



Atti delle Giornate dell'Idrologia 2019 della Società Idrologica Italiana

Bologna, 16-18 Settembre 2019

L'idrologia al servizio dei cittadini: tra emergenze e gestione delle risorse idriche



Pubblicato da:

Società Idrologica Italiana - Italian Hydrological Society
<http://www.sii-ihs.it>

Comitato Organizzatore:

Daniela Biondi
Roberto Ranzi
Ezio Todini
Elena Toth
Serena Ceola
Sara Simona Cipolla
Alessio Domeneghetti
Giada Molari
Alberto Montanari
Mattia Neri
Irene Palazzoli
Simone Persiano
Alessio Pugliese

Foto di copertina: Roberto Ferrari, Giulio Cappi, Samuele Pincelli
(Consulta Provinciale del Volontariato per la Protezione Civile di Modena)

L^AT_EX editor: Alessio Pugliese
(L^AT_EX's 'confproc' package, ver. 0.8, by V. Verfaillie)

Settembre 2019

Versione elettronica disponibile:

<http://www.sii-ihs.it/meeting-nazionali>

Volume distribuito con Licenza: 

Creative Commons 4.0 Internazionale

Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo

(CC-BY-NC-SA)

Comitati

Comitato Organizzatore

Daniela Biondi (Università della Calabria)
Roberto Ranzi (Università di Brescia)
Ezio Todini (Presidente Onorario SII)
Elena Toth (Università di Bologna)
Serena Ceola (Università di Bologna)
Sara Simona Cipolla (Università di Bologna)
Alessio Domeneghetti (Università di Bologna)
Giada Molari (Università di Bologna)
Alberto Montanari (Università di Bologna)
Mattia Neri (Università di Bologna)
Irene Palazzoli (Università di Bologna)
Simone Persiano (Università di Bologna)
Alessio Pugliese (Università di Bologna)

Comitato Scientifico

Giuseppe Tito Aronica (Università di Messina)
Marco Borga (Università di Padova)
Armando Brath (Università di Bologna)
Roberto Deidda (Università di Cagliari)
Salvatore Manfreda (Università della Basilicata)
Tommaso Moramarco (IRPI-CNR)
Leonardo V. Noto (Università di Palermo)
Enrique Ortiz (Idrologia e Ambiente S.r.l.)
Paola Pagliara (Dip. Naz. Protezione Civile)
Domenico Pianese (Università di Napoli)
Riccardo Rigon (Università di Trento)
Maria Cristina Rulli (Politecnico di Milano)
Lino Versace (Università della Calabria)

Indice

Comitati	iii
---------------------------	------------

SESSIONE I

Previsione e mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico

NUOVE PROCEDURE A SUPPORTO DELLA PERIMETRAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO <i>T. Tucciarelli, M. Sinagra, C. Nasello</i>	3
UN FOCUS SULLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA <i>S. Camici, S. Barbeta, L. Brocca, C. Massari, A. Tarpanelli, T. Moramarco</i>	4
MAPPATURA DI SCENARI DI ALLAGAMENTO CAUSATI DA ROTTURE ARGINALI AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE <i>P. Mignosa, S. Dazzi, A. Ferrari, R. Vacondio</i>	5
ASSIMILAZIONE SIMULTANEA DI MISURE IDROMETRICHE E IMMAGINI SATELLITARI IN UN MODELLO IDRAULICO QUASI-2D PER LA MAPPATURA DELLE PIENE <i>A. Annis, F. Nardi, F. Castelli</i>	6
STIMA DELLA PORTATA FLUVIALE CON APPROCCI DI DATA ASSIMILATION DA INFORMAZIONI BATIMETRICHE DA SRTM <i>G. Molari, H. Oubanas, P. O. Malaterre, A. Domeneghetti</i>	7
ANALISI DELL'EFFICIENZA DI INTERVENTI DI FLOOD PROOFING IN UN'AREA SOGGETTA A RISCHIO INONDAZIONE <i>A. Candela, U. Ventimiglia, G. T. Aronica</i>	8
MONITORAGGIO E PREVISIONE DEGLI EVENTI DI PIENA IN TEMPO REALE NEL BACINO IDROGRAFICO DEL BRENTA-BACCHIGLIONE: IL SISTEMA INTEGRATO I.M.A.GE. <i>E. Crestani, G. Passadore, R. Mel, D. P. Viero, L. Carniello, L. D'Alpaos, A. Rinaldo</i>	9
ANALISI IDRODINAMICA DEL TORRENTE PETTORINA (BL) E INTERVENTI DI RIPRISTINO IN COMUNE DI ROCCA PIETORE A SEGUITO DELLA PIENA DI OTTOBRE 2018 <i>A. Fiume, M. Tortorelli, G. Lazzaro, N. Gaspario</i>	10
A BAYESIAN PROCESSOR OF UNCERTAINTY FOR PRECIPITATION FORECASTING USING MULTIPLE PREDICTORS AND CENSORING <i>P. Reggiani, O. Boyko</i>	11
MISURE DI PRECIPITAZIONE DA SATELLITE PER LA MODELLAZIONE DELLE PIENE FLUVIALI: PRIMI RISULTATI SUL BACINO DEL FIUME TANARO <i>G. Ravazzani, E. A. M. Corso, G. Panegrossi, A. C. Marra, L. Baldini, M. Mancini, L. Lanza</i>	12
QUANTIFYING FLOOD AND DROUGHT HAZARDS AND IMPACTS ON A LARGE DATA-SCARCE INDIAN RIVER BASIN <i>G. Formetta, S. Deb Barma, A. Mahesha, R. Rigon</i>	13
REGIONAL SUB-HOURLY EXTREME RAINFALL ESTIMATES IN SICILY UNDER A SCALE INVARIANCE FRAMEWORK <i>B. Bonaccorso, G. Brigandì, G. T. Aronica</i>	14

PRECIPITAZIONE E PATTERN DI CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA IN SICILIA <i>G. Cipolla, A. Francipane, L. V. Noto</i>	15
UN MODELLO EFFICIENTE PER LA PROPAGAZIONE IDRAULICA DELLE COLATE DETRITICHE CON INTERFACCIA Q-GIS PER LA REALIZZAZIONE DELLE MAPPE DI PERICOLO SECONDO LA DIRETTIVA 2007/60/CE <i>M. Ferri, C. Gregoretti</i>	16
PERFORMANCE ANALYSIS OF LAI (LANDSLIDE ACTIVATION INDEX) AT REGIONAL SCALE FOR SHALLOW LANDSLIDES AND DEBRIS FLOW FORECASTING <i>B. Tomassetti, V. Colaiuda, A. Lombardi, G. Boscaino, M. Verdecchia</i>	17
A BI-DIMENSIONAL PHYSICALLY BASED MODEL TO SIMULATE SURFACE-SUBSURFACE FLOWS <i>N. Tubini, R. Rigon</i>	18
THE IMPORTANCE OF COUPLING METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL FORECASTS TO ANTICIPATE FLASH FLOODS. THE CASE OF SANT LLORENÇ DES CARDASSAR (ILLES BALEARIS – SPAIN) <i>E. Ortiz, G. Santana, R. Herrero, D. Santos-Muñoz</i>	19
LA CATENA PREVISIONALE OPERATIVA DEL CETEMPS PER L'EARLY WARNING SYSTEM NELLA REGIONE ABRUZZO <i>A. Lombardi, B. Tomassetti, V. Colaiuda, M. Verdecchia, R. Ferretti, I. Maiello, V. Mazzarella, L. Sangelantoni, R. Lidori, S. Di Fabio, K. De Sanctis, E. Picciotti, A. Iovino, M. C. Beccia, M. A. Cerasoli, A. Cipollone, F. De Santis, F. Molinari, R. Molinari, D. Ronconi, F. L. Rossi, F. S. Marzano</i>	20
POTENZA DI TEST PARAMETRICI E NON NELLA TREND DETECTION SU SERIE DI MASSIMI ANNUALI <i>V. Totaro, A. Gioia, V. Iacobellis</i>	21
INFLUENZA DELLA TIPOLOGIA DI EVENTO PLUVIOMETRICO NELLA DEFINIZIONE DEL FATTORE DI RIDUZIONE AREALE PER IL TERRITORIO CALABRESE <i>D. Biondi, D. L. De Luca, A. Greco, P. Versace</i>	22
IMPATTO DELLA CORRELAZIONE SPAZIALE SULLE STIME REGIONALI DELLA PORTATA DI PROGETTO: GENERALIZED LEAST SQUARES E TOP-KRIGING A CONFRONTO <i>S. Persiano, J. L. Salinas, J. R. Stedinger, W. H. Farmer, D. Lun, A. Viglione, G. Blöschl, A. Castellarin</i>	23
GLI EFFETTI DELLA “TEMPESTA VAIA” SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MASSIMI DI PRECIPITAZIONE E PORTATA NEL BACINO DEL TORRENTE PETTORINA (BL) <i>A. Fiume, M. Tortorelli, G. Lazzaro, N. Gaspardo</i>	24
ELABORAZIONE DI SCENARI DI ALLAGAMENTO PROPEDEUTICI AI PIANI DI EMERGENZA DIGHE BASATI SU CODICI 2D PARALLELI: IL CASO DELLA DIGA DI MIGNANO (PC) <i>A. Ferrari, P. Mignosa, R. Vacondio</i>	25
CAM GREEN ROOF MITIGATION EFFECTS ON URBAN FLOODS IN MEDITERRANEAN AREAS <i>E. Cristiano, S. Urru, S. Farris, D. Ruggiu, R. Deidda, F. Viola</i>	26
SOLUZIONI SUDS PER LA MITIGAZIONE DEGLI ALLAGAMENTI URBANI: L'ESEMPIO DELL'AREA INDUSTRIALE DI SESTO ULTERIANO <i>R. D'Ambrosio, A. Rizzo, A. Balbo, A. Longobardi</i>	27

MODELING THE HYDROLOGICAL BEHAVIOUR OF GREEN ROOFS WITH NASH MODEL <i>M. Mobilia, A. Longobardi</i>	28
GFPLAIN: MAPPATURA SPEDITIVA DELLE AREE INONDABILI SU SCALA GLOBALE <i>F. Nardi, A. Annis, G. Di Baldassarre, S. Grimaldi</i>	29
ENTROPIC MODEL AND CROSS-SECTIONAL FLOW IN A LARGE AMPLITUDE MEANDERING CHANNEL <i>D. Termini, T. Moramarco</i>	30
TOTAL RUNOFF ESTIMATION THROUGH THE EXPLOITATION OF MULTIPLE SATELLITE DATA: STREAM PROJECT <i>S. Camici, L. Brocca, C. Massari, G. Giuliani, N. Sneeuw, H. H. Farahani, J. Benveniste</i>	31
ANALISI DELLA VELOCITÀ SUPERFICIALE CON TECNICHE OTTICHE IN DIVERSE CONDIZIONI DI FLUSSO <i>P. Vuono, S. F. Dal Sasso, S. Manfreda</i>	32

SESSIONE II

Gestione delle risorse idriche

GLOBAL SCALE PREDICTION OF RIVER FLOW-DURATION CURVES WITH REMOTE SENSING: AN ASSESSMENT FOR THE SWOT MISSION <i>A. Pugliese, A. Domeneghetti, A. Castellarin, A. Brath</i>	35
UTILITY OF A STANDARDIZED SOIL MOISTURE INDEX BASED ON SATELLITE DATA IN ESTIMATING CROP YIELD DURING DROUGHT EVENTS <i>S. Modanesi, C. Massari, S. Camici, L. Brocca, G. Amarnath</i>	36
STIMA DELLA PORTATA FLUVIALE MEDIANTE MISURE DA SATELLITE: UN APPROCCIO BASATO SUL BILANCIO DI MASSA <i>S. Barbetta, A. Tarpanelli, M. Caraffini, R. Morbidelli</i>	37
DOMINANT FACTORS CONTROLLING SEASONAL HYDROLOGICAL PREDICTABILITY IN ALPINE AREAS: THE IMPACT OF CATCHMENT PROPERTIES <i>M. Stergiadi, M. Righetti, D. Avesani, M. Zaramella, M. Borga</i>	38
IMPACTS OF SURFACE ELEVATION AND SPATIAL RESOLUTION IN STATISTICAL CORRECTION APPROACHES ON THE HYDROLOGIC RESPONSE OF A MEDITERRANEAN CATCHMENT <i>E. Perra, F. Viola, R. Deidda, D. Caracciolo, C. Paniconi, A. Langousis</i>	39
STRUMENTO WEB-BASED PER LA CONSULTAZIONE DELLA REVISIONE DELLA REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE MEDIANTE ANALISI DELLA VARIABILITÀ SPAZIOTEMPORALE DELLE PRECIPITAZIONI IN UMBRIA <i>M. Stelluti, L. Natazzi, P. Nelli, A. Viterbo</i>	40
COUPLING ANN TECHNIQUE WITH 1D HYDRODYNAMIC MODEL FOR LOW FLOW FORECASTING <i>E. Cividini, G. Garegnani, S. Tasin, M. Dall'Amico</i>	41
ANALISI NUMERICA DEL CONTRIBUTO DI UNA TANA DI ANELLIDE ALL'INFILTRAZIONE <i>D. Pezzotti, M. Peli, R. Ranzi, S. Barontini</i>	42

DROUGHT MONITORING THROUGH A JOINT REMOTE-SENSING BASED INDEX <i>B. Monteleone, B. Bonaccorso, M. Martina</i>	43
COMBINING REMOTE SENSING DATA AND A LAND SURFACE MODEL WITHIN A PHD PROJECT TO UNDERSTAND THE IMPACT OF IRRIGATION ON THE HYDROLOGICAL CYCLE <i>J. Dari, R. Morbidelli, L. Brocca, P. Quintana-Seguí, M. J. Escorihuela</i>	44
VALUTAZIONE DEL BENEFICIO DELL'ASSIMILAZIONE DI OSSERVAZIONI DI CONTENUTO D'ACQUA DA SATELLITE SULLA MODELLAZIONE IDROLOGICA IN OLTRE 700 BACINI IN EUROPA <i>D. De Santis, C. Massari, L. Brocca, S. Camici, S. Modanesi, D. Biondi</i>	45
TECNICA LS-PIV PER IL MONITORAGGIO DEI CORSI D'ACQUA NATURALI: UN APPROCCIO NUMERICO PER L'INDIVIDUAZIONE DI SETUP SPERIMENTALI OTTIMALI <i>D. Pumo, F. Alongi, G. La Loggia, L. V. Noto</i>	46
STIMA REGIONALE DELL'ENVIRONMENTAL FLOW E DELLA SUA VARIABILITÀ <i>A. Longobardi, P. Villani</i>	47
HOW DOES TREE WATER UPTAKE CHANGE OVER TIME ALONG A HILLSLOPE? <i>G. Fabiani, J. Klaus, D. Penna</i>	48
UN CASO STUDIO DI MONITORAGGIO BATIMETRICO NEL LAGO DI CASTEL DELL'ALPI (APPENNINO BOLOGNESE) CON IL ROBOT ACQUATICO OPENSWARE - UNA BUONA PRATICA PER LA GESTIONE DEGLI INVASI NATURALI ED ARTIFICIALI <i>F. Del Bianco, F. Riminucci, M. Aleotti, A. Fantini, V. Ferrante, F. Suriano, G. Stanghellini</i>	49
 SESSIONE III	
<i>Il coinvolgimento dei cittadini nella gestione partecipata delle risorse idriche e del rischio idraulico e idrogeologico</i>	
PREVENIRE IL RISCHIO ALLUVIONI RENDENDO LE COMUNITÀ RESILIENTI <i>M. Barilani, C. Dondi, A. Franceschetti, V. Pancioli</i>	53
UTILIZATION OF MOBILE PHONE DATA TO ESTIMATE PEOPLE EXPOSURE TO FLOODINGS <i>M. Balistrocchi, R. Metulini, M. Carpita, R. Ranzi</i>	54
CLASSIFICAZIONE DEI FENOMENI E DELLE CONSEGUENZE DELLE ALLUVIONI <i>P. Versace, D. Biondi, G. E. Scarcella</i>	55
POST-FLOOD SURVEYS FOR ASSESSING THE CONSEQUENCES OF A FLOOD EVENT: THE STUDY CASE OF PIOVERNA TORRENT <i>A. Cislighi, P. Fogliata, P. Sala, E. Morlotti, A. Moscaritoli, M. Fontana, F. Altobello, A. N. Sulis, D. Terruzzi, G. B. Bischetti</i>	56
HYPERSTREAMHS: A DUAL LAYER MPI CONTINUOUS LARGE SCALE HYDROLOGICAL MODEL FOR HUMAN SYSTEM <i>B. Majone, A. Galletti, D. Avesani, A. Bellin</i>	57
SCENARI DI EVENTO E SCENARI DI RISCHIO PER IL PRESIDIO TERRITORIALE DELLE AREE VULNERABILI <i>P. Versace, G. Capparelli, F. Cruscomagno, L. Politanò, D. Spina, D. Vacha</i>	58

SERVIZI IDROLOGICO-IDRAULICI DELL'AGENZIA SICUREZZA TERRITORIALE E PROTEZIONE CIVILE: ALCUNE APPLICAZIONI IN ROMAGNA	
<i>D. Sormani</i>	59
A PILOT HYDROLOGICAL MODELING IN TRANSBOUNDARY KOSHI RIVER BASIN [TIBET (CHINA), NEPAL, INDIA]. GLOBAL HYDROLOGICAL MONITORING AND FLOOD FORECASTING SYSTEM (GH ² MF ²) NON-PROFIT PROJECT	
<i>E. Ortiz, G. Santana, G. B. Chirico, E. Cifres, C. De Michele, E. Todini</i>	60
WATSHOP: LO SPORTELLINO DELLA SCIENZA DELL'ACQUA SOSTENIBILE	
<i>G. Grossi, F. Berteni, F. Barisani, S. Barontini, R. Ranzi</i>	61
GLOBAL SCALE HUMAN PRESSURE EVOLUTION IMPRINTS ON SUSTAINABILITY OF RIVER SYSTEMS	
<i>S. Ceola, F. Laio, A. Montanari</i>	62
SOCIO-HYDROLOGICAL MODELING FOR WATER RESOURCE MANAGEMENT: A SUSTAINABILITY INDEX APPROACH FOR SHORT- AND LONG-TERM ANALYSES	
<i>I. Borzi, B. Bonaccorso, M. Sivapalan, A. Viglione</i>	63
RESPONSIVENESS OF RIVER FLOW REGIMES TO RESERVOIR OPERATIONS AND CLIMATE CHANGE	
<i>M. Ferrazzi, R. Vivian, G. Botter</i>	64
Indice degli Autori	65

SESSIONE I

Previsione e mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico

NUOVE PROCEDURE A SUPPORTO DELLA PERIMETRAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Tullio Tucciarelli⁽¹⁾, Marco Sinagra⁽¹⁾, Carmelo Nasello⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Università di Palermo*

E-mail: tullio.tucciarelli@unipa.it, marco.sinagra@unipa.it, carmelo.nasello@unipa.it

La perimetrazione delle aree soggette a rischio di inondazione è una necessità sempre più cogente a causa dei cambiamenti climatici e di uno sviluppo urbano poco attento all'impatto ambientale delle infrastrutture. La modellistica idraulica ed idrologica oggi disponibile offre una varietà di applicazioni che vanno dai modelli concentrati, che calcolano gli idrogrammi di piena in sezioni del bacino partendo da valori medi dei parametri topografici e delle caratteristiche del suolo, dalle condizioni di umidità iniziale e dalle piogge, a modelli idrologici semi-distribuiti, a modelli anche con forte discretizzazione spaziale che arrivano a valutare i tiranti idrici medi nelle singole celle di calcolo. La perimetrazione delle aree soggette a rischio di inondazione viene quindi eseguita con l'utilizzo di modelli idraulici che utilizzano le portate calcolate dai modelli idrologici quali condizioni al contorno. L'errore commesso nella stima finale dei tiranti e delle velocità dipende quindi da una catena di approssimazioni, fra cui è certamente di rilievo l'accoppiamento di più modelli mediante la selezione spesso arbitraria di diverse condizioni al contorno.

Viene proposto un approccio alla perimetrazione delle aree soggette a rischio idraulico basato su una modellistica bidimensionale a maglie triangolari non strutturate, che include in ogni cella di calcolo il modello di infiltrazione necessario al calcolo della pioggia netta. Grazie all'utilizzo di densità della mesh variabili nello spazio è possibile ricostruire nello stesso modello sia i flussi sui versanti esterni alle zone urbane che i tiranti e le velocità nelle aree potenzialmente soggette ad alluvione.

Nella presentazione vengono esposte le problematiche legate alla valutazione delle quote topografiche nei nodi di calcolo, ottenute partendo dai valori grezzi del modello digitale del bacino, nonché dell'inserimento delle infrastrutture civili quali ferrovie, strade, argini e tombini. I risultati evidenziano il ruolo fondamentale dell'errore topografico, nonché della stabilità dei modelli selezionati rispetto all'incertezza propria dei dati di input.

Il modello proposto si presta bene, in prospettiva, ad un suo inserimento nella progettazione detta BIM (Building Information Model) di infrastrutture idrauliche quali fognature o canali scolmatori.

UN FOCUS SULLA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Stefania Camici⁽¹⁾, Silvia Barbetta⁽¹⁾, Luca Brocca⁽¹⁾, Christian Massari⁽¹⁾, Angelica Tarpanelli⁽¹⁾, Tommaso Moramarco⁽¹⁾

⁽¹⁾ Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto per la Protezione Idrogeologica

E-mail: s.camici@irpi.cnr.it, s.barbetta@irpi.cnr.it, l.brocca@irpi.cnr.it, c.massari@irpi.cnr.it
a.tarpanelli@irpi.cnr.it, t.moramarco@irpi.cnr.it

Nella pratica idrologica, la stima della portata di progetto relativa ad un assegnato tempo di ritorno si basa tipicamente sull'applicazione di una modellistica idrologica che trasforma la pioggia derivata da tecniche di regionalizzazione in idrogramma di portata. Un aspetto critico è legato alla modellistica afflussi-deflussi adottata, dal momento che si possono individuare differenti valori di portata a seconda degli approcci utilizzati per la stima delle perdite e la modellazione dei tempi di risposta del bacino. Vi è quindi la necessità di un approfondimento di alcuni fattori che intervengono nell'applicazione della modellistica idrologica quando questa è indirizzata all'analisi degli eventi estremi. Tra questi fattori, l'individuazione appropriata dello ietogramma di progetto e delle condizioni iniziali di umidità del suolo sono fondamentali per una corretta valutazione della pericolosità idraulica per differenti tempi di ritorno. Per quanto riguarda la stima dello ietogramma di progetto, questa potrebbe essere resa indipendente dall'assegnazione di una sua evoluzione temporale mediante l'accoppiamento di un *weather generator* (Cowpertwait, 1996, *A generalized spatial-temporal model of rainfall based on a clustered point process*, *Proc. of the R. Soc. of London, Series A*, 163–175), che consente di produrre serie sintetiche di piogge preservando la statistica delle serie osservate localmente, con un modello tipo Iman-Conover, IC, (Iman & Conover, 1982, *A distribution-free approach to inducing rank correlation among input variables*, *Communications in Statistics*, 11, 311-334), in grado di riordinare i ranghi delle serie sintetiche generate cosicché si possa assicurare la correlazione spaziale delle piogge osservate nel bacino. Per le temperature, le serie sintetiche possono essere ottenute mediante il modello auto regressivo a media mobile con differenziazione frazionaria denominato FARIMA (Montanari et al., 1997, *Fractionally differenced ARIMA models applied to hydrologic time series: identification, estimation and simulation*, *Water Resour. Res.*, 33, 1035-1044). Per la valutazione delle condizioni antecedenti di saturazione del bacino, questa può essere invece analizzata mediante l'utilizzo di una modellistica idrologica di tipo continuo che utilizza come dati di ingresso le lunghe serie di temperatura e di pioggia spazialmente correlate così come innanzi descritto. Scopo quindi di questo lavoro è quello di presentare un caso di studio per l'analisi della pericolosità idraulica del bacino del Fiume Paglia, affluente del Tevere, basato sull'applicazione del modello idrologico in continuo, MISDc, di tipo semidistribuito (Brocca et al., 2011 *Distributed rainfall-runoff modelling for flood frequency estimation and flood forecasting*. *Hydrol. Process.*, 25, 2801–2813) che viene inizializzato dalle serie sintetiche di temperatura e pioggia spazialmente correlate ottenute mediante l'accoppiamento del modello stocastico puntuale di generazione delle piogge (Camici et al., 2011, *Design soil moisture estimation by comparing continuous and storm-based rainfall-runoff modelling*. *Water Resources Research*, 47, W05527), con quello di correlazione spaziale della pioggia, tipo IC (Tarpanelli et al., 2012, *A simple approach for stochastic generation of spatial rainfall patterns*. *Journal of Hydrology*, 472-473). La procedura ha consentito di individuare per l'asta principale gli idrogrammi simultanei di portata di ciascun tributario per differente pericolosità idraulica e che possono essere utilizzati per valutare le corrispondenti fasce di pericolosità.

