

# Il DMDU per contrastare le fragilità climatiche. Un'integrazione con il progetto rigenerativo

SAGGI E PUNTI  
DI VISTA/  
ESSAYS AND  
VIEWPOINT

Simona Mannucci, Michele Morganti,

SOS Urban Lab, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Sapienza Università di Roma, Italia

simona.mannucci@uniroma1.it

michele.morganti@uniroma1.it

**Abstract.** Alla luce dell'interazione complessa tra crisi climatica e città, la mutazione odierna vissuta dalle discipline progettuali è connotata dal riorientamento degli approcci deterministici, verso approcci flessibili. A tal proposito, un contributo essenziale ai metodi e alle strategie operative di contrasto della fragilità climatica dei sistemi urbani è quello del *Decision Making Under Deep Uncertainty* (DMDU). Il contributo proposto, alla luce dei recenti avanzamenti nell'ambito degli approcci adattivi, discute concetti chiave, limitazioni attuali e potenzialità dell'introduzione del DMDU nel metodo e nelle prassi operative del progetto rigenerativo. In particolare, la riflessione critica condotta vuole restituire il ruolo del progettista all'interno del DMDU ed è orientata a ridurre la fragilità climatica odierna e, soprattutto futura, della città europea.

**Parole chiave:** *Decision Making Under Deep Uncertainty*; Progettazione rigenerativa; Adattamento; Cambiamento climatico; *Dynamic Adaptive Policy Pathways*.

## Dal predire e agire al monitorare e adattare

Riscaldamento globale, pandemie, flussi migratori incontrollati sono alcuni dei fenomeni che caratterizzano gli ultimi decenni dell'Antropocene. Sono in molti a ritenere che, pur nella complessità dei suoi registri, l'origine delle dinamiche odierne sia da ricercare nell'azione ecologica di trasformazione del pianeta messa in atto dall'umanità e che la crisi climatica ne sia la conseguenza più evidente. Tale crisi, associata alla derivante condizione di *incertezza* tipica dei tempi recenti, ha inflesso con evidenza il nostro intendere l'ambiente costruito, l'architettura e la nozione di progetto. Sia sul piano della riflessione teorica che – seppur con scarsa incisività nelle azioni concrete – su quello delle forme e degli strumenti operativi, assistiamo ad un nutrito dibattito disciplinare che tenta confronti possibili con l'inatteso (Graham *et al.*, 2016; Maas and Madrazo, 2012). Nella sua declinazione tecnica, orientata alla previsione delle prestazioni del costruito e basata sulle evidenze, la ricerca progettuale insegue le potenzialità dei

Riscaldamento globale, pandemie, flussi migratori incontrollati sono alcuni dei fenomeni

## How to tackle climate fragilities by DMDU. Making possible with regenerative design

**Abstract.** The complex interaction between city and climate crisis is converting design-based disciplines from deterministic to flexible approaches. In this regard, Decision-Making Under Deep Uncertainty (DMDU) methods and operational strategies can be valuable support mechanisms to cope with the emerging climate fragilities of urban systems. In light of recent advances in the field of adaptive approaches, this paper discusses key concepts, current limitations and the potential to introduce the DMDU in the method and practices of regenerative design. Our critical discussion aims to restore the designer's role within the DMDU and to reduce current and future climate fragilities in European cities.

**Keywords:** Decision-Making Under Deep Uncertainty; Regenerative design; Adaptation; Climate change; Dynamic Adaptive Policy Pathways.

nuovi strumenti digitali per fondare i suoi scenari di trasformazione su ipotesi definite *robuste* (Naboni and Havinga, 2019).

In questo contesto, le città sono gli ambiti più esposti ai rischi derivanti dalla crisi climatica – specie l'incremento di frequenza dei fenomeni più estremi quali ondate di calore, siccità e piogge torrenziali – perché connotate da una fragilità intrinseca. Nel contesto europeo, anche per via delle politiche dell'Unione, ciò si traduce per le discipline progettuali nella ricerca di metodi adattivi per trasformare edifici e spazi urbani, che ha prodotto un progressivo rilievo dell'approccio rigenerativo (European Commission, 2021). A fronte di un recente passato, in cui si è concentrata l'attenzione su edifici e città che minimizzino l'impatto sull'ambiente, tale approccio si connota per un cambio di paradigma – “*from less bad to more good*” – che vede il costruito capace di riparare danni ambientali e recuperare gli ecosistemi. Nell'impianto metodologico del progetto rigenerativo, dunque, divengono centrali le fasi di monitoraggio e valutazione che consentono la ridefinizione di strategie e soluzioni adottate durante l'intero arco temporale dell'intervento (Battisti and Tucci, 2015; Losasso *et al.*, 2020). Tale centralità ha messo fortemente in discussione il concetto di stazionarietà (Milly *et al.*, 2008) e riorientato quegli approcci deterministici, basati sul principio *predire e agire*, verso approcci flessibili e capaci di includere l'incertezza nel processo decisionale, concepiti per *monitorare e adattare* (Marchau *et al.*, 2019; Radhakrishnan *et al.*, 2018). Nel caso del contrasto delle fragilità climatiche in ambito urbano – ove il livello di incertezza è di tipo profondo – diviene essenziale ricorrere agli approcci appartenenti al *Decision Making Under Deep Uncertainty* (DMDU). Esso è basato su metodologie e strumenti per l'adattamento dinamico, che consentono di mu-

## From predict and act to monitor and adapt

Global warming, pandemics and uncontrolled migration flows are just some of the phenomena characterising the last decades of the Anthropocene Epoch. Indeed, despite the complexity of the many facets, the origin of today's dynamics is to be found in the ecological action of transformation taken by humanity, and climate crisis is the most evident consequence. This crisis, together with the resulting uncertainty typical of recent times, has clearly changed our understanding of built environment, architecture and of the design notion. Both from the point of view of theoretical reflection and of operational methods and tools – albeit with little effectiveness – we are witnessing a vivacious discourse in the design field that finds possible ways of exploration with the unexpected (Gra-

ham *et al.*, 2016; Maas and Madrazo, 2012). From a technical perspective, considering both performance – and evidence-based design, the design research pursues the potential of new digital tools to foster regeneration scenarios based on robust hypotheses (Naboni and Havinga, 2019).

