STIMA OPERATIVA DELLE PIOGGE ESTREME SUL TERRITORIO NAZIONALE: NUOVI METODI E POSSIBILI SINERGIE

Pierluigi Claps[1,7], Enrica Caporali[2,7], Valentina Chiarello[2,7], Roberto Deidda[3,7], Davide De Luca[4,7], Luciana Giuzio[5,7], Andrea Libertino[1,7], Francesco Lo Conti[6,7], Salvatore Manfreda[5,7], Leonardo Noto[6,7], Pasquale Versace[4,7]

(1) Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino, ITALY; (2) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Firenze, Firenze, ITALY; (3) Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università degli Studi di Cagliari, Cagliari, ITALY; (4) Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica, Università della Calabria, Rende, ITALY; (5) Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo: Architettura, Ambiente, Patrimoni Culturali, Università degli Studi della Basilicata, Potenza, ITALY; (6) Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali, Università degli Studi di Palermo, Palermo, ITALY; (7) Consorzio Interuniversitario per l'Idrologia - CiNiD, Potenza, ITALY.

ASPETTI CHIAVE

- *Si riassumono qui metodiche aggiornate di stima e disuniformità delle basi di dati relativi alle piogge estreme*
- *Il quadro a scala nazionale risulta estremamente frammentato, nonostante i notevoli sforzi profusi in alcune regioni*
- *Ulteriori sforzi sono necessari per facilitare l'accesso ai risultati e completare le analisi alla scala di paese.*

1 INTRODUZIONE

Gli eventi di precipitazione straordinaria che negli ultimi anni hanno flagellato il territorio italiano hanno destato l'attenzione dei media e, conseguentemente, della società e della politica, sulle tematiche della rarità degli eventi pluviometrici "eccezionali". La comunità scientifica, anche attraverso la Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, ha da tempo evidenziato la necessità di ridefinire le procedure di stima degli estremi pluviometrici ed idrometrici a scala nazionale. Tali procedure sono disponibili quasi ovunque sul territorio nazionale, a partire dalla redazione del Rapporto VAPI (http://www.gndci.cnr.it/it/vapi/welcome_it.htm) con studi per lo più basati su dati aggiornati agli anni '80.

In seguito alla dismissione del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, con il passaggio delle competenze alle Regioni, si sono determinate importanti discontinuità nelle osservazioni idrologiche (per disattivazione, spostamento, e incremento del numero di stazioni pluviometriche). Ne derivano difficoltà nella localizzazione degli strumenti nel tempo, con conseguenti difficoltà di costruzione dei database necessari per l'applicazione dei metodi di stima statistica. Schemi robusti di stima regionale sono infatti basati sull'impiego di serie omogenee di sufficiente lunghezza.

Il presente lavoro prende spunto dalla necessità di mettere in comune le esperienze maturate in Italia da diversi soggetti coinvolti nella redazione di metodi aggiornati per la stima regionale delle precipitazioni estreme. Nel fornire le indicazioni per l'accesso e l'uso di tali aggiornamenti si offre una riflessione su quanto ancora manchi nella direzione di assemblare un sistema uniforme per la definizione delle piogge estreme a scala nazionale.

2 EFFETTI DELLE DISCONTINUITÀ TEMPORALI E SPAZIALI

Per esemplificare le condizioni a partire dalle quali si sono operate le revisioni dei metodi di stima regionale delle piogge intense, si fa riferimento ai dati relativi a 7 regioni italiane. In figura 1 si riporta una sintesi delle caratteristiche dei database attualmente disponibili relativi agli estremi di durata 24 ore. Si rileva come alle lunghe serie storiche del SIMN si siano affiancate brevi serie, più recenti, derivanti dall'incremento del numero delle stazioni (pannello 1a). I nuovi pluviometri digitali producono dati utilissimi per la descrizione dei fenomeni a brevissima durata, ma presentano serie ancora troppo corte per poter essere decisivi per le stime statistiche (la figura 1b mostra che una quota molto rilevante di stazioni presenta oggi meno di 10 anni di dati). In preparazione delle analisi statistiche si sono dovuti poi affrontare seri problemi di ricostruzione della consistenza della rete, a causa di numerosi spostamenti delle stazioni.