MAPPATURA DI SCENARI DI ALLAGAMENTO CAUSATI DA ROTTURE ARGINALI AI FINI DI PROTEZIONE CIVILE

Paolo Mignosa⁽¹⁾, **Susanna Dazzi**⁽¹⁾, **Alessia Ferrari**⁽¹⁾, **Renato Vacondio**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma*

E-mail: paolo.mignosa@unipr.it, susanna.dazzi@unipr.it, alessia.ferrari@unipr.it, renato.vacondio@unipr.it

Le esondazioni provocate dall'apertura di brecce in argini fluviali possono causare notevoli danni nei territori colpiti. Per predisporre adeguate misure di protezione civile, sia in fase di pianificazione sia in corso d'evento (in particolare evacuazioni), e aumentare la resilienza all'evento alluvionale, è fondamentale conoscere la dinamica dell'allagamento in termini di tiranti, velocità e tempi di arrivo. I modelli numerici bidimensionali sono uno strumento ormai imprescindibile per queste analisi.

In questo lavoro si espone una metodologia per la mappatura di scenari di allagamento causati da rotture arginali, che prevede di creare un database *offline* con i risultati delle simulazioni 2D relative ad un elevato numero di posizioni di breccia lungo le arginature dei corsi d'acqua che delimitano un comparto. Per ciascuna posizione, sono stati simulati almeno due-tre diversi scenari idrologici, caratterizzati da diverso tempo di ritorno. I risultati comprendono non solo una descrizione dell'evoluzione del fenomeno (mappa dei livelli idrici nel tempo), ma anche mappe relative agli involucri delle massime profondità, velocità, pericolosità, nonché dei tempi di arrivo dell'allagamento. Oltre a supportare le attività di pianificazione della protezione civile, i risultati di questi scenari ipotetici possono risultare di grande aiuto in fase di emergenza, qualora si verificasse un evento reale. Infatti, l'ampiezza del database dovrebbe consentire di ricondurre, con sufficiente approssimazione, un qualunque evento in atto ad uno degli scenari preventivamente simulati.

La metodologia è stata applicata al comparto pilota delimitato dai fiumi Secchia, Panaro e Po, nell'ambito del progetto RESILIENCE finanziato dall'Agenzia di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna. La creazione di un ampio database per quest'area estesa (circa 1100 km²) è stata possibile grazie all'impiego del modello PARFLOOD (Vacondio, Dal Palù & Mignosa, *Environ. Model. Softw.* 57, 60-75, 2014), che risolve le equazioni alle acque basse complete col metodo dei volumi finiti. La parallelizzazione dei calcoli su GPU garantisce un'elevata efficienza dal punto di vista computazionale (rapporto tra tempo fisico e tempo di calcolo fino a 80) anche per domini ampi e *mesh* ad alta risoluzione (2.5-5 m), che si rendono necessarie per descrivere in modo accurato aree urbane e rilevati presenti nel territorio, in grado di influenzare la dinamica dell'allagamento in territori di pianura.

ASSIMILAZIONE SIMULTANEA DI MISURE IDROMETRICHE E IMMAGINI SATELLITARI IN UN MODELLO IDRAULICO QUASI-2D PER LA MAPPATURA DELLE PIENE

Antonio Annis ⁽¹⁾, **Fernando Nardi** ⁽¹⁾, **Fabio Castelli** ⁽²⁾

⁽¹⁾ *WARREDOC, Università per Stranieri di Perugia*

⁽²⁾ *DICEA, Università degli Studi di Firenze*

E-mail: antonio.annis@unistrapg.it, fernando.nardi@unistrapg.it, fabio.castelli@unifi.it

I modelli idrologici-idraulici sono un valido strumento per i sistemi di allerta idrogeologica, consentendo di simulare la dinamica ed estensione dei livelli idrici in occasione di eventi di piena. Tuttavia, questi modelli sono affetti da notevoli incertezze a causa della complessità dei fenomeni fisici rappresentati, della necessaria semplificazione di tali fenomeni da parte dei modelli adottati e dell'inaccuratezza e/o scarsità delle informazioni utilizzate per la calibrazione e validazione dei modelli stessi.

Per ridurre l'incertezza dei sistemi di allerta in tempo reale, i modelli di assimilazione di dati consentono di poter aggiornare le variabili di stato e/o i parametri del modello sulla base delle osservazioni che vengono effettuate durante un evento di piena.

Nel presente lavoro viene illustrato un modello di assimilazione di dati di tipo Ensemble Kalman Filter (EnKF), in grado di poter assimilare simultaneamente livelli idrici sia direttamente osservati da aste idrometriche, sia determinati a partire da immagini satellitari multispettrali o SAR. Il sistema modellistico utilizzato è costituito da un modello idrologico su base geomorfologica (WFIUH) per la stima delle onde di piena a partire dalle misure pluviometriche, e da un modello idraulico fisicamente basato Quasi-2D (FLO-2D) per la propagazione della piena nel dominio di calcolo. Il sistema proposto presenta degli aspetti innovativi nella metodologia di aggiornamento dei livelli idrici del modello idraulico e nella modalità di estrazione della distribuzione dei tiranti idrici a partire dall'immagine satellitare.

Il modello è stato testato sul caso studio della Media Valle del fiume Tevere e i risultati preliminari suggeriscono delle potenzialità di riduzione delle incertezze in termini di tiranti idrici simulati ed estensione delle piene in near-real time, facendo fronte alle limitazioni che derivano dall'utilizzo esclusivo di misure idrometriche o di immagini satellitari per l'aggiornamento dei modelli idrologici-idraulici.

STIMA DELLA PORTATA FLUVIALE CON APPROCCI DI DATA ASSIMILATION DA INFORMAZIONI BATIMETRICHE DA SRTM

Giada Molari ⁽¹⁾, **Hind Oubanas** ⁽²⁾, **Pierre-Olivier Malaterre** ⁽²⁾, **Alessio Domeneghetti** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *DICAM, Università di Bologna, Italia*

⁽²⁾ *National Research Institute of Science and Technology for Environment and Agriculture, Montpellier, France*

E-mail: giada.molari@unibo.it, hind.oubanas@irstea.fr, pierre-olivier.malaterre@irstea.fr,
alessio.domeneghetti@unibo.it

Oggigiorno la crescente disponibilità di osservazioni satellitari ha permesso lo sviluppo di nuove tecniche per lo studio delle dinamiche fluviali, portando i dati satellitari ad essere complementari, se non talvolta sostitutivi, di quelli ricavati in-situ. Tuttavia, anche se sono ormai consolidati gli approcci di misurazione del tirante idrico, pendenza e larghezza fluviale, dedurre la portata del corso d'acqua direttamente da satellite è ancor oggi una sfida notevole. Tra le metodologie proposte in letteratura, le tecniche di Data Assimilation (DA) combinano i dati acquisiti sperimentalmente e osservazioni disponibili con dati ricavati da modelli matematici al fine di fornire una miglior stima di variabili (e.g. portata fluviale) e parametri non noti (e.g. coefficiente di scabrezza, batimetria). Stringendo il campo di applicazione alla modellazione idraulica, i metodi DA sono basati su algoritmi di ottimizzazione che richiedono la conoscenza a priori di dati di input, come la scabrezza e la batimetria fluviale. Tuttavia l'assenza di informazioni relative alla parte di sezione fluviale sommersa limita l'implementazione di modelli idraulici per aree in cui non sono disponibili misurazioni in situ, dove i dati topografici sono solitamente ricavati da Modelli Digitali di Elevazione (DEMs) globalmente disponibili, come l'SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), che non forniscono informazioni sulla sezione sommersa. Lo scopo di questa ricerca è la valutazione dei benefici dell'utilizzo di DEM satellitari integrati con informazioni batimetriche nella stima della portata fluviale. Lo studio si riferisce al tratto del fiume Po tra Borgoforte e l'incile di Po di Goro (132 km) le cui informazioni topografiche derivano da SRTM con risoluzione 30 metri. La portata è stimata usando l'algoritmo SIC4DVAR che combina il modello idraulico SIC² e una variante del metodo 4D-Var. Nel presente studio si fa riferimento all'approccio di stima batimetrica Slope-Break (SB) il quale ricava la batimetria basandosi unicamente sulla relazione che intercorre tra larghezza e profondità di sezione (Mersel et al., 2013). I risultati delle simulazioni sottolineano il ruolo fondamentale della batimetria nella stima della portata fluviale e le potenzialità delle metodologie proposte integrate con dati telerilevati.

ANALISI DELL'EFFICIENZA DI INTERVENTI DI FLOOD PROOFING IN UN'AREA SOGGETTA A RISCHIO INONDAZIONE

Angela Candela ⁽¹⁾, **Ugo Ventimiglia** ⁽¹⁾, **Giuseppe Tito Aronica** ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria, Università di Palermo*

⁽²⁾ *Dipartimento di Ingegneria, Università di Messina*

E-mail: angela.candela@unipa.it, uventimiglia@gmail.com, giuseppetito.aronica@unime.it

I Piani di Gestione del Rischio Alluvioni, previsti dalla Direttiva Europea 60/2007, recepita in Italia con D.L. 49/2010, prevedono l'attuazione prioritaria di interventi strutturali e non strutturali al fine di contenere il rischio inondazione nelle zone ove possa sussistere un rischio potenziale ritenuto significativo; evidenziando, in particolare, la riduzione delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

In molte aree geografiche però, gli interventi strutturali non sono realizzabili, sia per via dei vincoli territoriali, sia per via dei costi elevati, e spesso non sostenibili, di tali interventi, soprattutto in relazione ad un ragionevole confronto tra costi e benefici. Tale confronto poi, richiede una corretta valutazione dei danni conseguenti ad un'alluvione che è spesso alquanto complessa in quanto questi dipendono sia dalle caratteristiche dell'inondazione, in termini di tirante idrico, velocità della corrente, eventuale presenza di sedimenti trasportati dalla piena ma soprattutto dalle caratteristiche di vulnerabilità ed esposizione dei beni localizzati nell'area a rischio.

Obiettivo di questo lavoro è stata la messa a punto di una procedura per la valutazione della reale efficacia di diversi interventi di flood proofing attraverso analisi costi-benefici a partire dalla stima dei danni diretti da inondazione. È stata presa in considerazione un caso di studio reale, il tratto vallivo del torrente Mela ubicato in provincia di Messina sul versante tirrenico, interessato da un'alluvione nell'ottobre del 2015 che ha provocato ingenti danni agli edifici e alle aree coltivate.

Ai fini della valutazione del danno agricolo potenziale diretto causato dall'inondazione, a partire dalla conoscenza delle classi di uso del suolo presenti nell'area di interesse, è stata applicata una metodologia basata sull'utilizzo di funzioni di danno potenziale ricavate dal Joint Research Centre della Commissione Europea per 27 Stati Membri dell'Unione sulla base dei costi a nuovo (sostituzione) e dei costi di produttività e in funzione del tirante idrico nella zona di potenziale inondazione. Per quanto riguarda il danno agli edifici si è fatto riferimento a curve di vulnerabilità ricavate per differenti classi di tipologie di edifici presenti nell'area a rischio in base al valore catastale dell'immobile e ai costi di sostituzione degli elementi potenzialmente danneggiabili.

A partire dallo stato di fatto dell'alveo e ipotizzando diversi interventi di flood proofing nel tratto vallivo soggetto ad inondazione, sono stati fatti propagare idrogrammi di piena relativi a tempi di ritorno variabili da un minimo di 20 ad un massimo di 500 anni al fine di definire le relative aree allagate e, quindi, stimare i danni conseguenti al freviare della frequenza di accadimento. L'analisi costi-benefici condotta ha mostrato un'elevata efficacia degli interventi presi in considerazione.

MONITORAGGIO E PREVISIONE DEGLI EVENTI DI PIENA IN TEMPO REALE NEL BACINO IDROGRAFICO DEL BRENTA-BACCHIGLIONE: IL SISTEMA INTEGRATO I.M.A.Ge.

Elena Crestani⁽¹⁾, **Giulia Passadore**⁽¹⁾, **Riccardo Mel**⁽¹⁾, **Daniele P. Viero**⁽¹⁾, **Luca Carniello**⁽¹⁾, **Luigi D'Alpaos**⁽¹⁾, **Andrea Rinaldo**^(1,2)

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova*

⁽²⁾ *Laboratory of Echohydrology (ECHO/IE/ENAC), École Polytechnique Fédérale de Lausanne*

E-mail: elena.crestani@dicea.unipd.it, giulia.passadore@dicea.unipd.it, riccardo.mel@dicea.unipd.it,

daniele.viero@unipd.it, luca.carniello@dicea.unipd.it, luigi.dalpaos@dicea.unipd.it, andrea.rinaldo@unipd.it

Il sistema integrato “I.M.A.Ge.” (Interfaccia e Modello per l’Allerta e la Gestione delle piene) è uno strumento software climatico-idrologico-idrodinamico, messo a punto dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell’Università di Padova, che consente di monitorare e prevedere in tempo reale l’evoluzione degli eventi di piena e le relative conseguenze prodotte sul territorio. In particolare, il sistema già sviluppato riguarda il bacino del Brenta-Bacchiglione. L’interfaccia grafica di I.M.A.Ge. consente di acquisire, consultare ed elaborare le misure provenienti dalla rete di telerilevamento, gestita da ARPAV e da Meteotrentino, e le previsioni dei modelli meteorologici LAMI o COSMO. In un tempo di circa 10 minuti, essa consente di eseguire la corsa dei modelli idrologico e idrodinamico e infine di analizzare e post-processare i risultati, producendo in automatico un report di sintesi e uno di dettaglio. Il modello idrologico geomorfologico, dotato di strumenti per l’autocalibrazione in continuo, stima gli idrogrammi di piena nelle sezioni di chiusura dei bacini montani a partire da campi di precipitazione opportunamente spazializzati. Il modello idrodinamico 2D simula la propagazione delle onde di piena lungo le aste fluviali e le aree limitrofe.

L’interfaccia grafica consente infine di visualizzare, mediante grafici e mappe, i parametri idraulici calcolati, quali livelli e portate ma anche mappe delle aree allagate e franchi arginali, e di produrre report di sintesi e di dettaglio per la diramazione di avvisi agli enti locali interessati. Mentre l’utente esperto ha accesso a una grande varietà di dati, l’interfaccia prevede anche l’estrazione di dati significativi in posizioni predefinite (livelli idrometrici in sezioni munite di soglie di allerta), così da facilitare la consultazione a utenti meno esperti.

Il sistema I.M.A.Ge., attualmente operativo presso il Centro Funzionale Decentrato (CFD) della Regione Veneto per il monitoraggio del bacino Brenta-Bacchiglione, permette alle autorità regionali competenti di monitorare e gestire gli eventi di piena in tempo reale, fornendo un valido supporto ai fini dell’allertamento e per le attività di Protezione Civile.

I.M.A.Ge. è stato proficuamente utilizzato nel corso della tempesta Vaia che ha colpito il territorio Veneto nell’ottobre 2018 e nelle analisi post evento. È attualmente in corso l’implementazione di I.M.A.Ge. per il bacino del fiume Piave.

ANALISI IDRODINAMICA DEL TORRENTE PETTORINA (BL) E INTERVENTI DI RIPRISTINO IN COMUNE DI ROCCA PIETORE A SEGUITO DELLA PIENA DI OTTOBRE 2018

Alvise Fiume⁽¹⁾, Mauro Tortorelli⁽¹⁾, Gianluca Lazzaro⁽¹⁾, Nicola Gaspardo⁽²⁾

⁽¹⁾ *i4 Consulting Srl, via Barroccio dal Borgo 1, 35124 Padova (PD)*

⁽²⁾ *Regione del Veneto – Unità Organizzativa Genio Civile Belluno, Via Caffi, 61 - 32100 Belluno (BL)*

E-mail: alvise.fiume@i4consulting.it, mauro.tortorelli@i4consulting.it, gianluca.lazzaro@i4consulting.it, nicola.gaspardo@regione.veneto.it

La “tempesta Vaia” di fine ottobre 2018 ha generato un rilevante numero di criticità idrogeologiche in diverse zone montane del Veneto a causa degli ingenti volumi meteorici caduti e dell’intensità di tali precipitazioni. Inoltre, le raffiche di vento verificatesi in occasione di tale evento, hanno determinato l’abbattimento di intere foreste nel Bellunese e quindi il trasporto da parte dei torrenti di materiale legnoso in aggiunta ai sedimenti.

Uno dei comuni più colpiti è stato Rocca Pietore (BL). Nel bacino del torrente Pettorina, che comprende il versante orientale della Marmolada, si sono verificati fenomeni di instabilità dei versanti e conseguente movimentazione di rilevante trasporto solido dai versanti fino al fondovalle. In particolare, è risultata completamente distrutta la strada che attraversava i cosiddetti “Serrai di Sottoguda”, una caratteristica forra lunga circa 2 km e con pareti alte oltre 100 m.. A valle della gola, la piena ha poi causato numerose problematiche e danneggiamenti nei diversi centri abitati della vallata. L’ulteriore cedimento di alcune briglie poste sull’affluente Ru di Valbona ha alimentato il torrente Pettorina di un’ingente quantità di materiale litoide. L’ammasso si è depositato tra gli abitati di Sottoguda, Col di Rocca e Palue, sovralluvionando l’alveo e le sponde del torrente e danneggiando o distruggendo gran parte degli attraversamenti a valle.

Nell’ambito di uno degli interventi di ripristino e messa in sicurezza, è stato affidato a i4 Consulting Srl l’incarico di condurre un rilievo LIDAR e di modellare il comportamento idraulico lungo l’asta principale nel tratto tra Sottoguda e Col di Rocca (circa 2 km). Il rilievo ha evidenziato le modificazioni nell’alveo prodotte dalla piena e ha fornito elementi di estremo interesse e utilità per la progettazione degli interventi di ripristino. Per quanto concerne l’analisi modellistica idrodinamica, è stato implementato un modello 1D-2D a moto vario, comprensivo sia dell’alveo, sia delle aree passibili di esondazione, valutando altresì il trasporto solido nell’alveo del torrente Pettorina e tentando di ricostruire la dinamica dei sedimenti in occasione della recente piena. Il confronto tra i risultati ottenuti utilizzando la base topografica ufficiale regionale, antecedente all’evento di fine ottobre 2018, e quelli prodotti con i dati topografici più recenti fornisce indicazioni di estremo interesse per la previsione di possibili scenari futuri.

A BAYESIAN PROCESSOR OF UNCERTAINTY FOR PRECIPITATION FORECASTING USING MULTIPLE PREDICTORS AND CENSORING

Paolo Reggiani ⁽¹⁾, **Oleksiy Boyko** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dept. of Civil Engineering University of Siegen, Paul Bonatz Strasse 9-11, 57068 Siegen*

E-mail: paolo.reggiani@uni-siegen.de

A Bayesian processor of uncertainty for numerical precipitation forecasts is presented. The predictive density is estimated on the basis of normalized variates, the use of censored distributions and the implementation of a parameter-parsimonious and computationally efficient processor that is applicable in operational settings. The structure of the processor is sufficiently generic to handle mixed binary-continuous random processes such as intermittent rainfall (and similarly ephemeral river flows), and an arbitrary number of predictors. First, predictors and observations, the parent data sample, are mapped into standard Gaussian variates, obtaining a non-parametric approximately multi-variate normal distribution (MVND), that is considered censored for days with no precipitation. To convert the Gaussian binary-continuous multivariate precipitation process into a continuous one, the parent sample is augmented into the negative range through Bayesian imputation by Gibbs sampling, recovering the true, a priori unknown variance-covariance structure of the full uncensored sample. The dependency among marginal distributions of observations and predictions is hereby assumed multi-variate normal, for which closed-form expressions of conditional densities exist. These are then mapped back into the variable space of provenience to yield the predictive density. The processor is applied to a well-monitored study area in Switzerland. Standard forecast performance evaluation and verification metrics are employed to set the approach into perspective against Bayesian Model Averaging (BMA).

MISURE DI PRECIPITAZIONE DA SATELLITE PER LA MODELLAZIONE DELLE PIENE FLUVIALI: PRIMI RISULTATI SUL BACINO DEL FIUME TANARO

Giovanni Ravazzani ⁽¹⁾, **Elena Angela Maria Corso** ⁽¹⁾, **Giulia Panegrossi** ⁽²⁾, **Anna Cinzia Marra** ⁽²⁾, **Luca Baldini** ⁽²⁾, **Marco Mancini** ⁽¹⁾, **Luca Lanza** ⁽³⁾

⁽¹⁾ Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

⁽²⁾ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera

⁽³⁾ Università di Genova, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale

E-mail: giovanni.ravazzani@polimi.it, elenaangela.corso@mail.polimi.it, giulia.panegrossi@artov.isac.cnr.it, a.marra@isac.cnr.it, l.baldini@isac.cnr.it, marco.mancini@polimi.it, luca.lanza@unige.it

La modellazione delle piene fluviali richiede la conoscenza del campo spaziale di precipitazione ad una risoluzione temporale sufficiente a cogliere il tempo di risposta del bacino idrografico. A volte le misure pluviometriche a terra presentano problemi legati alla densità spaziale della rete di monitoraggio non sufficiente a cogliere la variabilità spaziale della precipitazione, o per indisponibilità o difficile reperibilità del dato come nei paesi in via di sviluppo o dove il servizio di monitoraggio risulta frammentato territorialmente come nel caso dell'Italia. La crescente disponibilità di dati di precipitazione stimata dalle osservazioni da satellite, risulta dunque molto promettente per integrare la rete di misura a terra o per sopperire alla sua mancanza. I prodotti satellitari infatti coprono vaste aree del globo terrestre arrivando a risoluzioni spaziali di 5 km e temporali di 15 minuti. La disponibilità del dato quasi in tempo reale, lo rende utile ad applicazioni come la previsione delle piene in tempo reale.