In this context, cities are the areas the most prone to climate risk as they are characterised by an intrinsic fragility, especially for the increased frequency of extreme climate events, such as heatwaves, droughts and rainstorms. In Europe, through the promotion of innovative policies, design disciplines develop adaptive methods to transform buildings and urban spaces, resulting in a progressive emphasis on the regenerative approach (European Commission, 2021), while in the recent past, where the focus has been on minimising the environmental impact

tare struttura operativa e processo analitico al variare di ipotesi e condizioni alla base del progetto rigenerativo, conseguendo l'obiettivo di un ambiente costruito adattivo e preservando gli ingenti investimenti necessari allo scopo (Marchau *et al.*, 2019). In particolare, il *Dynamic Adaptive Policy Pathways* (DAPP), approccio *model-based* dell'ambito DMDU, servendosi di scenari indirizza interventi a partire da un quadro di riferimento da cui dedurre decisioni flessibili a seconda di come evolverà il futuro. Originariamente concepito per strutturare percorsi climaticamente adattivi nelle politiche di gestione delle risorse idriche, esso è trasferibile in qualsiasi pratica disciplinare che richieda attività progettuali da condurre in condizioni di incertezza. Pur avendo maturato un livello di conoscenza teorica adeguata, ad oggi mancano esperienze concrete di integrazione del DMDU e del DAPP nel progetto rigenerativo mediante le quali definire e verificare la validità di prassi operative. Il contributo proposto, alla luce dei recenti avanzamenti nell'ambito degli approcci adattivi, discute concetti chiave, limitazioni attuali e potenzialità di tale integrazione. In particolare, la riflessione condotta vuole restituire il ruolo del progettista all'interno del DMDU al fine di ridurre la fragilità climatica odierna e, soprattutto futura, della città europea, la cui complessità richiede di essere indagata considerando le interazioni tra fattori e dinamiche mutevoli nel tempo per loro natura.

### L'approccio DMDU e il DAPP

L'etimologia del termine *progettare* (*prōicēre*), richiama l'azione di proiezione verso un

tempo futuro che non può prescindere oggi dal tener conto dei fattori di incertezza derivanti da cambiamenti climatici, svilup-

of buildings and cities, this approach is characterised by a paradigm shift “from less bad to more good”, and the built environment repairs ecological damage and recovers ecosystems. In the regenerative design methodology, monitoring and assessment phases are crucial in order to redefine design strategies and solutions during the time frame of the intervention (Battisti and Tucci, 2015; Losasso *et al.*, 2020). Therefore, the concept of stationarity was called into question (Milly *et al.*, 2008) and deterministic approaches – based on the principle *predict and act* – have been directed towards flexible approaches – capable of including uncertainty in the decision-making process – conceived for the *monitor and adapt* principle (Marchau *et al.*, 2019; Radhakrishnan *et al.*, 2018). In the case of addressing the climate fragilities of cities and neighbourhoods

– whose level of uncertainty is *deep* – approaches belonging to the *Decision Making Under Deep Uncertainty* (DMDU) are essential. DMDU was conceived from dynamic adaptation methods and tools, allowing the structure and the analytical process to be changed to a variety of assumptions and conditions underlying the regenerative project. Thereby, achieving the goal of an adaptive built environment and preserving the considerable investments required is much more likely (Marchau *et al.*, 2019). In particular, Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP) – a typical DMDU model-based approach – makes use of scenarios to define interventions starting from a framework conceived for adopting flexible decisions, depending on the evolution of the future. Originally intended for climate-adaptive pathways in water management policies, it is applicable to any

pi socio-economici e dinamiche demografiche che mutano le condizioni al contorno su cui le *strategie* adottate si fondano<sup>1</sup>, minando l'efficacia di quest'ultime nel raggiungimento degli obiettivi. La definizione di incertezza proposta da Walker *et al.* (2003) quale “qualsiasi allontanamento dall'idea di determinismo” ne rende chiara la natura multidimensionale – in termini di *natura*, *livello*<sup>2</sup> e *posizione* – nei settori progettuali, intesi nella loro accezione più ampia (Kwakkel *et al.*, 2010). In questi settori le sfide generate dall'incertezza profonda hanno prodotto approcci DMDU che – seppur distinti nei metodi e negli strumenti – si basano su un quadro organizzativo integrato XLRM (Fig. 1) per includere tale incertezza sin dalle fasi preliminari (Lempert *et al.*, 2013). Gli elementi che compongono il quadro sono<sup>3</sup>:

- Incertezze esogene (X): elementi al di fuori del controllo dei progettisti che potrebbero influenzare la fattibilità o il successo delle strategie adottabili. Possono essere di tipo ambientale, demografico, economico, ecc.
- *Policy levers* o leve politiche (L): strategie a breve termine per obiettivi temporalmente vicini.
- Relazioni (R): sono l'elemento di connessione che descrive le interazioni nel tempo tra i dati e nel loro insieme costituiscono il modello. Quest'ultimo è di supporto al ragionamento del progettista (*decision-maker*) e si avvale di un approccio computazionale poiché l'analisi di un sistema complesso, come il contesto urbano, non è riducibile ad un singolo scenario più probabile, ma alla creazione di molteplici futuri plausibili.
- Misure (M): indicatori utilizzati per valutare le prestazioni delle leve politiche.

design discipline to be managed and developed under uncertainty. However, although an adequate level of theoretical knowledge has been achieved, to date an integration of DMDU or DAPP in the regenerative project is still lacking. In light of recent advancements in adaptive design approaches, this paper discusses key concepts and presents the limitations and potentiality of this integration. In addition, the discourse focuses on the designer's role within the DMDU in order to reduce the climate fragility of our present and future European cities, whose complexity asks for investigation, taking into account the multi-faceted interactions between urban factors and trends that change over time by their nature.

