



27 giugno 2019

Alberto Montanari

Dipartimento DICAM – Università di Bologna

[www.albertomontanari.it](http://www.albertomontanari.it)

[alberto.montanari@unibo.it](mailto:alberto.montanari@unibo.it)

# Integrazione di soluzioni "nature based" e interventi strutturali per l'adattamento ai cambiamenti climatici dei piani di difesa alluvionale

## METTIAMOCI IN RIGA



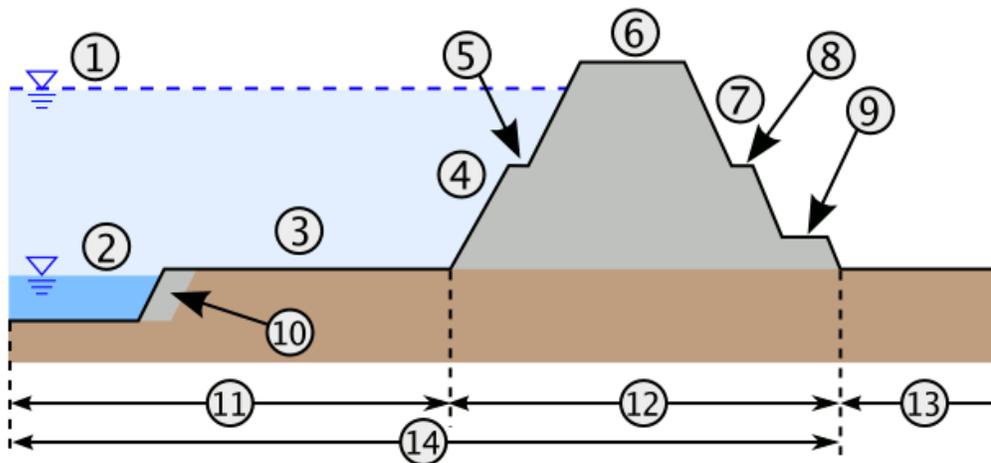


# Gli interrogativi ai quali vorrei contribuire

- In quali situazioni gli interventi strutturali sono necessari?
- E' possibile risolvere situazioni di criticità con l'utilizzo di soluzioni "nature based"?
- Quali metodologie progettuali possono essere adottate per le soluzioni "nature based"?

L'ambito di riferimento ed il rischio sono del tutto generici: sia reti idrografiche naturali, sia sistemi di drenaggio urbano; sia piene sia magre.

E' necessario un approccio integrato e del tutto generale. **Non c'è tempo da perdere!**



By User:たまなるたみ -  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:River\\_Levee\\_Cross\\_Section\\_Figure.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:River_Levee_Cross_Section_Figure.png), CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6309278>

# Mappa concettuale 1/2



- Il rischio **R** legato ad un evento assegnato è determinato dalla combinazione della **pericolosità P**, dell'**esposizione E** e della **vulnerabilità V**.
- **R** Indica la **misura dei danni attesi** in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di evento, alla vulnerabilità del territorio nonché dal danno potenziale a cui il territorio stesso è soggetto (natura, qualità e quantità dei beni esposti).
- La **pericolosità P** è la probabilità che si verifichi un evento di elevata intensità, a parità di intervallo di tempo considerato.
- La **vulnerabilità V** è la probabilità che il tessuto sociale subisca danni di un determinato livello, a fronte di un evento di una determinata intensità.
- L'**esposizione E** riflette la maggiore o minore presenza sul territorio di beni esposti e può essere associato al danno economico causato da un evento assegnato.

$$R = P \cdot V \cdot E$$

## Mappa concettuale 2/2

- La valutazione delle strategie di adattamento climatico è spesso effettuata con il classico approccio “top-down”: si parte dagli scenari climatici e attraverso modelli di trasformazione si ricavano le variabili di progetto negli scenari futuri .
- Questa soluzione “a cascata” propaga pure “a cascata” le incertezze, inducendo atteggiamento eccessivamente precauzionale e dando spesso luogo a soluzioni onerose e sovradimensionate.
- Approccio **bottom-up**: separazione dell’analisi in due fasi:
  - 1) Individuazione delle criticità del sistema;
  - 2) Analisi dell’effetto dei cambiamenti climatici sulla frequenza degli eventi critici.