In fase di analisi, ai problemi legati al campionamento dei dati si aggiungono spesso criticità rilevanti nelle zone di confine tra le regioni, ove le stime dei quantili di pioggia, basate su metodologie differenti, presentano a volte discontinuità. A tal proposito si riporta in figura 2 un esempio inerente due comuni al confine tra Lombardia e Piemonte. Sebbene entrambe le regioni adottino metodologie a variazione continua

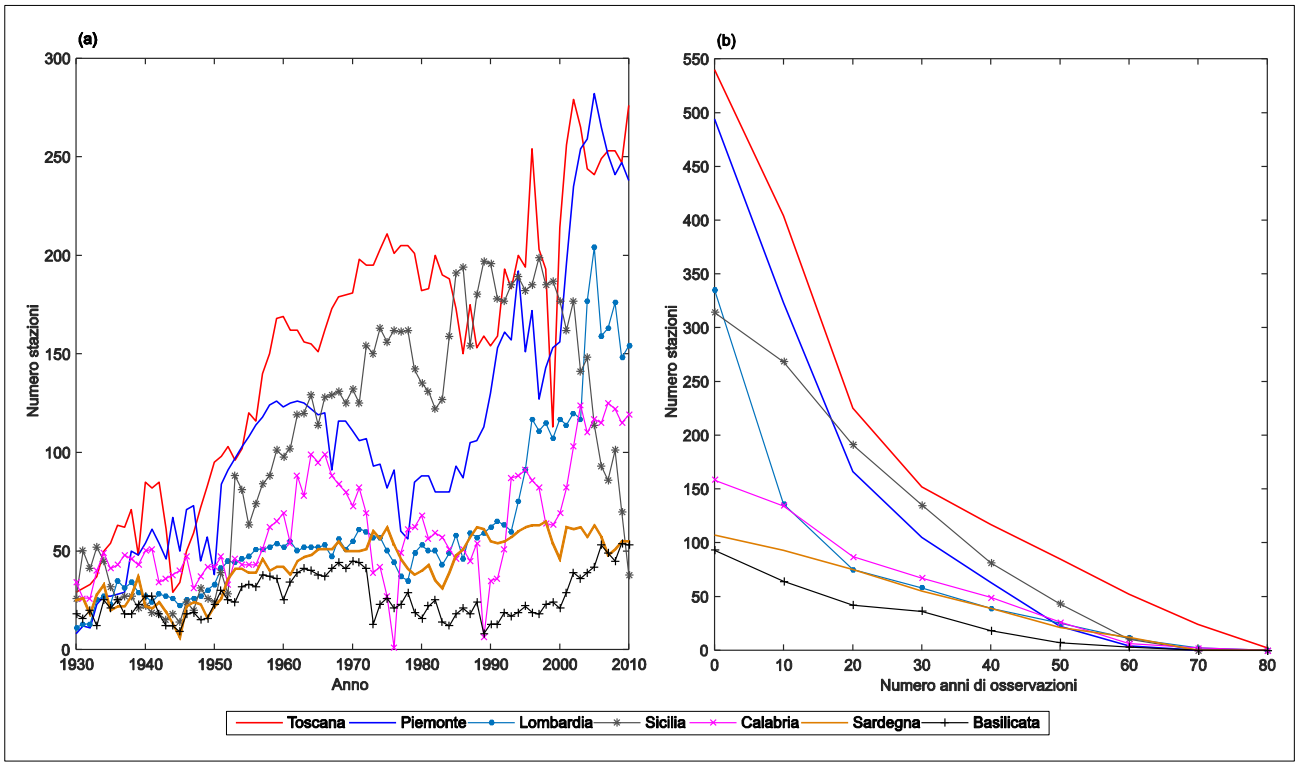

Figura 1. Massimi annui di durata 24 ore delle regioni analizzate. Nel pannello (a) si riportata l'evoluzione della rete negli anni tra il 1930 e il 2010. Nel pannello (b) si rappresenta la distribuzione delle stazioni in base alla lunghezza delle serie disponibili.

dei parametri, le differenze operative e le diverse scelte riguardanti la distribuzione di probabilità (Gumbel per il Piemonte, GEV per la Lombardia), portano a rilevanti differenze nei quantili della pioggia di progetto. A partire da questo contesto si sono recentemente effettuati studi statistici in alcune regioni italiane. Il paragrafo seguente fornisce un quadro delle metodologie adottate.