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati dell'analisi idrologica del bacino del fiume Tanaro. Dapprima il modello idrologico spazialmente distribuito FEST è stato calibrato per riprodurre le portate misurate utilizzando le misure di precipitazione a terra. Successivamente il modello idrologico è stato alimentato con prodotti di precipitazione ottenuti combinando stime di precipitazione da radiometri alle microonde a bordo di satelliti ad orbita bassa con misure all'infrarosso da satelliti geostazionari. In particolare sono stati utilizzati i prodotti IMERG Early e Late della missione GPM (Global Precipitation Measurement).

I primi risultati mostrano che i dati satellitari riproducono correttamente l'andamento temporale dell'intensità di precipitazione di quattro eventi considerati nell'analisi ma presentano errori significativi che si propagano alla simulazione delle portate.

L'attività si inserisce nell'ambito del progetto PRIN "Reconciling precipitation with runoff: the role of understated measurement biases in the modelling of hydrological processes".

QUANTIFYING FLOOD AND DROUGHT HAZARDS AND IMPACTS ON A LARGE DATA-SCARCE INDIAN RIVER BASIN

Giuseppe Formetta⁽¹⁾, **S. Deb Barma**⁽²⁾, **Amai Mahesha**⁽²⁾, **Riccardo Rigon**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Department of Civil, environmental and mechanical engineering, via Mesiano, 77 38123 Trento*

⁽²⁾ *Department of Applied Mechanics & Hydraulics, NITK Surathkal, Mangalore-575 025, India.*

E-mail: giuseppe.formetta@unitn.it, surajitdb@gmail.com, amaimahesha@gmail.com, riccardo.rigon@unitn.it

India has experienced several devastating climate extremes during recent decades. Floods and droughts are among the most dangerous geohazards and constitute a serious menace for public safety leading to human and economic losses. For example during the August 2018 Kerala floods 483 people died and 140 were missing, whereas the 2016 drought hit about 10 states and affected about 330 million people.

In this work we quantified the flood and drought magnitude and frequency in the large Netravati river basin in India combining: 1) gauged data (rainfall and evapotranspiration), 2) satellite data (CHIRPS), and 3) a parsimonious semi-distributed hydrological model.

Netravati is one of the west flowing rivers in the Western Ghats (WG) of India, which is one of the biodiversity hotspots in the world, draining out an area of about 3150 km² at Bantwal gauging station before reaching the Arabian Sea. The mean annual precipitation over the basin is about 4000 mm mostly occurring during southwest monsoon (June – September). It is characterized by a humid and tropical climate with a temperature range of about 20 to 35 °C.

The hydrological model has been calibrated and validated on the river basin outlet and an independent validation has been carried out for two internal gauged stations. Results provided satisfactory performances with Nash-Sutcliffe and Kling-Gupta-efficiencies higher than 0.8. Secondly, return periods of floods and droughts have been computed based on commonly used statistical analysis and validated against measured data. Finally, based on simulated river discharge, results have been extended to ungauged locations in order to provide an estimate of the potentially exposed population.

REGIONAL SUB-HOURLY EXTREME RAINFALL ESTIMATES IN SICILY UNDER A SCALE INVARIANCE FRAMEWORK

Brunella Bonaccorso⁽¹⁾, **Giuseppina Brigandì**⁽¹⁾, **Giuseppe Tito Aronica**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria, Università degli studi di Messina*

E-mail: bbonaccorso@unime.it, gbrigandi@unime.it, garonica@unime.it

Design of urban drainage systems or flood risk assessment in small mountain catchments often requires knowledge of very short-duration rainfall events (less than 1 hour), whose data are often unavailable or too scarce for estimating reliable Depth-Duration-Frequency (DDF) curves. Regularities in the temporal pattern exhibited by storm records, known as scaling properties, could help in characterizing extreme storms at partially gauged sites better than the application of traditional statistical techniques. In this work, a scaling approach for estimating the distribution of sub-hourly extreme rainfalls is presented with the aim of taking advantage both from high-resolution rain gauges with short functioning period and from low-resolution rain gauges with longer data samples. First, simple scaling versus multiple scaling assumption is verified for annual maxima rainfall (AMR) data from 10 minute to 24-hour duration recorded by the gauge network of the Regional Agrometeorological Service of Sicily Region. This analysis reveals that the simple scaling regime holds from 20 to 60 minutes for most of the stations. For each sub-hourly station, the scaling exponent is computed as the mean of the slope values of linear regression relationships between the log-transformed values of probability weighted moments (PWMs) and rainfall durations for various orders of PWMs. Three scaling homogeneous regions are classified based on the scaling exponent values. In each region, this parameter is regionalized by means of linear relationships with the annual 1-hour maxim rainfall data. Then, regional DDF curves are developed by combining the scale-invariant framework with the generalized extreme value (GEV) probability distribution, in order to estimate T-year sub-hourly extreme rainfalls at sites where only rainfall data for longer durations (≥ 1 hour) are available. The regional GEV simple scaling model is validated on longer AMR series at hourly stations operated by the Water Observatory of Sicily, for which sub-hourly historical observations for fixed durations are available. The outcomes of this validation indicate that the proposed scaling approach, resulting in a parsimonious analytical formulation of DDF curves, provides reliable sub-hourly AMR estimates in ungauged sites.

PRECIPITAZIONE E PATTERN DI CIRCOLAZIONE ATMOSFERICA IN SICILIA

Giuseppe Cipolla⁽¹⁾, **Antonio Francipane**⁽¹⁾, **Leonardo Noto**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria, Università degli studi di Palermo, Palermo, Italia*

E-mail: giuseppe.cipolla04@unipa.it, antonio.francipane@unipa.it, leonardo.noto@unipa.it

Gli eventi di precipitazione intensa possono spesso causare perdita di vite umane e ingenti danni di tipo economico, soprattutto nei casi in cui questi colpiscono piccoli bacini caratterizzati da bassi tempi di corrivazione.

Dal momento che alcuni schemi di circolazione atmosferica comportano un accumulo di umidità in certe parti dell'atmosfera, a seguito del quale possono scatenarsi eventi di particolare entità, la circolazione atmosferica può essere utilizzata come un indicatore del verificarsi di eventi di precipitazione intensa.

Nel presente lavoro si è cercato di trovare una relazione tra alcuni pattern di circolazione atmosferica, sviluppati dal UK Met Office, e i massimi annuali di precipitazione registrati dalla rete di stazioni pluviografiche siciliane dell'Osservatorio delle Acque. Le analisi condotte hanno portato all'identificazione di pattern specifici di circolazione atmosferica che determinano l'occorrenza di massimi annuali per le cinque durate canoniche (1, 3, 6, 12 e 24 ore).

Attraverso l'utilizzo di due indici di rianalisi forniti dall'archivio ERA-Interim del *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF), il *Convective Available Potential Energy* (CAPE) e il *Vertical Integral of Divergence of Moisture Flux* (VIDMF), inoltre, è stato possibile distinguere gli eventi di precipitazione convettiva (bassa durata ed elevata intensità) da quelli stratiformi (elevate durate e basse intensità), facendo anche un'analisi stagionale degli eventi, dal momento che la Sicilia è caratterizzata da eventi convettivi che si registrano prevalentemente in estate e da eventi stratiformi che si verificano durante la stagione invernale.

In definitiva, lo studio ha permesso di trovare una relazione tra eventi di particolare intensità e pattern atmosferici che potrebbe essere utilizzata per mettere a punto un sistema per la previsione di eventi potenzialmente dannosi per i loro effetti a terra (es., possibili inondazioni o piene lampo) una volta noti i pattern di circolazione atmosferica previsti.

UN MODELLO EFFICIENTE PER LA PROPAGAZIONE IDRAULICA DELLE COLATE DETRITICHE CON INTERFACCIA Q-GIS PER LA REALIZZAZIONE DELLE MAPPE DI PERICOLO SECONDO LA DIRETTIVA 2007/60/CE

Michele Ferri ⁽¹⁾, **Carlo Gregoretti** ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Distretto Alpi Orientali*

⁽²⁾ *Dipartimento TESAF – Università degli Studi di Padova*

E-mail: michele.ferri@distrettoalpiorientali.it, carlo.gregoretti@unipd.it

Nella presente memoria viene mostrato l'utilizzo di un modello robusto e affidabile per la modellazione idraulica delle colate detritiche per la mappatura della pericolosità idraulica ai sensi dell'art. 6 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.

Il modello prescelto è quello cinematico proposto da Gregoretti et al. (2019) nella versione che tiene conto della presenza di superfici non erodibili come ad esempio le strutture in c.a.. I parametri del modello, sono il coefficiente di conduttanza per la resistenza e la velocità del flusso e l'inclinazione del fondo per i fenomeni di deposito ed erosione. L'uso di quest'ultimi evita sia l'incertezza dovuta alle costanti empiriche presenti nelle leggi di erosione e deposito ottenute dai bilanci di quantità di moto e conservazione della massa, che l'uso dell'adattamento istantaneo della concentrazione al valore di equilibrio, valido per il trasporto solido di fondo ma non per le colate. Questo modello è stato testato riproducendo in modo soddisfacente la tempistica di propagazione, le volumetrie e profondità di deposito ed erosione, per le colate del Rio Lazer (TN), Ru Secco e Rovina di Cancia (BL). La riproduzione è stata ottenuta utilizzando gli stessi valori dei parametri. Un'analisi di sensitività basata sul confronto tra osservazioni e simulazioni nel caso di Rovina di Cancia ha mostrato che una variazione dei parametri in un intervallo fisicamente ammissibile non comporta variazioni considerevoli dei risultati. Il modello viene utilizzato tramite un applicativo di Q-GIS, che ha inoltre le funzionalità per preparare i file di input (ad esempio l'uso suolo, le sezioni di entrata, il contorno per l'uscita). L'applicazione risulta user-friendly, e permette di velocizzare le operazioni per la stesura delle mappe di pericolo.

Gregoretti, C., Stancanelli, L., Bernard, M., Degetto, M., Boreggio, M., Lanzoni, S. (2019) Relevance of erosion processes when modelling in-channel gravel debris flows for efficient hazard assessment. *Journal of Hydrology*, 569, 575-591

PERFORMANCE ANALYSIS OF LAI (LANDSLIDE ACTIVATION INDEX) AT REGIONAL SCALE FOR SHALLOW LANDSLIDES AND DEBRIS FLOW FORECASTING

Barbara Tomassetti ⁽¹⁾, **Valentina Colaiuda** ⁽¹⁾, **Annalina Lombardi** ⁽¹⁾, **Giancarlo Boscaino** ⁽³⁾ and **Marco Verdecchia** ⁽²⁾

⁽¹⁾ *CETEMPS, University of L'Aquila, L'Aquila, Italy*

⁽²⁾ *Department of Physical and Chemical Sciences, University of L'Aquila, L'Aquila, Italy*

⁽³⁾ *Governo del Territorio e Politiche Ambientali - Servizio Programmazione Attività di Protezione Civile - Ufficio Idrografico e Mareografico, Regione Abruzzo, Pescara, Italy*

E-mail: barbara.tomassetti@aquila.infn.it, valentina.colaiuda@univaq.it, annalina.lombardi@aquila.infn.it giancarlo.boscaino@regione.abruzzo.it, marco.verdecchia@aquila.infn.it

Inundations, landslides, debris flows and stream floods are common natural processes in Italy. Early Warning Systems are increasingly applied to mitigate the risks posed by natural hazards. Rainfall is a recognized trigger of landslides: according to the last Italian "Report on Hydrogeological Instability", almost 8% of the national territory is affected by landslide processes, being one third classified as rapid processes triggered by heavy or persistent precipitation. As commonly recognised by the scientific community, heavy and sudden precipitation events are increasing in the last decades, due to global warming: therefore we can expect increasing rates and increasing population exposure to this kind of hydrogeological risk, consequently. For this reason, many landslide forecasting techniques have been developed at regional scale, especially for shallow landslides and debris flows that are generally activated by severe precipitation events. The forecast is based on rainfall quantification, which represents the most easily detectable physical quantity. Then, forecasting landslide models are usually based on rain empirical thresholds, that needs to be locally defined and usually revised for each element at risk, according to historical data that are not always available. Their occurrence can be correctly assessed in space and time only through a sound basis of knowledge acquired throughout the scientific use of a large number of historical documents.

In this work, we propose a new approach, based on the Landslide Activation Index (LAI), inspired to the already tested CAI index, used for pluvial flood forecasting through hydrological modeling. Following the same concept and starting from the rainfall spatialization techniques used in the CHyM hydrological model, the LAI index considers the drained rainfall in each point of the rebuilt drainage network during the runoff time and can be used to predict landslide risk over wide areas, by using a unique threshold over identified slopes, susceptible to collapse.

A BI-DIMENSIONAL PHYSICALLY BASED MODEL TO SIMULATE SURFACE-SUBSURFACE FLOWS

Niccolò Tubini⁽¹⁾, Riccardo Rigon⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università degli Studi di Trento, Trento, IT*
E-mail: niccolo.tubini@unitn.it, riccardo.rigon@unitn.it

The interaction between surface and subsurface water flow is a key feature of catchment hydrology: it controls the surface runoff, water suction and soil moisture variations which in turn can affect the hillslope stability.

Difficulties in modelling this interaction arise because there is no single mathematical model that couples surface and subsurface flow. The surface flow is described by the Navier-Stokes equations, or their approximation, whilst the subsurface flow is described by the Richards equation. The challenge in coupling these equations is the definition of fluxes through the soil surface, which depends on the hydraulic condition of the soil, unknown a priori.

In literature different models are proposed. They differ in the schemes for coupling surface and subsurface flow, and for the governing equations used to model surface flow [1].

Here we present a 2D model to model surface and subsurface flow based on the numerical model presented in [2]. The governing equations are the bi-dimensional Richards equation for the subsurface flow and the mono-dimensional shallow water equation. The equations are fully coupled and solved in a conservative way. The equations are discretized with a semi-implicit scheme on an unstructured grid, and the resulting non-linear system is solved using a Nested Newton algorithm [3].

The code is developed in Java exploiting the Object-Oriented programming paradigm. OOP simplify the maintainability of the code and its future development. All the code produced is available on Github repository under GPL v3.0 license.

[1] Sulis, M., Meyerhoff, S. B., Paniconi, C., Maxwell, R. M., Putti, M., & Kollet, S. J. (2010). A comparison of two physics-based numerical models for simulating surface water-groundwater interactions. *Advances in Water Resources*, 33(4), 456–467.

[2] Gugole, F., Dumbser, M., & Stelling, G. (2017). A fast semi-implicit 3D algorithm for the solution of coupled free-surface and variably saturated sub-surface flows. *Università degli Studi di Trento*.

[3] Casulli, V., & Zanolli, P. (2010). A Nested Newton-type algorithm for finite volume methods solving Richards' equation in mixed form. *Journal Scientific Computing*, 32(4), 2255–2273.

THE IMPORTANCE OF COUPLING METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL FORECASTS TO ANTICIPATE FLASH FLOODS. THE CASE OF SANT LLORENÇ DES CARDASSAR (ILLES BALEARS – SPAIN)

Enrique Ortiz ^(1,5), **Guillermo Santana** ^(2,5), **Raúl Herrero** ⁽³⁾, **Daniel Santos-Muñoz** ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ *Idrologia e Ambiente srl. Naples, Italy - GH2MF2 Non-Profit*

⁽²⁾ *Hydrologist Consultant. Tenerife, Spain - GH2MF2 Non-Profit*

⁽³⁾ *Hydraulic and Hydrological Senior Consultant. Murcia, Spain*

⁽⁴⁾ *HIRLAM C Project Leader for System. AEMET. Madrid, Spain*

⁽⁵⁾ *GH2MF2- Non-Profit Association for a Participated Global Hydrological Monitoring and Flood Forecasting System, Salerno, Italy*

E-mail: enrique.ortiz@gh2mf2.org, gsangon@gmail.com, raul.herrero@eselagua.com, dsantosm@aemet.es, info@gh2mf2.org

The following analysis tries to address if the combination of meteorological and hydrological models can give more information to the Civil Protection authorities to take measurements to palliate the impacts of flash flood damages of the town of Sant Llorenç des Cardassar on the Island of Mallorca (Illes Balears-Spain) that suffered the afternoon of October 9, 2018 a flash flood due to a Convective Mesoscale System whereby the Torrent Ses Planes Basin (ephemeral creek) overflowed in the channeling of this town flooding part of its urban center with the tragic result of 13 killed and extensive material damages. The basin is ungauged, and we proceeded to reconstruct the hydrometeorological event in a comprehensive manner with a feedback to calibrate and validate the response of the basin through a hydrological **TOPKAPI-X** model acronym of (*TOPographic Kinematic APproximation and Integration-eXtended*) physically-based distributed rainfall-runoff model deriving from the integration in space of the kinematic wave. The approach transforms the rainfall-runoff and runoff routing processes into four ‘structurally-similar’ non-linear reservoir differential equations describing different hydrological/hydraulic processes. Once having the hydrological model calibrated/validated and operative forcing it with the forecasts of the Meteorological model **HARMONIE-AROME** acronym of *HARMONIE (HIRLAM ALADIN Research on Meso-scale Operational NWP In Europe)*, *AROME (Application of Research to Operations at MESoscale)* which is a non-hydrostatic spectral model, the dynamical core is based on a two-time level semi-implicit Semi-Lagrangian discretization, in the reference cycle 40h1.1, lateral boundary conditions are routinely used from the **ECMWF** model. Sixty-five levels are used in the vertical with model top at 10 hPa and lowest level at 12 m. The horizontal resolution is 2.5 km, and the model time step is 75 s. the feedback process begins with the reconstruction of the spatial-temporal precipitation pattern, combining the satellite products **PERSIANN-CSS**, **GPM-IMERG**, the product of the **AEMET** meteorological radar and the 4 closest rain gauges to force the hydrological model TOPKAPI-X and obtain the response of the basin that in turn serves to force a bidimensional hydraulic model **IBER**, which is a 2D mathematical model for the simulation of free surface flow in rivers and can solve hydrodynamics, turbulence and sediment transport, to reproduce water depths, flooded area and its hydrodynamics in the surroundings of the urban center of Sant Llorenç des Cardassar contrasted in turn with recorded data post-event (observed/measured water levels, videography and satellite maps processed by Rapid Mapping **COPERNICUS-EMS**). Finally, once the hydrological model was calibrated/validated and operational, we proceeded to force it with Runs (00Z, 06Z, 12Z) of the **HARMONIE-AROME** to analyze if the warning or alarm thresholds had been exceeded, in hydrological terms, with enough anticipation to warn to the citizens of an imminent situation of flash flood. The results reveal that coupling meteorological/ hydrological models at an operational level can give a better input for the decision-making process to mitigate extreme natural hazards. This coupling seams extremely necessary and useful to the authorities due to the high non-linearity of the rainfall-runoff processes. This modelist cascade could offer the possibility to issue different types of warnings from meteorological and hydrological or hydraulic point of view.

LA CATENA PREVISIONALE OPERATIVA DEL CETEMPS PER L' EARLY WARNING SYSTEM NELLA REGIONE ABRUZZO

Annalina Lombardi⁽¹⁾, Barbara Tomassetti⁽¹⁾, Valentina Colaiuda⁽¹⁾, Marco Verdecchia⁽²⁾, Rossella Ferretti^(1,2), Ida Maiello⁽¹⁾, Vincenzo Mazzarella⁽¹⁾, Lorenzo Sangelantoni⁽¹⁾, Raffaele Lidori⁽¹⁾, Saverio Di Fabio⁽¹⁾, Klaide De Sanctis⁽³⁾, Errico Picciotti⁽¹⁾, Antonio Iovino⁽⁴⁾, Maria Cristina Beccia⁽⁴⁾, Mario Antonio Cerasoli⁽⁴⁾, Andrea Cipollone⁽⁴⁾, Federica De Santis⁽⁴⁾, Francesca Molinari⁽⁴⁾, Raffaella Molinari⁽⁴⁾, Daniela Ronconi⁽⁴⁾, Francesco Luigi Rossi⁽⁴⁾ and Frank S. Marzano⁽¹⁾.

(1) CETEMPS – Università degli Studi dell'Aquila, Italia

(2) Dipartimento di Scienze Fisiche e Chimiche – Università degli Studi dell'Aquila, Italia

(3) HIMET s.r.l.

(4) Centro Funzionale Abruzzo – Regione Abruzzo

E-mail: barbara.tomassetti@aquila.infn.it, valentina.colaiuda@univaq.it, annalina.lombardi@aquila.infn.it

I cambiamenti climatici, così come l'aumento della densità di popolazione ed il numero di insediamenti in aree a rischio, rendono gli eventi estremi, come alluvioni ed allagamenti, più frequenti, severi e onerosi ed è per questo che il ruolo della previsione diventa sempre più importante. Tali fenomeni condizionano il territorio italiano ed in particolare quelle regioni, come l'Abruzzo, con una complessa geomorfologia. Il CETEMPS - Center of Excellence Telesensing of Environment and Model Prediction of Severe events dell'Università dell'Aquila, svolge attività di ricerca operativa nel campo della previsione idro-meteorologica a breve e lungo termine, del telerilevamento da terra e da piattaforme aeree e satellitari e nel campo della osservazione e previsione della composizione chimica dell'atmosfera.

Dopo oltre 16 anni di attività, il CETEMPS è un centro di eccellenza della ricerca di base e applicata in particolare su temi meteo-idro-climatici a livello regionale, nazionale e internazionale. Il CETEMPS è inoltre Centro di Competenza per il Centro Funzionale della Regione Abruzzo (CFA) con il quale ha una collaborazione ormai decennale. Proprio nell'ambito di questa collaborazione sono stati sviluppati una serie di strumenti *user-oriented* che ben si integrano nel sistema di allertamento e supporto alle decisioni del CFA nel caso di previsione di eventi alluvionali. La catena operativa del CETEMPS è organizzata in diverse fasi che comprendono l'elaborazione e l'assimilazione dei dati osservati (dalle stazioni a terra e dai radar dislocati nel territorio regionale), l'elaborazione di dati previsionali meteorologici (sia deterministici che probabilistici) ed idrologici. Nello specifico, sia i dati osservati che quelli di previsione meteo vengono utilizzati per forzare il modello idrologico CHyM (CETEMPS Hydrological Model), sviluppato dal CETEMPS, che permette, tramite la definizione di indici di stress, di individuare le aree più soggette a rischio alluvione o allagamento. In questo lavoro riportiamo un caso studio relativo ad un evento che ha colpito l'Abruzzo nel novembre 2017, mostrando come la sinergia delle diverse linee di ricerca può diventare un ottimo strumento a supporto del sistema di allertamento regionale per la previsione di scenari di rischio meteo-idrogeologico.

POTENZA DI TEST PARAMETRICI E NON NELLA TREND DETECTION SU SERIE DI MASSIMI ANNUALI

Vincenzo Totaro ⁽¹⁾, Andrea Gioia ⁽¹⁾, Vito Iacobellis ⁽¹⁾

⁽¹⁾ DICATECh, Politecnico di Bari, Via Edoardo Orabona 4, 70126 – Bari

E-mail: vincenzo.totaro@poliba.it, andrea.gioia@poliba.it, vito.iacobellis@poliba.it

La ricerca di basi teoriche che permettano l'adozione di tecniche probabilistiche di natura non-stazionaria è stata al centro del dibattito della comunità idrologica negli ultimi anni. L'interesse in questo tipo di impostazione è dovuto principalmente all'individuazione di trends o change-points all'interno di serie storiche di temperatura, precipitazione e piene. Tali variazioni possano essere individuate utilizzando i tradizionali test presenti in letteratura, e.g. Mann-Kendal e Pearson per i trends, Pettitt e CUSUM per i change-points (Kundzewicz e Robson, 2004).

