

Immaginazione tecnologica per rimanere entro i limiti planetari. Sette transizioni necessarie

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

SAGGI E PUNTI
DI VISTA/
ESSAYS AND
VIEWPOINT

Massimo Palme, <https://orcid.org/0000-0003-1166-2926>

Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Arquitectura, Valparaíso, Chile

massimo.palme@usm.cl

Abstract. L'immaginazione tecnologica e i processi di innovazione sono sempre stati alla base della crescita economica e dell'espansione del dominio umano sulle altre specie. E tuttavia, qualcosa sembra essersi inceppato. Possono essere realmente infiniti i salti di sviluppo tecnologico che permettono di "azzerare" il punto di partenza per ricominciare a crescere in forma sostenuta? Oppure stiamo affrontando qualche cosa di diverso, un limite nella stessa stabilità strutturale dell'ecosistema? L'aggravarsi della policrisi – certamente anche energetica – richiederà soluzioni drastiche ma dovrebbe anche permettere, finalmente, il (ri) sorgere di radicali idee di rinnovamento e trasformazione, così come di proposte concrete di organizzazione spaziale associate ai nuovi stili di vita che esse prefigurano.

Parole chiave: Spazio operativo sicuro; Processi critici; Cambiamento climatico; Transizione energetica; Complessità.

I limiti planetari e lo spazio operativo sicuro

Dalla pubblicazione del famoso rapporto sui limiti dello sviluppo (Meadows, 1972), la situazione planetaria non è migliorata, tutt'altro. Se da una parte gli scenari del rapporto Meadows sono stati parzialmente confermati da misure effettuate posteriormente (Turner, 2008; Herrington, 2021), dall'altra si deve purtroppo constatare che alle crisi energetiche degli anni '70 e primi '80, si sono sommate negli ultimi decenni altre crisi, relative al clima, alla disponibilità di acqua dolce e di alimenti, al rapido diffondersi di agenti patogeni pericolosi per la nostra specie. La natura termodinamica dell'economia e la relazione dello sviluppo con i processi biofisici è peraltro sempre più evidente (Georgescu-Roegen, 1971). Oggi, ci sono vari processi ecologici che hanno raggiunto o stanno raggiungendo velocemente valori critici degli indicatori proposti per misurarli. Rockström *et al.* (2017) hanno stimato l'esistenza di almeno nove processi critici per rimanere in ciò che hanno definito uno "spazio operativo sicuro" per

Technological imagination to stay within planetary boundaries. Seven necessary transitions

Abstract. Technological imagination and innovation processes have always been at the basis of economic growth and the expansion of human domination over other species. Nevertheless, something seems to have got stuck. Can the leaps in technological development that make it possible to "reset" the clock to start growing again in a sustained form really be infinite? Or are we facing something different, a limit in the structural stability of the ecosystem itself? The worsening of the polycrisis – certainly also energetic – will require drastic solutions but should also finally allow the (re)emergence of radical ideas of renewal and transformation, as well as concrete proposals for spatial organisation associated with the new lifestyles they prefigure.

Keywords: Safe operating space; Critical processes; Climate change; Energy transition; Complexity.

l'umanità. Quasi tutti questi processi coinvolgono le città e gli edifici, in quanto consumatori/trasformatori di risorse e produttori di organizzazione, o in altre parole in quanto strutture dissipative (Prigogine and Stengers, 1984). Vari autori hanno determinato l'applicabilità del concetto alle città, in modo simile a come si fa per gli esseri viventi e per i sistemi sociali (Gallopín, 2020).

Sostenibilità forte e sostenibilità debole

Un altro punto di inflessione nei dibattiti politici internazionali dell'ultimo quarto di secolo scorso, è stata la pubblicazione del rapporto "Our Common Future" (1982). A partire da quel rapporto si sono sviluppate infatti le grandi direttrici che hanno mosso l'Organizzazione delle Nazioni Unite nel nuovo millennio, attraverso gli Obiettivi del Millennio e poi degli Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile. Eppure, il concetto di sostenibilità dello sviluppo è ancora qualcosa di abbastanza effimero, e come tale è stato criticato, a volte anche duramente, da parte di molti intellettuali ambientalisti. Da un punto di vista scientifico, infatti, la proposta di incrocio dei tre assi portanti dello sviluppo (economia, ambiente e società), lascia molto margine per spostare l'attenzione su di uno dei tre fattori, riducendo la portata degli altri due (Fig. 1). Sarebbe questo un uso "debole", e forse anche nocivo, del concetto di sostenibilità, come messo in risalto, per esempio, da Beckerman (1994). Per sostenibilità forte, invece, si intende l'idea di uno sviluppo economico che può darsi solamente dentro una società equitativa ed avanzata, a sua volta possibile grazie a una gestione dell'ambiente che non metta in pericolo le condizioni al contorno dell'ecosistema Terra, ovvero i limiti planetari di cui

