

## GREEN PAPER

**Tavolo tematico: Ambiente ed Energia** (Goffredo La Loggia, Claudio Leto, Walter Mazzucco, Eleonora Riva Sanseverino, Edoardo Rotigliano, Gianluca Sarà, Giuseppe Venturella, Gaspare Viviani)

**Settore di azione: Cambiamenti climatici, adattamenti e mitigazioni - *Linee guida regionali per l'adattamento ai cambiamenti climatici***

### 1. Stato dell'arte e fonti di analisi consolidate

E' ormai opinione comune che il cambiamento climatico sia una delle più grandi, affascinanti ed importanti sfide che la comunità scientifica mondiale dovrà affrontare nei prossimi anni. L'aumento delle quantità di gas serra presenti in atmosfera e il conseguente aumento delle temperature, lo scioglimento dei ghiacciai, le variazioni di intensità, durata e frequenza degli eventi di precipitazione, la maggiore frequenza di eventi calamitosi quali siccità ed alluvioni sono senza dubbio espressione tangibile di un cambiamento già in atto. La maggior parte dei processi idrologici sono influenzati dai cambiamenti climatici in atto, con importanti ripercussioni sull'ambiente e sulle comunità.

Da diversi anni il dipartimento DICAM (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali) dell'Università di Palermo, si occupa di studiare i cambiamenti climatici in atto (es. Arnone et al., 2013<sup>1</sup>; Liuzzo et al.<sup>2</sup>, 2016) ed i possibili effetti dei cambiamenti climatici (presenti e futuri) sui maggiori processi idrologici e sugli ecosistemi. Diversi modelli idrologici ed eco-idrologici sono stati messi a punto con specifico riferimento alle aree Mediterranee e alla Sicilia, ad esempio per quantificare l'impatto dei cambiamenti climatici sullo stress idrico della vegetazione (Pumo et al.<sup>3</sup>, 2010), sui pattern di vegetazione e sulla biodiversità (es. Caracciolo et al.<sup>4</sup>, 2014), sulla produttività di alcune colture di interesse (Viola et al.<sup>5</sup>,

---

<sup>1</sup> Arnone E., Pumo D., Viola F., Noto L.V., La Loggia G. Rainfall statistics changes in Sicily. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17: 2449-2458, 2013; doi:10.5194/hess-17-2449-2013

<sup>2</sup> Liuzzo L., Viola F., Noto L.V. Wind speed and temperature trends impacts on reference evapotranspiration in Southern Italy. *Theoretical and Applied Climatology*, Volume 123, Issue 1-2, 1 January 2016, Pages 43-62

<sup>3</sup> Pumo D., Viola F., Noto L.V. Climate changes' effects on vegetation water stress in Mediterranean areas. *Ecohydrology*, 3: 166-176, 2010; Published online 11 May 2010 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com); doi: 10.1002/eco.117

<sup>4</sup> Caracciolo, D., Noto, L.V., Istanbuloglu, E., Fatichi, S., Zhou, X. Climate change and Ecotone boundaries: Insights from a cellular automata ecohydrology model in a Mediterranean catchment with topography controlled vegetation patterns. *Advances in Water Resources*, Volume 73, November 2014, Pages 159-175

<sup>5</sup> Viola F., Caracciolo D., Pumo D., Noto L. V. Olive yield and future climate forcings. *Procedia Environmental Sciences, Four Decades of Progress in Monitoring and Modeling of Processes in the Soil-Plant-Atmosphere. System: Applications and Challenges*, 19: 132-138, 2013; doi: 10.1016/j.proenv.2013.06.015

2014), sulla morfologia dei bacini (Francipane et al.<sup>6</sup>, 2015), sulle varie componenti del bilancio idrico a scala di bacino (es. Viola et al.<sup>7</sup>, 2016), sulla disponibilità idrica (es. Liuzzo et al.<sup>8</sup>, 2014) e sul regime idrologico (Pumo et al.<sup>9</sup>, 2016). Recentemente il dipartimento si occupa anche di valutare gli effetti combinati del cambiamento climatico e dell'aumento di impermeabilizzazione dei bacini sulla risorsa idrica ed in particolar modo sulle piene e sui fenomeni alluvionali anche in ambito urbano.

