando per la scala intermedia rappresentata dalla progettazione a scala di quartiere.

L'approccio rimane abbastanza saldamente antropocentrico, essendo l'intera "teoria" finalizzata al conseguimento del benessere umano, variamente inteso: sia in una dimensione biofisica che in una psicologica. È il ricostituito rapporto fertile uomo-natura alla base di tale approccio. In questa sua esplicita motivazione, la biofilia applicata a città e territori rivela alcune sue incongruenze: il riconoscimento del ruolo della natura rispetto alle attività umane (rispetto alle quali appare subordinata); il ruolo delle altre specie (mancando una definizione di co-evoluzione); il ruolo della cultura (come esito della creativa "manipolazione" della natura) che non sembra trovare posto all'interno di questo tentativo di sistemazione teorica. Ne consegue che gli "oggetti" biofilici sono sì un modo per introdurre la natura in città, ma senza mettere fondamentalmente in discussione i processi di urbanizzazione contemporanei, che invece sono, complessivamente, assai anti-naturali o talvolta contro-naturali, fagocitando aree rurali "vive", spazi naturali, antichi insediamenti. Si potrebbe parlare, in questo senso, di una sorta di "incapsulamento" della natura nell'artefatto artificiale: se lo scopo è quello di renderlo più performante in termini di prestazioni ambientali, dall'altro non si mettono in discussione i modi nei quali l'urbano si manifesta. Il rischio è di ridurre il tutto ad una forma di adattamento delle forme urbane alle esigenze del benessere biofisico, laddove "pezzi di natura" possono di certo migliorare le condizioni di vivibilità o di adattamento. La dimensione tecnocratica e ingegneristico funzionale diventa abbastanza evidente. In questa prospettiva, la città biofilica, nelle sue migliori applicazioni, poco si discosta dal lungo percorso di attenzione alla natura che a partire dai pionieri (Geddes in primo luogo) hanno già da tempo posto la questione. Senza però introdurre innovazioni teoriche sostanziali. Succede, così, che la "tecnica biofilica" si avvicini molto di più all'urban design, costituendone una certa interessante variante se non, nei casi più banali e meno felici, un caso di puro greenwashing. Di certo, comunque, al salire di scala, l'approccio biofilico trova i suoi momenti più fertili quando si coniuga con un approccio bioregionalista. A quella scala, infatti, si pone la questione di come trattare il territorio di area vasta (più o meno urbanizzato e/o policentrico): in termini di funzionalismi tecnocratici, la città e l'urbano non sono altro che un problema di ottimizzazione delle risorse; ma se si adotta un punto di vista che parte dalla valorizzazione della "natura" (principio cardine della biofilia), allora diventano più facili fertili contaminazioni: in questo senso bioregionalismo e biofilia costituiscono un embrionale caso di rinnovamento del pensiero sul progetto di territorio (NEWMAN, CABANEK 2020; LEFOSSE ET AL. 2025).

5. Applicazioni e scenari: implicazioni per la pianificazione e il progetto territoriale

Applicare i principi del metabolismo territoriale, della biofilia e del bioregionalismo alla pianificazione significa tradurre concetti teorici in strumenti concreti per la trasformazione dello spazio. Questo approccio invita a leggere il territorio non solo come supporto fisico delle attività umane, ma come organismo vivente capace di rigenerarsi e di sostenere comunità resilienti. In questa ottica, il progetto territoriale non si limita a gestire risorse o infrastrutture, ma diventa un atto di cura, che integra visioni ecologiche, sociali e culturali.

La traduzione di tali concetti in pratiche progettuali avviene attraverso la definizione di strumenti di pianificazione che assumono la circolarità, la cooperazione e la giustizia ambientale come criteri guida. Pianificazione e progetto possono allora orientarsi verso una ricomposizione dei cicli ecologici, introducendo indicatori metabolici nella valutazione delle politiche urbane e territoriali, o privilegiando soluzioni infrastrutturali capaci di generare benefici multipli per gli ecosistemi e per le comunità.

Tra le esperienze emergenti, l'agroecologia costituisce un ambito fondamentale: integra la produzione alimentare con la rigenerazione degli ecosistemi locali, promuovendo la biodiversità e riducendo la dipendenza da input esterni. Questa prospettiva, applicata a livello territoriale, restituisce al paesaggio agricolo un ruolo di infrastruttura ecologica che connette insediamenti, corridoi verdi e reti idriche. In Italia, numerosi progetti di parchi agricoli periurbani e di distretti agroecologici mostrano come l'agricoltura possa diventare cardine di una pianificazione sostenibile (POLI 2015).