Il riflesso di tali cambiamenti in ambito idrologico è stato ampiamente documentato in letteratura a proposito delle modificazioni nei concetti di rischio e tempo di ritorno (Cooley, 2001; Salas e Obeysekera, 2014). Ciò ha condotto a una presa di coscienza sulla necessità di un uso consapevole di questi strumenti in ambito non-stazionario, le cui conseguenze possono generare complessità se applicate in un contesto di protezione idraulica del territorio.

Il presente lavoro è stato svolto partendo dalla considerazione che le serie storiche sono la parte osservabile di un processo stocastico avente una assegnata distribuzione di probabilità (Koutsoyiannis e Montanari, 2015). Ciò ha permesso di spostare l'obiettivo della ricerca verso la c.d. *model selection*, ovvero la ricerca della più probabile distribuzione di probabilità che sottende alla generazione delle variabili osservate.

Scopo di questo studio è la comparazione quantitativa della potenza di test parametri e non in un'ottica di trend detection. In particolar modo, tra qui strumenti non parametrici l'attenzione è stata focalizzata sul test di Mann-Kendall, mentre tra gli strumenti parametrici si è analizzato il comportamento del Likelihood Ratio test e dell'Akaike Information Criterion (AIC). La potenza e l'efficienza nella stima dei parametri sono state valutate utilizzando simulazioni di tipo Monte Carlo con una parent di tipo GEV con un trend lineare nel parametro di posizione. Al fine di poter comparare l'AIC con gli altri due test proposti, una sua misura derivata è stata proposta, l'AIC_R.

INFLUENZA DELLA TIPOLOGIA DI EVENTO PLUVIOMETRICO NELLA DEFINIZIONE DEL FATTORE DI RIDUZIONE AREALE PER IL TERRITORIO CALABRESE

Daniela Biondi ⁽¹⁾, **Davide Luciano De Luca** ⁽¹⁾, **Aldo Greco** ⁽¹⁾, **Pasquale Versace** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Università della Calabria – DIMES – Arcavacata di Rende (CS)*

E-mail: daniela.biondi@unical.it, davide.deluca@unical.it, al.greco@dimes.unical.it, linoversace@libero.it

Il fattore di riduzione areale (ARF) è un concetto largamente utilizzato nelle applicazioni ingegneristiche che richiedono analisi di tipo idrologico, tra cui la progettazione di opere idrauliche, la valutazione del rischio alluvionale, la stima delle soglie pluviometriche finalizzata all'allertamento idro-meteorologico. Tra i metodi empirici presenti in letteratura, gli approcci definiti “fixed-area”, per la loro semplicità, sono quelli più comunemente usati nella progettazione di opere idrauliche per convertire la pioggia puntuale in pioggia areale di progetto per un fissato periodo di ritorno. Diversi studi hanno mostrato come gli approcci convenzionali, in genere, determinino una sovrastima dei reali coefficienti di ragguaglio areali in occasione di eventi estremi, in quanto basati su rapporti tra piogge estreme non contemporanee e formulati trascurando altri fattori che influenzano la distribuzione spaziale delle precipitazioni e la conseguente risposta idrologica, tra cui stagionalità e tipologia di perturbazione. Se questi risultati sono considerati cautelativi in sede di progettazione, possono portare a serie conseguenze, quali indesiderati mancati allarmi, se usati nella definizione di soglie pluviometriche all'interno di sistemi di preannuncio. Gli impatti negativi di una stima poco accurata dell'ARF, inoltre, possono risultare amplificati in zone in cui le caratteristiche spaziali e temporali delle precipitazioni estreme sono particolarmente complesse e dove si osservano diversi meccanismi di genesi dell'evento pluviometrico. In questo lavoro, sono state ricavate leggi empiriche per la stima dell'ARF sul territorio calabrese, a partire da un approccio di tipo “storm-centered”, in cui il coefficiente di ragguaglio è valutato per ogni singolo evento come rapporto tra la pioggia massima areale di fissata durata e il massimo puntuale osservato per la stessa durata. Particolare attenzione è stata posta nel determinare leggi distinte in relazione alla tipologia di fenomeno pluviometrico, e nello specifico rispetto a cicloni frontali e celle temporalesche, sistemi tipici dell'area Mediterranea. I risultati ottenuti, infine, sono stati confrontati con alcune delle più utilizzate leggi di tipo “fixed-area” per la stima dell'ARF.

IMPATTO DELLA CORRELAZIONE SPAZIALE SULLE STIME REGIONALI DELLA PORTATA DI PROGETTO: GENERALIZED LEAST SQUARES E TOP-KRIGING A CONFRONTO

Simone Persiano ⁽¹⁾, **Jose Luis Salinas** ⁽²⁾, **Jery Russell Stedinger** ⁽³⁾, **William H. Farmer** ⁽⁴⁾, **David Lun** ⁽²⁾, **Alberto Viglione** ^(2, 5), **Günter Blöschl** ⁽²⁾, **Attilio Castellarin** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ DICAM, Università di Bologna, Bologna, Italia.

⁽²⁾ Vienna University of Technology, Vienna, Austria.

⁽³⁾ Cornell University, Ithaca, New York, USA.

⁽⁴⁾ US Geological Survey (USGS), Denver, Colorado, USA.

⁽⁵⁾ DIATI, Politecnico di Torino, Torino, Italia.

E-mail: simone.persiano@unibo.it, jolusal@gmail.com, jrs5@cornell.edu, wfarmer@usgs.gov,

lun@hydro.tuwien.ac.at, alberto.viglione@polito.it, bloeschl@hydro.tuwien.ac.at, attilio.castellarin@unibo.it

Un aspetto di fondamentale importanza nell'ambito dell'analisi regionale di frequenza delle piene è costituito dalla presenza di correlazione spaziale, o cross-correlazione, tra le serie di portata; essa riduce l'informazione effettivamente disponibile a scala regionale, con importanti effetti sia sull'incertezza delle stime regionali che sulla capacità di valutare l'effettiva omogeneità idrologica della regione.

Il presente studio indaga l'impatto della cross-correlazione sulla accuratezza previsionale di due procedure ampiamente diffuse nell'ambito dell'analisi regionale di frequenza delle piene: il metodo regressivo basato sull'approccio Generalized Least Squares (GLS) di *Stedinger & Tasker* (WRR, 1985, doi:10.1029/WR021i009p01421) e il metodo geostatistico Top-Kriging (TK; v. *Skøien et al.*, HESS, 2006, doi:10.5194/hess-10-277-2006). GLS e TK hanno due approcci completamente differenti nel trattare la correlazione spaziale: mentre il GLS sviluppa un modello regressivo con l'obiettivo di depurare le stime dal grado di cross-correlazione tra le serie di portata, il TK produce le proprie stime sfruttando la struttura di cross-correlazione del campione regionale. Uno studio condotto negli Stati Uniti (v. *Archfield et al.*, HESS, 2013, doi:10.5194/hess-17-1575-2013) ha evidenziato le migliori prestazioni del TK nella stima dei quantili di piena empirici in siti non strumentati, sottolineando però che l'effetto della correlazione spaziale potrebbe ostacolare l'identificazione dei quantili di piena teorici.

Al fine di far luce su tale questione, il presente studio ha preso in esame un dataset di portate al colmo di piena massima annua per un gruppo idrologicamente omogeneo di 20 bacini idrografici in Triveneto (Alpi Orientali). Il regime di frequenza delle piene della regione considerata è stato descritto mediante una distribuzione Log-Pearson Type III (LP3), che è stata assunta essere la distribuzione teorica dalla quale, mediante simulazione di tipo Monte Carlo, si sono generate 3000 realizzazioni delle piene in oggetto con differenti gradi di cross-correlazione. Per ciascuna realizzazione della regione, GLS e TK sono stati applicati in cross-validazione leave-one-out per simulare la stima dei quantili di piena in condizioni non strumentate. L'efficienza di entrambi gli approcci è stata valutata con riferimento alla stima dei quantili di piena empirici (cioè quelli valutati sulla base delle serie sintetiche disponibili alla sezione di interesse) e di quelli teorici, ricavabili dalla suddetta LP3 regionale utilizzata per la generazione delle serie sintetiche.

Le analisi condotte mostrano che, per entrambi i metodi, all'aumentare della cross-correlazione media della regione si ha un incremento nell'accuratezza di previsione dei quantili empirici e una riduzione nell'accuratezza di previsione dei quantili teorici. Inoltre, si osserva che il TK mostra migliori prestazioni del GLS quando si suppone che i quantili di piena dipendano dalla sola area drenante del bacino, mentre l'accuratezza di entrambi gli approcci migliora sostanzialmente, e si attesta su livelli simili, quando entrambe le procedure prendono in considerazione la dipendenza dei quantili di piena da un maggior numero di descrittori geomorfoclimatici.

GLI EFFETTI DELLA “TEMPESTA VAIA” SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MASSIMI DI PRECIPITAZIONE E PORTATA NEL BACINO DEL TORRENTE PETTORINA (BL)

Alvise Fiume⁽¹⁾, Mauro Tortorelli⁽¹⁾, Gianluca Lazzaro⁽¹⁾, Nicola Gaspardo⁽²⁾

⁽¹⁾ *i4 Consulting Srl, via Barroccio dal Borgo 1, 35124 Padova (PD)*

⁽²⁾ *Regione del Veneto – Unità Organizzativa Genio Civile Belluno, Via Caffi, 61 - 32100 Belluno (BL)*

E-mail: alvise.fiume@i4consulting.it, mauro.tortorelli@i4consulting.it, gianluca.lazzaro@i4consulting.it, nicola.gaspardo@regione.veneto.it

Da sabato 27 a martedì 30 ottobre 2018, il territorio regionale veneto, e in particolare la provincia di Belluno, è stato interessato da una fase di maltempo prolungato, in seguito battezzata “tempesta Vaia”, che ha fatto rilevare valori particolarmente critici di precipitazione, intensità del vento e portate di piena in molti punti della regione.

Le piogge che hanno caratterizzato il territorio Bellunese sono state particolarmente critiche nel bacino idrografico del torrente Pettorina che si sviluppa dal versante Veneto della Marmolada fino alla confluenza nel Cordevole, principale affluente del fiume Piave. Il torrente Pettorina lungo il suo corso attraversa la stretta gola dei Serrai di Sottoguda in comune di Rocca Pietore (BL), un canyon naturale che rappresenta una delle attrazioni turistiche principali nelle Dolomiti per l’elevato interesse paesaggistico e naturale, su cui però i danni causati dalla tempesta Vaia sono stati ingenti, come in tutto il comune di Rocca Pietore.

Il presente contributo si focalizza sui principali risultati emersi nell’ambito dell’incarico di modellazione idrologica del torrente Pettorina conferito a i4 Consulting Srl, con particolare attenzione alla caratterizzazione dei massimi di precipitazione e portata in seguito all’evento di fine ottobre 2018 che ha introdotto una discontinuità statistica rilevante rispetto ai valori campionari disponibili dal 1985.

Le precipitazioni registrate a Malga Ciapela, nel bacino del Pettorina, durante l’evento sono risultate particolarmente estreme. I dati dimostrano che, per durate di pioggia dalle 3 ore ai 5 giorni, i valori massimi cumulati superano i massimi storici, talvolta anche in maniera molto netta. Ad esempio, per durate di pioggia di 6 ore, sono stati registrati 105.2 mm (1.74 volte il massimo storico registrato). Sulla base della regolarizzazione statistica degli eventi estremi, individuati con la tecnica dei Peaks Over Threshold, sono stati stimati tempi di ritorno ben superiori ai 200 anni, dell’ordine di 300-400 anni per le durate di 3 e 6 ore.

Le portate simulate sulla base delle precipitazioni registrate durante tutto il 2018 individuano, in occasione dell’evento di fine ottobre, picchi dell’ordine di 170 m³/s a Sottoguda (37 km²) e pari a circa 200 m³/s alla confluenza nel Cordevole (50 km²), che corrispondono alla risposta idrologica ottenuta forzando il bacino con eventi pluviometrici sintetici rispettivamente caratterizzati da tempi di ritorno pari a 200 anni e 100 anni.

ELABORAZIONE DI SCENARI DI ALLAGAMENTO PROPEDEUTICI AI PIANI DI EMERGENZA DIGHE BASATI SU CODICI 2D PARALLELI: IL CASO DELLA DIGA DI MIGNANO (PC)

Alessia Ferrari ⁽¹⁾, **Paolo Mignosa** ⁽¹⁾, **Renato Vacondio** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma*

E-mail: alessia.ferrari@unipr.it, paolo.mignosa@unipr.it, renato.vacondio@unipr.it

La Direttiva PCM 8 luglio 2014 stabilisce la redazione di Piani di Emergenza Dighe (PED) recanti “indirizzi operativi relativi all’attività di Protezione civile”. Contestualmente richiede l’individuazione dei territori interessati dagli allagamenti conseguenti a manovre di apertura degli scarichi e ad ipotetico collasso dello sbarramento.

Tali scenari venivano ricavati in passato mediante modelli 1D alle acque basse (SWE), che tuttavia consentono di descrivere la propagazione dell’onda di piena solo negli alvei ben confinati. D’altro canto, l’elevato costo computazionale proprio dei modelli 2D-SWE, rappresenta ancora un fattore limitante per il loro utilizzo in questo tipo di applicazioni.

Nel presente lavoro, il modello PARFLOOD (Vacondio et al. Environ. Modell. Softw 88, 119-137, 2017), è stato impiegato per simulare lo scenario ipotetico relativo al *dam-break* della Diga di Mignano nell’alta val d’Arda (PC). Tale modello, risolvendo le equazioni 2D-SWE senza introdurre alcuna approssimazione nelle equazioni di partenza, consente di ridurre significativamente i tempi di calcolo attraverso la parallelizzazione per architetture di tipo Graphic Processing Units (GPUs). L’algoritmo numerico è basato su uno schema esplicito ai volumi finiti, accurato al secondo ordine nel tempo e nello spazio, e consente sia di simulare flussi transcritici, che di trattare fronti asciutti-bagnati su batimetrie irregolari con elevata risoluzione spaziale.

Nello studio, commissionato dal Consorzio di Bonifica di Piacenza, è stato modellato il torrente Arda dall’invaso alla confluenza in Po (≈ 45 km), sottendendo un’area potenzialmente allagabile di circa 340 km^2 che è stata discretizzata con una griglia a dimensione variabile ($\approx 13.9 \cdot 10^6$ celle), garantendo una risoluzione di 2 m nei centri abitati e in alveo e 4 m lungo i principali rilevati ferroviari e stradali. La batimetria, derivante da un rilievo LiDAR, è stata costruita preservando tutte le quote di contenimento, correggendo i tratti coperti da vegetazione e l’alveo inciso, e modellando in dettaglio tutti gli edifici attraverso l’approccio “*building hole*”.

Il *dam-break* istantaneo e totale, che causa la fuoriuscita dell’intero volume invasato ($11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) in meno di mezz’ora, impatta significativamente sulle zone vallive e nel centro urbano di Fiorenzuola. Le mappe dell’evoluzione dell’allagamento risultano indispensabili per la definizione delle possibili strategie di intervento da parte degli enti preposti.

CAM GREEN ROOF MITIGATION EFFECTS ON URBAN FLOODS IN MEDITERRANEAN AREAS

Elena Cristiano⁽¹⁾, **Salvatore Urru**⁽¹⁾, **Stefano Farris**⁽¹⁾, **Dario Ruggiu**⁽¹⁾, **Roberto Deidda**⁽¹⁾, **Francesco Viola**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Università degli Studi di Cagliari, Cagliari (CA), Italy*

E-mail: elena.cristiano@unica.it, salvatore.urr@unica.it, stefano.farris@unica.it, dario.ruggiu@unica.it, rdeidda@unica.it, viola@unica.it

In the last decades, green roofs have been proposed among several nature-based solutions, as promising and sustainable tools to mitigate urban flood risk and adapt to climate changes. In Mediterranean areas, climate change is projected to produce an intensification of frequency and duration of dry periods and an increase of intense precipitation extremes during wet seasons. Several vegetation types have been proposed as green roof coverage. A particularly efficient type of vegetation for green roofs is the one that presents a Crassulacean Acid Metabolism (CAM). CAM vegetation is characterized by a low evapotranspiration rate, due to the diurnal stomata closure, and it does not require constant irrigation to live in Mediterranean areas. This ensures low maintenance costs, with consequently high potential applicability. However, flood mitigation effects of CAM green roofs, compared to other vegetation types, need further and deeper investigations.

In this framework, we aim to investigate the potential retention capacity of CAM green roofs in medium-densely urbanized areas, characterized by Mediterranean climate. The behaviour of the CAM green roof, located at the entrance of the Engineering Faculty of the University of Cagliari (CA, Italy), has been investigated, with the aim to identify its flood mitigation capacity. The green roof has a total surface of 99 m², divided into 2 hydraulic-separated sections, and a thickness of 20 cm. The structure has been equipped with sensors to measure the water flowing out from the roof during intense events. A rain gauge, installed on the rooftop of the Engineering faculty, provides local measurement of rainfall time series. Five rainfall events have been selected from the measured time series (Sept 2018-June 2019) and their effects on the CAM green roof have been investigated, through the analysis of the flow that exits the 2 green roof sections. Statistical analyses have been performed to investigate the retention capacity of the large green roof. Results show a good retention capacity of the green roof, with no flow for short rainfall events with rainfall intensity lower than 1.8 mm/day. For longer and intense rainfall events, retention ratio varies between 0.6 and 0.9, depending on ancient soil moisture conditions.

SOLUZIONI SUDS PER LA MITIGAZIONE DEGLI ALLAGAMENTI URBANI: L'ESEMPIO DELL'AREA INDUSTRIALE DI SESTO ULTERIANO

Roberta D'Ambrosio⁽¹⁾, **Anacleto Rizzo**⁽²⁾, **Alessandro Balbo**⁽³⁾, **Antonia Longobardi**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Università degli Studi di Salerno*

⁽²⁾ *IRIDRA S.r.l.*

⁽³⁾ *Majone & Partners S.r.l.*

E-mail: robdambrosio@unisa.it, rizzo@iridra.com, alongobardi@unisa.it

Le recenti dinamiche di sviluppo dei centri urbani, comportando un sostanziale aumento della superficie impermeabile, hanno obbligato le amministrazioni a dover gestire con maggiore frequenza problematiche legate all'incapacità dei tradizionali sistemi di drenaggio urbano di smaltire in maniera efficiente e sostenibile le acque meteoriche.

Diverse leggi attualmente in vigore impongono il rispetto dei limiti quantitativi e qualitativi allo scarico nei corsi d'acqua ma, in parallelo ad un approccio definito "normativo", si stanno facendo sempre più strada strategie di tipo integrato in cui entrano in gioco tecnologie sostenibili in grado di ridurre le portate convogliate nella rete e riqualificare il territorio.

Si ritiene, dunque, fondamentale cambiare l'approccio alla pianificazione o modificare i contesti urbani già consolidati utilizzando tecnologie di drenaggio sostenibile per riportare i sistemi urbani ad una configurazione quanto più simile a quella precedente alla intensiva edificazione. Ruolo fondamentale nella attuazione di questa strategia viene svolto dai sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SuDS), il cui principio base è una gestione alla fonte delle acque di pioggia attraverso la messa in atto di strategie di prevenzione, mitigazione e trattamento.

Il presente studio, dunque, a partire da una proposta progettuale esistente realizzata da SMIA, IRIDRA, Studio Gioia Gibelli, Studio Idrogeotecnico e finanziata da PoliS-Lombardia, si pone l'obiettivo di valutare i benefici derivanti dalla applicazione diffusa delle infrastrutture di drenaggio sostenibili nell'area industriale di Sesto Ulteriano attraverso un confronto tra uno scenario che rappresenta l'attuale configurazione della rete di drenaggio e uno scenario ideale in cui sono state implementate nel sistema urbano differenti tecniche SuDS (rain gardens, fossi e stalli drenanti, piazzali allagabili, cisterne-fioriere).

A tal scopo, dunque, si è utilizzato il software SWMM5 che ha permesso, a valle della costruzione dei rispettivi modelli di rete urbana e di pioggia, di effettuare simulazioni del comportamento della rete di drenaggio in contesti senza e con tecniche SuDS.

Sebbene siano state condotte, finora, solo simulazioni a scala di evento, gli incoraggianti risultati, valutati in termini di riduzione dei volumi delle vasche volano progettate in assenza delle SuDS, fanno pensare che questi sistemi possano davvero contribuire alla mitigazione degli effetti di allagamento in ambito urbano.

MODELING THE HYDROLOGICAL BEHAVIOUR OF GREEN ROOFS WITH NASH MODEL

Mirka Mobilia ⁽¹⁾, **Antonia Longobardi** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *University of Salerno, Department of Civil Engineering*

E-mail: mmobilia@unisa.it, alongobardi@unisa.it

Green roof is a performing tool able to effectively contribute to the stormwater management in urban areas increasingly affected by severe flood events. Knowledge of hydrological behavior of vegetated roofs could support the strategic planning of green systems in urban areas so as to prevent the occurrences of damaging events. In the context of assessing the potential of eco-covers to mitigate the urban flooding, it is necessary to restrict the horizon of the investigation from the long-term scale to the event scale. Many models exist able to reproduce the hydraulic and hydrological performances of green roofs at the event scale (eg. HYDRUS, SWMM). They appear very accurate but significantly computational efforts and technical expertise are required for their implementation. In addition, detailed input parameters (soil properties and boundary conditions) are needed to run the models which can only be extracted from time-consuming field campaigns or laboratory tests. Parsimonious conceptual models could help overcome this issue. The Nash model is one of the simplest but very practical conceptual hydrological models whose ability to reproduce the hydrological behavior of green roofs is still almost unexplored, although the few studies on this topic available in the scientific literature confirm its high prediction performances. Therefore, practical and scientific interest in this direction is encouraged. The present work aims to test the accuracy of Nash model in predicting the performance of green systems. The model has been calibrated and validated using thirteen rainfall/runoff events, collected at two green roof experimental benches differing for the composition of the drainage layer (modular trays vs expanded clay) and located in the campus of University of Salerno under Mediterranean climate. The calibrated hydrological parameter was the storage delay coefficient “k”. The events have been characterized in term of duration, peak intensity, return period and volume and the relationship between the events properties and the reservoir delay has been investigated. The results show that the model, despite its simplicity, has proved to satisfactorily reproduce the hydrological behavior of both the experimental roofs, with NSE coefficient varying between 0.8 and 0.9. The k-parameter appears consistently similar for the two test beds, with a very moderately larger delay in the case of the system, equipped with plastic trays which stores, retains and delays water until the maximum capacity of the trays is reached.