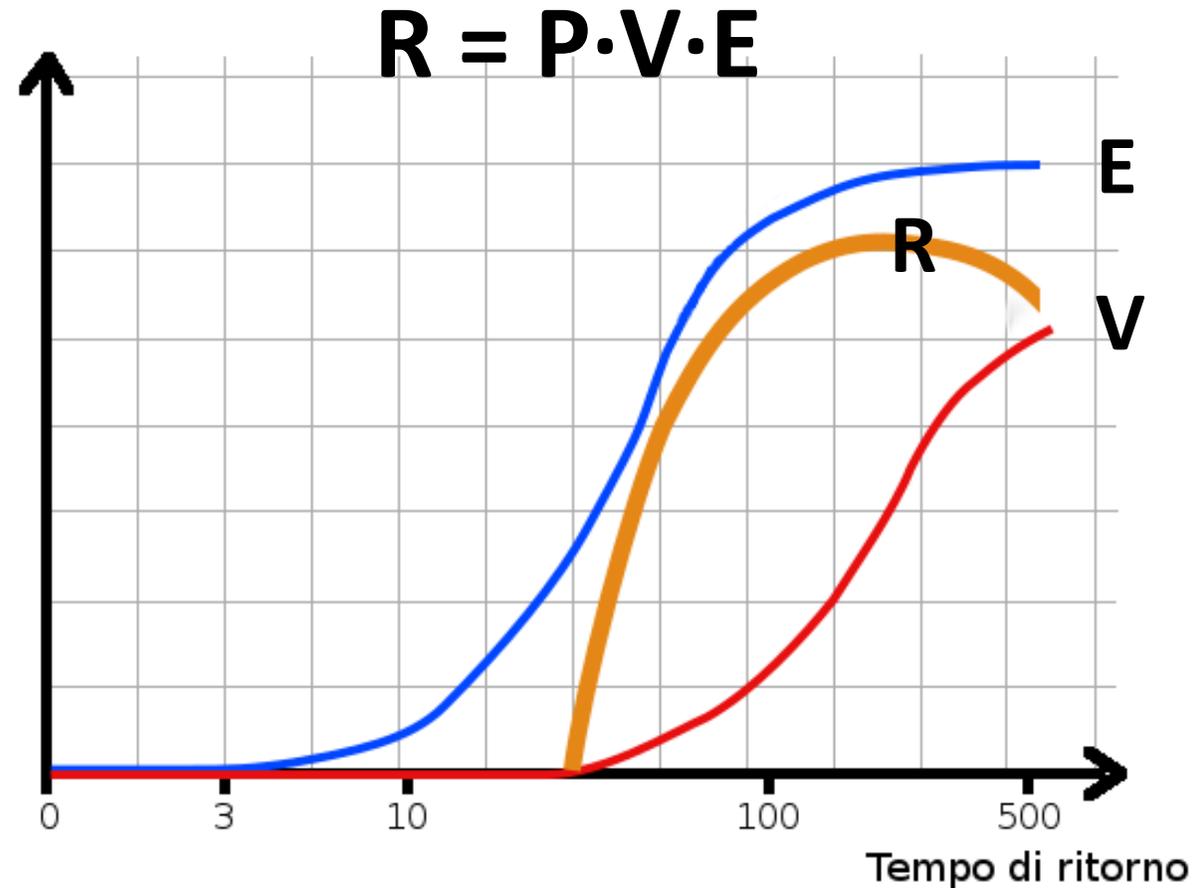


# Fase 1: Pericolosità (TdR), esposizione, vulnerabilità e rischio (curve PEVR)



- La probabilità di superamento può essere espressa in termini di tempo di ritorno:  $P = f(T)$ .
- La vulnerabilità è generalmente espressa nel range 0-1 mediante analisi idrologica/idraulica.
- L'esposizione è generalmente espressa con una unità di misura di natura economica mediante analisi idrologica/idraulica/socio-economica.