3 NUOVE ANALISI REGIONALI DELLE PIOGGE ESTREME

Nelle regioni ove l'analisi spaziale delle piogge intense è stata aggiornata negli ultimi anni sono stati adottati metodi appartenenti a due categorie principali: i) Metodi basati sulla definizione di regioni omogenee (generalmente determinate e verificate statisticamente utilizzando le procedure descritte in Hosking & Wallis, 1997); ii) Metodi geostatistici "boundaryless" (in genere basati sulla interpolazione di parametri della distribuzione adottata, o delle statistiche, o delle misure). I primi hanno il vantaggio di ridurre la varianza di stima dei parametri della distribuzione, ma introducono discontinuità non fisiche tra regioni omogenee limitrofe (creando incongruenze come quelle di figura 2) ed inoltre possono mascherare eventuali peculiarità locali, che, se osservate su poche stazioni, possono essere interpretate ed accettate come fluttuazioni campionarie. I metodi geostatistici "boundaryless" superano questi problemi, ma sono maggiormente sensibili alle incertezze di stima.

3.1 Piemonte

In *Allamano et al.* (2013) si descrive una nuova procedura a variabilità continua dei parametri adottata per la ricostruzione su un grigliato uniforme, a partire dai dati osservati, di serie di massimi annui di pioggia in Piemonte. Il sistema è stato denominato "patched kriging" ed è basato sull'applicazione anno per anno delle equazioni del kriging ordinario sui massimi annui, opportunamente filtrati da effetti dipendenti dalla quota (*Bartolini et al.*, 2011). Se ne ottengono serie storiche di egual lunghezza che permettono una stima, cella per cella dei parametri di diverse distribuzioni. Il fine è quello di consentire di valutare, attraverso opportuni test, la distribuzione che meglio si adatta al campione. Ad esempio, i parametri stimati per la distribuzione di Gumbel sono reperibili in: http://webgis.arpa.piemonte.it/atlante_pioggia_webapp

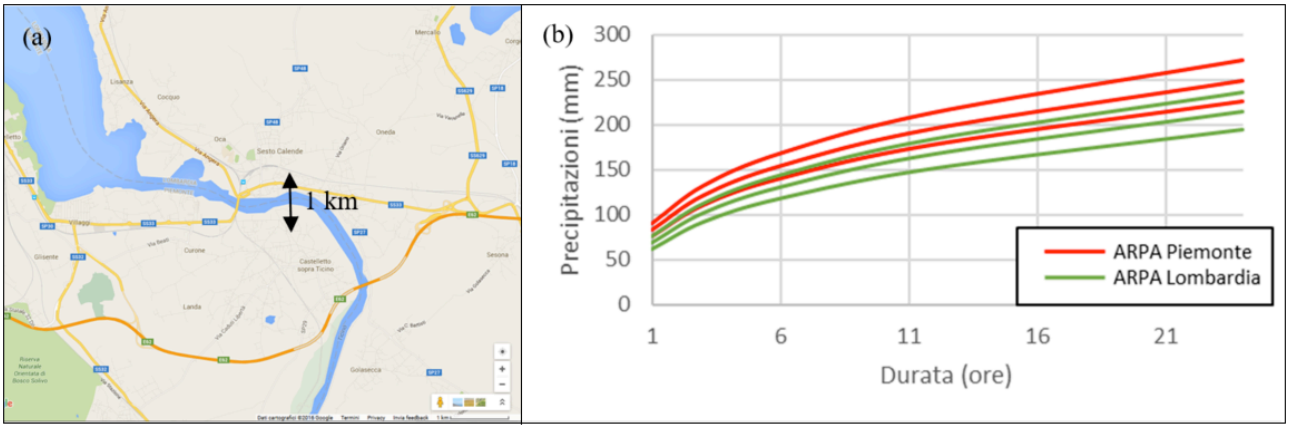

Figura 2. Confronto tra le Curve di possibilità Pluviometrica dei comuni di Sesto Calende (VA) e Castelletto sopra Ticino (NO). (a) Localizzazione dei comuni. (b) CPP per tempi di ritorno 50, 100 e 200 anni.