Esperienze simili si ritrovano anche in altri contesti: a Barcellona, la strategia alimentare urbana promuove orti e filiere corte per ridurre la dipendenza dalle importazioni e rafforzare la sovranità alimentare metropolitana a L'Avana, gli *organopónicos* garantiscono sicurezza alimentare con orti urbani collettivi gestiti secondo principi agroecologici; nella Plaine de Versailles, un parco agricolo periurbano integra produzioni biologiche, conservazione paesaggistica ed educazione ambientale (FRILEUX 2018). Questi tre casi, pur in contesti diversi, dimostrano come l'agroecologia possa declinarsi su scale territoriali differenti — metropolitana, urbana e periurbana — offrendo soluzioni concrete per costruire sistemi alimentari più resilienti, sostenibili e radicati nelle comunità locali.

Le infrastrutture verdi e blu sono un altro campo di applicazione rilevante (ALTIERI 2018). Cinture verdi, sistemi di fitodepurazione e corridoi fluviali costituiscono dispositivi capaci di rispondere simultaneamente a esigenze ambientali, sociali ed economiche. Esse rappresentano l'alternativa a un modello infrastrutturale esclusivamente grigio e tecnico, aprendo a soluzioni che rafforzano la resilienza urbana e territoriale.

In ambito urbano, il modello delle "città spugna" fornisce esempi di come la pianificazione possa rispondere alle sfide del cambiamento climatico. Attraverso sistemi di drenaggio sostenibile, aree verdi permeabili e la rinaturalizzazione dei corsi d'acqua, si riducono i rischi di alluvione e si migliora la qualità ecologica dello spazio urbano. In questa prospettiva, la città non si oppone alla natura, ma diventa parte integrante di cicli idrologici e biotici più ampi, in cui le reti ecosistemiche rappresentano la struttura portante di una pianificazione bioregionale. Connessioni ecologiche su scala vasta, integrate con funzioni sociali e culturali, consentono di garantire continuità agli habitat e di sostenere la qualità della vita umana, dove l'interazione tra sistemi naturali e insediativi produce valore condiviso.

Le pratiche qui descritte mostrano come i concetti di metabolismo e bioregionalismo possano tradursi in dispositivi progettuali capaci di trasformare il rapporto tra comunità e ambiente. La pianificazione territoriale, intesa come progetto di lunga durata, assume così un ruolo strategico: non tanto nel prescrivere modelli rigidi, quanto nel favorire processi generativi e inclusivi che rafforzano le capacità auto-organizzative dei territori e delle popolazioni.

6. Oltre il tecno-riduzionismo: verso un metabolismo rigenerativo della relazione uomo-natura

Volendo quindi trarre delle considerazioni di sintesi, potremmo affermare che superare il tecno-riduzionismo della natura significa decostruire una lunga eredità di pensiero estrattivo e funzionalista che ha separato la dimensione ecologica da quella culturale, relegando la natura a risorsa o scenario passivo dell'azione antropica. Questa riflessione collettiva ha inteso riposizionare questa relazione entro un quadro epistemologico complesso e relazionale, nel quale la natura si configura come sistema attivo, co-evolutivo e generativo di forme, processi e significati (LATOUR 2017; GUATTARI 1989).

Il concetto di metabolismo territoriale emerge, in tale prospettiva, come principio interpretativo e operativo capace di restituire continuità tra le dimensioni biofisiche, socio-culturali ed economiche del territorio, ponendosi come chiave per leggere e riprogettare i processi di scambio e rigenerazione che attraversano lo spazio antropizzato, non più in termini di input-output, ma come articolazione di cicli aperti e simmetrici, in cui materia, energia e informazione si trasformano secondo logiche di retroazione e reciprocità.

Tale visione riconduce il progetto di territorio a una pratica ecologica e culturale, fondata sulla riattivazione dei metabolismi locali e sulla ricalibratura delle relazioni tra comunità e ambiente, tra paesaggio e infrastruttura, tra uso e valore.

Parallelamente, il paradigma biomimetico e quello biofilico ampliano il campo di riflessione verso un'immaginazione progettuale che assume la natura non come repertorio tecnico o formale, ma come matrice epistemica: modello di organizzazione complessa, di cooperazione sistemica e di adattività.