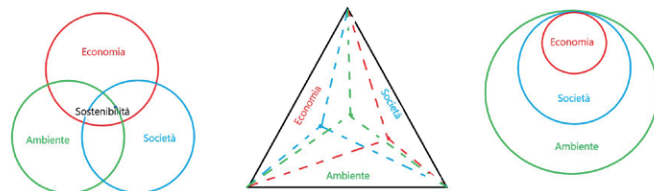
Planetary boundaries and safe operational space

Since the famous report on limits to growth were published (Meadows, 1972), the state of the planet has not improved but is, instead, getting worse. If, on the one side, the scenarios of Meadows report have been partially confirmed by measurements (Turner, 2008; Herrington, 2021), on the other hand we should unfortunately admit that new crises relative to climate, water and food provision, and pathogen agent diffusion that is dangerous for our species must be added to the energy crisis of the '70s and early '80s. Moreover, the thermodynamic nature of the economy and relations between development and biophysical processes is always more evident (Georgescu-Roegen, 1971). Today, there are many ecological processes that have already overpassed or are rapidly overpassing

the critical values of indicators proposed to assess them. Rockström *et al.* (2017) estimated the existence of at least nine critical processes to stay within what they called "a safe operation space for humanity". Almost all those processes relate to buildings and cities, as consumers/transformers of resources and order producers, or in other words, as dissipative structures (Prigogine and Stengers, 1984). Many authors checked the applicability of the concept to cities, consistently with the general practice for living and social systems (Gallopín, 2020).

Strong and weak sustainability

Another turning point in the international political debates of the last quarter of the 20th century was the publication of the report "Our Common Future" (1982). In fact, the great guidelines that moved the United Na-



sopra. In termini più stretti, il concetto debole di sostenibilità si riferisce al capitale naturale e al capitale umano come sostituibili, mentre quello di sostenibilità forte si riferisce ad essi come complementari (Daly, 1995).

Verso un nuovo paesaggio Quando si dice “paesaggio”, nel linguaggio corrente, si pensa la maggior parte delle volte all’aspetto visuale di un certo scenario naturale. Eppure, il concetto di paesaggio in ecologia è qualcosa di molto più complesso che presenta sempre una certa composizione funzionale oltre a una certa configurazione geografica, e può essere definito come «la base su cui i modelli spaziali influenzano i processi ecologici» (Wiens, 2005). Gli ecologi del paesaggio si sono interrogati sui dilemmi posti dal concetto di sostenibilità esposti precedentemente. In particolare, Jianguo Wu ha sviluppato il concetto di paesaggio sostenibile, definito come quello che non mette in pericolo la capacità di sopportare le attività metaboliche che vi hanno luogo. Per ogni paesaggio, sia esso naturale o urbano, c’è quindi una determinata capacità di carico, dal punto di vista ecologico, che fissa il limite entro il quale muoversi. Fuori da quel limite, il paesaggio si degraderà in modo irreversibile. Nelle parole dello stesso Wu: «La sostenibilità del paesaggio è la capacità di un paesaggio di fornire costantemente, nel lungo periodo, servizi ecosistemici specifici del paesaggio essenziali per mantenere e migliorare il benessere umano in un contesto regionale pese a cambiamenti ambientali e socioculturali» (Wu, 2013). Questa definizione è molto importante perché riflette la natura dinamica dei processi sociali e ambientali sul concetto di sostenibilità del paesaggio. L’accento viene quindi posto sui nostri bisogni, anzi sui bisogni ipotetici

delle future generazioni, vincolando la “capacità” del paesaggio non solamente con la fertilità dei terreni, ma anche con la possibilità di fornire servizi ecosistemici elevati, come per esempio, stimolare le attività culturali e spirituali degli esseri umani (Dominati *et al.*, 2010). Assicurare il nostro futuro non è semplicemente effettuare una transizione energetica dai combustibili fossili alle energie rinnovabili. Non si tratta solamente di trovare nuove risorse, ma di qualcosa di molto più profondo.