GFPLAIN: MAPPATURA SPEDITIVA DELLE AREE INONDABILI SU SCALA GLOBALE

Fernando Nardi ⁽¹⁾, **Antonio Annis** ⁽¹⁾, **Giuliano Di Baldassarre** ⁽²⁾, **Salvatore Grimaldi** ⁽³⁾

⁽¹⁾ WARREDOC, Università per Stranieri di Perugia

⁽²⁾ Department of Earth Sciences, Uppsala University

⁽³⁾ DIBAF, Università degli Studi della Tuscia

E-mail: fernando.nardi@unistrapg.it, antonio.annis@unistrapg.it, giuliano.dibaldassarre@geo.uu.se, salvatore.grimaldi@unitus.it

La delimitazione delle aree golenali o di pertinenza fluviale (*floodplain*), che possono essere oggetto di fenomeni di esondazione, è di fondamentale importanza per la gestione delle risorse e dei rischi idrogeologici, ambientali, socio-economici e per la pianificazione e protezione del territorio e degli ecosistemi naturali ed urbani. Negli ultimi anni, la larga disponibilità e la crescente accuratezza e completezza di dati territoriali, spinta principalmente dal progresso dei sistemi di osservazione della terra, ha consentito ai modelli idrologico-idraulici di estendere le proprie capacità di analisi e predittive dalla scala di bacino alla scala globale.

I sistemi modellistici integrati di monitoraggio e simulazione dell'idrodinamica fluviale sono in grado di simulare efficacemente i processi di formazione e propagazione delle onde di piena per la mappatura del rischio idraulico su larga scala. Tuttavia, i modelli idrodinamici sono affetti da molteplici fattori di incertezza e la loro applicazione è condizionata dalla scelta di eventi e scenari di progetto, dai numerosi parametri da calibrare e dall'impatto delle risorse e tempi computazionali.

Questo contributo illustra un diverso paradigma di definizione e delimitazione delle aree golenali, quello dei modelli geomorfologici, che si sta affermando come valido strumento di mappatura delle aree a potenziale rischio idraulico. Il principio dei modelli geomorfologici è che la morfologia delle aree vallive sia determinata dal susseguirsi nel tempo degli effetti dei processi di erosione e deposizione associati alle onde di piena, soprattutto in occasione di eventi idrologici estremi. Pertanto, i modelli digitali del terreno (DTM) contengano implicitamente l'informazione dell'estensione delle aree golenali.

Viene presentato l'algoritmo GFPLAIN ed il dataset globale GFPLAIN250m, il primo esempio di utilizzo di modelli geomorfologici per la perimetrazione di *floodplain* su scala globale. Il DTM della missione Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) a passo 250m è utilizzato dall'algoritmo GFPLAIN che è in grado di produrre mappe di *floodplain* con notevole accuratezza e velocità con tempi computazionali di pochi minuti su domini di estensione continentale. Le specifiche e opportunità di utilizzo del database GFPLAIN250m e del tool GFPLAIN - disponibili rispettivamente come Open Data (<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.6665165.v1>) ed Open Source (<https://github.com/fnardi/GFPLAIN>) - sono illustrate con particolare riferimento al caso di studio dell'Italia e di una selezione dei più estesi bacini idrografici mondiali per analizzarne le performance in diversi contesti geografici e climatici.

ENTROPIC MODEL AND CROSS-SECTIONAL FLOW IN A LARGE AMPLITUDE MEANDERING CHANNEL

Donatella Termini ⁽¹⁾, **Tommaso Moramarco** ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Department of Engineering – University of Palermo (Italy) – Viale delle Scienze – 90128 Palermo – Italy -*

⁽²⁾ *Research institute for Geo-Hydrological protection, CNR – Perugia (Italy)*

Email: donatella.termini@unipa.it, Tommaso.Moramarco@irpi.cnr.it

The entropy theory allows the prediction of the velocity distribution and other hydraulic parameters from the knowledge of the maximum velocity. Several studies conducted in straight channels demonstrate that, because of the presence of secondary flow, the maximum velocity often occurs below the free surface determining the well-known dip-phenomenon. Meandering bends have radii of curvature continuously variable in stream-wise direction so that the entity of secondary motion changes from cross-section to cross-section. No existing research has been addressed to the application of the entropy concept for evaluating the secondary flow, especially in curved channels. The present research explores the possibility to evaluate the dip-phenomenon and the effect of secondary flow on the velocity distribution in a meander wave starting from the knowledge of the surface velocity and the entropic concept application. The analysis is conducted with the aid of data collected in a large-amplitude meandering laboratory flume for two different values of the width-to-depth ratio. Results show that the velocity-dip varies along the bend and such a variation is different for “small” and “large” width-to-depth ratios, depending on the relative entity of the cross-circulation and the convective flow acceleration; the entropic parameter also varies along the bend as a function of the width-to-depth ratio.

TOTAL RUNOFF ESTIMATION THROUGH THE EXPLOITATION OF MULTIPLE SATELLITE DATA: STREAM PROJECT

Stefania Camici⁽¹⁾, **Luca Brocca**⁽¹⁾, **Christian Massari**⁽¹⁾, **Gabriele Giuliani**⁽¹⁾, **Nico Sneeuw**⁽²⁾, **Hassan Hashemi Farahani**⁽²⁾, **Jérôme Benveniste**⁽³⁾

⁽¹⁾ *Research Institute for Geo-hydrological Protection, National Research Council, Via Madonna Alta 126, 06128 Perugia, Italy.*

⁽²⁾ *Institute of Geodesy, University of Stuttgart, Geschwister-Scholl-Straße 24D, 70174 Stuttgart, Germany.*

⁽³⁾ *European Space Agency, ESA-ESRIN, Largo Galileo Galilei, Frascati, 00044, Italy.*

E-mail: stefania.camici@irpi.cnr.it, luca.brocca@irpi.cnr.it, christian.massari@irpi.cnr.it, gabriele.giuliani@irpi.cnr.it, nico.sneeuw@gis.uni-stuttgart.de, hassan.hashemi-farahani@gis.uni-stuttgart.de, jerome.benveniste@esa.int

STREAM -SaTellite based Runoff Evaluation And Mapping, is an ESA project investigating the feasibility to derive runoff estimates from existing spaceborne missions. The purpose of the project is to develop and validate a solid “observational” approach alternative to existing model-based runoff estimates, that exploits space-only observations of Precipitation (P), Soil Moisture (SM) and Terrestrial Water Storage Anomalies (TWSA) for deriving Total Runoff. The first two variables will provide the event flow, i.e., the fast component of total runoff highly responsive to precipitation variability, while TWSA will be used for obtaining its complementary part, the baseflow, i.e., the return flow from groundwater. The underlying assumptions behind STREAM are the knowledge of the key mechanisms and processes that act in the formation of runoff, such as the role of the soil moisture in determining the response of the catchment to the precipitation inputs, which have been soundly demonstrated in more than ten years of studies, extensively published in the literature.

The project is motivated by the limitations of existing procedures estimating runoff, which can be grouped into model-based and observation-based approaches. On the one hand, model-based approaches provide outputs highly model dependent and characterized by large uncertainties. On the other hand, observation-based approaches, in particular hydro-geodetic approaches, generally propose a GRACE-based approach in which total runoff is computed only for large basins (>150000 km²) and only at monthly time step (limited by GRACE’s spatio-temporal resolution).

STREAM tries to address four scientific objectives: 1) the development of a simple and operational procedure suited to estimate the event-flow component from satellite P and SM observations; 2) the development of a robust procedure to estimate baseflow from TWSA observations; 3) the study of the optimal way to integrate the event-flow component, produced by smaller scale P and SM, with the large scale baseflow variations linked to TWSA; 4) the identification of the best satellite-based P, SM and TWSA products suitable for developing the STREAM runoff estimates. For that, different satellite-based P, SM, TWSA products will be considered and the differences in their skills will be exploited.

First attempts of STREAM total runoff estimates will be pursued for the period 2003-2017 at some subbasins of 5 pilot basins across the world (Mississippi, Amazon, Niger, Danube and Murray Darling + multiple sub-basins) characterized by different physiographic/climatic features and the related results will be presented at the workshop.

ANALISI DELLA VELOCITÀ SUPERFICIALE CON TECNICHE OTTICHE IN DIVERSE CONDIZIONI DI FLUSSO

Pietro Vuono⁽¹⁾, **Silvano Fortunato Dal Sasso**⁽¹⁾, **Salvatore Manfreda**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Università della Basilicata, Via dell'Ateneo Lucano, 10 - Potenza*

E-mail: pietro.vuono@unibas.it, silvano.dalsasso@unibas.it, salvatore.manfreda@unibas.it

La stima della portata nei corsi d'acqua è legata alle condizioni idrauliche del flusso che sono identificate dall'osservazione dell'area bagnata e della velocità media in una determinata sezione di misura (Manfreda, 2018). In questo contesto, l'uso di tecniche ottiche di Large Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV) e Particle Tracking Velocimetry (PTV) fornisce una delle migliori alternative per il monitoraggio idraulico, consentendo di stimare le velocità superficiali sulla base di video con elevata risoluzione spaziale e temporale acquisiti da piattaforme fisse o da SAPR (Tauro et al., 2017). Note la velocità superficiale e la geometria della sezione fluviale, attraverso il modello di entropia proposto da Chiu (1987), si può giungere alla stima della velocità media e quindi della portata. L'utilizzo di questi metodi no-contact si rivela particolarmente efficace in condizioni di piena e in siti fluviali difficilmente accessibili o privi di attraversamenti.

Oggi l'accuratezza delle tecniche di elaborazione delle immagini tende ad essere sensibile alle condizioni ambientali e alla presenza di tracciante sulla superficie (Dal Sasso et al., 2018). Nella maggior parte dei casi pratici, durante le fasi di monitoraggio si può verificare una bassa densità di materiale flottante, specialmente vicino alle sponde dei fiumi o una distribuzione non omogenea dello stesso lungo la sezione trasversale.

Nel presente lavoro, l'attenzione è rivolta a valutare l'influenza della densità di tracciante sull'accuratezza dei risultati di LSPIV e PTV. A tale scopo sono stati analizzati alcuni casi studio in diverse condizioni idrologiche e densità di tracciante. I traccianti sono stati distribuiti manualmente sulla superficie dell'acqua e i video acquisiti con sensori ottici. Misure convenzionali sono state effettuate a fini del confronto. I risultati mostrano un'elevata sensibilità alla densità di tracciante, all'area di interrogazione e al numero di frame utilizzati. L'analisi preventiva delle condizioni del flusso può consentire di valutare la tecnica più idonea da applicare e una corretta scelta dei parametri di setup può incrementare l'accuratezza dei risultati finali.

Bibliografia

Dal Sasso, S.F., A. Pizarro, C. Samela, L. Mita, and S. Manfreda. 2018. Exploring the Optimal Experimental Setup for Surface Flow Velocity Measurements Using PTV. *Environmental Monitoring and Assessment* 190 (8).

Manfreda, S.. 2018. On the Derivation of Flow Rating-Curves in Data-Scarce Environments. *Journal of Hydrology* 562: 151–54.

Tauro, F., Piscopia R., Grimaldi S. 2017. Streamflow Observations From Cameras: Large-Scale Particle Image Velocimetry or Particle Tracking Velocimetry? *Water Resources Research* 53 (12): 10374–94.

SESSIONE II

Gestione delle risorse idriche

GLOBAL SCALE PREDICTION OF RIVER FLOW-DURATION CURVES WITH REMOTE SENSING: AN ASSESSMENT FOR THE SWOT MISSION

Alessio Pugliese ⁽¹⁾, Alessio Domeneghetti ⁽¹⁾, Attilio Castellarin ⁽¹⁾, Armando Brath ⁽¹⁾

⁽¹⁾ DICAM – Univeristà di Bologna

E-mail: alessio.pugliese3@unibo.it

The Surface Water and Ocean Topography (SWOT) satellite mission will provide high-resolution estimates of riverine water surface characteristics (i.e. elevation, width, slope), which will be used for the estimation of river discharges. However, only rivers wider than 100 m will be observed, with a time interval between two satellite observations varying from 3 to 10 days, approximately. Expected errors on streamflow estimates are highly dependent on flow regimes and geomorphic conditions. In this study, we aim to compare remotely sensed and empirical period-of-record flow-duration curves (FDCs). We used the Global Runoff Data Centre (GRDC) dataset, the world largest and freely available source of streamflow data. We filtered the original dataset by selecting only those sites that matched 2 criteria: river width larger than 100 m and streamflow time series longer than 10 years of continuous daily discharges. Such dataset query resulted in 1200 gauged river cross-sections readily available to be used for our purposes. To simulate SWOT observations, each record has been reduced following 4 different sampling scenarios, i.e. 3, 5, 7, and 10 days interval for a 3 years moving time-frame (i.e., mission lifetime). We then corrupted gauged data with random errors sampled from a gaussian distribution having zero mean and 30% standard deviation. For each site, we obtained a set of SWOT simulated FDCs to compare with their empirical counterparts. We found that tropical and temperate climates deliver good estimates throughout flow regimes, whereas, mostly arid climates may have higher uncertainties, especially for high- and low-flows.

UTILITY OF A STANDARDIZED SOIL MOISTURE INDEX BASED ON SATELLITE DATA IN ESTIMATING CROP YIELD DURING DROUGHT EVENTS

Sara Modanesi ⁽¹⁾, Christian Massari ⁽¹⁾, Stefania Camici ⁽¹⁾, Luca Brocca ⁽¹⁾, Giriraj Amarnath ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Research Institute for Geo-hydrological Protection, National Research Council, Via Madonna Alta 126, 06128 Perugia, Italy*

⁽²⁾ *International Water Management Institute (IWMI), 127 Sunil Mawatha, Pelawatte, Battaramulla, Colombo 10120, Sri Lanka*

Email: sara.modanesi@irpi.cnr.it, christian.massari@irpi.cnr.it, s.camici@irpi.cnr.it, luca.brocca@irpi.cnr.it, A.Giriraj@cgiar.org

Soil moisture represent one of the most suitable indicator to assess agricultural drought, which occur when there is not enough moisture to support crop production. Many studies have promoted the use of soil moisture data from surface/hydrological models and more recently, from active and passive microwave sensors to assess agricultural drought conditions. In particular, remote sensing soil moisture products are increasing in availability and allow to observe the Earth surface including human processes. The focus of this work is to investigate how much information satellite-based observations of soil moisture retain about crop production respect to land surface model soil moisture estimates and rainfall observations.

We will show results of our analysis over the districts of Maharashtra and Karnataka States in India, which have been affected by severe historical droughts in recent years. Satellite-based soil moisture observations derived from the long-term ESA CCI Soil Moisture product from 1981 (Dorigo et al., 2017) were used to obtain the Standardized Soil Moisture Index (SSI) used for assessing agricultural drought impacts. In order to integrate drought analysis with crop phenology, we used 18-years annual crop yield data (1998-2015) for two different crops: maize for the monsoon season (July to October); wheat for the winter season (October to March). Crop yield anomalies datasets for every district of the two states were compared with SSI CCI and the analysis was extended to the SSI calculated using reanalysis soil moisture estimates from the Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, version 2 (MERRA-2; Gelaro et al. 2017) and the Standardized Precipitation Index (SPI; McKee et al, 1993), computed by ground-based rainfall observations. The performance of SSI CCI, SSI-MERRA-2 and SPI against agricultural productivity were additionally tested over the whole study region with a linear regression analysis considering in- and of-drought conditions. Both SSI CCI and SSI MERRA-2 showed good results for both the selected crops. On the contrary, SPI displayed acceptable performance in the monsoon season and low performance for wheat in the winter season. Furthermore, the analysis in drought conditions highlighted the higher capacity of SSI-CCI respect to the other indices in estimating yield reduction during drought events allowing us to recognise this index as an excellent marker for production in periods of water scarcity.

STIMA DELLA PORTATA FLUVIALE MEDIANTE MISURE DA SATELLITE: UN APPROCCIO BASATO SUL BILANCIO DI MASSA

Silvia Barbetta⁽¹⁾, Angelica Tarpanelli⁽¹⁾, Massimiliano Caraffini⁽²⁾, Renato Morbidelli⁽²⁾

⁽¹⁾ Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Perugia

⁽²⁾ Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Università degli Studi di Perugia

E-mail: s.barbetta@irpi.cnr.it

La stima della portata fluviale è fondamentale per la mitigazione del rischio idraulico e la gestione della risorsa idrica disponibile. In sezioni strumentate per il monitoraggio in continuo del livello idrico la portata è quantificata con la scala di deflusso, che necessita di misure di velocità, geometria della sezione e aggiornamenti periodici. Inoltre, le stazioni idrometriche non coprono in modo omogeneo il territorio a livello globale e sono spesso insufficienti o assenti nei paesi in via di sviluppo.

Viste le limitazioni per il monitoraggio della portata al suolo, negli ultimi anni sono state proposte nuove tecnologie basate sui dati satellitari. Per lo studio dei corpi idrici continentali, è stata progettata la missione satellitare ‘Surface Water and Ocean Topography’ (SWOT) che sarà operativa dal 2021 e fornirà misure di larghezza, L , quota idrica superficiale, h , e pendenza, S_0 , per fiumi con larghezza maggiore di 100 m.

In tale contesto, viene proposta una metodologia per la stima della portata basata sull’equazione di continuità applicata al tratto fluviale, a partire dai valori di h , L e S_0 che saranno forniti dalla missione SWOT. La metodologia ingloba due parametri: la quota del fondo alveo nel sito di valle, z_0 , e il parametro di scabrezza. Assumendo quest’ultimo noto, z_0 è determinato per calibrazione considerando l’equivalenza dei membri dell’equazione di continuità.

L’applicabilità della metodologia viene investigata con casi di studio sintetici: i risultati indicano che per $S_0=0.001$ o inferiore il metodo è applicabile per tratti di lunghezza non superiore a 70 km. Quindi, il metodo è applicato ad un tratto del Fiume Po, delimitato a monte dalla stazione di Borgoforte e a valle da quella di Sermide: il dato da SWOT viene ‘simulato’ assumendolo uguale al dato al suolo ma selezionato sulla base del periodo di rivisitazione previsto dalla missione (9/12 giorni). I risultati mostrano che la procedura di calibrazione è capace di fornire una stima accurata di z_0 , con un valore di 3.6 m slm molto simile al valore reale di 3.51 m slm. La stima della portata nelle due sezioni è sufficientemente accurata, con un errore assoluto percentuale pari a 11.98% e 12.3%, un errore quadratico medio di 199 m³/s e 190 m³/s e un coefficiente di determinazione pari a 0.981 e 0.991, rispettivamente per le sezioni di Borgoforte e di Sermide.

La metodologia proposta può essere un utile strumento ma deve essere ulteriormente analizzata e validata.

DOMINANT FACTORS CONTROLLING SEASONAL HYDROLOGICAL PREDICTABILITY IN ALPINE AREAS: THE IMPACT OF CATCHMENT PROPERTIES

Maria Stergiadi⁽¹⁾, Maurizio Righetti⁽¹⁾, Diego Avesani⁽¹⁾, Mattia Zaramella⁽²⁾, Marco Borga⁽²⁾

⁽¹⁾ Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Piazza Università 5, 39100 Bozen-Bolzano, Italy

⁽²⁾ Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padua, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Padua, Italy

E-mail: maria.stergiadi@natec.unibz.it, maurizio.righetti@unibz.it, diego.avesani@unibz.it, mattia.zaramella@unipd.it, marco.borga@unipd.it

Skillful seasonal hydrological forecasts are crucial for the development of strategies related to disaster response, management of hydropower plants, water supply and irrigation. The skill of these forecasts depends mainly on two factors: knowledge of initial land surface hydrologic conditions (ICs) and knowledge of the climate forcing (CF). A well-known approach to evaluate the relative contribution of the ICs and the CF to the seasonal forecast skill is the Ensemble Streamflow Prediction (ESP) and the reverse Ensemble Streamflow Prediction (revESP) framework, that compares the forecast variance stemming from an ensemble of CFs and the forecast variance stemming from a forecast ensemble generated by perturbing the ICs, respectively. The ESP experiment is performed assuming perfect knowledge of the ICs and different plausible future forcings resampled from the historical meteorology. The parallel revESP resamples the ICs from the historical climatology and then drives the hydrological model with observed CF. For catchments with different soil properties (e.g. water storage capacity, permeability), the effect of these two main predictability sources on the seasonal streamflow prediction can be diverse. This study aims at investigating the role of ICs and CF on the skill of seasonal hydrologic predictions in alpine regions, as a function of catchment properties. To this end, the Integrated Catchment-scale HYdrological Model (ICHYMOD) is implemented in two catchments in the Eastern Italian Alps that are different in terms of orography and soil/groundwater storage capacity. The diverse catchment properties result in differential parameterization of the subsurface processes in the hydrological model, hence in a different impact of the ICs and the CF on the seasonal streamflow predictability.

IMPACTS OF SURFACE ELEVATION AND SPATIAL RESOLUTION IN STATISTICAL CORRECTION APPROACHES ON THE HYDROLOGIC RESPONSE OF A MEDITERRANEAN CATCHMENT

Enrica Perra ⁽¹⁾, Francesco Viola ⁽¹⁾, Roberto Deidda ⁽¹⁾, Domenico Caracciolo ⁽¹⁾, Claudio Paniconi ⁽²⁾, Andreas Langousis ^(2,3)

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura, Università degli Studi di Cagliari, Cagliari, Italy*

⁽²⁾ *Centre Eau Terre Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique, Quebec City, Canada*

⁽³⁾ *Department of Civil Engineering, University of Patras, Patras, Greece*

E-mail: enrica.perra@unica.it, viola@unica.it, rdeidda@unica.it, domecaracciolo@gmail.com, claudio.paniconi@ete.inrs.ca, andlag@alum.mit.edu

In this study we investigate the effect of surface elevation and spatial resolution in statistical correction approaches for temperature and precipitation forcing on the hydrologic cycle of a Mediterranean catchment in Sardinia (Italy). For this aim, we used an ensemble of four combinations of GCM/RCM historical runs and future projections. Precipitation forcing is statistically downscaled using two statistical approaches conceptually equivalent but with different spatial resolution: a) the parametric scheme of Mamalakis et al. (2017) for bias-correction and high-resolution downscaling; and b) a widely used non-parametric approach based on empirically derived quantile-quantile correction relationships, with nominal resolution equal to that of GCM/RCM results. Temperature fields are re-projected from climate model elevation to terrain elevation at high resolution. As case study we choose a catchment characterized by steep orography, namely the Flumendosa located in southeast Sardinia, prone to extreme flooding. To investigate the role played by orography, a set of simulations is run applying the downscaled climate model outputs of precipitation and temperature on a flat terrain (i.e., re-projecting outputs at the mean elevation of the basin). The response of the catchment in terms of discharge, actual evapotranspiration, and leakage is simulated using the TOPKAPI-X model during five non-overlapping 30-year periods from 1951 to 2099 and at multiple spatial scales; i.e., at the outlet of the Flumendosa basin and at 32 sub-catchments. The obtained findings show that, independently of the size of the considered sub-catchment, the elevation factor affects minimally the simulated hydrologic budget components, whereas the spatial resolution of downscaled precipitation fields has a significant effect on the simulated hydrologic response, that decrease as the area of the basin increases. These findings underline the importance of running hydrologic models using high-resolution downscaled climate model outputs, in particular for precipitation, since the high-resolution detail has great importance for basin-scale hydrologic applications and impact assessments.

References

Mamalakis, A., Langousis, A., Deidda, R., Marrocu, M., 2017. A parametric approach for simultaneous bias correction and high-resolution downscaling of climate model rainfall. *Water Resour. Res.* 53, 2149–2170. <https://doi.org/10.1002/2016WR019578>

STRUMENTO WEB-BASED PER LA CONSULTAZIONE DELLA REVISIONE DELLA REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE MEDIANTE ANALISI DELLA VARIABILITÀ SPAZIOTEMPORALE DELLE PRECIPITAZIONI IN UMBRIA

Marco Stelluti ⁽¹⁾, Loredana Natazzi ⁽¹⁾, Piero Nelli ⁽¹⁾, Angelo Viterbo ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Regione Umbria – Idrografico Regionale - Servizio Risorse Idriche e Rischio Idraulico. Piazza Partigiani 1 – Perugia

E-mail: mstelluti@regione.umbria.it

La determinazione di formulazioni che forniscano un valore atteso della precipitazione in funzione del tempo di ritorno e della durata di pioggia costituisce un passo fondamentale per il corretto dimensionamento delle opere idrauliche anche alla luce di evidenti cambiamenti dei fenomeni meteorici osservati e della frequenza di accadimento.