Un aspetto particolarmente importante infatti, riguarda l'impatto atteso dei cambiamenti climatici sul rischio idrogeologico e alluvioni, specialmente in ambito urbano. Gli eventi di dissesto idrogeologico che si sono verificati di recente nel Paese hanno riproposto all'attenzione dell'opinione pubblica il tema dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla frequenza e l'intensità di eventi estremi di natura idrologica e geomorfologica. E' evidente che la vulnerabilità del Paese sta subendo profondi cambiamenti, soprattutto nei confronti degli eventi che si estrinsecano su scale temporali ridotte. Il monitoraggio e l'analisi dell'informazione esistente risultano essere aspetti essenziali per la messa a punto di efficaci strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.

La direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, concernente la valutazione e gestione del rischio alluvioni, istituisce un quadro volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all'interno della Comunità. Gli Stati membri sono invitati a migliorare l'efficacia, lo scambio di informazioni ed a realizzare sinergie e vantaggi comuni al fine di perseguire gli obiettivi ambientali preposti nella direttiva 2000/60/CE (articolo 4). Si richiede altresì, un adeguato quadro conoscitivo relativo alla valutazione del rischio che insiste sul territorio, con particolare attenzione alla valutazione della pericolosità e della vulnerabilità.

Alla base della valutazione del rischio connesso a fenomeni alluvionali, c'è la valutazione delle portate di piena, spesso effettuata sulla base di ricostruzioni, mediante modellazione idrologica, a partire dall'analisi delle precipitazioni storiche registrate e delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) opportunamente ricostruite. La valutazione delle CPP e delle conseguenti portate di piena sotto scenari di cambiamento climatico risulta pertanto strategico al fine di identificare possibili ed efficaci azioni di adattamento.

Nuove ed importanti soluzioni sono ad oggi disponibili per la mitigazione del rischio idrogeologico e, specie in ambiente urbano, l'utilizzo di Infrastrutture Verdi rappresentano un'opzione di rilievo in contesti di cambiamento climatico, in quanto garantiscono un aumento della resilienza dei bacini, offrendo al contempo importanti servizi eco-sistemici, e socio-economici.

Quanto sopra riportato si integra con le attività nel settore della Botanica Forestale condotte presso il Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali (SAF) Infatti l'approvvigionamento idrico può essere garantito assicurando la protezione e l'utilizzazione sostenibile degli ecosistemi forestali che captano acqua, la filtrano, la immagazzinano e la ridistribuiscono. Tra le regioni dell'Italia meridionale la Sicilia ha uno degli indici di boscosità più bassi (13.2%) (Inventario Forestale delle Foreste e del Carbonio, 2005). La regione Sicilia però si caratterizza come un territorio ad elevata vocazione forestale. E' ormai opinione diffusa che la conservazione della superficie forestale e l'uso di appropriati interventi possano contribuire a migliorare l'idrologia dei bacini, contrastare i fenomeni di degrado ed i processi di erosione dei suoli, alleviare l'impatto dei cambiamenti climatici ed ambientali in atto (State of Europe's forests, 2007).

---

<sup>6</sup> Francipane A., Faticchi S., Ivanov V.Y., Noto L.V. Stochastic assessment of climate impacts on hydrology and geomorphology of semiarid headwater basins using a physically based model. *Journal of Geophysical Research F: Earth Surface*, 2015, vol.120 (3), 507-533

<sup>7</sup> Viola F., Francipane A., Caracciolo D., Pumo D., La Loggia G., Noto L.V. Co-evolution of hydrological components under climate change scenarios in Mediterranean area. *Science of the Total Environment*, 544: 515-524, 2016; doi:10.1016/j.scitoten.2015.12.004

<sup>8</sup> Liuzzo L., Noto, L.V., Arnone, E., Caracciolo, D., La Loggia, G. Modifications in Water Resources Availability Under Climate Changes: A Case Study in a Sicilian Basin. *Water Resources Management*. Volume 29, Issue 4, 2014, Pages 1117-1135

<sup>9</sup> Pumo D., Caracciolo D., Viola F., Noto L.V. Climate change effects on the hydrological regime of small non-perennial river basins. *Science of the Total Environment*, 542 (Part A): 76-92, 2016; doi:10.1016/j.scitoten.2015.10.109

## 2. Diagnosi e obiettivi strategici

La complessità e fragilità del territorio, il considerevole numero di aree soggette a pericolosità, anche in relazione ai possibili scenari di cambiamento climatico, rendono necessario disporre di strumenti tecnici (modelli, metodologie) aggiornati. Particolare enfasi viene posta sul miglioramento/aggiornamento dei sistemi di monitoraggio e sull'integrazione, nel processo di valutazione e pianificazione, del tema dei cambiamenti climatici e delle strategie di adattamento. L'idea è quindi quella di raccogliere strumenti per la valutazione del cambiamento climatico e dell'impatto sui maggiori processi idrologici, sulla risorsa idrica futura, sulla pedologia, sulla vegetazione dei bacini, etc, modelli per la valutazione del rischio idrogeologico e alluvionale, in ambito urbano e non, sotto scenari di cambiamenti idrologici (comprendenti anche l'aumento di impermeabilizzazione dei suoli), e, infine, nuove misure di mitigazione, come le Infrastrutture Verdi, etc., al fine di creare delle linee guida di adattamento ai cambiamenti climatici da applicarsi a scala regionale.