Le sette transizioni: ben oltre un cambiamento nella matrice energetica

A partire dalla fine degli anni ’80 del secolo scorso, anche il premio Nobel per la fisica Murray Gell-Mann incominciò ad interessarsi alla definizione di scenari sostenibili per il futuro. Egli propose (Gell-Mann, 1993) l’idea di sette transizioni necessarie per il raggiungimento di tale obiettivo: una transizione economica, informatica, demografica, tecnologica, sociale, istituzionale e ideologica. La transizione energetica risulta quindi essere solamente una parte di un processo molto più ampio e complesso di cambiamento. Come sottolineato da Butera (2022), le soluzioni necessarie per assicurare la tenuta dell’ecosistema devono essere integrali e trasversali, considerando molteplici aspetti di questi problemi complessi. Analizziamo con certo dettaglio le sette transizioni. Innanzitutto, la demografia planetaria deve cambiare. Questo sarà probabilmente un processo di autoregolazione dell’ecosistema planetario, senza particolare necessità di specifici interventi da parte della nostra società. Ciò non vuole dire che sarà necessariamente un processo indolore: potrebbe dare origine a oscillazioni di popolazione oppure tendere a stabilizzarsi in maniera soave, come sperano i

tions Organisation in the new millennium have been developed from that report, through the Millennium Goals and then the Sustainable Development Goals. Yet, the concept of sustainable development is still something quite unclear and, as such, it has been criticised, sometimes even harshly, by many environmentalist intellectuals. Indeed, from a scientific point of view, the proposal to cross the three main axes of development (economy, environment and society) leaves much room to shift attention to one of the three factors, reducing the scope of the other two (Fig. 1). This would be a “weak” and perhaps even harmful use of the concept of sustainability, as highlighted, for example, by Beckerman (1994). By strong sustainability, on the other hand, we mean the idea of an economic development that can only occur within an equitable and

advanced society, which is, in turn, possible only thanks to environmental management that does not endanger the surrounding conditions of the Earth’s ecosystem, i. e. the planetary limits mentioned above. In stricter terms, the weak concept of sustainability refers to natural capital and human capital as substitutable, while that of strong sustainability refers to them as complementary (Daly, 1995).

Towards new landscapes

Today, when we speak of “landscape”, most of the time we think of the visual aspect of a certain natural scenario. However, the concept of landscape in ecology is something much more complex, and always has a certain functional composition as well as a certain geographical configuration. It can be defined as «the basis on which spatial patterns influence ecological

processes» (Wiens, 2005). Landscape ecologists have wondered about the dilemmas posed by the concept of sustainability set out above. In particular, Jianguo Wu has developed the concept of sustainable landscape, defined as one that does not endanger the ability to sustain the metabolic activities that take place there. Hence, each landscape, whether natural or urban, has a certain load bearing capacity, from an ecological point of view, which sets the limits within which the system can operate. Outside those limits, the landscape will degrade irreversibly. In Wu’s own words: «Landscape sustainability is the capacity of a landscape to consistently provide long-term, landscape-specific ecosystem services essential for maintaining and improving human well-being in a regional context and despite environmental and sociocultural changes» (Wu, 2013).

This definition is very important because it reflects the dynamic nature of social and environmental processes on the concept of landscape sustainability. The emphasis is, therefore, placed on human needs, on the hypothetical needs of future generations, linking the “capacity” of the landscape not only to cope with the fertility of the land, but also with the possibility of going on providing high ecosystem services, such as, for example, stimulating the cultural and spiritual activities of human beings (Dominati *et al.*, 2010). Securing our future is not so simple as making an energy transition from fossil fuels to renewable energy. It is not just about finding new resources but about something much deeper.

The Seven Transitions: Far Beyond a Shift in the Energy Matrix

Starting from the late 1880s, even the

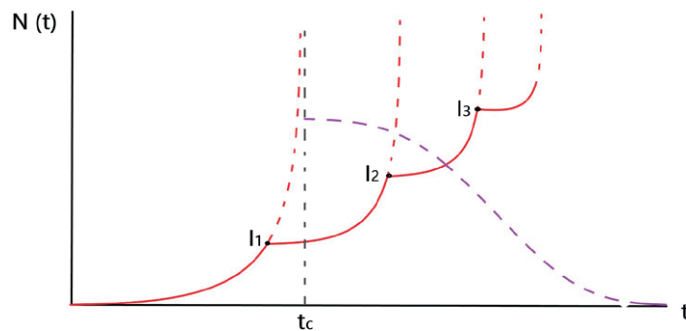
più ottimisti. In ogni caso i dati recenti dimostrano un rallentamento nella crescita di popolazione che farebbe prevedere una stabilizzazione attorno agli 11-12 miliardi di persone verso la fine del secolo. La trasformazione informatica, invece, è già chiaramente in atto. Risulta difficile staccarla da una più generale trasformazione tecnologica. Però va sottolineato che i cambiamenti tecnologici hanno da sempre accompagnato l'umanità nella sua evoluzione, come indicato da Pievani (2021). La trasformazione istituzionale, quella sociale e quella economica, sembrano invece ancora abbastanza lontane, e saranno possibili solamente se ci sarà prima una netta transizione ideologica da parte della maggior parte della popolazione del pianeta, o almeno da parte dei leader più influenti, capaci di gettare le basi per avanzare in modo rapido e concreto verso un futuro completamente differente dallo scenario *business-as-usual*.