### DMDU approach and DAPP

The etymology of the Italian term “progettare” (from the Latin *prōicēre*)

– to design – recalls a projection towards a future time. Nowadays, designing for the future cannot ignore uncertainties deriving from climate change, socio-economic developments and demographic dynamics as those changing factors on which the planning strategies are based. These uncertainties undermine the effectiveness of these strategies and, therefore, planners' objectives<sup>1</sup>. The definition of uncertainty introduced by Walker *et al.* (2003) integrated assessment and risk assessment. It focuses on the uncertainty perceived from the point of view of those providing information to support policy decisions (i.e., the modellers' view on uncertainty as “any departure from the unachievable idea of determinism” is a multidimensional concept – in terms of location, nature, and level<sup>2</sup> – used to classify the uncertainties in all the fields requiring plan-

Una volta organizzate le informazioni, il modello è utilizzato iterativamente per testare le leve politiche in un grande insieme di scenari esplorativi, identificando quali azioni risultino più robuste in relazione alle incertezze considerate (Bryant and Lempert, 2010). In questa sede, per esplicitare come il processo progettuale possa beneficiare di nuovi approcci per divenire “proattivamente adattivo”, si discute nel dettaglio il *Dynamic Adaptive Policy Pathways* – DAPP (Haasnoot *et al.*, 2013) che nasce dalla combinazione di *Dynamic Adaptive Planning* – DAP (Walker *et al.*, 2001) e *Adaptation Pathways* – AP (Haasnoot *et al.*, 2012). Questo tipo di approccio si fonda su elementi e fasi specifiche. I primi sono:

- *Adaptation Tipping Point (ATP)*: punto che identifica la condizione in cui i cambiamenti esogeni raggiungono una magnitudine che impedisce il conseguimento degli obiettivi mediante la strategia considerata (Kwadijk *et al.*, 2010). Per definire quando queste condizioni potrebbero verificarsi si utilizzano gli scenari esplorativi.
- *Scenari esplorativi*: sono generati mediante *Modellazione Esplorativa*, una metodologia di ricerca basata su esperimenti computazionali a larga scala che investigano i possibili scenari “*what if*” in sistemi complessi in caso di profonde incertezze (Kwakkel and Pruyt, 2013). La modellazione esplorativa indaga il comportamento del modello in esame al variare delle ipotesi fatte sulle incertezze, analizzandone l’influenza sulle strategie del progetto<sup>4</sup>.
- *Signpost*: indicatori da monitorare per stabilire se una strategia sta per raggiungere un ATP.

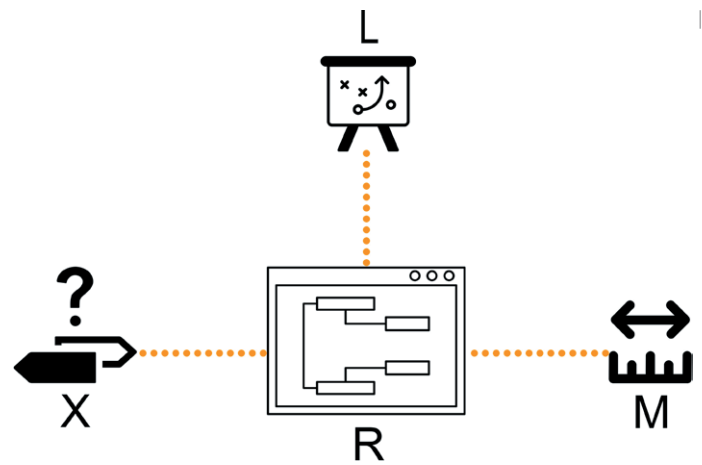
L’approccio DAPP si avvale di un processo strutturato secondo le seguenti fasi (Fig. 2):

ning for an unknown future (Kwakkel *et al.*, 2010; Walker *et al.*, 2003). Recent years have seen many approaches for decision-making under deep uncertainty, each with a specific focus, but they all rely on a generic framework, the XLRM, to structure the problem and organise the available information (Fig. 1) (Lempert *et al.*, 2013). Furthermore, the elements for the analysis are divided into four groups<sup>3</sup>:

- Exogenous uncertainties (X): elements that planners cannot control but could affect the feasibility or success of the decided strategies. The uncertainties can be environmental, demographical, economic, etc. They can also be characterised by more gradual changes over time or be surprise events in the future;
- Policy levers (L): short-term strategies applied to reach short-term objectives;

– Relationships (R): element of connection describing the interactions among the other described groups over time. It is usually represented by the model that can be implemented according to the planners’ aims. The necessity of a computational approach is given by the system’s complexity in case of deep uncertainties. The expert opinion is insufficient to provide significant outcomes in case of deep uncertainties as the complexity cannot be reduced with a single scenario associated with the most likely future. Therefore, models coupled to human reasoning are more fit for purpose in a complex system under deep uncertainties;

- Measures (M): elements used to evaluate the performance of the policy levers generated in the different scenarios. They are ranked



- I. *Analisi del contesto*. Sono descritte le caratteristiche dell’area oggetto di studio, gli obiettivi e i vincoli attuali e futuri. Si stabiliscono degli indicatori per esprimere le condizioni di successo e viene specificato quali incertezze sono rilevanti.
- II. *Identificazione delle vulnerabilità, delle opportunità e degli ATP*. Il passo successivo è quello di verificare la robustezza del contesto attuale. Utilizzando gli indicatori dello step precedente si identificano gli ATP per stabile quando la situazione attuale non sarà più sufficiente per il raggiungimento degli obiettivi (si veda nota 3).
- III. *Identificazione di possibili azioni a supporto della strategia attuale e valutazione dei loro ATP*. Dalle precedenti analisi è possibile stabilire una serie di strategie alternative o di supporto che permettano di far fronte alle vulnerabilità o di sfruttare le opportunità emerse nel corso del tempo.
- IV. *Definizione dei percorsi di adattamento*. Stabilite le strategie più adatte al caso in esame possono essere strutturati i *pathways* o percorsi di adattamento. Visivamente si rappresentano con una struttura simile a quella di una rete di trasporto (Fig. 3). Ogni “linea” corrisponde a una strategia e ogni “nodo di scambio” rappresenta un punto in cui è

according to the desirability of the outcome.

Once the information is organised, the simulation model is used iteratively to test the proposed actions in many plausible futures and identify the most robust strategy (Bryant and Lempert, 2010).