Uno degli obiettivi della proposta è quello di esaltare l'efficacia dei boschi sulla funzione idrica, migliorare la disponibilità idrica nel suolo, contrastare i processi di degrado ed erosione dei suoli.

Altro obiettivo della proposta è quello di aggiornare le curve CPP relative al clima attuale, mediante un aggiornamento delle banche dati pluviometriche di riferimento e la ricostruzione di CPP sotto scenari di cambiamento climatico. Alla luce di possibili scenari climatici futuri, un riesame e un aggiornamento delle caratteristiche delle piogge di una data area, ad esempio attraverso le Curve di Probabilità Pluviometrica (CPP), diventa infatti indispensabile. Alcune linee guida di interventi, relativi ai cambiamenti climatici, da applicarsi nell'ambito della direttiva 2007/60/CE, vengono fornite nel documento guida n.24 della Commissione Europea, "*River basin management in a changing climate*". Fra queste, ad esempio, si fa esplicito riferimento al fatto che, per migliorare la pianificazione della gestione del bacino idrografico, è opportuno utilizzare proiezioni climatiche e scenari futuri e che, non esistendo un unico modello che possa essere applicato all'Europa intera, il miglior modello di cambiamento climatico o di ricostruzione di scenari futuri va ricercato a scala locale, caso per caso, ovvero per un certa regione o bacino idrografico.

Essere in grado di prevedere l'andamento futuro delle precipitazioni per un dato un periodo (e.g., il trentennio successivo all'anno in corso) e per una data area, permetterebbe, ad esempio, di conoscere in anticipo come le CPP, relative a quell'area, varierebbero sotto gli effetti del cambiamento climatico, permettendo così una progettazione più consapevole e adatta alle condizioni climatiche future attese. A tal fine, dovranno essere individuati opportuni modelli in grado di prevedere le condizioni climatiche future. Diversi modelli climatici sono stati sviluppati e si sono susseguiti negli ultimi anni. La nuova generazione di modelli climatici globali (Modelli globali di Circolazione atmosferica e oceanica - AOGCM) sono più affidabili rispetto ai loro predecessori. Fra i miglioramenti più importanti possono essere annoverati, tra gli altri, l'introduzione nella modellazione di alcuni processi di superficie del suolo rilevanti e di database qualitativamente migliori. Al fine di cogliere l'intero range dei possibili cambiamenti climatici futuri, sono state condotte varie proiezioni climatiche a scala globale, applicando diversi scenari di emissione, nonché diversi modelli climatici globali (GCM), per ciascuna di esse. I risultati vengono interpretati, descritti e pubblicati regolarmente dal *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). L'IPCC ha recentemente pubblicato la quinta relazione (Assessment Report - AR5 ) "*Climate Change 2013* " (IPCC<sup>10</sup> 2013) sui cambiamenti climatici.

Un ulteriore obiettivo della proposta è volto al miglioramento del sistema attuale di monitoraggio per le precipitazioni; si ritiene utile infatti verificare la possibilità di integrare reti tradizionali con ulteriori sensori dotati di tecnologia radar, proponendo un'analisi delle potenzialità e dei vantaggi derivanti. Mentre l'utilizzo del radar per la stima delle precipitazioni in ambito meteorologico ha avuto uno sviluppo regolare legato ad applicazioni di nowcasting, di short forecasting e di assimilazione nei modelli NWP (*numerical weather prediction*), nel campo dell'idrologia l'opportunità di ricorrere all'utilizzo delle distribuzioni spazio-

---

<sup>10</sup> IPCC 2013 – IPCC fifth assessment report: climate change 2013 - The physical science basis (IPCC WGI AR5)

temporali continue offerte dal radar, è legata alla domanda di una comprensione più approfondita dei sistemi idrologici nell'ambito dei temi emergenti in campo ambientale e climatologico (Delrieu et al.<sup>11</sup>, 2009). Tali necessità derivano in particolare dal crescente utilizzo di modelli idrologici sempre più dettagliati per applicazioni legate alla gestione del rischio idrogeologico, agli effetti dei cambiamenti climatici e alla gestione dell'utilizzo del territorio come ad esempio le applicazioni per l'agricoltura e le risorse energetiche.