Immaginazione tecnologica e stabilità strutturale

Le strutture dissipative hanno varie caratteristiche fondamentali, una delle quali è quella di essere soggette alla crescita come risultato del proprio metabolismo. Ciò non ostante, sembrerebbero esserci delle differenze tra gli esseri viventi, che hanno determinati limiti nel proprio sviluppo (diventando adulti e poi necessariamente invecchiando), e le strutture sociali, che potrebbero invece continuare a crescere in modo indefinito se fossero soggette all'ottenimento di risultati (opportunità economiche, prodotto pro-capite, invenzioni) super-lineari che permettano di ottimizzare l'uso delle risorse facendosi via via di dimensioni maggiori. Sembrerebbe essere questo il caso dei sistemi urbani (Bettencourt *et al.*, 2007), che presentano varie

Nobel prize for physics Murray Gell-Mann began to be interested in defining sustainable scenarios for the future. He proposed (Gell-Mann, 1993) the idea of seven transitions necessary to achieve this goal: an economic, information technology, demographic, technological, social, institutional, and ideological transition. The energy transition, therefore, appears to be only a part of a much broader and complex process of change. As underlined by Butera (2022), the solutions necessary to ensure the stability of the ecosystem must be integral and transversal, considering multiple aspects of these complex problems. We shall analyse the seven transitions in some detail. First, planetary demographics must change. This will probably be a process of self-regulation of the planetary ecosystem with no special need for specific interventions by our society. This

does not mean that it will necessarily be a painless process. It could give rise to fluctuations in the population or tend to stabilise in a gentle way, as hoped by optimists. In any case, recent data show a slowdown in population growth, which would lead to forecast a stabilisation of around 11-12 billion people towards the end of the century. The information transformation is clearly already underway. It is difficult to detach it from a more general technological transformation. However, it should be emphasised that technological changes have always accompanied mankind in its evolution, as indicated by Pievani (2021). Institutional, social and economic transformation, on the other hand, still seem quite distant, and will only be possible if there is first a clear ideological transition by the majority of the planet's population, or at least by the most influential leaders.



correlazioni di carattere super-lineare ed altre di carattere sub-lineare, soprattutto quelle legate alla distribuzione dei servizi (elettricità, pompe di benzina, strade). Ciò che permetterebbe a sistemi di tal genere di svilupparsi più a lungo, o anche indefinitamente, sarebbe la capacità di “azzerare” il punto di partenza della funzione esponenziale che ne descrive il comportamento attraverso l’innovazione (Fig. 2).

A tale proposito, West (2016) descrive come l’innovazione tecnologica sia una necessità per evitare il collasso economico della società urbana. Eppure, il ritmo a cui le innovazioni dovrebbero succedersi l’una all’altra per mantenere la crescita è esso stesso eccessivamente incalzante. Quindi, per sostenere le caratteristiche economiche di super linearità delle città, intese come i luoghi catalizzatori dell’innovazione, ci sarebbe bisogno comunque di “qualcosa” di esponenziale, nella fattispecie la frequenza dell’innovazione stessa. Ciò ci porta a esplorare il meta concetto di “stabilità strutturale”, introdotto da Stuart Kauffmann (1993) per spiegare come certi sistemi complessi possano evolvere senza collassare, grazie alla loro “ridondanza” o “robustezza” nei confronti del contesto in cui sono posti. Per continuare a generare ordine, i sistemi complessi vivono lontani dall’equilibrio, mantenuti in essere dai continui flussi energetici che li attraversano. Se però questi stessi flussi cominciano a modificarsi in modo sostanziale, ecco che appaiono delle fluttuazioni termodinamiche, eventi drastici di spostamento del si-

They should throw the foundations to advance quickly and concretely towards a future that is completely different from the business-as-usual scenario.

Technological imagination and structural stability

Dissipative structures have several key characteristics, one of which is that they are subject to growth because of their own metabolism. However, there would seem to be some differences between living beings, which have certain limits in their development (becoming adults and then necessarily ageing), and social structures, which could, instead, continue to grow indefinitely, if they had to achieve super-linear results (economic opportunities, gross product per capita, inventions) to optimise the use of resources, thus gradually becoming larger in size. This would

seem to be the case of urban systems (Bettencourt *et al.*, 2007), which present various super-linear correlations and other sub-linear ones, especially correlated with the distribution of services (electricity, gas stations, roads). What would allow such systems to develop longer, or even indefinitely, would be the ability to “reset” the starting point of the exponential function that describes their behaviour through innovation (Fig. 2).