This paper aims to explain how the traditional planning process applied in architectural and urban planning can benefit from new approaches to become “proactively adaptive”. First, we discuss in detail the Dynamic Adaptive Policy Pathways – DAPP (Haasnoot *et al.*, 2013) a planner should create a strategic vision of the future, commit to short-term actions, and establish a framework to guide future actions. A plan that embodies these ideas allows for its dynamic adaptation over time to meet changing circumstances. We propose a method for decisionmaking

under uncertain global and regional changes called ‘Dynamic Adaptive Policy Pathways’. We base our approach on two complementary approaches for designing adaptive plans: ‘Adaptive Policymaking’ and ‘Adaptation Pathways’. Adaptive Policymaking is a theoretical approach describing a planning process with different types of actions (e.g. ‘mitigating actions’ and ‘hedging actions’, which is the combination of the Dynamic Adaptive Planning – DAP (Walker *et al.*, 2001) approach and adaptation pathways – AP (Haasnoot *et al.*, 2012). However, before we introduce the DAPP, some key aspects of the approach require further clarification:

- Adaptation tipping point (ATP): the condition when the external changes are so severe that the initial plan fails to meet the objectives. (Kwadijk *et al.*, 2010);

possibile cambiare direzione nel caso in cui si stia andando incontro a un ATP.

- V. *Progettazione delle strategie adattive.* Vengono identificate le azioni iniziali per i percorsi di adattamento che risultino più convenienti per gli obiettivi del progettista o per gli portatori di interesse. Per garantire la robustezza della strategia intrapresa, il percorso di adattamento viene migliorato attraverso la pianificazione, specificando azioni di tipo correttivo, difensivo e di capitalizzazione. Per sapere quando operare questo tipo di azioni è necessario un sistema di monitoraggio, strutturato attraverso *signpost*, un indicatore differente rispetto al collegato ATP che fa riferimento agli obiettivi. Il segnale da monitorare può essere collegato, ad esempio, a indicatori ambientali.
- VI. *Attuazione del piano.* Fase operativa in cui il piano viene messo in atto realizzando le prime azioni a breve termine.
- VII. *Monitoraggio.* I *signpost* sono monitorati per anticipare il cambiamento prima del raggiungimento dell'ATP.

**Limitazioni attuali e potenzialità di integrazione del DMDU con il progetto rigenerativo**

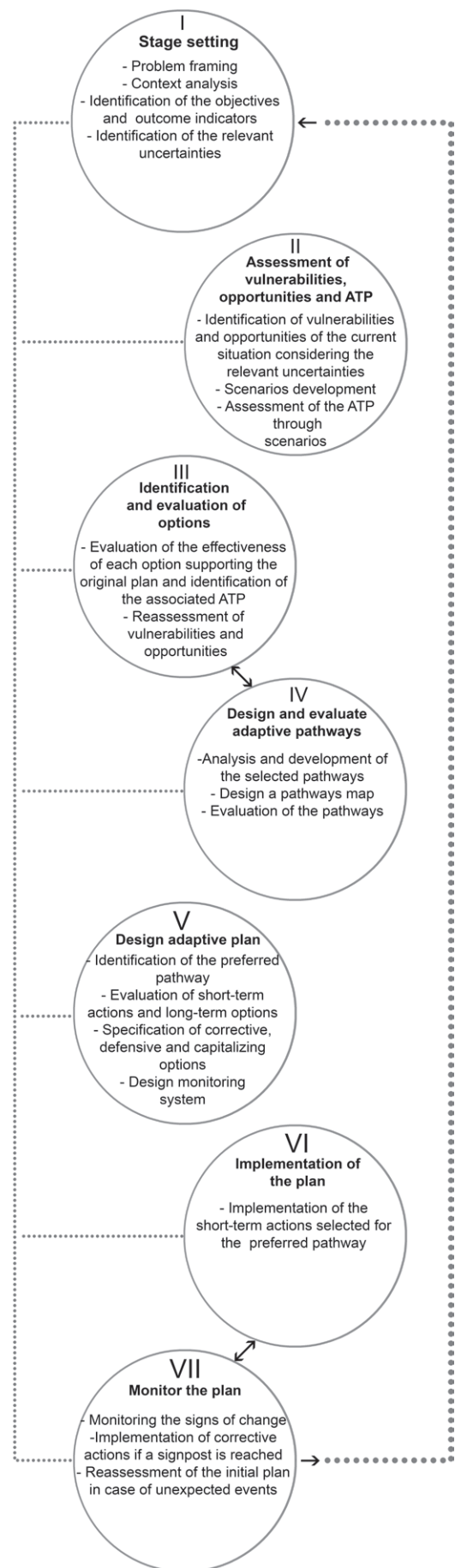
Alla luce dell'esigenza di diffondere la pratica del progetto rigenerativo nella trasformazione della città esistente, i modelli decisionali sono essenziali poiché in grado di leg-

gere i processi ambientali, politici economici e sociali che si intrecciano nella fase critica che oggi attraversiamo (Battisti and Tucci, 2015). Il progetto rigenerativo si fonda sul paradigma olistico ecologico – in contrapposizione al meccanicismo – secondo cui il sistema biofisico-ambientale e quello

- Scenarios: they are generated through Exploratory Modelling, a research methodology based on computational experiments investigating different “what if” scenarios of a complex system under deep uncertainty. The aim is not to develop a single model that reproduces reality because the uncertainties make a single representation a non-reliable source of information for the outcome of interest. (Kwakkel and Pruyt, 2013). Thus, the idea is to use large-scale computational experimentation to explore how the system would behave if the assumption made regarding the uncertainties were true<sup>4</sup>.
- Signpost: indicators to be monitored to identify when a strategy is about to reach an ATP.

its boundaries are described. In this phase, the objectives and the indicators are specified to assess if the outcomes are meeting the objectives. The uncertainties relevant for the case of interest are identified;

- II. *Assess vulnerabilities and opportunities of the case of interest and identify ATP.* The second step is to assess the robustness of the current situation using the prespecified indicators to assess when it fails to meet the objectives. (see also note 3);
- III. *Identify contingent actions and assess their ATP.* From the previous analyses, alternative action can be identified to cope with vulnerabilities or seize arising opportunities;
- IV. *Design and evaluate the adaptive pathways.* The adaptive pathways



The DAPP phases are (Fig. 2):

- I. *Decision context.* The problem is framed and the system and

sociale-antropico si supportano reciprocamente, riconnettendo le attività umane con l'evoluzione dei sistemi naturali (Robinson and Cole, 2015). Tale visione transdisciplinare di sostenibilità manca, però, ancora oggi di strumenti, metodologie di analisi e di modellazione che supportino l'integrazione e le relazioni tra i molteplici fattori in gioco (Du Plessis and Brandon, 2015).