In questo quadro, la prospettiva rigenerativa si configura come esito e, insieme, come principio generativo di una nuova alleanza ecologica. Rigenerare non significa semplicemente riparare o compensare, ma attivare processi di co-evoluzione capaci di generare nuova qualità ambientale, culturale e sociale. Ciò implica una ridefinizione radicale dei dispositivi di pianificazione e progetto, che devono assumere la complessità metabolica del territorio come matrice operativa, e non come vincolo tecnico o ambientale (CORNER 1999; HAGAN 2001).

Il superamento del paradigma tecno-riduzionista richiede dunque un cambio di scala e di sensibilità: dal controllo alla cura, dall'efficienza alla coerenza ecologica, dalla prestazione alla relazione. Tale transizione postula un approccio bioregionale e simbiotico, nel quale i sistemi urbani e rurali vengono intesi come articolazioni di un unico organismo territoriale, dove ogni flusso materiale, energetico e simbolico è parte di un più ampio metabolismo del vivente.

Riconoscere il territorio come organismo metabolico e relazionale significa, infine, restituire senso politico e progettuale alla questione ecologica, intesa come fondamento dell'abitare contemporaneo. In questa direzione, la rigenerazione non è un'azione, ma un processo culturale di ri-connessione tra forme del vivere, capace di ridefinire il rapporto tra tecnica e vita, tra conoscenza e natura, tra progetto e mondo.

Riferimenti

- ALBERTI M. (2016), *Cities that think like planets. Complexity, resilience, and innovation in hybrid ecosystems*, University of Washington Press, Washington DC.
- ALTIERI M.A. (2018), *Agroecology: the science of sustainable agriculture*, CRC Press, Boca Raton.
- BARLES S. (2009), "Urban metabolism of Paris and its region", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 13, n. 6, pp. 898-913.
- BEATLEY T., NEWMAN P. (2013), "Biophilic cities are sustainable, resilient cities", *Sustainability*, vol. 5, n. 8, pp. 3328-3345, <<https://doi.org/10.3390/su5083328>>.
- BENYUS J. M. (1997), *Biomimicry: innovation inspired by nature*, Quill, New York City.
- CORNER J. (1999 - a cura di), *Recovering landscape. Essays in contemporary landscape architecture*, Princeton Architectural Press, New York City.
- DALY H.E. (1996), *Beyond growth. The economics of sustainable development*, Beacon Press, Boston.
- DICKS H., BERTRAND-KRAJEWSKI J.L., MÉNÉZO C., RAHBE Y., PIERRON J.P., HARPET C. (2021), "Applying biomimicry to cities: the forest as model for urban planning and design", in NAGENBORG M., STONE T., GONZÁLEZ WOGÉ M., VERMAAS P.E. (a cura di), *Technology and the city. Towards a philosophy of urban technologies*, Springer, Cham, pp. 271-288, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52313-8_14>.
- FISCHER-KOWALSKI M., HÜTTLER W. (1998), "Society's metabolism", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, pp. 107-136, <<https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.4>>.
- FOSTER J.B. (1999) "Marx's theory of metabolic rift: classical foundations for environmental sociology", *American Journal of Sociology*, vol. 105, n. 2, pp. 366-405 <<https://doi.org/10.1086/210315>>.
- FRILEUX A. (2018), "An agroecological revolution at the Potager du Roi (Versailles)", in GLATRON S., GRANCHAMP L. (a cura di), *The urban garden city. Cities and nature*, Springer, Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72733-2_6>.
- GUATTARI F. (1990), *Les trois écologies*, Galilée, Paris.
- HAGAN S. (2001), *Taking shape. A new contract between architecture and nature*, Routledge, London, <<https://doi.org/10.4324/9780080518411>>.
- KELLERT S.R. (2018), *Nature by design. The practice of biophilic design*, Yale University Press, New Haven.
- KENNEDY C., CUDDIHY J., ENGEL-YAN J. (2007), "The changing metabolism of cities", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, n. 2, pp. 43-59, <<https://doi.org/10.1162/jie.2007.1107>>.
- LATA I.B., DUINEVELD M. (2019), "A harbour on land: De Ceuvel's topologies of creative reuse", *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 51, n. 8, pp. 1758-1774. <https://doi.org/10.1177/0308518X19860540>
- LATOUR B. (2017), *Facing Gaia. Eight lectures on the new climatic regime*, Polity Press, Cambridge.
- LEFOSSE D., NAGHIBI M., LUO S., VAN TIMMEREN A. (2025), "Biophilic urbanism across scales: enhancing urban nature through experience and design", *Land*, vol. 14, n. 5, <<https://doi.org/10.3390/land14051112A>>.
- MAGNAGHI A. (2020), *Il principio territoriale*, Bollati Boringhieri, Torino.
- MARTÍNEZ-ALIER, J. (2002), *The environmentalism of the poor. A study of ecological conflicts and valuation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- NEWMAN P., CABANEK A. (2020), "Bioregional planning and biophilic urbanism", in FANFANI D., MATARÁN RUIZ A. (a cura di), *Bioregional planning and design. Vol. I: Perspective on a transitional century*, Springer, Cham, pp. 113-128, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-45870-6_7>.
- OSTROM E. (1990). *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*, Cambridge University Press, Cambridge.
- PEDERSEN ZARI M. (2015), *Ecosystem services and urban design: geodesign for a sustainable and resilient urban future*, Routledge, London, <<https://doi.org/10.1080/17508975.2015.1007910>>.
- PEDERSEN ZARI M. (2018), *Regenerative urban design and ecosystem biomimicry*, Routledge, London, <<https://doi.org/10.4324/9781315114330>>.
- PINCETL S., BUNJE P., HOLMES T. (2012) "An expanded urban metabolism method: toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes", *Landscape and Urban Planning*, vol. 107, n. 3, pp. 193-202, <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.006>>.
- POLI D. (2015), *Regole e progetti per il paesaggio. Verso il nuovo piano paesaggistico della Toscana*, Firenze University Press, Firenze.
- TAYLOR BUCK N. (2017), "The art of imitating life: the potential contribution of biomimicry in shaping the future of our cities", *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 44, pp. 120-140.
- VITOUSEK P. M., MOONEY H.A., LUBCHENCO J., MELILLO J.M. (1997), "Human domination of Earth's ecosystems", *Science*, vol. 277, pp. 494-499, <<https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>>.
- WEISZ H., STEINBERGER J.K. (2010), "Reducing energy and material flows in cities", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 2, n. 3, pp. 185-192, <<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.010>>.
- WILSON E.O. (1984), *Biophilia. The human bond with other species*, Harvard University Press, Cambridge Mass..
- WOLMAN A. (1965), "The metabolism of cities", *Scientific American*, vol. 213, n. 3, pp. 178-190, <<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0965-178>>.