Infine, un ulteriore aspetto della proposta concerne le possibili misure di mitigazione. Infatti, atteso che gli effetti dei cambiamenti climatici possano essere esacerbati dal continuo aumento di urbanizzazione e impermeabilizzazione dei suoli, si ritiene particolarmente importante lo studio delle "Green Infrastructures" come possibili interventi di mitigazione del rischio idrogeologico ed in particolare del rischio alluvionale in aree urbane. Vengono quindi studiati e analizzati i vantaggi trasversali (ricadute sociali ed economiche) e i possibili effetti di mitigazione ai cambiamenti idrologici (conseguenti a cambiamenti climatici e aumenti di urbanizzazione) risultanti dalla realizzazione di una rete di infrastrutture verdi (parcheggi permeabili e/o verdi, tetti/facciate verdi, creazione di aree verdi multifunzionali, ecc.) atta ad aumentare la resilienza dei bacini.

### 3. Piano d'azione e settori di intervento

Il piano d'azione previsto per il raggiungimento degli obiettivi generali sopraesposti, include una serie di interventi e attività sintetizzabili dai seguenti punti principali:

Stato dell'arte e delle conoscenze relativamente: alle banche dati esistenti per la derivazione delle CPP, alle reti di monitoraggio in uso, al rischio idrogeologico, agli aumenti di pericolosità, vulnerabilità e rischio idrogeologico-alluvionale derivanti dal cambiamento climatico, ai modelli idrologici e climatici per la valutazione degli scenari climatici futuri e dei possibili effetti al suolo, alle misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, alle Infrastrutture Verdi, etc.; adeguata gestione forestale al fine di accentuare le funzioni di difesa idrogeologica del territorio; le funzioni di difesa ambientale; la funzione di protezione delle aree costiere dalla erosione, l'incremento della disponibilità di acqua per le popolazioni.

- Redazione di linee guida a livello regionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici, contenenti modelli e strumenti per la valutazione quantitativa dei cambiamenti in atto, dei effetti sui processi idrologici, sull'ambiente e sulla società, e altresì, possibili misure per la mitigazione di tali effetti;
- Individuazione di aree pilota rappresentative e avvio di alcune delle attività previste dalle linee guida su tali aree;
- Aggiornamento delle banche dati pluviometriche alla base della determinazione delle CPP
- Miglioramento del sistema di monitoraggio per le precipitazioni: integrazione delle reti pluviometriche tradizionali, essenzialmente costituite da strumenti di misura a terra di tipo puntuale, con micro-radar, analisi delle potenzialità e dei vantaggi derivanti.
- Studio sulle procedure di downscaling a livello nazionale/regionale/locale di previsioni climatiche derivante da modelli di circolazione globali (GCM)
- Analisi probabilistica dei possibili effetti dei cambiamenti climatici sulle CPP.
- Individuazione e applicazione di possibili interventi strutturali e/o non-strutturali per la mitigazione del rischio idrogeologico nell'area pilota sotto scenari di cambiamento climatico
- Progettazione, realizzazione e analisi delle performances relativi ad una rete di infrastrutture verdi nell'area pilota;
- Valutazione degli impatti economici, sociali ed ambientali a seguito dell'applicazione delle misure di mitigazione nell'area pilota.
- Valutazione dei risultati ottenuti nell'area pilota e analisi delle trasferibilità della metodologia.

---

<sup>11</sup> Delrieu, G., Braud, I., Berne, A., Borga, M., Boudevillain, B., Fabry, F., Freer, J., Gaume, E., Nakakita, E., Seed, A., Tabary, P., Uijlenhoet, R., 2009: Preface special issue: Weather radar and hydrology. *Advances in Water Resources* 32 (2009) 969–974

#### **4. Principali soggetti decisori e attuatori**

Autorità locali e regionali

Centri di ricerca pubblici (Università e CNR)

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Assessorato Regionale del Territorio e dell’Ambiente

Servizio Nazionale della Protezione Civile

Assessorato Regionale dell’Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità (Dipartimento dell’Acqua e dei Rifiuti)

Assessorato Regionale dell’Agricoltura, dello Sviluppo Rurale e della Pesca Mediterranea

Assessorato Regionale del Territorio e dell’Ambiente