Per queste ragioni, il dibattito scientifico sui metodi e la relativa efficacia della progettazione rigenerativa ha rilevato l'esigenza di affiancare modelli multi-obiettivo e multi-variabili (Naboni and Havinga, 2019); ha suggerito l'importanza dello sviluppo del processo sull'intero arco temporale, fondato sui medesimi principi (Mang and Reed, 2012).

I modelli computazionali impiegati nel DAPP e, più in generale, gli strumenti DMDU, possono colmare le limitazioni qui esposte e supportare i progettisti a contrastare la fragilità climatica in ambito urbano. Affinché il DAPP venga integrato nelle prassi del progetto rigenerativo è necessario investire energie e risorse per superare le limitazioni attuali (Fig. 4):

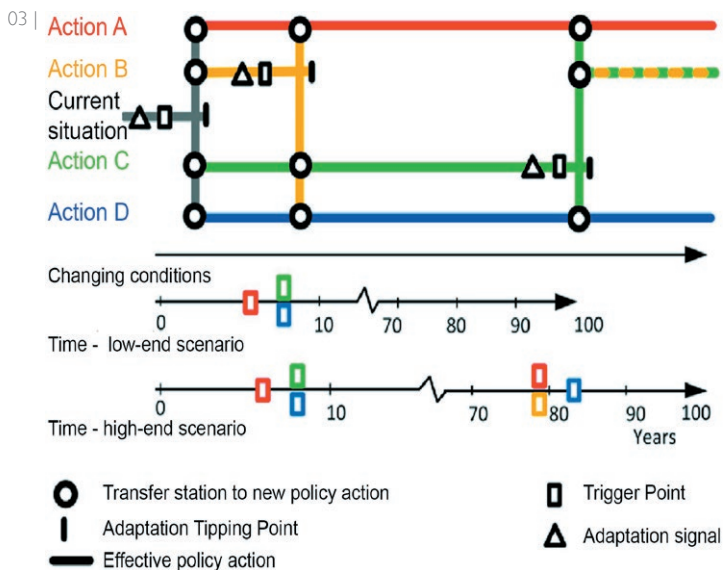
- *Il progetto rigenerativo non è adattabile nel tempo.* Ad oggi, esso non risolve pienamente l'esigenza di adattare processo ed esiti a condizioni e necessità future. La complessità dell'ambiente costruito richiede nuovi approcci capaci di indagare attentamente le interazioni tra le componenti, tenendo conto della mutevolezza delle condizioni contestuali.
- *Dialogo incerto tra diverse competenze specialistiche.* Gli approcci DAPP e in particolare la *modellazione esplorativa* richiede che progettisti e analisti di dati lavorino fianco a fianco. Il dialogo tra queste due figure, molto distanti per cultura, metodi e strumenti deve trovare vie sicure di con-

divisione e controllo degli esiti sia dal punto di vista numerico-prestazionale che spaziale. A tal proposito, una via non ancora esplorata con sufficiente convinzione è quella del design computazionale, capace di fornire un'interpretazione dei dati intuitiva e comprensibile da parte dei progettisti.

- *Difficoltà di accesso ai dati per la costruzione dei modelli.* Per poter descrivere l'interazione tra i tanti fattori che influenzano l'ambiente costruito è necessario avere a disposizione una grande mole di dati, spesso riferiti a contesti ambientali, sociali ed economici complessi ed estesi, di non facile accesso.
- *Mancanza di applicazioni concrete.* Sebbene sia stata riconosciuta l'applicabilità di tali metodologie non si rilevano ancora esperienze in cui sia stata verificata la validità dei metodi DAPP in ambito urbano.

D'altro canto, si rileva come l'integrazione del DAPP nella progettazione rigenerativa sia oggi alla nostra portata e fa leva sulle seguenti condizioni:

- *Adeguatezza di conoscenze strutturate.* In altri campi progettuali – ad esempio la gestione delle risorse idriche – è disponibile una conoscenza da cui derivare modelli per impostare metodologie, strumenti e pratiche.
- *Interazioni tra attori del processo.* L'identificazione dei punti di adattamento o di opportunità e il conseguente tracciamento dei percorsi flessibili, ideati su misura in base al caso specifico, incentiva la relazione tra politici, tecnici e portatori di interessi per considerare e discutere gli impatti sotto diverse prospettive.
- *Adesione alle istanze della progettazione rigenerativa e agli obiettivi di contrasto alla fragilità climatica.* La progetta-



can be structured after the planner decides which analysed strategies are adequate for the case of interest. Visually they have a similar structure as a metro map (Fig. 3). Each "line" is a planning strategy or more than one, and each "transfer station" is a point where we can switch on alternative routes before we run into an ATP;