A tal fine la Regione Umbria ha commissionato una ricerca metodologica ed operativa finalizzata all'analisi degli eventi estremi nel bacino del Tevere mediante lo sviluppo di un modello probabilistico di regionalizzazione delle precipitazioni basata sull'aggiornamento delle serie pluviometriche del Servizio Idrografico della Regione Umbria. Le ricerche oggetto della convenzione sono state condotte congiuntamente dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, CNR-IRPI, e dal Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia.

La revisione della regionalizzazione delle piogge intense in Umbria ha portato, dopo 23 anni dall'ultima effettuata (pubblicata nel 1996), alla realizzazione di un portale web open-source, liberamente fruibile e consultabile (<https://servizioidrografico.regione.umbria.it/regionalizzazione>) nel quale sono reperibili gli spessori di pioggia su celle di 10x10 km per tutto il territorio regionale, per tempi di ritorno di 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anni, unitamente ad una procedura semplificata per la determinazione dell'altezza di pioggia con durate e tempi di ritorno scelti dall'utente, compresi tra 2 e 200 anni e durata tra 1 e 48 ore.

Nell'ottica di una maggiore diffusione dei dati storici raccolti dalla Regione, sono stati scansionati e resi disponibili liberamente gli annali idrologici e gli studi delle piogge pubblicati dalla Regione Umbria dal 1985 al 2016, nonché i dati della stazione Perugia Storica dal 1811 ad oggi.

Quanto riportato va ad aumentare il numero e la qualità dei servizi disponibili nel sito web del Servizio Idrografico della Regione Umbria da intendersi quale strumento interattivo per la diffusione e la condivisione dei dati, degli studi e delle analisi a supporto della gestione della risorsa idrica e della valutazione del rischio idraulico.

COUPLING ANN TECHNIQUE WITH 1D HYDRODYNAMIC MODEL FOR LOW FLOW FORECASTING

Eugenio Cividini⁽¹⁾, Giulia Garegnani⁽¹⁾, Stefano Tasin⁽¹⁾, Matteo Dall'Amico⁽¹⁾

⁽¹⁾ MobyGIS Srl, Viale Dante, 300, 38057 Pergine Valsugana TN

E-mail: eugenio.cividini@mobygis.com, giulia.garegnani@mobygis.com, stefano.tasin@mobygis.com, matteo@mobygis.com

Access to enough water of sufficient quality is crucial for all human, animal, and plant life as well as for economic activities. Climate change is challenging scientist and researchers to deal with the conflicting demand of water in all sectors. Underestimating the posed risk of drought periods could have significant consequences for policy, planning and economic activities.

Low flows can affect the exploitation of the water resource also in large rivers. Generally, the river discharge during a low flow period originates from groundwater or snow and lake storage. Low flows may occur in any season, mainly due to the lack of water input into a basin over a long period. This can be a dry period with a climatic water deficit (summer low flows) or a period with temperatures below zero, when the storage of precipitation is in the form of snow (winter low flows). Low flow is, therefore, defined as a seasonal phenomenon.

Seasonal forecasting models can support the management of the resource and decrease potential conflicts. Different model techniques can be used to generate seasonal forecasti for river discharge. Among them, Artificial Neural Network (ANN) have been widely used in the literature. These models are based on data-driven technique.

Physically-based models are, instead, based on the understanding of the main process in the system (mass and energy conservation).

Several studies deal with comparing and analyzing ANN models with respect to physically-based models. Though these studies provide a thorough analysis of different techniques, in real case studies a combination of ANN and hydrodynamic models can better support the forecasting of low flows in non-gauged locations.

In this study, a ANN approach, as rainfall-runoff model, is coupled with a one-dimension hydrodynamic model and applied to the Rhine Basin.

Firstly, the most important drivers of the phenomenon are addressed, and the correlation between low flows and hydrological and meteorological variables assessed.

In order to produce a data-driving dataset to inform the neural networks, Copernicus seasonal hindcasts are used. Seasonal hindcasts are available from 1993 to 2016. This means that at least 20 years of data can be used to calibrate and validate the model. Observed hydrological data are provided by Global Runoff Data Centre (German federal institute of hydrology) in different gauged stations of the Rhine Basin with time series longer than 20 years from 1993 to 2016.

The ANN model provides discharge data at the given gauged stations.

With the aim to increase the representativeness of measurement points to other locations, it is necessary to propagate the discharge on the river network using a physically based model. A one dimensional model allows 1) to verify the conservation of mass and energy along the river network and between the available measurement points and 2) to determine the water level at any given locations along the river.

Finally, result of the whole forecasting model have been validated by comparing them with measured data in selected sections.

Since driving parameters from Copernicus dataset, used to inform the model in the calibration and validation phase, are available for a forecast period of 1-5 months, the predictive seasonal trends can be taken into account and a consistent discharge forecasting performed in order to inform plans and policies with experimental evidences.

ANALISI NUMERICA DEL CONTRIBUTO DI UNA TANA DI ANELLIDE ALL'INFILTRAZIONE

Dario Pezzotti⁽¹⁾, Marco Peli⁽¹⁾, Roberto Ranzi⁽¹⁾, Stefano Barontini⁽¹⁾

⁽¹⁾ Università degli Studi di Brescia, DICATAM

E-mail: dario.pezzotti@unibs.it, marco.peli@unibs.it, roberto.ranzi@unibs.it, stefano.barontini@unibs.it

Il 9 marzo 2016, presso il sito sperimentale di Cividate Camuno (274 m s.l.m., bacino del fiume Oglio, Alpi centrali, IT), è stato avviato l'esperimento WormEx I, per contribuire a migliorare la comprensione del ruolo della fauna tellurica nell'idrologia del suolo. L'esperimento è focalizzato sull'effetto delle tane degli anellidi – che sono facilmente riconoscibili per la presenza di gettate (*castings*) alla superficie del suolo – sui legami costitutivi dell'acqua del suolo. In questo contesto, è stata svolta anche una serie di simulazioni del flusso d'acqua nell'intorno della tana di un lombrico.

In particolare il software Hydrus2D/3D (PC-Progress s.r.o., Praga, CZ) è stato usato per risolvere l'equazione di Richards, con legami costitutivi d'equilibrio, in un dominio bidimensionale, a simmetria assiale e isotropo. Sono stati considerati quattro diversi scenari per descrivere il suolo, a seconda che esso fosse omogeneo o stratificato e che la tana dell'anellide fosse rappresentata per mezzo di un cilindro vuoto (con condizioni di *seepage*) o di un dominio poroso virtuale con leggi costitutive di un Δ -suolo (curva di ritenzione a funzione di Heaviside e minima diffusività). Diversi valori della profondità della tana (fino a 40 cm), e due diametri (2 mm e 4 mm) sono stati esplorati. Al bordo superiore è stato imposto il valore del potenziale di pressione, atto a rappresentare condizioni stazionarie di imbibizione in un suolo poco saturo o pressoché saturo.

Per caratterizzare il Δ -suolo virtuale, il potenziale di pressione all'ingresso dell'aria è stato posto pari all'altezza di risalita dell'acqua in un capillare delle stesse dimensioni della tana dell'anellide, determinata con la legge di Jourin-Borelli, e la conducibilità idraulica a saturazione è stata stimata supponendo che nella tana avesse luogo un flusso laminare alla Poiseuille. Le conducibilità così determinate sono superiori a 1 m/s: esse consentono di mantenere l'ipotesi di flusso laminare, durante la percolazione, ma possono indurre problemi di stabilità del solutore numerico.

I risultati ottenuti permettono di congetturare che, finché il flusso abbia luogo in un terreno poco saturo, il contributo dato dalla tana dell'anellide sia trascurabile. Esso diventa invece molto significativo quando il terreno sia prossimo a saturazione. Le linee di corrente si concentrano, infatti, in prossimità della tana (se rappresentata con un cilindro vuoto) o in essa (se rappresentata con un mezzo poroso equivalente).

DROUGHT MONITORING THROUGH A JOINT REMOTE-SENSING BASED INDEX

Beatrice Monteleone⁽¹⁾, **Brunella Bonaccorso**⁽²⁾, **Mario Martina**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Scuola Universitaria Superiore IUSS Pavia*

⁽²⁾ *Dipartimento di Ingegneria, Università di Messina*

E-mail: beatrice.monteleone@iusspavia.it, bbonaccorso@unime.it, mario.martina@iusspavia.it

Drought monitoring is one of the significant issues of water resources assessment, in fact appropriate water resources management strategies can be timely implemented thanks to drought early warning systems. Drought characterization, through the determination of onset, offset, severity, intensity and duration, is crucial to manage and reduce the risk. A single variable can be insufficient to fully characterize drought. More than 100 indices have been proposed to monitor drought, each one with its aim and specificity. In addition, drought monitoring can be a hard task in countries with few meteorological stations on the ground.

Drought events cause high impacts on various economic sectors, but agriculture is the most affected due to its strong dependency on water availability.

The present study aims at implementing a framework to identify drought events that cause impacts on crops, through the following two steps:

1. Creation of an index that combines, by using a bivariate normal distribution function, two of the most renowned drought indices, the Standardized Precipitation Index (McKee, 1993), which is based on precipitation only, and the Vegetation Health Index (Kogan, 1997), which is a measure of the effects of drought on the vegetation.
2. Implementation of a framework to identify drought events, by establishing starting and end date of the events on the basis of the percentage of a country's area under drought according to the new index.

Two remote-sensing datasets with a global coverage have been employed. Precipitation were retrieved from CHIRP (Funk, 2015), and the VHI was retrieved from the Global VHP of the NOAA (NOAA, 2011). SPI was computed from CHIRP precipitation and updated every week.

Haiti was chosen as case study; the country was affected by intense droughts that caused huge loss of crops and deeply affected the population. Events were identified starting from text-based information.

Drought events identified by the proposed framework were compared with the observed events. The Receiver Operating Characteristic curve was employed in the validation process. Results showed that the new index was able to identify all major drought events hitting Haiti.

The approach here proposed showed significant advantages: can be easily implemented over the entire globe at country-scale; can be applied in areas with sparse gauge coverage, and the index can be updated in near-real time, having both the datasets a short latency period.

COMBINING REMOTE SENSING DATA AND A LAND SURFACE MODEL WITHIN A PHD PROJECT TO UNDERSTAND THE IMPACT OF IRRIGATION ON THE HYDROLOGICAL CYCLE

Jacopo Dari ⁽¹⁾, **Renato Morbidelli** ⁽¹⁾, **Luca Brocca** ⁽²⁾, **Pere Quintana-Seguí** ⁽³⁾, **María José Escorihuela** ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ *University of Perugia, Department of Civil and Environmental Engineering, Perugia, Italy*

⁽²⁾ *National Research Council, Research Institute for Geo-Hydrological Protection, Perugia, Italy*

⁽³⁾ *Ebro Observatory, Ramon Llull University – CSIC, Roquetes, Spain*

⁽⁴⁾ *isardSAT, Parc Tecnològic Barcelona Activa, Barcelona, Spain*

E-mail: jacopo.dari@unifi.it, renato.morbidelli@unipg.it, luca.brocca@irpi.cnr.it, pquintana@obsebre.es, mj.escorihuela@isardSAT.cat

Human-induced changes on the hydrological cycle produce short-term impacts often larger than the effects of climate changes, even if they are not independent aspects. Among the anthropogenic activities that alter the natural hydrological cycle, the irrigation is the most impacting one. It is estimated that over 70% of global freshwater is used for irrigation practices (Foley et al., 2011). Despite the important implications of irrigation on water scarcity and food production, data on irrigation practices over large areas and for long periods are lacking, thus making difficult to obtain reliable information about where irrigation practices occur and how much water is used for them.

This PhD project is aimed to evaluate the effects of the irrigation on the hydrological cycle over two pilot Mediterranean areas, the upper Tiber river basin in Italy and the Ebro river basin in Spain. The project is structured according to two main research lines; the first one consists in estimating the amount of water used for irrigation exploiting high resolution soil moisture products, the second one consists in evaluating the irrigation effects through simulations with SURFEX, the land surface model developed by Météo-France. In order to estimate the amount of water used for irrigation, the adapted SM2RAIN method (Brocca et al., 2018) will be applied. The capability of different satellite products to detect irrigation will be evaluated; preliminary tests carried out in the Catalan and Aragonese irrigation districts in Spain show promising results obtained with DISPATCH downscaled SMOS and SMAP surface soil moisture. Comparisons between satellite and modeled soil moisture represent an alternative method to estimate irrigation.

The estimated amounts of irrigation water will be introduced in SURFEX simulations in order to represent a human-altered, real, scenario and to evaluate the effects of irrigation practices on the natural distribution of water in the study areas.

References:

Brocca, L., Tarpanelli, A., Filippucci, P., Dorigo, W., Zaussinger, F., Gruber, A. and Fernandez-Prieto, D., 2018. How much water is used for irrigation? A new approach exploiting coarse resolution satellite soil moisture products. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*. 73, 752-766.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., et al., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 478 (7369), 337–342.

VALUTAZIONE DEL BENEFICIO DELL'ASSIMILAZIONE DI OSSERVAZIONI DI CONTENUTO D'ACQUA DA SATELLITE SULLA MODELLAZIONE IDROLOGICA IN OLTRE 700 BACINI IN EUROPA

Domenico De Santis ⁽¹⁾, **Christian Massari** ⁽²⁾, **Luca Brocca** ⁽²⁾, **Stefania Camici** ⁽²⁾, **Sara Modanesi** ⁽²⁾, **Daniela Biondi** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica, Università della Calabria, Arcavacata di Rende (CS)*

⁽²⁾ *Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia*

E-mail: d.desantis@dimes.unical.it, christian.massari@irpi.cnr.it, luca.brocca@irpi.cnr.it, stefania.camici@irpi.cnr.it, sara.modanesi@irpi.cnr.it, daniela.biondi@unical.it

Le misure da remote sensing del contenuto d'acqua nel suolo sono oggetto di uso sempre crescente. Tuttavia l'effettivo vantaggio della loro assimilazione nei modelli idrologici per la simulazione dei deflussi è ancora oggetto di discussione per via di fattori critici quali ad esempio: i) la qualità del dataset da satellite, ii) l'approccio con cui le osservazioni vengono ricondotte nello spazio delle variabili del modello, iii) le modalità di caratterizzazione degli errori ed il relativo peso attribuito in fase di assimilazione.

Con l'obiettivo di fornire indicazioni per alcuni dei fattori sopracitati nella efficacia dell'assimilazione dei prodotti satellitari, è condotto un esteso esperimento di data assimilation su oltre 700 bacini distribuiti nel continente europeo, complessivamente rappresentativi di differenti condizioni climatiche e fisiografiche.

Il modello afflussi-deflussi utilizzato è di tipo concentrato e schematizza il suolo in due layer di cui il più superficiale con spessore comparabile alla profondità cui si riferisce l'osservazione da satellite. I dati di pioggia e temperatura sono ricavati dal dataset gridded E-OBS, a risoluzione giornaliera; per le misure di portata si è ricorso a più banche dati, quale ad esempio il Global Runoff Data Centre.

Per l'assimilazione sono utilizzate le osservazioni da sensori sia attivi che passivi provenienti da differenti missioni spaziali, attraverso l'impiego dei dataset ACTIVE, PASSIVE e COMBINED dell'ESA-CCI.

Per il rescaling preliminare delle osservazioni rispetto alle analoghe variabili del modello sono usati gli approcci CDF-matching e Triple collocation; quest'ultimo metodo è applicato anche per la stima della varianza d'errore, considerando diverse configurazioni della tripletta di dataset collocati. La successiva fase di data assimilation è condotta tramite Ensemble Kalman Filter.

I benefici dell'assimilazione sulla simulazione idrologica appaiono non omogenei, confermando in qualche modo i risultati contrastanti presenti in letteratura. L'utilizzo di informazione da remote sensing mostra il maggiore potenziale nelle aree con input pluviometrici caratterizzati da minore accuratezza. L'effetto sulle performance del modello idrologico derivante dall'uso di diversi prodotti ESA-CCI e di differenti tecniche di rescaling appare contenuto; viceversa le assunzioni in fase di caratterizzazione degli errori risultano avere un ruolo maggiormente critico.

TECNICA LS-PIV PER IL MONITORAGGIO DEI CORSI D'ACQUA NATURALI: UN APPROCCIO NUMERICO PER L'INDIVIDUAZIONE DI SETUP SPERIMENTALI OTTIMALI

Dario Pumo⁽¹⁾, **Francesco Alongi**⁽¹⁾, **Goffredo La Loggia**⁽¹⁾, **Leonardo V. Noto**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze, Ed. 8, 90128, Palermo*
E-mail: dario.pumo@unipa.it, francesco.alongi01@unipa.it, goffredo.laloggia@unipa.it,
leonardo.noto@unipa.it

Nuove tecniche per il monitoraggio ambientale, come le tecniche *LS-PIV* (*Large-Scale Particle Image Velocimetry*) e *PTV* (*Particle Tracking Velocimetry*), consentono una più speditiva e sicura acquisizione di misure di velocità nei corsi d'acqua. L'impiego di tecniche basate sull'elaborazione di immagini presenta infatti numerosi vantaggi che permettono di superare alcune criticità tipiche di approcci tradizionali (es. misure non invasive, low-cost, possibili anche in circostanze avverse e in real-time). Il recente sviluppo di tali tecniche è progredito di pari passo con la crescente disponibilità di sensori digitali sempre più performanti ed economici. Nonostante la grande disponibilità anche di software per l'elaborazione delle immagini, le tecniche ottiche sono ancora scarsamente impiegate in applicazioni pratiche, probabilmente per la quasi totale assenza di protocolli sperimentali consolidati.

In questo lavoro vengono esplorate alcune potenzialità del software *PIVlab*, valutandone criticamente punti di forza e debolezze. In particolare, sono state eseguite diverse simulazioni al fine di individuare possibili setup sperimentali ottimali per la stima del campo di velocità superficiale in un corso d'acqua naturale sotto diverse condizioni. Nello specifico, sono state create diverse sequenze di immagini sintetiche simulando il comportamento ideale di un tracciante galleggiante su un corso d'acqua caratterizzato da un profilo realistico di velocità lungo la sezione trasversale e da due possibili condizioni di moto (*corrente lenta* e *veloce*). Il tracciante viene ipotizzato uniformemente distribuito (*bassa, media* e *alta densità*) e con particelle circolari a diametro sia *costante* che *variabile*. Sono stati inoltre ipotizzati due possibili schemi: *ideale* (particelle traccianti bianche, su sfondo nero) e *semi-reale* (tracciante bianco disturbato da white-noise, su sfondo reale, derivato da immagini acquisite da drone su un fiume reale).

Combinando i vari parametri (velocità della corrente, densità e dimensione del tracciante, schema ideale/semi-reale) sono state ottenute varie configurazioni, per ciascuna delle quali sono state generate 100 sequenze sintetiche di immagini (da 120 frame cad), che sono state infine processate, analizzando gli errori nella stima della velocità superficiale. Tale approccio risulta estremamente utile per la definizione di idonei criteri e linee guida per la realizzazione di campagne di misure sperimentali in diverse condizioni di moto.

STIMA REGIONALE DELL'ENVIRONMENTAL FLOW E DELLA SUA VARIABILITÀ

Antonia Longobardi⁽¹⁾, Paolo Villani⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Università degli Studi di Salerno*

E-mail: alongobardi@unisa.it, p.villani@unisa.it

Il mondo dell'accademia ed i gestori idrici sono oggi coinvolti nella sfida principale di fornire alla popolazione in crescita mondiale forniture idriche affidabili, proteggendo, allo stesso tempo, l'integrità ecologica degli ecosistemi di acqua dolce. A tale scopo, l'environmental flow (EF) appare come un parametro critico da valutare al fine di sostenere o ripristinare gli ecosistemi e di mantenere i servizi ecosistemici.

Le metodologie di stima dell'EF sono spesso state criticate a causa della soggettività, dell'arbitrarietà o dell'incompletezza e, nella misura in cui rappresentano effettivamente metodologie complementari, una tendenza chiara sembra essere orientata verso l'uso di metodi idrologici e combinati soprattutto nel contesto europeo. Qualunque essa sia, la metodica di stima dovrebbe tenere conto della variabilità naturale del deflusso determinata dalle dinamiche del clima e dell'uso del suolo e dai consumi domestici, agricoli e industriali impattanti. Un'ampia letteratura si è concentrata sulla variabilità intra-annuale per la valutazione dell'EF, discutendo sui diversi valori che l'EF dovrebbe avere in base alle particolari condizioni del deflusso durante l'anno, ricorrendo ad una variabilità mensile piuttosto che stagionale. Oltre alla variabilità intra-annuale, la dinamica del clima è anche caratterizzata da una variabilità inter-annuale, di particolare rilievo in specifiche aree come il bacino del Mediterraneo. Allo stato attuale, l'impatto di questa particolare caratteristica sulla valutazione di EF non è stato affrontato in modo esaustivo e la proposta di una metodologia per la stima della variabilità di EF e di EF stesso in ambienti dove le reti fluviali sono spesso regolamentate a causa delle limitate risorse idriche disponibili è cruciale per quantificare il potenziale approvvigionamento idrico.

Con questi obiettivi, una stima alla scala regionale di EF e della relativa variabilità è stata proposta mediante metodi idrologici regressivi che usano descrittori morfologici e climatici, come l'area del bacino idrografico, le precipitazioni, l'elevazione, l'uso del suolo, la geologia. I risultati incoraggiano una fattibile quantificazione dell'incertezza relativa alle dinamiche climatiche e una potenziale identificazione dei sistemi più impattati, che rappresenta un punto di vista essenziale per le previsioni future in una prospettiva di cambiamento ambientale globale.

HOW DOES TREE WATER UPTAKE CHANGE OVER TIME ALONG A HILLSLOPE?

Ginevra Fabiani ^(1,2), **Julian Klaus** ⁽²⁾, and **Daniele Penna** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Department of Agricultural, Food, Environment and Forestry, University of Florence, Florence, Italy*

⁽²⁾ *Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Department Environmental Research and Innovation, Belvaux, Luxembourg*

E-mail: ginevra.fabiani@list.lu, julian.klaus@list.lu; daniele.penna@unifi.it

Trees connect and modulate water flux from the Earth's surface to the atmosphere and provide several hydrological services including water protection, infiltration and soil development, runoff mitigation and thus reduction of potential flooding. Under the current global warming conditions, forest ecosystems are expected to be strongly affected by temperature increase and water shortage, requiring more effective and careful forest management practices. To inform science-based sustainable forest management, a holistic comprehension of the interactions and feedbacks between vegetation and the water cycle is needed. Water stable isotopes have been widely used to determine tree water uptake sources (i.e., soil water from different depths, shallow groundwater, stream water), but a detailed understanding of the first order controls (i.e., topography, geology, pedology and environmental conditions) on water uptake dynamics is still missing.