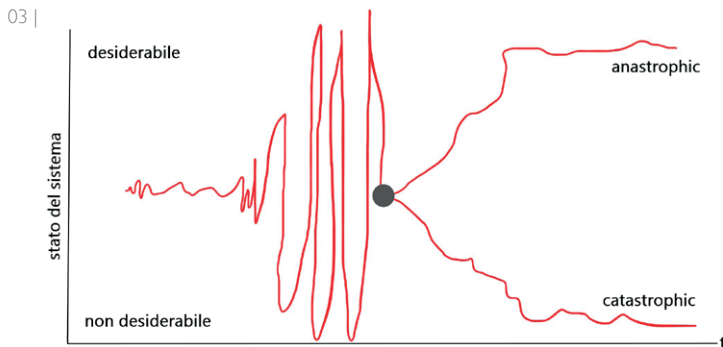
With regard to this issue, West (2016) describes how technological innovation is necessary to avoid the economic collapse of urban society. Yet the pace at which innovations should follow one another to maintain growth is itself excessively fast. Therefore, to support the super-linear economic characteristics of cities, understood as catalyst places for innovation, there would still be a need for “something” exponential, in

stema dai punti di stabilità strutturale, detti anche “attrattori” in cui si trovavano. Quando questo succede, il sistema cade in uno stato di instabilità, che può portare ad una catastrofica alterazione della sua collocazione nell’ambiente e muoverlo verso nuovi possibili attrattori. Se il grado di ridondanza è abbastanza elevato, il sistema può invece riconfigurarsi facilmente attorno allo stesso attrattore. Altrimenti, il processo catastrofico distrugge le caratteristiche precedenti del sistema e lo conduce verso nuove, imprevedibili configurazioni. L’aumento esponenziale del ritmo di innovazione potrebbe causare una riduzione nella ridondanza di cui hanno bisogno i sistemi urbani per gestire l’adattamento ai ritmi incessanti di questa innovazione. Il risultato di una fluttuazione è abbastanza imprevedibile (Fig. 3): può condurre ad uno stato più organizzato ancora (*anastrophic transformation*), oppure ad uno meno organizzato (*catastrophic transformation*). In termini sociali, potrebbe generare scenari futuri sostenibili oppure una nuova barbarie (Gallopín *et al.*, 1997): essere capaci di individuare i segnali precedenti alla transizione potrebbe rivelarsi la chiave di volta per evitare la catastrofe (Scheffer *et al.*, 2012).

Nuove babilonie

Sopravviveranno quindi le città? Seguendo la teoria di Bettencourt e West, non solamente sopravviveranno, ma diventeranno la base per una trasformazione radicale del mondo: il futuro potrebbe finalmente essere una unica, enorme urbanizzazione planetaria. Secondo altri, invece, il proprio metabolismo urbano si deve al consumo intensivo seppure efficiente delle risorse naturali. Le città finiranno per cadere vittima di sé stesse, della propria voracità di risorse di ogni genere. Entram-

Sopravviveranno quindi le città? Seguendo la teoria di Bettencourt e West, non solamente sopravviveranno, ma diventeranno la base per una trasformazione radicale del mondo: il futuro potrebbe finalmente essere una unica, enorme urbanizzazione planetaria. Secondo altri, invece, il proprio metabolismo urbano si deve al consumo intensivo seppure efficiente delle risorse naturali. Le città finiranno per cadere vittima di sé stesse, della propria voracità di risorse di ogni genere. Entram-



this case the frequency of innovation itself. This leads us to explore the meta-concept of “structural stability” introduced by Stuart Kauffmann (1993) to explain how certain complex systems can evolve without collapsing towards

the context in which they are placed, thanks to their “redundancy” or “robustness”. To continue generating order, complex systems live far from equilibrium, kept in place by the continuous energy flows that pass through