3.2 Lombardia

Sulis & Uboldi (2013) hanno realizzato per ARPA Lombardia una metodologia, definita "spatial bootstrap", che ricostruisce serie di estremi su una griglia regolare mediante una stima probabilistica pesata su distanze e dislivelli tra le stazioni ed i punti griglia (*Uboldi et al.*, 2014). Da ognuna di queste serie è stata stimata una distribuzione GEV, i cui parametri sono reperibili in: http://idro.arpalombardia.it/

3.3 Toscana

In Toscana, per la stima dei massimi annui di altezza di pioggia giornaliera e di durata *1-24h,* è stata scelta la distribuzione TCEV e utilizzato l'approccio gerarchico di stima dei parametri in 3 livelli sequenziali. Dopo validazione del set di dati aggiornati all'anno 2012, si è condotta l'analisi di frequenza usando il metodo indice, determinando le curve di crescita per le precipitazioni giornaliere e orarie in 4 regioni omogenee. La pioggia indice per ogni regione omogenea e per ogni durata di pioggia *d* è stata definita utilizzando un modello multivariato (*Caporali et al.,* 2008). L'analisi è stata utilizzata per determinare i parametri delle curve di possibilità pluviometriche distribuiti su tutto il territorio toscano e ricavati a livello puntuale in ogni stazione pluviometrica gestita dal SIR. (http://www.sir.toscana.it/supports/download/lspp_2012.pdf).

3.4 Basilicata

Manfreda et al. (2015) hanno aggiornato il database delle precipitazioni estreme in Basilicata. La dimensione campionaria delle serie storiche è stata incrementata ricorrendo a tecniche di interpolazione spaziale che hanno consentito la caratterizzazione dei parametri della distribuzione di probabilità GEV e TCEV. Questa analisi è stata utilizzata per la derivazione delle curve di possibilità pluviometriche su ciascuna delle stazioni pluviometriche operanti sul territorio per il sistema di allertamento della Protezione Civile della Basilicata (http://www.protezionecivilebasilicata.it/).

3.5 Calabria

Nell'ambito di un progetto POR il CAMILab (http://www.camilab.unical.it) ha sviluppato uno studio sulle piogge brevi regionali (Biondi et al. 2012, Biondi et al. 2013), che ha riguardato i seguenti aspetti: i) aggiornamento, rispetto al progetto VAPI Calabria, dei parametri della distribuzione TCEV, (curve di crescita K_T per ogni sottozona pluviometrica di interesse, invarianti rispetto alla durata); ii) calcolo dei parametri della curva di possibilità pluviometrica media (CPP), per stazioni con almeno 10 anni di osservazione (134 serie storiche), e spazializzazione degli stessi, tramite tecniche di kriging ordinario, per l'intero dominio regionale discretizzato in celle di risoluzione pari a 20 m. I valori dei parametri della CPP sono riportati, nel WEBGIS: http://160.97.12.152:81/Web_GIS_Por/map.phtml?language=it.

3.6 Sicilia

Lo Conti et al. (2007) e Forestieri et al. (2015) hanno aggiornato la procedura VAPI ampliando il

database delle precipitazioni estreme. In entrambi i lavori si è utilizzato un approccio gerarchico per la stima dei parametri basato su tre livelli, basato sulla suddivisione della Sicilia in sottoregioni omogenee (secondo quanto definito da Hosking & Wallis, 1997). Nel lavoro di Forestieri et al. (2015) l'identificazione di queste sottoregioni è avvenuta con un criterio oggettivo basato sull'analisi delle componenti principali e sull'algoritmo di clustering k-means. Le distribuzioni di probabilità utilizzate sono la GEV e la TCEV. I valori medi di precipitazione vengono riscalati sulla durata tramite la relazione di potenza a due parametri (*a* ed *n*), i quali sono stimati a scala regionale tramite tecniche di analisi spaziale (dipendenza dei parametri dalla pioggia media annua e ordinary kriging dei residui derivanti dalla componente deterministica).

3.7 Sardegna

Per la Sardegna è stato adottato il modello GEV per interpretare le distribuzioni dei massimi annui di precipitazione. Nello specifico, si è scelto di utilizzare un approccio geostatistico (basato sulla applicazione di un kriging per dati incerti al parametro di forma, al parametro di scala adimensionale, ed infine alla pioggia indice giornaliera). Con una procedura "leave-one-out cross-validation" si è dimostrata la maggiore accuratezza dell'approccio geostatistico rispetto all'approccio regionale (sia considerando una vecchia suddivisione in 3 zone omogenee, che con una nuova ipotesi di 5 zone omogenee). Infine, sono state ricavate delle espressioni quadratiche in funzione dei parametri giornalieri per determinare i coefficienti delle espressioni monomie che forniscono le precipitazioni di breve durata di assegnato periodo di ritorno.