Esposizione  
Vulnerabilità  
Rischio

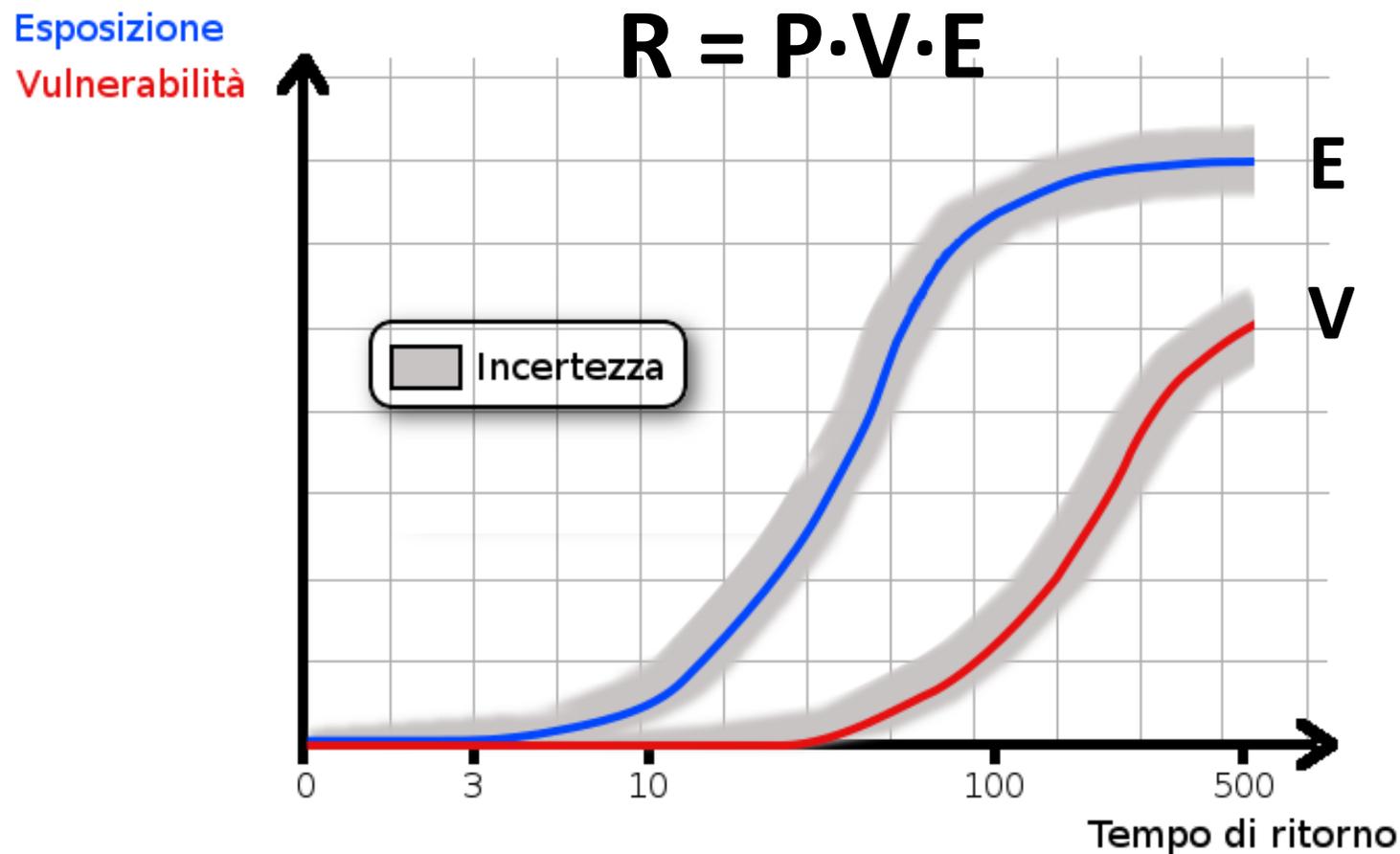


NB: il concetto di tempo di ritorno  
**NON** è superato

# Incertezza idrologica/idraulica/socio-economica



- Vulnerabilità e esposizione sono determinate a meno di incertezza.
- Lo stato attuale delle conoscenze permette di quantificare le incertezze in ambito idrologico e socio-economico con attendibilità sufficiente a supportare la progettazione tecnica.
- Non altrettanto si può dire per le incertezze delle proiezioni climatiche.