be queste visioni, in ogni caso, considerano che lo scenario economico *business-as-usual* verrà mantenuto fino alle estreme conseguenze. E se invece ci fossero dei sostanziali cambiamenti nella struttura economica della società? In questo caso, le città potrebbero continuare ad avere un ruolo dialettico con i contesti naturali. Certo, stiamo parlando di città completamente differenti da quelle che conosciamo. Un nuovo modo di vivere, liberando l’umanità dai viziosi circoli della produzione e del consumo, fa prefigurare soluzioni architettoniche e urbane adatte allo svolgimento di attività principalmente ludiche, permettendo l’integrazione tra la natura e la società, o anche il superamento di questa artificiale distinzione. I progetti in essere in alcune città europee, fanno pensare che sia possibile una ridefinizione di ciò che significa “vita urbana”, transitando verso una società sempre più inclusiva, con una maggiore distribuzione tanto della ricchezza come delle responsabilità. Una città diffusa, con servizi organizzati in modo tale da essere punti di riferimento per un territorio relativamente ristretto, usi misti degli edifici, pochi veicoli motorizzati e molte biciclette, spazi pedonali, parchi e luoghi per riunirsi a godere di iniziative culturali, sportive e ludiche. Chiaramente, questo prevede una drastica riduzione dei carichi lavorativi, nuove politiche per le famiglie, e un aumento della diversità anche a spese dell’efficienza, troppo spesso considerata come la virtù massima della transizione, ma in realtà pericoloso parametro responsabile del paradossale effetto di aumento nei consumi (Giampietro and Mayumi, 2018). In realtà, l’efficienza deve sempre essere accompagnata dalla ridondanza che, come si è visto, è la caratteristica soggiacente alla resilienza di un sistema dinamico. Questa ridondanza, in termini pratici, si rivela come diversità di azioni e soluzio-

them. However, if these flows begin to change substantially, thermodynamic fluctuations can appear, drastic events that can move the system far from such points of structural stability, also called “attractors”, in which it is situated. When this happens, the system falls into a state of instability, which can lead to a catastrophic alteration of its location in the environment and move it towards new possible attractors. If the degree of redundancy is high enough, the system can still reconfigure itself around the same attractor. Otherwise, the catastrophic process destroys the previous characteristics of the system and leads it to new unpredictable configurations. The exponential increase in the pace of innovation could cause a reduction in the redundancy that urban systems need to manage adaptation to the relentless pace of this innovation. The result of a fluctuation is

quite unpredictable (Fig. 3). It can lead to an even more organised state (*anastrophic transformation*), or to a less organised one (*catastrophic transformation*). In social terms, it could generate sustainable future scenarios or a new barbarism (Gallopín *et al.*, 1997). Indeed, being able to identify the signals preceding the transition could prove to be the key to avoid the catastrophe (Scheffer *et al.*, 2012).

New Babylonia

So, will cities survive? Following Bettencourt’s theory, they will not only survive, but will become the basis for a radical transformation of the world. The future could, finally, hold a single, huge planetary urbanisation. According to others, the urban metabolism is due to the intensive (yet efficient) consumption of natural resources. Cities will end up falling prey

ni per produrre un simile risultato, ed è nemica dichiarata dell'omogeneizzazione di stili di vita e consumi prodotta dalla globalizzazione. Ricapitolando, le nuove città dovranno esplorare scenari di pianificazione arditi e differenti, privilegiando soluzioni locali, non ripetitive, che si fondino sulla comprensione delle dinamiche di funzionamento specifiche di ogni paesaggio. Dovranno essere aperte, capaci di accogliere cambiamenti di carattere sociale e culturale, adattandosi con facilità a pressioni tanto endogene come esogene. Saranno globali e locali allo stesso tempo. Vengono per forza in mente, quindi, le grandi esplorazioni dell'urbanismo unitario degli anni '60 e '70 realizzate dall'architetto Constant Nieuwenhuys, ideando, prima concettualmente e poi materialmente, delle "nuove babilonie", luoghi dove «la cultura non sarà il risultato di azioni isolate o di situazioni eccezionali, ma di una azione globale, collettiva, di tutta la popolazione mondiale implicandosi in una relazione dinamica con l'ambiente». (Nieuwenhuys, 2009). Mentre il gioco, caratteristica attività del futuro *homo ludens* sarà possibile proprio in quanto abilitata dalla tecnologia, che si convertirà in tal modo in una forza generatrice del proprio contesto urbano.