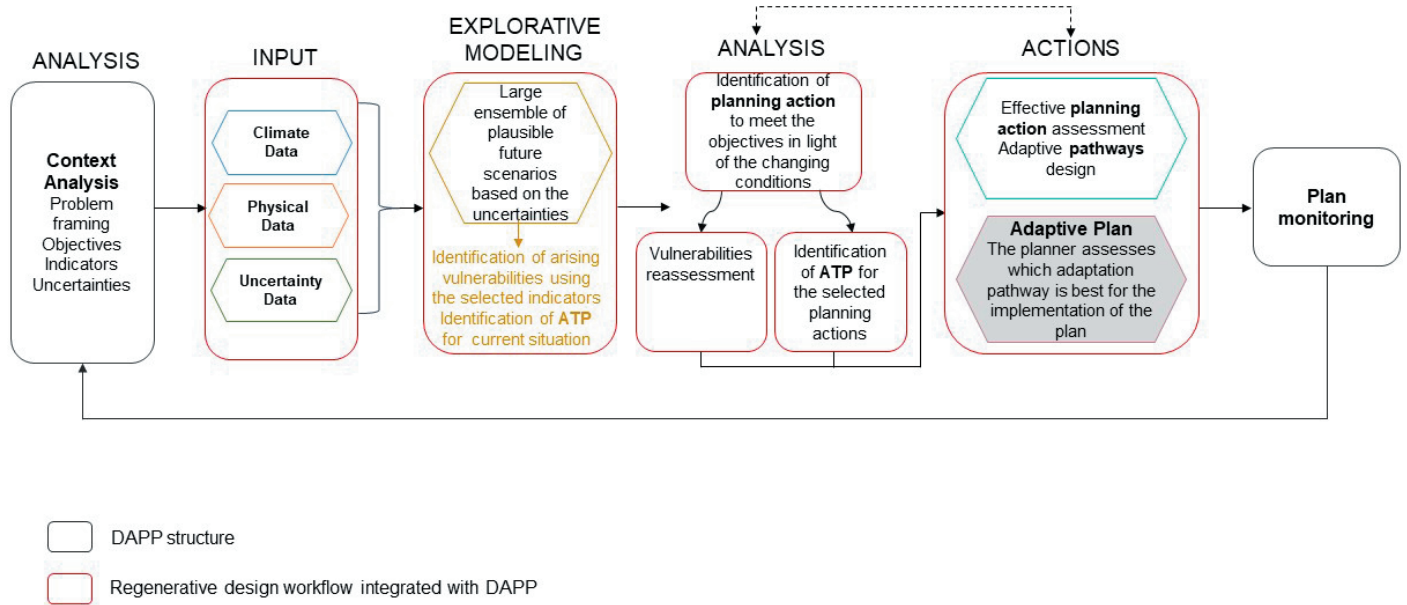
- V. *Design adaptive strategies.* This step specifies the initial action and the long-term options for the preferred adaptive pathway. To ensure the robustness of the selected strategy and stay on track on the route, a set of different kinds of action are enabled: corrective, defensive and capitalising actions. In order to identify when it is necessary to implement an action, a monitoring system is

associated with the adaptive plan – i.e., environmental indicators;

- VI. *Implementation of the plan.* Operating phase, where the plan is implemented with short-term actions;
- VII. *Monitor the strategies.* After implementing the short-term actions, the relevant signals of change are monitored. Once a signal is reached, contingent actions could be taken, or the plan could require a reassessment.

#### Present limitations and potentials for DMDU integration with regenerative design

In view of the need to disseminate regenerative design in practice for city transformation, decision models are essential as they can read the unintended interactions among environmental, political, economic and



zione rigenerativa integrata con il DAPP consentirebbe di adattare il progetto mantenendone inalterati gli obiettivi e i principi. Inoltre, permette di considerare appieno la variabilità dei fattori climatici, fonte primaria di incertezza nelle azioni trasformative degli ambiti urbani.

- *Possibilità di verificare l'efficacia mediante scenari.* Nel DAPP, lo *scenario planning* è utilizzato per testare la resilienza delle scelte progettuali e delle strategie associate, facendone emergere punti di forza e debolezze, alla luce delle incertezze. Gli scenari emergenti non hanno lo scopo di predire il futuro ma mostrano i potenziali impatti dei possibili cambiamenti (Dawson and Moglia, 2019).
- *Integrazione con il design computazionale.* L'integrazione di approcci DAPP – o quantomeno una loro ibridazione

con quelli rigenerativi – sarà una frontiera verso cui dovranno tendere la formazione e la pratica dell'architetto, oltre gli strumenti propri del mestiere, sfruttando le possibilità aperte dagli avanzamenti di questi anni nel design computazionale e, in particolare, nella progettazione parametrica.

Alla luce della natura multidimensionale della crisi in atto nell'Antropocene, i nuovi modelli decisionali offerti dal DMDU consentono il necessario aggiornamento dei metodi progettuali consolidati, da includere nei processi rigenerativi. Sebbene la componente digitale e computazionale sia essenziale per la gestione di un sistema complesso come l'ambiente costruito, il ruolo del progettista è qui tutt'altro che marginale: per definire gli scenari narrativi più rilevanti per il contesto urbano

social processes that cities face at present (Battisti and Tucci, 2015). The regenerative design is based on the ecological paradigm – as opposed to mechanism – according to which the biophysical-environmental and the social-anthropogenic systems support each other, reconnecting human activities with the evolution of natural systems (Robinson and Cole, 2015), a transdisciplinary vision of sustainability that still lacks tools and analysis and modelling methods, which support integration among multiple factors involved (Du Plessis and Brandon, 2015).

For these reasons, the scientific discourse on methods and the associated effectiveness of regenerative design highlighted the need to integrate it with multi-objective and multi-variable models (Naboni and Havinga, 2019). In addition, the discourse sug-

gested the importance of process development over the entire time frame, based on the same need (Mang and Reed, 2012).

Computational models used in the DAPP approach and, generally, the DMDU tools can bridge the above-mentioned limitations and support designers to counteract the climate fragility of urban contexts.

On the one hand, in order to integrate the DAPP into regenerative design practice to overcome current limitations, the following are necessary (Fig. 4):

- *The regenerative design cannot be adapted over time.* To date, it does not fully address the need to adapt processes and outcomes to future conditions and needs. The complexity of the built environment requires approaches to carefully investigate the interactions among components and to take into account contextual

condition variability;

- *Specialists' knowledge to communicate with uncertainty.* The DAPP approaches and, in particular, exploratory modelling require designers and data analysts to work side by side. The dialogue between them – very different for knowledge, methods and tools – must find reliable ways of sharing and controlling outcomes, both from an assessment and spatial point of view. In this regard, computational design has not been explored deeply yet, while it could provide data interpretation which is intuitive and straightforward for designers;
- *Data availability for modelling is limited.* In order to describe the interaction among those many factors that influence the performance of the built environment, it is necessary to have a large amount of

available data, too often referring to extensive urban contexts;

- *Practical applications are lacking.* Although the effectiveness of such methodologies has been recognised, there is no validating evidence of DAPP method applications in urban areas.