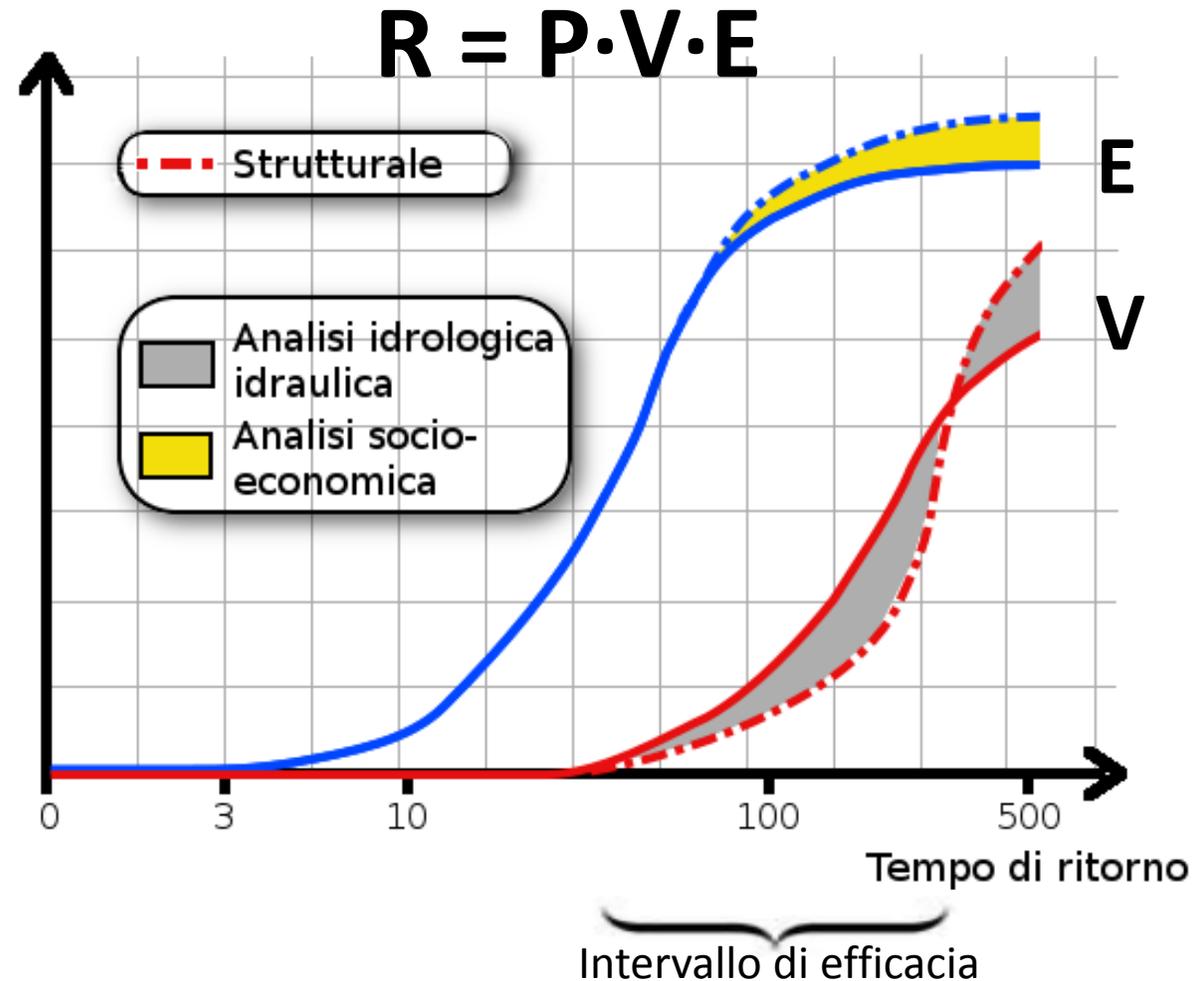


# Interventi strutturali



- Gli interventi strutturali riducono in prima istanza la vulnerabilità in un intervallo di tempi di ritorno che è necessario definire.
- Oltre detto intervallo la vulnerabilità potrebbe aumentare (es. dam breaking).
- L'intervento strutturale potrebbe causare una crescita dell'esposizione ("levee effect").