Scienza in azione

Nicola Valentino Canessa is an Associate Professor of Urban Planning at dAD-UNIGE and President of the Genoa Smart City Association. He directs the GIC.lab research cluster founded by M. Gausa, and his scientific activity focuses on urban digitization, tourism impact, and heritage enhancement. He is currently co-scientific director of the Mobiquity (PR FESR) and ReCITYing (Creative Europe) funded research projects

Giorgia Tucci, Architect and PhD, is an Assistant Professor in Urban and Regional Planning (CEAR-12/B) at dAD-UNIGE, she focuses her scientific work on Mediterranean rural landscapes, territorial innovation, and strategic planning. She has extensive experience in coordinating and drafting European projects and, since 2016, is coordinator of the GIC-Lab (Genova Intelligent Cities, Informational Contexts, International Courses) research unit at UniGe.

Nicola Valentino Canessa è Professore Associato di Urbanistica presso il dAD-UNIGE e Presidente dell'Associazione Genova Smart City. Dirige il cluster di ricerca GIC.lab fondato da M.Gausa, la sua attività scientifica si concentra sulla digitalizzazione urbana, l'impatto turistico e la valorizzazione patrimoniale. Attualmente è co-responsabile scientifico delle ricerche finanziate Mobiquity (PR FESR) e ReCITYing (Creative Europe).

Giorgia Tucci, PhD e Architetto, è Ricercatrice in Progettazione e Pianificazione Urbanistica e Territoriale (CEAR-12/B) presso il dAD-UNIGE, concentra la sua attività scientifica sui paesaggi rurali mediterranei, sull'innovazione territoriale e sulla pianificazione strategica. È esperta nel coordinamento e nella redazione di progetti europei e, dal 2016, è coordinatrice dell'unità di ricerca GIC-Lab (Genova Intelligent Cities, Informational Contexts, International Courses) di UniGe.