On the other hand, we noted that the integration of the DAPP in regenerative design is now within our reach and relies on the following conditions:

- *Adequate level of structured knowledge.* In other design fields, such as urban water management, comprehensive knowledge is available for developing models and defining new methods, tools and practices;
- *Interactions among process actors.* The identification of ATP or opportunity points and the subsequent tracing of custom-made flexible paths enhances the relationship be-

studiato; per stabilire le incertezze prioritarie, gli indicatori più significativi e le soluzioni progettuali più efficaci con il progredire del tempo. In particolare, l'architetto, se opportunamente educato all'uso di tali metodi, è la figura professionale più attrezzata ad offrire soluzioni all'attuale crisi, cui va riservato un ruolo di coordinamento. Speculazione critica, capacità immaginativa, abilità di controllo degli strumenti di visualizzazione e previsione sono l'antidoto ideale al riduzionismo del processo creativo e alla deriva determinista tipica degli specialismi d'ambito tecnico: caratteristiche ideali su cui formare il progettista abile a contrastare le fragilità climatiche.

tween politicians, technicians and stakeholders with the aim of considering and discussing impacts from different perspectives;

- *Adherence to regenerative design requirements and goals of climate fragility contrast.* The regenerative design integrated with the DAPP would allow the project to be adapted while maintaining its objectives and principles. In addition, it allows the full consideration of climate factors' variability, which is a primary source of uncertainty in the transformative actions of urban environments;
- *Effectiveness assessment and monitoring through scenarios.* In the DAPP, scenario planning is used to assess design choices and the resilience of associated strategies, highlighting strengths and weaknesses under uncertain conditions .

Emerging scenarios are not intended to predict the future but show the potential impacts of possible changes (Dawson and Moglia 2019);

- *Integration with computational design.* The integration of DAPP approaches – or at least the hybridisation with regenerative ones. The integration of DAPP approaches – or at least their hybridisation with regenerative ones – will be a research frontier in terms of training, practice and tools for architects. Recent advancements in computational design and, in particular, in parametric design are a solid possibility to exploit. In light of the multidimensional nature of the current Anthropocene crisis, new decision models offered by the DMDU approach allow the necessary updating of the consolidated design methods to be included in regenerative processes. Although digital and

## NOTE

<sup>1</sup> Nei processi di *decision-making* per strategie s'intende un complesso di azioni progettuali, politiche e sociali.

<sup>2</sup> Esso è di particolare importanza in questa sede e si distingue in: Livello 1 di incertezza (situazione in cui si effettuano decisioni a breve termine, per eventi imminenti con una probabilità associata); Livello 2 (le alternative sono classificate in base alla plausibilità, ma non sono presenti ulteriori informazioni per restringere il campo quantitativamente; Livello 3 o *deep uncertainty* (si possono elencare le differenti alternative ma non possono essere classificate o espresse in termini di plausibilità o probabilità); Livello 4 di incertezza (lo stadio in cui non possono neppure essere elencate esaurientemente le possibilità presenti, si possono fare delle ipotesi ma con la possibilità di avere torto). Gli eventi al di fuori delle regolari aspettative sono definiti cigni neri (*black swans*)

<sup>3</sup> Un esempio concreto degli elementi che compongono il quadro XRLM nel caso di un'area soggetta ad allagamenti è il seguente:

- Incertezze esogene (X): Incremento dei fenomeni pluviali estremi, incremento delle altezze di allagamento da fenomeni esondativi, distribuzione della popolazione rispetto al rischio.
- *Leve politiche* (L): sistemi di drenaggio sostenibili, edifici resilienti agli allagamenti, ricollocamento in aree meno esposte.
- *Relazioni* (R): Modello GIS, modello *Storm Water Management Model*, modello di valutazione integrata.
- *Misure* (M): sistema di monitoraggio della rete di drenaggio, valutazione del rischio sulla popolazione.

<sup>4</sup> Riprendendo l'esempio della nota precedente, si ipotizzi di intervenire tramite *retrofit* degli edifici con tecnologie *dryproof* (Barker and Coutts, 2016). Questa tipo di azione è valida fino a profondità di inondazione di 0.6 m. Immaginando che le incertezze considerate in questo caso siano legate ai cambiamenti climatici e al consumo di suolo, si generano un *ensemble* di scenari, ciascuno dei quali descrive dei possibili futuri in cui i valori assunti dalle incertezze fanno in modo che il valore critico di 0.6 venga superato. Semplificando ulteriormente, si considerano due scenari:

computational aspects are essential for the management of a complex system, such as the built environment, the designer's role is crucial: to define the most relevant scenarios; to establish primary uncertainties, the most significant indicators and the most effective design solutions as time progresses. In particular, architects, if properly educated and trained in the use of such methods, are better equipped than any other professionals to offer solutions to the actual crisis and they therefore deserve a coordinating role. Moreover, critical speculation, imaginative capacity, the ability to control visualisation and prediction tools are the ideal antidote to the reductionism of the creative process and deterministic tendency typical of engineering-based specialisation: ideal characteristics on which to train the designer and which seek to counter climatic fragility.

## NOTES

<sup>1</sup> In decision-making processes, "strategies" are meant as a set of planning, political and social actions.

<sup>2</sup> The level is particularly relevant and is divided between determinism and total ignorance as follows: Level 1 of uncertainty is a situation where short-term decisions are taken and there are multiple alternatives with a specific probability assigned). Level 2 of uncertainty is where there are different alternatives ranked by likelihood, but no additional information can be provided regarding quantifying further. Level 3 of uncertainty or deep uncertainty is the situation where several alternatives can be enumerated but not ranked or expressed in terms of plausibility. Level 4 of uncertainty is the deepest stage of uncertainty where it is impossible to enumerate the possibilities; we can still make assumptions but with the pos-

il primo, in cui il consumo di suolo è fermo ma i cambiamenti climatici portano a raggiungere l'altezza di allagamento di 0.6 m in 5 anni, rendendo inefficace l'azione progettuale; il secondo scenario è caratterizzato da cambiamenti climatici in atto ma non estremi; tuttavia, il consumo di suolo aumenta del 25% cambiando il ciclo dell'acqua e conseguentemente le profondità di allagamento, che raggiungono 0.6 m in 10 anni. Nessuno dei due scenari descrive il futuro, ma tutti e due forniscono informazioni riguardanti il termine della validità della strategia progettuale in caso di cambiamenti esterni differenti. Sebbene questi dati non abbiano valore previsionale, permettono di creare un sistema di monitoraggio e di azioni di supporto per adattare il piano in atto e continuare a raggiungere gli obiettivi prefissati dal progettista.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barker, R. and Coutts, R. (2016), "Aquitecture: Buildings and Cities Designed to Live and Work with Water. RIBA Publishing", available at: <https://books.google.it/books?id=R8utoAEACAAJ>.