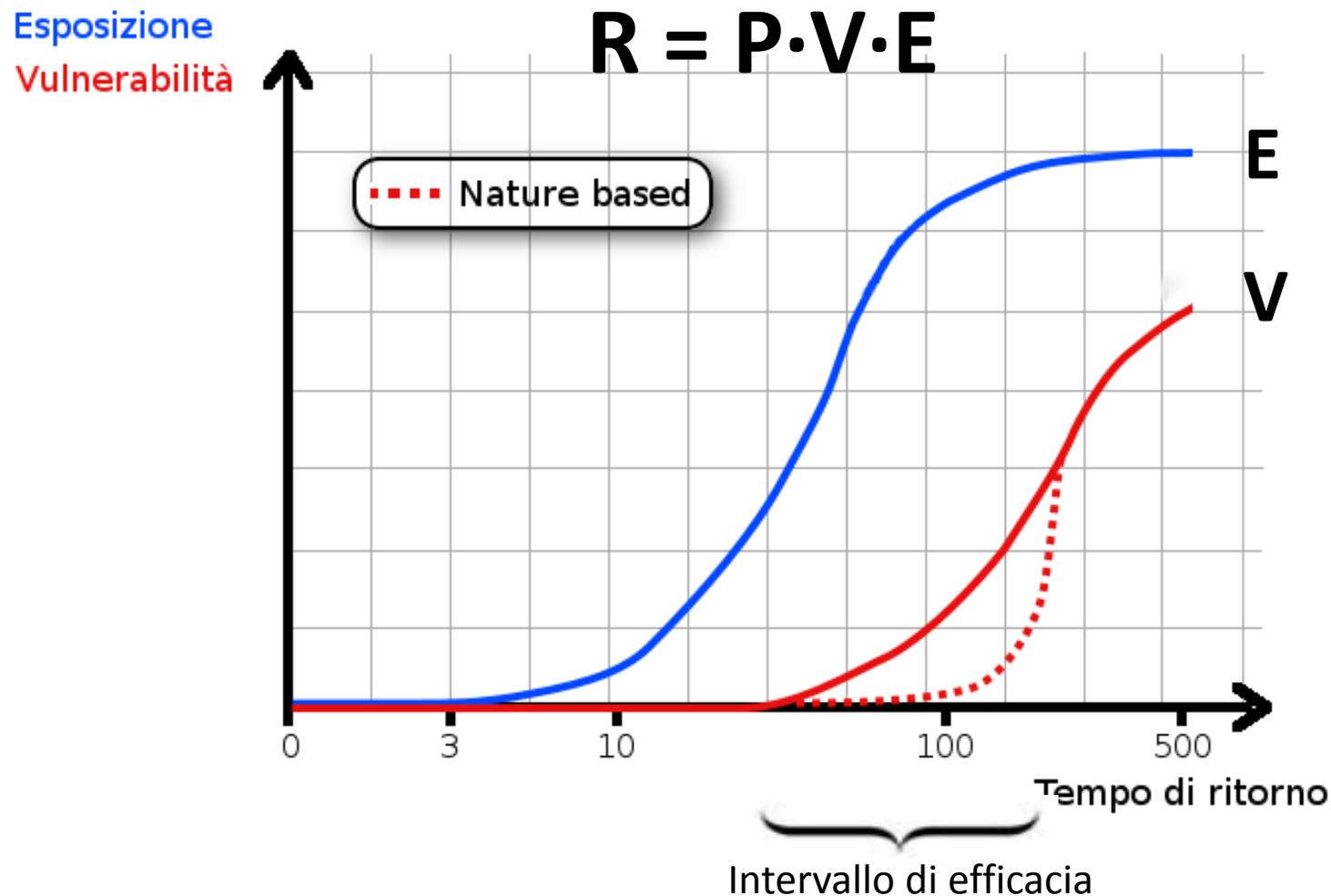
Esposizione  
Vulnerabilità



# Interventi “nature based”



- Gli interventi “nature based” possono influire sull’esposizione (es: delocalizzazione).
- Più frequentemente influiscono sulla vulnerabilità.
- Generalmente non incrementano la vulnerabilità. L’intervallo di efficacia dipende dalla soluzione adottata e viene valutato con analisi idrologica/idraulica.