In the present study, we investigate the spatio-temporal dynamic of water sources for beech and sessile oak trees along a hillslope in a Luxembourgish catchment taking advantage of the tracer capability of the stable isotopes of hydrogen and oxygen (^2H and ^{18}O). The underlying hypotheses are that i) the landscape position (e.g., bottom-hillslope, mid-hillslope, upper hillslope) determines the accessibility of groundwater for tree water uptake, ii) this accessibility is a function of climate variability, and iii) species-specific uptake pattern exists according to plant root architecture.

Fortnightly field campaigns are carried out over the whole growing season in 2019 to sample water from xylem, soil water at different depths, groundwater, stream water, and precipitation. Soil water isotopic composition is measured through direct vapour equilibration (ranging from an average of -8.9 and -55.2‰ at 0-5 cm to -11.3 and -66.9‰ at 60 cm for $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$, respectively) and xylem water is extracted via cryogenic distillation. Grab sampling is performed for the other potential water source. The isotopic composition is determined through laser spectroscopy and mass spectrometry (for xylem samples). Sap flow is also measured at selected trees, and hydro-meteorological data are available on site. To determine the most likely proportional contributions of water sources for the different trees of the two species, a multi-source Bayesian mixing model framework is applied.

UN CASO STUDIO DI MONITORAGGIO BATIMETRICO NEL LAGO DI CASTEL DELL'ALPI (APPENNINO BOLOGNESE) CON IL ROBOT ACQUATICO OPENSAP - UNA BUONA PRATICA PER LA GESTIONE DEGLI INVASI NATURALI ED ARTIFICIALI

Fabrizio Del Bianco ⁽¹⁾, **Francesco Riminucci** ⁽¹⁾, **Marco Aleotti** ⁽²⁾, **Aldo Fantini** ⁽²⁾, **Valentina Ferrante** ⁽¹⁾, **Francesco Suriano** ⁽¹⁾, **Giuseppe Stanghellini** ⁽³⁾

⁽¹⁾ *Proambiente S.c.r.l.- Tecnopolo CNR, 40129, Bologna*

⁽²⁾ *Unione Comuni Appennino Bolognese, 40038, Vergato (BO)*

⁽³⁾ *CNR-ISMAR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine, 40129, Bologna*

E-mail: f.delbianco@consorzioproambiente.it; f.riminucci@consorzioproambiente.it

L'analisi morfologica dei fondali dei corpi d'acqua è un passaggio essenziale in tutte le attività di conservazione e gestione dei bacini e di sfruttamento delle risorse idriche. Per questo un monitoraggio programmatico è propedeutico a: i) valutare portata e dinamiche idrauliche, ii) pianificare azioni di manutenzione e recupero, iii) monitorare l'interazione con gli argini e le infrastrutture presenti, iv) studiare i fenomeni erosivi e deposizionali.

I metodi tradizionali per effettuare tali rilievi richiedono imbarcazioni strumentate con ecoscandagli *singlebeam* o *multibeam*, accurati sistemi di posizionamento ed operatori specializzati a bordo. Tali operazioni risultano nell'insieme onerose e difficilmente inseribili, in termini economici, in una pianificazione di monitoraggio a lungo termine, spesso necessaria per analizzare le dinamiche idrauliche. Inoltre, in ambienti con un limitato battente d'acqua o con la presenza di numerose secche, risulta complicato se non impossibile, eseguire rilievi con imbarcazioni.

Lo sviluppo negli ultimi anni di veicoli autonomi, in grado di navigare e controllare sensori autonomamente ha aperto la possibilità di effettuare monitoraggi batimetrici anche in ambienti acquatici di difficile accesso, pericolosi e con un battente d'acqua anche inferiore ai 50cm. L'utilizzo di questi *robot* ha inoltre abbassato notevolmente i costi di esercizio. Queste tecnologie sono state impiegate nel lago di Castel dell'Alpi (Comune di S. Benedetto Val di Sambro – BO), un bacino naturale interessato nel corso degli ultimi anni da una serie di interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare l'invaso anche a fini antincendio (attività co-finanziata dal PSR dell'E.-R. 2014-20, Mis.8 – operazione 8.3.01). Nell'arco di 3 mesi, prima e dopo alcune operazioni di dragaggio, sono stati condotti 3 rilievi batimetrici ad alta risoluzione in un'area del lago soggetta ad un progressivo interrimento attraverso l'utilizzo del Robot acquatico *OpenSWAP* – un veicolo autonomo di superficie di tipo catamarano, sviluppato da Proambiente in collaborazione con ISMAR-CNR (Bologna). L'attività, ripetuta con un'alta risoluzione temporale, sta fornendo dati utili all'Ente attuatore degli interventi - l'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese – al fine di poter valutare l'efficacia degli interventi di dragaggio effettuati, programmare le future manutenzioni e comprendere le dinamiche di interrimento dell'invaso al fine di progettare opere atte a limitarlo.

SESSIONE III

Il coinvolgimento dei cittadini nella gestione partecipata delle risorse idriche e del rischio idraulico e idrogeologico

PREVENIRE IL RISCHIO ALLUVIONI RENDENDO LE COMUNITÀ RESILIENTI

Morena Barilani⁽¹⁾; Clarissa Dondi⁽¹⁾; Astrid Franceschetti⁽¹⁾; Valeria Pancioli⁽¹⁾

⁽¹⁾ Emilia-Romagna Regional Agency for territorial safety and civil protection

E-mail: valeria.pancioli@regione.emilia-romagna.it

Il progetto Life PRIMES mira a ridurre i danni al territorio e alla popolazione causati da alluvioni fluviali e marine derivate, in particolare, da intensi fenomeni meteorologici, rendendo le comunità più consapevoli sul rischio alluvioni correlato al cambiamento climatico e sui comportamenti adeguati da assumere.

I Partner del progetto hanno creato una rete di conoscenze e buone pratiche relative al rischio di alluvione, alle procedure di allerta, alla informazione e formazione, utili per le comunità locali. È stato progettato e implementato un processo partecipativo nelle aree pilota situate nelle Regioni coinvolte, attraverso workshop rivolti a stakeholder selezionati e amministratori locali, utilizzando uno strumento digitale appositamente costruito che consente la redazione di un Piano civico di adattamento (CAAP). Il CAAP è volto a valutare il livello di conoscenza dei cittadini sulle tematiche legate alle alluvioni, nonché a colmare eventuali lacune attraverso cinque brevi video tutorial, a classificare, secondo un ordine di priorità, delle azioni di adattamento precompilate ed infine consente di sottoporre all'attenzione del Comune ulteriori proposte per prevenire il rischio di inondazioni.

Nell'esperienza della Regione Emilia-Romagna, i risultati mostrano, relativamente alle aree pilota, una buona percezione del rischio, inoltre circa il 25% dei partecipanti ha contribuito attivamente alla definizione delle azioni di adattamento che potrebbero essere integrate nei piani di protezione civile comunali.

Per completare questo processo, sono state organizzate, due esercitazioni per testare la risposta del sistema di Protezione Civile e per fornire alla popolazione e agli amministratori locali il maggior numero di informazioni adeguate a prepararsi in caso di emergenza. Le simulazioni hanno coinvolto diverse famiglie residenti in aree ad alta pericolosità di alluvione e circa ottanta studenti delle scuole secondarie. Inoltre, è stata effettuata un'azione dimostrativa selezionata dai Piani di adattamento civico pervenuti che ha riguardato la compilazione del Piano familiare di emergenza. Il seguito del progetto è focalizzato sulla esportazione e replicabilità delle buone pratiche consolidate in questa esperienza e sul monitoraggio costante dell'attuazione delle azioni di adattamento integrate nella pianificazione di protezione civile comunale.

UTILIZATION OF MOBILE PHONE DATA TO ESTIMATE PEOPLE EXPOSURE TO FLOODINGS

Matteo Balistrocchi⁽¹⁾, **Rodolfo Metulini**⁽²⁾, **Maurizio Carpita**⁽²⁾, **Roberto Ranzi**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Department of Civil, Environmental, Architectural Engineering and Mathematics, University of Brescia*

⁽²⁾ *Department of Economics and Management, DMS Stat Lab, University of Brescia*

E-mail: matteo.balistrocchi@unibs.it, rodolfo.metulini@unibs.it, maurizio.carpita@unibs.it,

roberto.ranzi@unibs.it,

Flood risk has shown an increasing trend since several decades both in developed and in developing countries, so that it has become one of the most serious threats to human safety and assets. The significant flood risk increase has induced a change in flood defence paradigms, in favour of a more holistic approach. Actually, a flood risk mitigation can be achieved by acting separately on its individual components: hazard, exposure and vulnerability. Non-structural practices, such as emergency management plans, demonstrated to be effective in decreasing both citizen exposure and vulnerability to floods in real-time.

Crowding maps related to characteristic spatiotemporal patterns, which can be referred to as dynamic exposure maps, could provide a valuable tool to enhance the emergency managers' preparedness. In this paper, the suitability of mobile phone data to derive crowding maps is discussed. A suitable test case was identified in a strongly urbanized area, subject to frequent floodings and located in the western outskirts of Brescia town (northern Italy). For this area a two-year long dataset of TIM users' geo-localizations is available (Erlang measures). Data analysis was carried out by using a novel geo-statistical technique based on a histogram of oriented gradients, coupled with a model-based functional data clustering. Moreover, to extrapolate the number of resident people from TIM users, a spatial record linkage of mobile phone data to district census records was used.

Six groups of characteristic daily time patterns were detected for eight flood prone areas (whose spatial extents were derived by using a design event approach referred to a ten-year return period scenario): July, August, September, weekends (all year excluding July, August and September), February-June (excluding weekends) and October-January (excluding weekends). Such characteristic spatiotemporal patterns were delineated in terms of expected value and associated with a confidence interval.

In consideration of its statistical support, this novel methodology appears to be particularly appealing in order to estimate exposure maps and the related risk. Conversely, crowdsourcing techniques are still affected by several drawbacks and great uncertainties. Indeed, dynamic exposure maps derived by mobile phone data have potentials to substantially improve emergency plans, so that real-time rescues and relief supplies could be better addressed.

CLASSIFICAZIONE DEI FENOMENI E DELLE CONSEGUENZE DELLE ALLUVIONI

Pasquale Versace ⁽¹⁾, **Daniela Biondi** ⁽¹⁾, **Graziella Emanuela Scarcella** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *CAMILab (Laboratorio di cartografia automatica e modellistica idrogeologica), DIMES, Università della Calabria*

E-mail: linoversace@libero.it, daniela.biondi@unical.it, graziellascarcella90@libero.it

Il Sistema di allertamento nazionale per la previsione real time di inondazioni e frane ha bisogno dello sviluppo armonico di tutti gli elementi e le fasi che lo compongono: previsione/monitoraggio della forzante pluviometrica; modellistica per simulare i fenomeni sui versanti, in alveo e nelle aree inondate; procedure per valutare le conseguenze degli eventi.

Tali componenti devono essere inquadrare in una visione unitaria, commisurando il grado di dettaglio all'obiettivo che si vuole e si può realisticamente conseguire. Nella realtà mentre i modelli di simulazione sono ad un livello più che adeguato, le altre due componenti richiedono ulteriori sviluppi.

In particolare, c'è una notevole discrasia tra la scala spaziale alla quale l'informazione può risultare realmente utile per la sicurezza delle persone e la salvaguardia dei beni e quella, molto più piccola, alla quale sono disponibili informazioni, peraltro piuttosto incerte, sui valori previsti della forzante meteorologica che innescherà l'intero processo.

D'altro canto la valutazione delle conseguenze è fatta con metodi disomogenei che adottano criteri di classificazione finalizzati alla descrizione di quanto accaduto in una specifica circostanza e al censimento dei danni registrati. Essi pertanto sono poco adatti ad esser utilizzati in fase previsionale, perché spesso sono eccessivamente dettagliati e prevedono informazioni irrilevanti in fase previsionale.

Ne deriva un proliferare di classificazioni che offrono risposte parziali e finiscono per creare un disorientamento sui decisori finali, che sono i sindaci, e sui cittadini che non hanno strumenti adeguati per rendere reale la loro autotutela. Le Indicazioni operative emanate dal Dipartimento di Protezione civile nel febbraio 2016 (IO) sono uno strumento importante per superare tali difficoltà, ma risultano ancora insufficienti.

Questo lavoro descrive una ipotesi di riorganizzazione delle informazioni contenute nelle IO, anche sulla base dello schema previsto dalla piattaforma FloodCat. La procedura comprende: riclassificazione dei fenomeni ipotizzati dalle IO, verificando la congruenza con le indicazioni di FloodCat; identificazione di un numero ristretto di scenari tipici di evento (STE); attribuzione dei fenomeni a ciascuno degli STE; riclassificazione dei danni ipotizzati dalle IO, verificando la congruenza con le indicazioni di FloodCat; attribuzione dei danni a ciascuno degli STE. In tal modo è possibile ricostruire la catena: forzante pluviometrica, STE, fenomeni attesi, danni attesi.

POST-FLOOD SURVEYS FOR ASSESSING THE CONSEQUENCES OF A FLOOD EVENT: THE STUDY CASE OF PIOVERNA TORRENT

Alessio Cislaghi⁽¹⁾, **Paolo Fogliata**⁽¹⁾, **Paolo Sala**⁽¹⁾, **Emanuele Morlotti**⁽¹⁾, **Alessio Moscaritoli**⁽²⁾, **Marco Fontana**⁽²⁾, **Fernando Altobello**⁽³⁾, **Angela Nadia Sulis**⁽²⁾, **Diego Terruzzi**⁽²⁾, **Gian Battista Bischetti**⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Department of Agricultural and Environmental Sciences (DiSAA), University of Milan, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy*

⁽²⁾ *Directorate-General for Territory and Civil Protection, Lombardy Region, Piazza Città di Lombardia 1, 20124 Milan, Italy.*

⁽⁴⁾ *Interregional Agency for the Po River (AIPo), Strada Giuseppe Garibaldi 75, 43121 Parma, Italy
E-mail: alessio.cislaghi@unimi.it*

Flooding represents one of the most significant natural disasters, responsible for fatalities and huge economic damages. Such events cause markable changes on the fluvial-geomorphic landforms and on the riparian vegetation, modifying remarkably the fluvial environment from different points of view. Although there is an improvement of public awareness of dangers related to such phenomena, the lack of systematic and comprehensive investigations associated with environmental controls and consequent impacts remains evident. In this regards, post-event surveys represent a necessity to gain experience and knowledge for adapting methodologies for forecasting and technical countermeasures design. A complete documentation of a flood event should include a number of field- and desk-based activities that, however, are demanding in terms of time-consuming and human resources. Moreover, geomorphological surveys must be carried out immediately after the flood event to detect clear references that can be generally cleaned up by restoration activities and/or further flooding events.

This study shows a field survey procedure achieved in analysing the flash flood occurred on June 12th 2019 along a 2 km stretch of Pioverna torrent in Valsassina (Lombardy, Italy). The post-event surveys consist in collecting meteorological data, digital photogrammetric observations, field evidences of the flood, delimitation of flooded areas, reconstruction of peak discharge and interviews with eyewitnesses. Few days after the event, rainfall data have been downloaded by the neighbouring meteorological stations. Few weeks after, detailed topographic survey using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and permanent Ground Control Points as check points has been carried out to build the Difference of the Digital elevation models. Necessarily, a pre-event survey carried out with the same methodology has to be available for the same stretch.

The results show that, first, the adopted methodology is a good balance between accuracy, speed, effort and acquired information. UAV photogrammetric survey allows to efficiently detect both the geomorphological changes and the flood-damaged areas. Secondly, the change in vegetation patterns confirms the strong control of fluvial geomorphological processes; in particular, differences in vegetation response are evident in eroded streambank and in sediment deposition areas.

Finally, this study underlines how the post-flood surveys have a strategic importance for a wide spectrum of multidisciplinary aspects, from ecology to hydraulics, and offers an example of how different tools and activities can be efficiently combined to obtain a faithful reconstruction of the flood event and of its consequences and damages. A standardisation of such a procedure should be drafted into specific guidelines and included into the plan of post-emergency management.

HYPERstreamHS: A DUAL LAYER MPI CONTINUOUS LARGE SCALE HYDROLOGICAL MODEL FOR HUMAN SYSTEM

Bruno Majone ⁽¹⁾, **Andrea Galletti** ⁽¹⁾, **Diego Avesani** ^(1,2), **Alberto Bellin** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *University of Trento, Department of Civil, Environmental and Mechanical Engineering, Trento, Italy*

⁽²⁾ *Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Bozen-Bolzano, Italy*

E-mail: bruno.majone@unitn.it, andrea.galletti-1@unitn.it, diego.avesani@unibz.it, alberto.bellin@unitn.it

The contest of climate change and water scarcity scenarios forces the development of proper hydrological models able to deal both with large scale and long term simulations where a key role is played by the interaction between the hydrological cycle and artificial human infrastructures.

In this framework, hydrological models are characterized by high computational demands where large scale and long time simulations imply dealing with a large amount of data while predictions and uncertainty analyzes require fast run-time. However, only recently the High Performance Computing (HPC) with parallel computing began to have a key role in hydrological modeling. In particular, parallelization standard such as Message Passing Interface (MPI) and Open Multi-Processing (openMP) have been applied to serial hydrological models in order to reduce computational time of hydrological simulation and uncertainty analyses.

Despite the unquestionable advantages in parallel computing, it presents some limits: the speedup, which is the improvement in run time execution due to parallelization, does not increase once the number of processors exceeds a certain threshold. This issue is particularly evident in hydrological models where streamflow routing along the river network has to be executed serially, thus not allowing full parallelization of the code.

Motivated by above, in this work we present a new version of the hydrological model HYPERstream, named HYPERstreamHS, which has been parallelized with a double-layer approach based on the MPI standard. Specifically, the first layer represents the parallelization of the hydrological model itself: parallel simulation of hillslope hydrological fluxes and routing along the river network. Afterward, the second level of parallelization is embedded over the first. This second layer deals with model calibration and uncertainty analyses by subdividing the available processors in sub-sets, each one managing an independent simulation of the hydrological model adopting a given set of parameters.

The scalability and efficiency of the dual-layer approach applied to HYPERstreamHS have been tested on the Adige river basin. The results show that the scalability of the first layer, as expected, drops rapidly while the second layer of parallelization is able to restore performances to an almost ideal speed-up.

SCENARI DI EVENTO E SCENARI DI RISCHIO PER IL PRESIDIO TERRITORIALE DELLE AREE VULNERABILI

Pasquale Versace⁽¹⁾, **Giovanna Capparelli**⁽¹⁾, **Francesco Cruscomagno**⁽¹⁾, **Laura Politanò**⁽¹⁾, **Danilo Spina**⁽²⁾, **Damiano Vacha**⁽³⁾

⁽¹⁾ CAMILab (Laboratorio di cartografia automatica e modellistica idrogeologica), DIMES, Università della Calabria

⁽²⁾ Fondazione Politecnico di Milano

⁽³⁾ Dipartimento di Scienze della terra, Università degli studi di Torino

E-mail: linoversace@libero.it

In questo lavoro sono descritte, avvalendosi di casi di studio, le caratteristiche essenziali di due documenti indispensabili per le attività di presidio: la carta degli scenari di evento e la carta degli scenari di rischio, messi a punto nel corso degli ultimi anni dal CAMILab.

In particolare gli elementi principali della carta degli scenari di evento sono la delimitazione delle aree vulnerabili; la valutazione puntuale della intensità (magnitudo) dell'evento; le direzioni di propagazione; la localizzazione dei punti singolari, vale a dire:

- punti critici nei quali il fenomeno può originarsi o può evolvere o trasformarsi in modo sfavorevole, ad esempio cambiando direzione o intensità;
- punti di osservazione dove è possibile controllare, in condizioni di sicurezza, l'evolvere del fenomeno o effettuare la lettura di strumenti;
- punti sensibili, quali edifici strategici, scuole, ecc.

la carta deve contenere anche la delimitazione delle aree potenzialmente vulnerabili, cioè quelle che possono essere colpite in casi particolari come, ad esempio, in seguito al cedimento di un'arginatura.

Per costruire gli scenari di rischio è necessario stimare la vulnerabilità degli elementi esposti (persone, beni monetizzabili, beni non monetizzabili). Nelle applicazioni in ambito PAI e PGRA molto spesso si trascura questa componente, attribuendole, in modo perlopiù implicito, il valore massimo pari ad 1. Al contrario, la valutazione della vulnerabilità è essenziale nella gestione dell'emergenza quando l'evento si può considerare certo e quindi il rischio coincide con il danno.

Per valutare la vulnerabilità e il rischio il CAMILab ha proposto nel 2017 la procedura EVIL (Evaluation of Vulnerability to Inundation and Landslides), che in estrema sintesi prevede:

- l'identificazione degli oggetti, intesi come elementi territoriali minimi da analizzare (singolo edificio, tratto di strada, ecc);
- l'individuazione di fattori principali che incidono sulla vulnerabilità di una persona (intensità dell'evento, punto in cui si trova l'oggetto, caratteristiche delle persone, ecc);
- l'individuazione degli attributi con i quali possono essere esplicitati i diversi fattori (per le persone, ad esempio, età, grado di conoscenza della lingua, stato di salute, ecc.);
- la definizione di algoritmi per stimare per ogni oggetto i valori degli attributi e di conseguenza il valore dei fattori;
- la conseguente valutazione per ciascun oggetto di un proprio indice di vulnerabilità individuale (IVI) che esprime la vulnerabilità di una persona che si trova in quell'oggetto;
- la valutazione di un indice di affollamento in ciascun oggetto;
- la valutazione del rischio per ogni oggetto;
- la costruzione della carta degli scenari di rischio che riporta i diversi oggetti suddivisi per classi di rischio.

SERVIZI IDROLOGICO-IDRAULICI DELL'AGENZIA SICUREZZA TERRITORIALE E PROTEZIONE CIVILE: ALCUNE APPLICAZIONI IN ROMAGNA

Davide Sormani ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Agenzia regionale Sicurezza del Territorio e Protezione Civile - Area Romagna

E-mail: davide.sormani@regione.emilia-romagna.it

Da diversi anni l'ex-STB Romagna ora Agenzia regionale per la Sicurezza Territoriale e Protezione Civile, ha sviluppato una serie di servizi interni e per esterni (Enti e privati) al fine di dare celeri risposte in ambito idrologico idraulico, sia in funzione delle esigenze di progettazione di sistemazioni idrauliche che per istruttorie tecniche sulle più disparate pratiche autorizzative/concessorie in ambito fluviale. I principali sviluppi, tutt'ora utilizzati, si possono riassumere nelle seguenti:

- **Applicazioni idrologiche in QGIS al fine di determinare le portate di progetto per piene a vari tempi di ritorno:** tale applicazione idrologica come plug-in in QGIS deriva da un recente aggiornamento (2016-2017) di una precedente utility del 2006 in ambiente ArcView; trattasi della determinazione delle portate al colmo per assegnato tempo di ritorno, in una sezione generica del reticolo idrografico romagnolo, ciò in qualsiasi punto/sezione di interesse ove sia presente la digitalizzazione del reticolo idrografico. Tale accezione risulta fondamentale al fine della copertura integrale del territorio, specie per i rii minori, scoli secondari che non sono mai stati studiati in ambito di pianificazione e per interventi di sistemazione locali.
- **Sistema EFFORTS di previsione in tempo reale dei fenomeni di piena fluviale:** è un software implementato nel territorio romagnolo nel 2006-2007 ed aggiornato per l'area di Rimini nel 2016; esso prevede il monitoraggio in tempo reale di: dati meteo-idro-pluviometrici provenienti da strumentazione al suolo tradizionale, da radar, satellite; previsioni meteorologiche; previsioni di piena; i moduli sono quello di *previsione su base idrologica* con simulazione della trasformazione afflussi deflussi e quello di *previsione su base idraulica* con modelli in HEC-RAS.
- **Aggiornamento e sviluppo del sistema RIDI (Rete Idraulica Digitale Integrata)** della modellistica in HEC-RAS dei corsi d'acqua romagnoli: il progetto nasce dall'ex Servizio Tecnico di Bacino Romagna man mano che venivano prodotti studi da parte dell'AdB Fiumi Romagnoli, acquisendo la modellistica idraulica ed inserendola in un unico data-base; man mano che giungevano nuovi rilievi, nuovi studi, informazioni cartografiche aggiuntive, si procedeva ad aggiornare la modellistica così da avere un quadro sempre aggiornato e poter rispondere prontamente alle esigenze progettuali ed alle verifiche/richesta dati necessarie per espletare pratiche inerenti i vari aspetti dell'ambito fluviale (autorizzazioni, nulla-osta, pareri, concessioni demaniali, invasi collinari, ...).
- **Mappatura GIS delle criticità idrauliche** al fine della predisposizione dei Piani di Protezione Civile e del Servizio di Piena Agenzia: dal lavoro dell'AdB ed ex-STB, tramite la definizione di "rischio" idraulico che contempla oltre alla probabilità di accadimento dell'evento di piena anche la vulnerabilità ed il valore esposto, si sono mappate le criticità idrauliche con strumenti GIS e si sono impostate delle schede monografiche da implementare/AGGIORNARE DA PARTE DEI Comuni e dei volontari di Protezione Civile.
- **Attività del Tavolo Reti** per il monitoraggio, sviluppo, aggiornamento della rete di misuratori idrologici-idraulici del territorio romagnolo.

