

GIORNATE DELL'IDROLOGIA 2024

*La gestione delle acque in condizioni di emergenze climatiche:
la risposta della comunità idrologica al territorio*

BOOK OF ABSTRACT

Udine, 24 - 26 Giugno 2024

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann
Via Gemona, 92

 **SIAP+MICROS**
Environmental Monitoring Solutions
Since 1925

 **CAE**
innovation for a safer world.

SOCIETÀ DEL GRES 
GRUPPO STEINZEUG-KERAMO

 **idrostudi**
watercare engineering

 **ETG**

 **finapp**
life from cosmos



[Programma](#)

Book of Abstract

GIORNATE DELL'IDROLOGIA 2024 – Udine, 24 -26 giugno 2024
Università degli Studi di Udine

Edito da

Elisa Arnone (UNIUD), Matteo Nicolini (UNIUD), Elena Toth (SII)

Progetto grafico a cura di

Sara Cucchiaro, Elia Zanelli, Veronica Zoratti (UNIUD)

doi: 10.5281/zenodo.13149408

GIORNATE DELL'IDROLOGIA 2024

*La gestione delle acque in condizioni di emergenze climatiche:
la risposta della comunità idrologica al territorio*

Udine, 24 - 26 Giugno 2024

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann
Via Gemona, 92

COMITATO SCIENTIFICO

Elisa Arnone
Brunella Bonaccorso
Günter Blöschl
Giorgio Boni
Martina Bussetti
Federico Cazorzi
Luigi Cimorelli
Angela Corina
Elena Cristiano
Roberto Deidda
Davide De Luca
Vito Iacobellis
Christian Massari
Matteo Nicolini
Valerio Leonardo Noto
Marco Peli
Daniele Penna
Riccardo Rigon
Ezio Todini
Elena Toth (Presidente SII)

COMITATO ORGANIZZATORE

Elisa Arnone (Coordinatrice)
Silvia Bosa
Sara Cucchiari
Matteo Nicolini
Elia Zanelli
Veronica Zoratti

Segreteria organizzativa
giornateidrologia2024@gmail.com

Registrazione

La partecipazione alle Giornate dell'Idrologia è riservata ai soci della Società Idrologica Italiana. Iscriverti dal sito www.sii-ihs.it/ oppure in sede di registrazione alle Giornate. Quote annuali:

Socio Studente 5.00 €
Socio Ordinario 30.00 €
Socio Istituzionale 150.00 €

INTRODUZIONE

Le **Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana (SII) 2024**, appuntamento annuale della SII, si sono svolte a Udine dal 24 al 26 giugno 2024, presso il Palazzo Di Toppo Wassermann di Via Gemona, 92.

Le Giornate sono state organizzate dal Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA) dell'**Università degli Studi di Udine**, con il sostegno del *Consorzio Interuniversitario per l'Idrologia* (CINID) e della fondazione di partenariato esteso *Multi-risk science for resilient communities under a changing climate* (RETURN).

Come nella scorsa edizione, l'inizio delle Giornate è stato preceduto dal meeting annuale e all'attività di discussione dei giovani ricercatori appartenenti alla **Young Hydrologic Society - Italia** (YHS-IT).

Le Giornate si sono aperte con i **saluti istituzionali** di *Eleonora Meloni*, Assessore a Ambiente, Energia, Orti Urbani e Contratti di Fiume del Comune di Udine, *Alessandro Gasparetto*, Direttore del DPIA, *Marco Petti*, Decano e Coordinatore della sezione Ingegneria Civile e Ambientale del DPIA, *Elena Toth*, Presidente della SII e *Elisa Arnone*, Coordinatrice del Comitato Organizzatore locale.

Le tematiche affrontate hanno riguardato le **scienze idrologiche** in relazione alla gestione delle risorse idriche in scenari di cambiamento, alla osservazione e descrizione degli eventi idrologici estremi, alla modellazione idrologica per la previsione e la gestione del rischio idrologico, ai processi idrologici nell'analisi del dissesto geomorfologico, al monitoraggio idro-meteorologico. Sintetizzando l'evento in numeri, le Giornate sono state caratterizzate da:

- 2 sessioni poster
- 5 sessioni orali
- 32 contributi scientifici con presentazione orale
- 66 contributi scientifici con presentazione poster e relativa *flash-presentation*
- 98 contributi scientifici nel complesso
- 156 iscritti tra soci ordinari, istituzionali, studenti e donatori

Le sessioni poster hanno riscosso un notevole riscontro scientifico, avviando una **vivace discussione** tra autori e colleghi.

Commosso e significativo è stato il ricordo del **Prof. Pasquale Versace** in occasione del conferimento del titolo alla memoria di socio onorario.