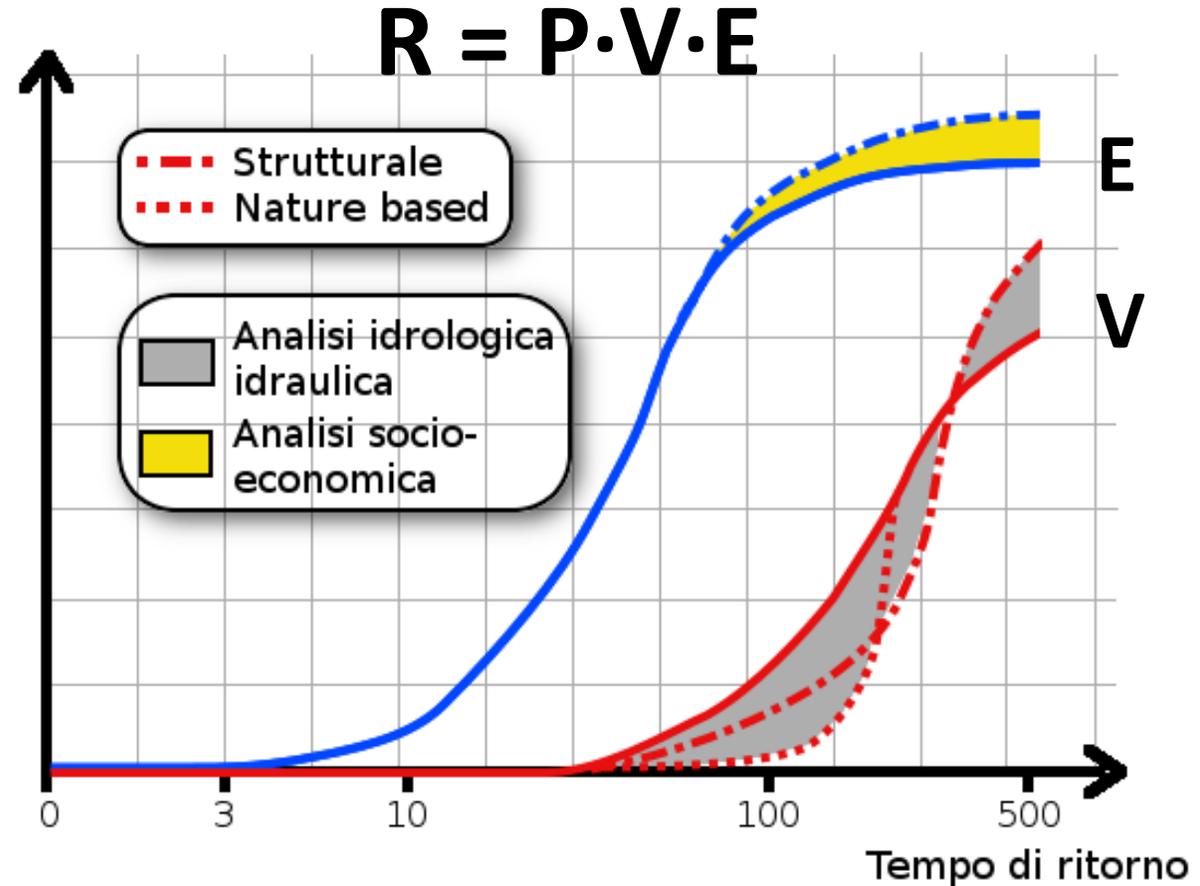


# Integrazione di interventi strutturali ed interventi “nature based”



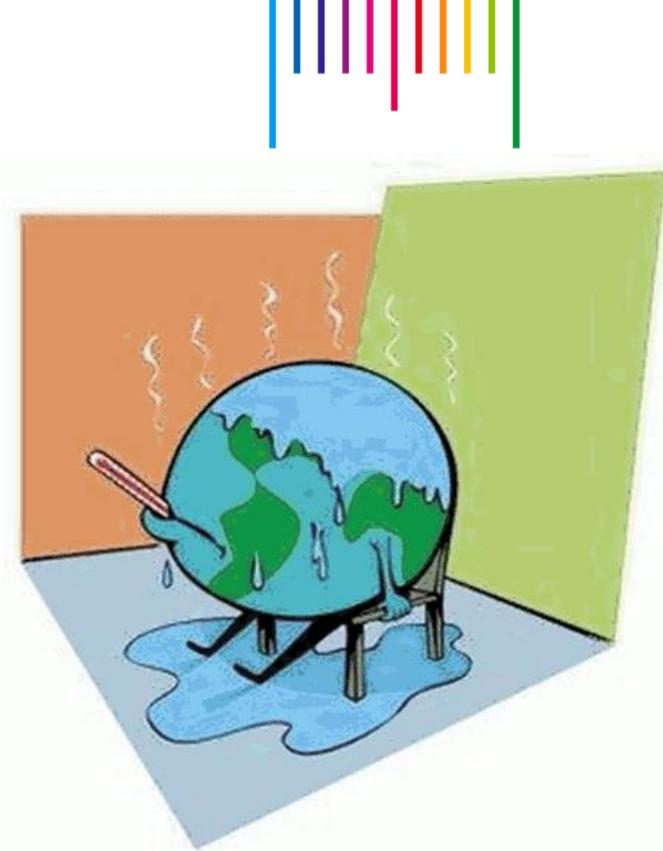
- L'integrazione dei due tipi di intervento può dare luogo a diverse combinazioni di effetto che devono essere esplorate mediante analisi idrologica/idraulica.
- La combinazione ottimale darà luogo alla massima riduzione di vulnerabilità per intervallo di efficienza il più esteso possibile.
- Occorre considerare la riduzione sia della vulnerabilità sia dell'esposizione.

Esposizione  
Vulnerabilità



## Fase 2: cambiamenti climatici

- Tempo di ritorno, vulnerabilità ed esposizione sono soggetti a variazioni dovute ai cambiamenti climatici.
- La progettazione delle strategie di adattamento deve partire proprio dall'analisi della vulnerabilità e dell'esposizione nelle condizioni attuali.
- Il primo passo della progettazione è l'individuazione degli eventi che possono dare luogo a situazioni critiche.
- Successivamente, informazioni di diversa natura debbono essere utilizzate per decifrare la probabilità che detti eventi si presentino nel futuro.



Images from:  
Baluchi5 - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22913585>  
Luis Prado, from The Noun Project [CC BY 3.0  
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)]  
Jacki - Jacki, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2941245>  
Vincshekhan - Own work, Public Domain,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8489443>  
Frits Ahlefeldt - HikingArtist.com - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17001595>  
Bert Kaufmann from Roermond, Netherlands - Drought, CC BY 2.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24300268>

# Adattamento ai cambiamenti climatici

- Occorre emanciparsi dal classico approccio top-down che è inadeguato per la progettazione.
- I modelli climatici non sono concepiti per supportare la progettazione ingegneristica.
- Gli scenari da essi prodotti sono eccessivamente cautelativi e conducono quindi a sovrastime, che si traducono spesso in soluzioni non praticabili.
- L'incertezza dei modelli climatici non può essere stimata con precisione.
- La cosiddetta "bias correction" non è una soluzione soddisfacente dal punto di vista tecnico.