Tale contributo ha l'obiettivo, oltre all'illustrazione dei servizi sopra menzionati, di condividere e mettere a sistema le conoscenze acquisite in maniera tale da procedere ad una migliore gestione dei dati a disposizione, sviluppare aggiornamenti e nuove metodologie scientifiche (in sinergia con Enti di Ricerca ed Università), fornire servizi sempre più puntuali agli altri Enti tecnici operanti sul territorio (Province, Consorzi di Bonifica, Comuni) ed alla cittadinanza. Sviluppi futuri, in programma, tenderanno ad ulteriori aggiornamenti di tali strumenti, ritenuti fondamentali all'obiettivo di prevenzione, gestione e mitigazione del rischio idrogeologico ed idraulico nel territorio romagnolo.

A PILOT HYDROLOGICAL MODELING IN TRANSBOUNDARY KOSHI RIVER BASIN [TIBET(CHINA), NEPAL, INDIA]. GLOBAL HYDROLOGICAL MONITORING AND FLOOD FORECASTING SYSTEM (GH²MF²) NON-PROFIT PROJECT

Enrique Ortiz^(1,7), **Guillermo Santana**^(2,7), **Giovanni B. Chirico**^(3,7), **Enrique Cifres**^(4,7), **Carlo de Michele**^(5,7), **Ezio Todini**^(6,7)

⁽¹⁾ *Idrologia e Ambiente srl. Naples, Italy - GH2MF2 Non-Profit*

⁽²⁾ *Hydrologist Consultant. Tenerife, Spain - GH2MF2 Non-Profit*

⁽³⁾ *Università degli Studi di Napoli "Federico II". Naples, Italy - GH2MF2 Non-Profit*

⁽⁴⁾ *Hydraulic and Hydrological Senior Consultant. Valencia, Spain - GH2MF2 Non-Profit*

⁽⁵⁾ *Ariespace Srl- Spin off Università degli Studi di Napoli "Federico II". Naples, Italy - GH2MF2 Non-Profit*

⁽⁶⁾ *Presidente Onorario della Società Idrologica Italiana (SII-IHS) - GH2MF2 Non-Profit*

⁽⁷⁾ *GH2MF2- Non-Profit Association for a Participated Global Hydrological Monitoring and Flood Forecasting System, Salerno, Italy - www.gh2mf2.org*

E-mail: enrique.ortiz@gh2mf2.org, gsangon@gmail.com, giovannibattista.chirico@unina.it, enrique@cifres.com, carlo.demichela@ariespace.com, ezio.todini@yahoo.it, info@gh2mf2.org

The development of GH²MF² project was motivated from solidarity and from the need to dignify the most disadvantaged people living in the poorest countries in the world (Asia, Africa and South America), which are continually exposed to changes in the hydrologic cycle suffering events of large floods and/or long periods of droughts due to climate change. The key philosophy behind GH²MF² is that anyone citizen in the world should deserve free access to hydrological information and forecasts, through a Web-GIS based platform in an interactive and bidirectional way. GH²MF² is an open non-profit tool, designed to provide real time hydrological monitoring and forecasting at global scale, together with an assessment of predictive uncertainty, by combining hydrological to meteorological ensemble uncertainty, described as a function of the meteorological ensemble spread. To carry out the project, a Non-Profit association was established with legal headquarters in the Italian Republic in 2017, founded by three of the authors of this Conference Paper: "GH²MF² - Association for a Participated Global Hydrological Monitoring and Flood Forecasting System". In this Giornate della Idrologia 2019 della Società Idrologica Italiana we present the development of a demonstrational pilot implementation of GH²MF² in Transboundary Koshi River Basin (China, Nepal and India). Koshi River (कोशी नदी in nepali or Kosi River in indian) is one of the biggest tributaries of River Ganga originating from Tibet (China) and joins the Ganges in Bihar State (India) via Nepal. Total drainage area of the Koshi River is 88000 km². Majority of the area comes from Tibet and Nepal (80%), and only 20% drainage area is in Indian Territory. The River Khosi originates at an altitude of over 7000 m above MSL in the Himalayas, 6 of the 14 eight-thousanders are in the basin (Mount Everest, Kangchenjunga, Lhotse, Makalu, Cho Oyu and Shishapangma). In the north, the river is bound by the ridge separating it from the Tsangpo (Brahmaputra) River, while the River Ganga forms its southern boundary. The eastern and western boundaries are the ridge lines, separating it from the Mahananda and the Gandak/Burhi catchments respectively. The upper catchment of the river system lies in Nepal and Tibet. It enters the Indian Territory near Hanuman Nagar in Nepal. It joins the Ganga River near Kursela in Katihar district. In Nepal, this river is known as "Saptakoshi". It is formed by the confluence of seven smaller streams, namely, the Sun Koshi, the Bhote Koshi, the Tama Koshi, the Dudh Koshi, the Barun Koshi, the Arun Koshi and the Tamor Koshi, meeting above Tribeni. upstream of Chatara. But for all practical purposes, the confluence at Tribeni in Nepal is considered to be formed by the three major tributaries out of the seven, the Arun Koshi from North, the Sun Koshi from West and the Tamor Koshi from East. Below the confluence at Tribeni, the Koshi flows in a narrow gorge for a length of about 10 km., till it debouches into plains, near Chatara in Nepal. The river flows through Nepal for 50 km below Chatara to Hanuman Nagar, before it enters the Indian Territory. The main channel joins the river Ganga near Kursela in Katihar district. In plains of Bihar (Sorrow of Bihar), the river has two important right tributaries; Bagmati and the Kamla Balan rivers.

WATSHOP: LO SPORTELLO DELLA SCIENZA DELL'ACQUA SOSTENIBILE

Giovanna Grossi⁽¹⁾, Francesca Berteni⁽¹⁾, Francesca Barisani⁽¹⁾, Stefano Barontini⁽¹⁾, Roberto Ranzi⁽¹⁾

⁽¹⁾ DICATAM – Università degli Studi di Brescia

E-mail: giovanna.grossi@unibs.it, francesca.berteni@unibs.it, f.barisani@unibs.it, stefano.barontini@unibs.it, roberto.ranzi@unibs.it.

Gli sportelli della scienza sono un'espressione di ricerca partecipata basata sulle richieste delle comunità locali. Nati negli anni Settanta in Olanda per trattare alcune questioni ambientali e condividere le scelte alla base di alcune politiche ambientali, si sono gradatamente diffusi nel corso degli ultimi decenni in diversi paesi europei ed extra-europei. I temi trattati sono per lo più legati alla salute o all'ambiente, ma ci sono esempi di sportelli che trattano altri temi di interesse per la società. Per il loro approccio 'dal basso' e 'su richiesta' alla ricerca, costituiscono una preziosa opportunità di avvicinamento del mondo accademico alla cittadinanza e, in generale, a vari portatori di interesse, avviando un canale di comunicazione bidirezionale che promuove il coinvolgimento di persone di solito estranee al mondo della ricerca nello stesso processo di ricerca.

Nel programma di ricerca Horizon 2020 la Commissione Europea ha incentivato la loro espansione dedicandovi uno dei bandi del filone 'Science with and for Society' e finanziando due progetti di ricerca e innovazione. Uno di questi è il progetto SciShops (Enhancing the Responsible and Sustainable Expansion of the Science Shops Ecosystem in Europe) che è attualmente in corso e si concluderà all'inizio del 2020 con un simposio finale a Brescia. Il progetto ha visto all'inizio del 2019 la nascita di 10 nuovi sportelli della scienza presso imprese, organizzazioni senza scopo di lucro, centri di ricerca e università. WatShop (www.watshop.it) è lo sportello della scienza avviato presso l'Università degli Studi di Brescia e focalizzato sulla 'gestione, controllo e consumo sostenibile della risorsa idrica nel clima che cambia'.

L'avvio delle attività dello sportello è stato preceduto da alcuni approfondimenti di carattere interdisciplinare, utili all'inquadramento delle future attività e ad una loro programmazione a breve, medio e lungo termine. Dalla definizione di una strategia condivisa all'interno del progetto europeo, all'analisi di precedenti esperienze riportate in letteratura, alla predisposizione e revisione di un modello economico che possa rendere sostenibile l'iniziativa anche dopo la conclusione del progetto europeo. I finanziamenti europei hanno in ogni caso favorito lo scambio di buone pratiche tra più esperti e meno esperti, come anche la costruzione di un coordinamento europeo di sportelli della scienza che ha dato origine, in alcuni casi, allo sviluppo di reti nazionali.

GLOBAL SCALE HUMAN PRESSURE EVOLUTION IMPRINTS ON SUSTAINABILITY OF RIVER SYSTEMS

Serena Ceola ⁽¹⁾, Francesco Laio ⁽²⁾, Alberto Montanari ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università di Bologna*

⁽²⁾ *Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture*

E-mail: serena.ceola@unibo.it, francesco.laio@polito.it, alberto.montanari@unibo.it

Human pressures on river systems pose a major threat to the sustainable development of human societies in the twenty first century, with severe implications for anthropogenic activities and river ecosystems (Vorosmarty et al., 2010, *Nature*, <https://doi.org/10.1038/nature09440>; Mekonnen and Hoekstra, *Science Advances*, <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>). Enhancing anthropogenic activities, demographic expansion and the improvement of living standards are threatening sustainability at a global level. A first high resolution global scale assessment of human pressure on river systems (Vorosmarty et al., 2010, *Nature*, <https://doi.org/10.1038/nature09440>) showed severe water threat levels for nearly 4.8 billion people. A relevant question, which was never explored by the literature so far, is whether these threats are increasing in time, therefore representing a potential future challenge to the sustainability of river systems. We propose here a simple, objective and effective index we call Differential Human Pressure on Rivers (DHPR) to measure the annual evolution of human pressure on river systems (Ceola et al., 2019, *HESSD*, <https://doi.org/10.5194/hess-2019-227>). Given a river site and its contributing area, human pressure on river systems is defined as the ratio between the cumulative human presence and activity across the contributing area and the natural discharge generated within the same contributing area. We estimate human presence and activity by analyzing nightlights, retrieved from satellite images monitoring nocturnal luminosities. Discharge values are computed from runoff data. DHPR is computed as the annual time derivative of human pressure on river systems and identifies a per year percentage increment (or decrement) of normalized human pressures (i.e., ratio of annual values to long term average). This index, based on annual nightlights and stationary discharge data, is estimated for 2195 major river basins over a period of 22 years, from 1992 to 2013. The results show that normalized annual human pressure on river systems increased globally by a DHPR value equal on average to 1.9% and that the greatest increase occurred within the northern tropical and equatorial areas. The evaluation of DHPR over this 22 year period allows the identification of hot spot areas, therefore offering guidance on where the development and implementation of mitigation strategies and plans are most needed.

SOCIO-HYDROLOGICAL MODELING FOR WATER RESOURCE MANAGEMENT: A SUSTAINABILITY INDEX APPROACH FOR SHORT- AND LONG-TERM ANALYSES

Iolanda Borzi⁽¹⁾, Brunella Bonaccorso⁽¹⁾, Murugesu Sivapalan⁽²⁾, Alberto Viglione⁽³⁾

⁽¹⁾ *University of Messina, Italy*

⁽²⁾ *University of Illinois, Urbana-Champaign, USA*

⁽³⁾ *Politecnico di Torino, Italy*

E-mail: iborzi@unime.it, bbonaccorso@unime.it, sivapala@illinois.edu, alberto.viglione@polito.it

As pressure on limited freshwater resources has increased in response to population and economic growth, the need to improve our understanding of the interactions between water resources systems and different water uses and to properly analyze these interactions by modeling tools, has grown as well. In many regions of the world, populations' way of thinking on water consumption is oriented in a non-sustainable way, contributing to the degradation of the environment and to the detriment of the water resources they depend on.

This is also the case of the Alcantara River Basin System (Sicily, Italy), which supplies water to many cities along the northeastern coast of Sicily island, as well as to the agricultural districts and industrial areas. The ability of the river basin to meet water demand here is vulnerable to both natural (climatic) and human-induced (infrastructural) shocks, which could cause significant distress to people and the economy.

In this work, we present a simple, stylized socio-hydrological model of the Alcantara River Basin System able to simulate the complex dynamics and feedbacks that might arise from natural and human-induced shocks to the system. The aim of the work is to use the socio-hydrological model as a "screening tool" to frame water resource issues in a broad way and provide guidance to the community to change their behavior towards more sustainable water resource management, including the resilience to withstand future shocks to the system. In combination with the above-mentioned socio-hydrological model, a Sustainability Index Approach is applied in order to make the model results easy to interpret by the stakeholders.

The results of this study, coming from scenario analyses at different time scales joined to sensitivity analyses of the socio-hydrological parameters of the model, show how the community's way of thinking on environmental issues and water resource management, their capacity to remember water crisis and, in particular, their way of reacting to shocks, can affect the system in ways that can produce paradoxical results. For example, a rapid decision-making strategy (e.g., programmed in advance in anticipation of a water crisis) could be satisfying in a short term, but can also be counter-productive when viewed over the long term. Results also show that a do-nothing decision during a water crisis could highly damage the environment.

RESPONSIVENESS OF RIVER FLOW REGIMES TO RESERVOIR OPERATIONS AND CLIMATE CHANGE

Marta Ferrazzi⁽¹⁾, Roberto Vivian⁽¹⁾, Gianluca Botter⁽¹⁾

⁽¹⁾ *University of Padova, Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Padova, Italy*
E-mail: marta.ferrazzi@dicea.unipd.it, ilvivanroberto@gmail.com, gianluca.botter@dicea.unipd.it

Dams have long been designed to reconcile the conflict between patterns of human water uses and the temporal variability of flows. Over the past decades, population and economic growth led to a marked increase in water infrastructures, and by the end of the 20th century more than 45000 large dams were constructed worldwide. Nowadays, the sustainability of human water uses is threatened by the ongoing climate change, responsible for enhancing long-term streamflow fluctuations. As a result, the number of dams is projected to further increase with the goal of mitigating the impact of climate on river flow regimes. In this context, improving our understanding on the combined influence of reservoir operations and climate variability to flow alterations is going to play a key role in water planning and management. Here, this issue is first addressed through a widespread analysis of flow regime alterations by dams as driven by variable regulation capacities and heterogeneous uses. Then, streamflow stability is specifically investigated by analyzing and comparing inter-annual changes in the occurrence probability of flows in upstream and downstream reaches. The considered case studies are distributed throughout the Central-Eastern U.S., spanning a range of hydroclimatic settings and different water uses. Our results reveal a strong connection between the anthropogenic use and the hydrological impact of dams. Flood control reduces the temporal variability and spatial heterogeneity of river flows proportionally to the specific capacity allocated to mitigate floods (i.e., capacity scaled to the average inflow). However, as long as regulation simply results in the reduction of flow peaks, hydroclimatic fluctuations are conveyed unaltered in downstream reaches, or even enhanced, if a selective reallocation of flows is further performed by high regulation capacity dams with secondary uses. Urban water supply, instead, reduces the mean discharge of regulated reaches and increases the relative streamflow variability, enhancing the regional heterogeneity of flows. In this case, regulation smooths hydroclimatic fluctuations by systematically reducing the spectrum of streamflows via water withdrawals. In the light of these findings, diversified strategies should be conceived for a sustainable management of water resources, ensuring the functioning of downstream water infrastructures and the maintenance of key ecological and geomorphological instream processes.

Indice degli Autori

- Aleotti, M., 49
 Alongi, F., 46
 Altobello, F., 56
 Amarnath, G., 36
 Annis, A., 6, 29
 Aronica, G. T., 8, 14
 Avesani, D., 38, 57

 Balbo, A., 27
 Baldini, L., 12
 Balistrocchi, M., 54
 Barbeta, S., 4, 37
 Barilani, M., 53
 Barisani, F., 61
 Barontini, S., 42, 61
 Beccia, M. C., 20
 Bellin, A., 57
 Benveniste, J., 31
 Berteni, F., 61
 Biondi, D., 22, 45, 55
 Bischetti, G. B., 56
 Blöschl, G., 23
 Bonaccorso, B., 14, 43, 63
 Borga, M., 38
 Borzì, I., 63
 Boscaïno, G., 17
 Botter, G., 64
 Boyko, O., 11
 Brath, A., 35
 Brigandì, G., 14
 Brocca, L., 4, 31, 36, 44, 45

 Camici, S., 4, 31, 36, 45
 Candela, A., 8
 Capparelli, G., 58
 Caracciolo, D., 39
 Caraffini, M., 37
 Carniello, L., 9
 Carpita, M., 54
 Castellarin, A., 23, 35
 Castelli, F., 6
 Ceola, S., 62

 Cerasoli, M. A., 20
 Chirico, G. B., 60
 Cifres, E., 60
 Cipolla, G., 15
 Cipollone, A., 20
 Cislaghi, A., 56
 Cividini, E., 41
 Colaiuda, V., 17, 20
 Corso, E. A. M., 12
 Crestani, E., 9
 Cristiano, E., 26
 Cruscomagno, F., 58

 D'Alpaos, L., 9
 D'Ambrosio, R., 27
 Dal Sasso, S. F., 32
 Dall'Amico, M., 41
 Dari, J., 44
 Dazzi, S., 5
 De Luca, D. L., 22
 De Michele, C., 60
 De Sanctis, K., 20
 De Santis, D., 45
 De Santis, F., 20
 Deb Barma, S., 13
 Deidda, R., 26, 39
 Del Bianco, F., 49
 Di Baldassarre, G., 29
 Di Fabio, S., 20
 Domeneghetti, A., 7, 35
 Dondi, C., 53

 Escorihuela, M. J., 44

 Fabiani, G., 48
 Fantini, A., 49
 Farahani, H. H., 31
 Farmer, W. H., 23
 Farris, S., 26
 Ferrante, V., 49
 Ferrari, A., 5, 25
 Ferrazzi, M., 64
 Ferretti, R., 20

 Ferri, M., 16
 Fiume, A., 10, 24
 Fogliata, P., 56
 Fontana, M., 56
 Formetta, G., 13
 Franceschetti, A., 53
 Francipane, A., 15

 Galletti, A., 57
 Garegnani, G., 41
 Gaspardo, N., 10, 24
 Gioia, A., 21
 Giuliani, G., 31
 Greco, A., 22
 Gregoretti, C., 16
 Grimaldi, S., 29
 Grossi, G., 61

 Herrero, R., 19

 Iacobellis, V., 21
 Iovino, A., 20

 Klaus, J., 48

 La Loggia, G., 46
 Laio, F., 62
 Langousis, A., 39
 Lanza, L., 12
 Lazzaro, G., 10, 24
 Lidori, R., 20
 Lombardi, A., 17, 20
 Longobardi, A., 27, 28, 47
 Lun, D., 23

 Mahesha, A., 13
 Maiello, I., 20
 Majone, B., 57
 Malaterre, P. O., 7
 Mancini, M., 12
 Manfreda, S., 32
 Marra, A. C., 12
 Martina, M., 43
 Marzano, F. S., 20

- Massari, C., 4, 31, 36, 45
 Mazzarella, V., 20
 Mel, R., 9
 Metulini, R., 54
 Mignosa, P., 25
 Mignosa, S., 5
 Mobilia, M., 28
 Modanesi, S., 36, 45
 Molari, G., 7
 Molinari, F., 20
 Molinari, R., 20
 Montanari, A., 62
 Monteleone, B., 43
 Moramarco, T., 4, 30
 Morbidelli, R., 37, 44
 Morlotti, E., 56
 Moscaritoli, A., 56

 Nardi, F., 6, 29
 Nasello, C., 3
 Natazzi, L., 40
 Nelli, P., 40
 Noto, L. V., 15, 46

 Ortiz, E., 19, 60
 Oubanas, H., 7

 Pancioli, V., 53
 Panegrossi, G., 12
 Paniconi, C., 39
 Passadore, G., 9
 Peli, M., 42
 Penna, D., 48

 Perra, E., 39
 Persiano, S., 23
 Pezzotti, D., 42
 Picciotti, E., 20
 Politanò, L., 58
 Pugliese, A., 35
 Pumo, D., 46

 Quintana-Seguí, P., 44

 Ranzi, R., 42, 54, 61
 Ravazzani, G., 12
 Reggiani, P., 11
 Righetti, M., 38
 Rigon, R., 13, 18
 Riminucci, F., 49
 Rinaldo, A., 9
 Rizzo, A., 27
 Ronconi, D., 20
 Rossi, F. L., 20
 Ruggiu, D., 26

 Sala, P., 56
 Salinas, J. L., 23
 Sangelantoni, L., 20
 Santana, G., 19, 60
 Santos-Muñoz, 19
 Scarcella, G. E., 55
 Sinagra, M., 3
 Sivapalan, M., 63
 Sneeuw, N., 31
 Sormani, D., 59
 Spina, D., 58

 Stanghellini, G., 49
 Stedinger, J. R., 23
 Stelluti, M., 40
 Stergiadi, M., 38
 Sulis, A. N., 56
 Suriano, F., 49

 Tarpanelli, A., 4, 37
 Tasin, S., 41
 Termini, D., 30
 Terruzzi, D., 56
 Todini, E., 60
 Tomassetti, B., 17, 20
 Tortorelli, M., 10, 24
 Totaro, V., 21
 Tubini, N., 18
 Tucciarelli, T., 3

 Urru, S., 26

 Vacha, D., 58
 Vacondio, R., 5, 25
 Ventimiglia, U., 8
 Verdecchia, M., 17, 20
 Versace, P., 22, 55, 58
 Viero, D. P., 9
 Viglione, A., 23, 63
 Villani, P., 47
 Viola, F., 26, 39
 Viterbo, A., 40
 Vivian, R., 64
 Vuono, P., 32

 Zaramella, M., 38