Conclusione

Come conclusione, possiamo asserire che le pressioni ai confini dell'ecosistema terrestre si stanno facendo sempre maggiori. La scarsità di combustibili fossili è solamente una delle diverse sfaccettature del problema globale che stiamo affrontando. L'epoca geologica definita "Antropocene" (Crutzen and Stormer, 2000) ci costringe ad immaginare soluzioni nuove e rivoluzionarie (Batty, 2018). L'innovazione tecnologica è stata da sempre la forza motrice per eccellenza delle trasformazioni

to themselves, to their own voracity for resources of all kinds. Both these visions, in any case, consider that the business-as-usual economic scenario will be maintained to the extreme consequences. What if there were, instead, substantial changes in the economic structure of society? In this case, cities could continue to play a dialectic role with natural contexts. Of course, we are talking about completely different cities from the ones we know. A new way of living, releasing mankind from the vicious circles of production and consumption, foreshadows architectural and urban solutions adapted to mainly playful activities, allowing the integration between nature and society, or even the overcoming of this artificial distinction. The projects underway in some European cities suggest that a redefinition of what "urban life" means is possible, moving

towards an increasingly inclusive society with a greater distribution of both wealth and responsibilities. A widespread city, with services organised in such a way as to be points of reference for a relatively small area, mixed uses of buildings, few motorised vehicles and many bicycles, pedestrian spaces, parks and places to gather to enjoy cultural, sports and recreational initiatives. Clearly, this foresees a drastic reduction in workloads, new policies for families, and an increase in diversity even at the expense of efficiency, which has too often been considered the greatest virtue of the transition, but is really a dangerous parameter responsible for the paradoxical effect of increase in consumption (Giampietro and Mayumi, 2018). Efficiency must always be accompanied by redundancy, which, as we have seen, is the underlying characteristic of the resilience

sociali ed economiche, come visualizzato ad esempio da Nicolai Kondratieff (1935) attraverso l'analisi delle ondate di crescita e stagnazione economica (Fig. 4).

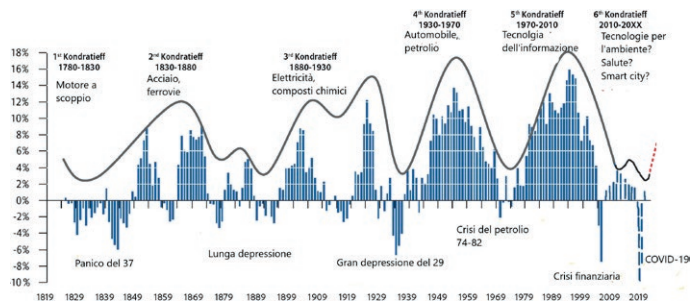
Si è visto tuttavia, che quando le fluttuazioni cominciano ad essere severe (e le ondate economiche analizzate rispecchiano questo comportamento), il sistema entra in una fase a rischio di instabilità. Quindi, bisogna anche contenere l'accelerazione richiesta all'innovazione, per non rischiare di entrare in un circolo vizioso dove innovare per crescere diventi una necessità incessante. Le nuove strutture urbane dovranno permettere anche la decrescita, dovranno abilitarsi anche per l'ozio, dovranno essere pronte anche per una eventuale riduzione drastica della produttività industriale. Quindi ridurre, riutilizzare, riciclare, ma anche redistribuire. Farsi più ospitali. Accogliere la diversità. Pensare al proprio metabolismo come qualcosa di multidirezionale, di dialettico. Come fatto ben vedere proprio da Meadows (2001) e riportato da Wu: «noi non possiamo comprendere, prevedere o controllare completamente i sistemi complessi, ma possiamo figurarceli, disegnarli e danzare con loro» (Wu, 2013).

RINGRAZIAMENTO

Il presente articolo è stato sviluppato nell'ambito della ricerca "Clima urbano y entorno construido", finanziato dal programma FONDECYT-ANID numero 1200275.

REFERENCES

- Batty, M. (2018), *Inventing Future Cities*, MIT Press.
Beckerman, W. (1994), "Sustainable Development: Is it a Useful Concept?", *Environmental Values*, Vol. 3, n. 3, pp. 191-209.



of a dynamic system. This redundancy, in practical terms, reveals itself as a diversity of actions and solutions to produce a similar result, and is a declared enemy of the homogenisation of lifestyles and consumption produced by globalisation. In summary, the new cities will have to explore bold and

different planning scenarios, favouring local, non-repetitive solutions that are based on an understanding of the specific functioning dynamics of each landscape. They will have to be open, capable of welcoming social and cultural changes, adapting easily to both endogenous and exogenous pressure.