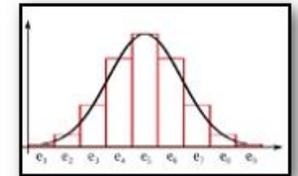
# Adattamento ai cambiamenti climatici “Decision Scaling”

- **Decision scaling** (Brown et al., 2012):
  - Primo step: valutazione della vulnerabilità del sistema (curve PEVR).
  - Secondo step: si utilizzano scenari futuri per stimare la probabilità degli eventi che possono causare vulnerabilità.
  - Terzo step: si utilizzano informazioni addizionali (inclusa la “expert knowledge”) per affinare la stima delle probabilità di cui sopra.
  - Quarto step: progettazione degli interventi atti a ridurre la vulnerabilità.
  - La metodologia è generale ma l’effetto del cambiamento climatico è **LOCALE**: l’adattamento richiede misure **targate sul caso in esame**.

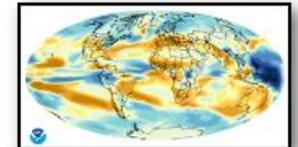
Approccio DS  
bottom-up



Progettazione delle  
strategie per la  
minimizzazione di rischio



Informazione addizionale  
per la stima della  
probabilità



Scenari futuri per  
la stima della probabilità  
di vulnerabilità



Stima vulnerabilità

# Stima della probabilità di eventi futuri

## Simulazione stocastica

(<https://www.albertomontanari.it/?q=climatechange>)

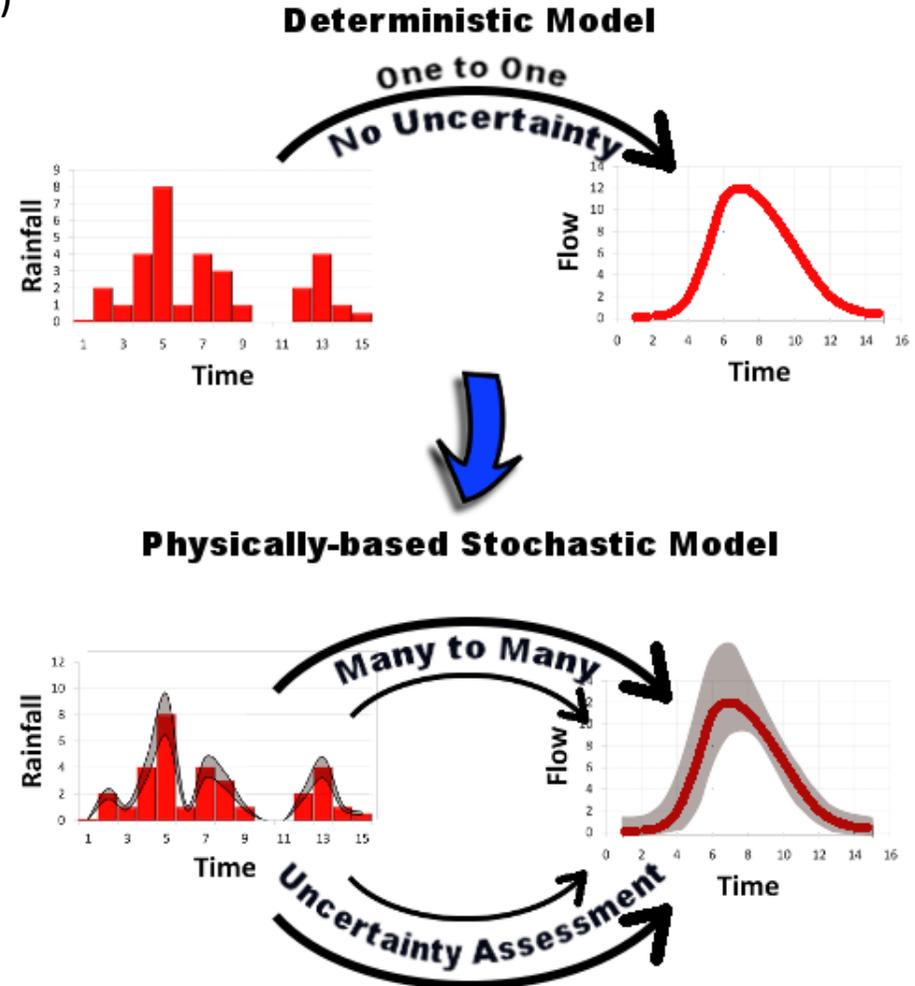
- L'idea è quella di rappresentare le basi concettuali (fisiche) del sistema di interesse considerando anche l'incertezza e quindi le componenti casuali ([Montanari and Koutsoyiannis, 2012](#)).
- La situazione attuale è il risultato della dinamica interna del sistema e quindi fornisce informazioni essenziali su come il sistema stesso potrà reagire al cambiamento.
- "Physically-Based-Stochastic (PBS) change simulation".