4 CONCLUSIONI E PROPOSTE

La sintesi presentata, emersa a partire da un confronto spontaneo tra ricercatori operanti all'interno del Consorzio CINID, suggerisce l'utilità, per il "sistema paese" di un coordinamento tra le attività tecniche in essere e previste all'interno delle regioni. Per le analisi già terminate si potrebbe costruire una semplice infrastruttura di rete, con unica interfaccia su base geografica per l'accesso a tutti i risultati. Nelle aree in cui non sono ancora state aggiornate le stime dei quantili di pioggia in base ai nuovi dati, sarebbe utile mettere a fattore comune le esperienze fatte per offrirle a chi si accinge ad operare in un quadro così complesso. Sarebbe auspicabile la definizione di un metodo (benchmark) standardizzato, utile anche per confrontare quantili in diverse regioni. Possibile ricaduta della costruzione del sistema "connesso" che qui si suggerisce, è nell'applicazione di procedure per la valutazione dei periodi di ritorno di piogge connesse ad eventi catastrofici, da validare mediante test statistici aggiornati. I possibili riflessi positivi in campo giudiziario, ma soprattutto di comprensione dei meccanismi che producono danni e vittime, sono di tutta evidenza.

5 BIBLIOGRAFIA

Allamano, P., Bartolini, E., Claps, P., De Santis, D., Laio, F., Barbero, S., Graziadei, M. & Zaccagnino, M. Atlante delle precipitazioni intense, Le precipitazioni Intense in Piemonte: Distribuzione Regionale delle Piogge e Caratterizzazione Statistica dei Valori Estremi, Arpa Piemonte, Torino, 2013, pp. 34-49.

Bartolini, E., Allamano, P., Laio, F., Claps, P. Analisi spaziale delle precipitazioni medie ed intense su Piemonte e Valle d'Aosta, Working-Paper 2011-02, Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Infrastrutture Civili, Politecnico di Torino, Torino, 2011

Biondi, D., Claps, P., Cruscomagno, F., De Luca, D.L., Fiorentino, M., Ganora, D., Gioia, A., Iacobellis, V., Laio, F., Manfreda S. & Versace P. (2012). Dopo il VAPI: la valutazione delle massime portate al colmo di piena nell'esperienza del POR Calabria Atti del XXXIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Brescia, 10-15 Settembre 2012.

Biondi, D., Cruscomagno, F., De Luca, D.L., Ferrari, E. & Versace P. (2013). La valutazione delle piene in Calabria: 1989-2013. Atti del XXXIV Corso di Aggiornamento Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento, 2013, pp. 187-216. ISBN 978-88-97181-24-8

Caporali, E., Cavigli, E. & Petrucci, A. The index rainfall in the regional frequency analysis of extreme events in Tuscany (Italy), Environmetrics, 2008, 19, 714–727.

Forestieri, A., Lo Conti, F., Blenkinsop, S., Noto, L.V. & Fowler, H. Objective regional frequency analysis of extreme precipitation in Sicily, Italy, 10th International Workshop on Precipitation in Urban Areas, Pontresina, 2015

Hosking, J.R.M. and J.R. Wallis, Regional Frequency Analysis, an approach based on L-moments, Cambridge Un. Press, 1997

Lo Conti, F., Noto, L., La Loggia. G., & Cannarozzo. M. (2007), Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Sicily, Italy. In Proceedings of Variability in space and time of extreme rainfalls, floods and droughts, Cosenza, 2007.

Manfreda, S., Aurelia, S., De Costanzo, G., Le Precipitazioni Estreme in Basilicata, Universosud, pp.146, 2015.

Sulis, A.N. & Uboldi, F. L'atlante delle piogge intense della Lombardia, Il Monitoraggio degli Eventi Estremi come Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici: le Piogge Intense e le Valanghe in Lombardia, Arpa Lombardia, Milano, 2013, pp. 5-15.

Uboldi, F., Sulis, A.N., Lussana, C., Cislaghi, M. & Russo, M. A spatial bootstrap technique for parameter estimation of rainfall annual maxima distribution, Hydrology and Earth System Sciences, 2014, 18(3), 981-995.