- Bettencourt, L., Lobo, J., Helbing, D., Künert, C. and West, G. (2007), "Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities", *PNAS*, Vol. 104, n. 17, pp. 7301-7306.
- Brundtland, G. et al. (1987), *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press.
- Butera, F. (2022), *Affrontare la complessità*, Edizioni Ambiente.
- Crutzen, P. and Stoermer, E. (2000), "The Anthropocene", *Global Change Newsletter*, Vol. 41, pp. 17-18.
- Daly, H.E. (1995), "On Wilfred Beckerman's critique of sustainable development", *Environmental Values*, Vol. 4, pp. 49-55.
- Dominati, E., Patterson, M. and Mackay, A. (2010), "A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils", *Ecol Econ*, Vol. 69, n. 9, pp. 1858-1868.
- Daly, H.E. (1997), "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz", *Ecol Econ*, Vol. 22, n. 3, pp. 261-266.
- Forman, R. (2008), "The urban region: natural systems in our place, our nourishment, our home range, our future", *Landscape Ecology*, Vol. 23, n. 3, p. 251-253.
- Gallopín, G. (2020), "Cities, Sustainability, and Complex Dissipative Systems. A Perspective", *Frontiers in Sustainable Cities*, Vol. 2, p. 523491.
- Gallopín, G., Hammond, A., Raskin, P. and Swart, R. (1997), *Branch Points: Global Scenarios and Human Choice*, Report of PoleStar Project, Stockholm Environment Institute.
- Gell-Mann, M. (1993), *The quark and the jaguar. Adventures in the simple and the complex*, New York, Henry Holt and Company, USA.
- Georgescu-Roegen, N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Giampietro, M. and Mayumi, K. (2018), "Unraveling the complexity of the Jevons Paradox: The link between innovation, efficiency, and sustainability", *Frontiers in Energy Research*, Vol. 6, p. 26.
- Herrington, G. (2021), "Update to limits to growth: Comparing the World3 model with empirical data", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 25 n. 3, pp. 614-626.
- Kauffman, S. (1993), *The origins of order: Self Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press.
- Kauffman, S. (1995), *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-organization and Complexity*, Oxford University Press.
- Kondratieff, N.D. (1935), "The long waves in economic life", *Rev Econ Stat.*, Vol. 17, n. 6, pp. 105-115.
- Meadows, D. et al. (1962), *Limits to growth*, UNIVERSE.
- Meadows, D.H. (2001) *Dancing with systems*, Whole earth.
- Nieuwenhuys, C. (2009), *La Nueva Babilonia*, Barcelona
- Pievani, T. (2021), "Human techno-evolution and the future", *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 2, pp. 18-21.
- Prigogine, I. and Stengers, I. (1984), *Order Out of Chaos*, Bantam Ed.
- Rockström, J., Steffen, W. et al. (2009), "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity", *Ecology and Society*, Vol. 14, n. 2, p. 32.
- Scheffer, M., Carpenter, S. et al. (2012), "Anticipating Critical Transitions", *Science*, Vol. 338, pp. 344-348.
- Turner, G. M. (2008), "A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality", *Global Environmental Change*, Vol. 18, pp. 397-411.
- West, G. (2017), *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*, Penguin Press Ed.
- Wiens, J.A. (2005), "Toward a unified landscape ecology", in Wiens, J.A., Moss, M.R. (Eds), *Issues and perspectives in landscape ecology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 365-373.
- Wu, J. (2013), "Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes", *Landscape Ecology*, Vol. 28, pp. 999-1023.

They will be global and local at the same time. Hence, the great explorations of unitary urbanism of the 1960s and 1970s carried out by architect Constant Nieuwenhuys come to mind, conceiving, first conceptually and then materially, the "new babylonia", places where: «culture will not be the result of isolated actions or exceptional situations, but of a global, collective action of the entire world population involving itself in a dynamic relationship with the environment» (Nieuwenhuys, 2009). While play, the characteristic activity of the future *homo ludens*, will be possible precisely because it is enabled by technology, which will thus become a generating force of its own urban context.

Conclusion

Concluding, we can say that the pressure on the borders of the terrestrial

ecosystem is increasing. The scarcity of fossil fuels is only one of the many facets of the global problem we are facing. The geological epoch defined as "Anthropocene" (Crutzen and Stoermer, 2000) forces us to imagine new and revolutionary solutions (Batty, 2018). Technological innovation has always been the main driving force of social and economic transformations, as visualised, for example, by Nicolai Kondratieff (1935) through the analysis of waves of economic growth and stagnation (Fig. 4).

However, it has been seen that when fluctuations begin to be severe (and the economic waves analysed reflect this behaviour), the system enters a phase at risk of instability. Therefore, it is also necessary to contain the acceleration required for innovation in order to avoid the risk of entering a vicious circle where innovating to grow becomes

an incessant necessity. The new urban structures must also allow degrowth. They must qualify for idleness, and be ready for a possible drastic reduction in industrial productivity. So, reduce, reuse, recycle, but also redistribute. Be more hospitable. Embrace diversity. Think of your metabolism as something multidirectional, dialectical. As pointed out by Meadows (2001) and reported by Wu: «we cannot fully understand, predict, or control complex systems, but we can envision, design, and dance with them!» (Wu, 2013).