Battisti, A. and Tucci, F. (2015), "Rigenerazione urbana tra qualità ambientale, gestione delle risorse e coesione sociale", *Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 10, pp.141-152.

Bryant, B.P. and Lempert, R.J. (2010), "Thinking inside the box: A participatory, computer-assisted approach to scenario discovery", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 77, n. 1, pp.34-49.

Dawson, M. and Moglia, M. (2019), "Scenario Planning – Turning Scenario Narratives into an Active Planning Tool", *Conference OzWater*, Brisbane, Australia.

European Commission (2021), *Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, COM 82, Brussels, Belgium.

Graham, J., Blanchfield, C., Anderson, A., Carver, J.H. and Moore, J., (2016), *Climates: Architecture and the Planetary Imaginary*, Lars Müller Publishers, Zurich, Switzerland.

sibility of being wrong or surprised. These events, outside regular expectations, are called "black swans".

<sup>3</sup> We hypothesise a case study in a flood-prone area in order to provide an example of the XLRM framework composing the following elements:

- Exogenous uncertainties (X): increase in extreme rain events; an increase in flooding heights, population growth in vulnerable areas.
- Policy levers (L): sustainable drainage systems, flood-resilient buildings, relocation.
- Relationships (R): GIS model, Storm Water Management Model, integrated assessment model.
- Measures (M): drainage network monitoring system, risk assessment.

<sup>4</sup> Continuing with the example in the previous note, we hypothesise a building retrofit with dry-proof technology (Barker and Coutts 2016). This kind

of action ensures safety up to 0.6 m of flood depth. Assuming that the considered uncertainties are related to climate change and land-use changes, we generate a large ensemble of scenarios. They describe possible futures, and in some of them, the threshold value of 0.6 m is reached. For further simplification, we consider two relevant scenarios: the first, where the soil consumption is at a standstill, but because of climate change, we reach the threshold value in 5 years, making the planning action ineffective; the second scenario describes an ongoing but not extreme climate change. However, the land consumption increases by 25% and changes the water cycle. Consequently, the threshold value is reached in 10 years. Neither scenario describes the future, but both provide valuable information regarding the effectiveness of the selected strategy. Although

Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E. and ter Maat, J. (2013), "Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world", *Global Environmental Change*, Vol. 23, n. 2, pp.485-498.

Haasnoot, M., Middelkoop, H., Offermans, A., Van Beek, E. and Deursen, W.P.A. van. (2012), "Exploring pathways for sustainable water management in river deltas in a changing environment" *Climatic Change*, Vol. 115, pp.795-819.

Haasnoot, M., Warren, A. and Kwakkel, J.H. (2019), "Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP)", in Marchau, V.A.W.J. et al., (Eds.), *Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice*, Springer International Publishing, pp. 71-92.

Kwadijk, J.C.J., Haasnoot, M., Mulder, J.P.M., Hoogvliet, M.M.C., Jeuken, A.B.M., van der Krogt, R.A.A., van Oostrom, N.G.C., Schelfhout, H.A., van Velzen, E.H., van Waveren, H. and de Wit, M.J.M. (2010), "Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: A case study in the Netherlands", *Climate Change*, Vol. 1, n.5, pp.729-740.

Kwakkel, J.H. and Pruyt, E. (2013), "Exploratory Modeling and Analysis, an approach for model-based foresight under deep uncertainty", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 80, n. 3, pp.419-431.

Kwakkel, J.H., Walker, W.E. and Marchau, V.A.W.J. (2010), "Classifying and communicating uncertainties in model-based policy analysis", *International Journal of Technology, Policy and Management*, Vol. 10, n. 4, pp.299-315.

Lempert, R., Kalra, N., Peyraud, S., Mao, Z., Tan, S.B., Cira, D. and Lotsch, A. (2013), "Ensuring Robust Flood Risk Management in Ho Chi Minh City", available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/15603>

Losasso, M., Leone, M. and Tersigni, E. (2020), "Computational design based approaches for public space resilient regeneration", *Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 19, pp.232-241.

Maas, W. and Madrazo, F. (2012), *City Shock*, Nai 010 publishers, Rotterdam, The Netherlands.

these data are not a forecasting tool, they allow the creation of a monitoring system for supporting action to adapt the plan in place.



- Mang, P. and Reed, B. (2012), "Designing from place: A regenerative framework and methodology", *Building Research and Information*, Vol. 40, n. 1, pp.23-38.
- Marchau, V.A.W.J., Walker, W.E., Bloemen, P.J.T.M. and Popper, S.W. (2019), *Decision Making under Deep Uncertainty. From Theory to Practice*, Springer, Cham, Switzerland.
- Milly, A.P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Zbigniew, W., Lettenmaier, D.P., Stouffer, R.J. and Milly, P.C.D. (2008), "Stationarity Is Dead : Stationarity Whither Water Management ?", *Science*, Vo. 319, pp.573-574.
- Naboni, E. and Havinga, L. (2019), *Regenerative Design in Digital Practice: A Handbook for the Built Environment*, Bolzano, Italia.
- Du Plessis, C. and Brandon, P. (2015), "An ecological worldview as basis for a regenerative sustainability paradigm for the built environment", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 109, pp.53-61.
- Radhakrishnan, M., Pathirana, A., Ashley, R.M., Gersonius, B. and Zevenerbergen, C. (2018), "Flexible adaptation planning for water sensitive cities", *Cities*, pp. 87-95.
- Robinson, J. and Cole, R.J. (2015), "Theoretical underpinnings of regenerative sustainability", *Building Research and Information*, Vol. 43, n.2, pp.133-143.
- Walker, W.E., Harremoës, P., Rotmans, J., van der Sluijs, J.P., van Asselt, M.B.A., Janssen, P. and Kraayer von Krauss, M.P. (2003), "Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support", *Integrated Assessment*, Vol. 4, pp.5-17.
- Walker, W.E., Rahman, S.A. and Cave, J. (2001), "Adaptive policies, policy analysis, and policy-making", *European Journal of Operational Research*, Vol. 128, n. 2, pp.282-289.