**A blueprint for process-based modeling of uncertain hydrological systems**

Alberto Montanari<sup>1</sup> and Demetris Koutsoyiannis<sup>2</sup>

Received 16 September 2011; revised 19 August 2012; accepted 20 August 2012; published 29 September 2012.

### PBS Change Simulation



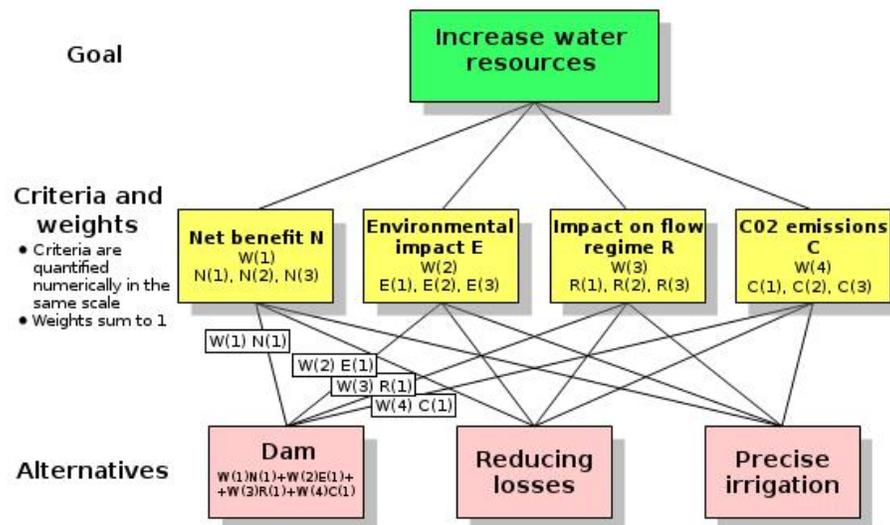
# Non solo vulnerabilità Analytic hierarchy process e pairwise comparison

(<https://www.albertomontanari.it/?q=decisiontheory>)

**AHP: choosing a solution for increasing water resources availability**



Building a dam (1) Reducing losses (2) Precise irrigation (3)



The Fundamental Scale for Pairwise Comparisons		
Intensity of Importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two elements contribute equally to the objective
3	Moderate importance	Experience and judgment moderately favor one element over another
5	Strong importance	Experience and judgment strongly favor one element over another
7	Very strong importance	One element is favored very strongly over another; its dominance is demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favoring one element over another is of the highest possible order of affirmation

Intensities of 2, 4, 6, and 8 can be used to express intermediate values. Intensities of 1.1, 1.2, 1.3, etc. can be used for elements that are very close in importance.

Example of a decision articulated according to the analytic hierarchy process – Adapted from Lou Sander - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12123183>. Images are taken from the following sources: Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=687414>; Nigel Cox / Grand Union Canal (Wendover Arm) / CC BY-SA 2.0, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand\\_Union\\_Canal\\_\(Wendover\\_Arm\)\\_-\\_geograph.org.uk\\_-\\_148356.jpg#file](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand_Union_Canal_(Wendover_Arm)_-_geograph.org.uk_-_148356.jpg#file).

Si veda Alberti et al., 2004



# Conclusioni

- L'integrazione ottimale di strategie di mitigazione del rischio deve essere condotta mediante analisi idrologiche, idrauliche e socio-economiche per valutare la mitigazione di vulnerabilità e l'incertezza.
- L'approccio di valutazione dell'integrazione ottimale deve essere di tipo bottom-up.
- Il passaggio chiave è la stima della probabilità di eventi che possono dare luogo a vulnerabilità. Occorre integrare diversi tipi di informazione con approccio ingegneristico.
- Per affrontare le criticità del Paese occorre innanzitutto una presa di coscienza istituzionale. Risolvere velocemente le criticità è possibile. Non è necessario attendere maggiori conoscenze, occorre innanzitutto mettere a sistema le conoscenze e le risorse coinvolgendo gli attori con una strategie condivise.



**UNIONE EUROPEA**  
Fondo Sociale Europeo  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Agenzia per la  
Coesione Territoriale*



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



**GOVERNANCE  
E CAPACITÀ  
ISTITUZIONALE  
2014-2020**

**SOGESID SPA**  
INGEGNERIA TERRITORIO AMBIENTE