INTRODUZIONE

Le Giornate sono state l'occasione per l'assegnazione di due premi: il premio “**Florisa Melone**”, alla sua settima edizione, ed il premio “**Paolo Bernardi**”, alla sua prima edizione. Il premio “Florisa Melone” è stato assegnato al progetto “IDRATARE: IDrologia, idRAulica, e geomeTriA a supporto dell'iRrigazione a scorrimento superficiale”, proposto dal *Cosimo Peruzzi* (ISPRA) e da *Fabiola Gangi* (Università degli Studi di Milano). Il premio “Paolo Bernardi” è stato assegnato al progetto “Sviluppo e integrazione di tecnologie basate su acquisizione di immagini per il monitoraggio dei piccoli bacini idrografici: la MagicHydroBox”, proposto da *Simone Noto* (Università degli Studi della Tuscia) e *Nicola Durighetto* (Università degli Studi di Padova).

L'evento si è chiuso con l'incontro tra Comunità scientifica ed Enti territoriali in occasione della **Tavola Rotonda** che si è svolta mercoledì 26 giugno sul tema “La gestione delle acque in condizioni di emergenze climatiche: la risposta della comunità idrologica al territorio”, coordinata da *Matteo Nicolini*, dell'Università degli Studi di Udine. Alla tavola hanno partecipato:

Massimo Battiston, Direttore generale di CAFC S.p.A.; *Massimo Canali*, Direttore della Direzione Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile della Regione Autonoma FVG; *Armando Di Nardo*, Direttore generale del Consorzio di Bonifica della Pianura Friulana; *Matteo Ippolito*, rappresentante della YHS-IT; *Daniele Luis*, Direttore generale del Consorzio di Bonifica della Venezia Giulia; *Fulvio Stel*, Direttore Tecnico Scientifico di ARPA-FVG; *Elena Toth*, Presidente della SII; *Massimiliano Zanet*, Direttore generale del Consorzio di Bonifica Cellina-Meduna.

Durante l'incontro si è discusso delle strategie adottate dagli Enti territoriali preposti per far fronte alle criticità emerse durante lo stato di **sofferenza idrica** causato dal deficit pluviometrico degli anni 2021 e 2022 e di una pianificazione resiliente alle sfide derivanti dalle **emergenze climatiche**. È stata condivisa la necessità di una interazione continua tra comunità accademica ed enti ai fini di una continua innovazione in termini di risorse metodologiche, risorse tecnologiche, database e di formazione di nuovo personale.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

INDICE

SESSIONE ORALE 1

ANALISI NON STAZIONARIA DI FREQUENZA DELLE PIENE ATTRAVERSO DISTRIBUZIONI DERIVATE GENERALIZZATE

LUIGI CAFIERO, MIRIAM BERTOLA, PAOLA MAZZOGLIO, FRANCESCO LAIO, ALBERTO VIGLIONE

14

MEGA-ALLUVIONI IN EUROPA: VALORE DI ANALISI A SCALA CONTINENTALE

MIRIAM BERTOLA, GÜNTER BLÖSCHL, ALBERTO VIGLIONE, ET AL.

15

FONTI STORICO-DOCUMENTARIE PER MIGLIORARE LA MODELLAZIONE DELLE PIENE FLUVIALI

VITTORIO BOVOLIN, FABRIZIO TERENCEO GIZZI, MARIA ROSARIA POTENZA, PAOLO VILLANI

16

MODELLAZIONE IDROLOGICA PER LA PREVISIONE A BREVISSIMO TERMINE DELLE PIENE DEI PICCOLI BACINI LIGURI: AI LIMITI DELL'IDROLOGIA TRA PRESENTE E FUTURO

FABIO GARDELLA, FEDERICA MARTINA

18

MODELLING OF PLUVIAL FLOODING: THE IMPACT OF ACCURACY AND SPATIO- TEMPORAL RESOLUTION OF THE RAINFALL INPUT

GIORGIO BONI, ARIANNA CAUTERUCCIO, ILARIA GNECCO

20

IMPATTO DELLA SCABREZZA DOVUTA ALLA VEGETAZIONE ARBOREA SULLA PROPAGAZIONE DELLE PIENE CON UN MODELLO SEMPLIFICATO MONODIMENSIONALE

GIOVANNI RAVAZZANI, LISDEY VERÓNICA HERRERA GÓMEZ, ALESSANDRO PRECE, MARCO MANCINI

22

SULLA QUANTIFICAZIONE DELL'IMPATTO DELLE PIENE SULL'AGRICOLTURA ALLA SCALA GLOBALE

ANTONIO ANNIS, DAVIDE DANILO CHIARELLI, FERNANDO NARDI, MARIA CRISTINA RULLI

24

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 2

PREVISIONE DI COLATE DETRITICHE INNEScate DA DEFLUSSO SUPERFICIALE TRAMITE MODELLAZIONE IDROLOGICA

MARTINO BERNARD, MATTEO BARBINI, MATTEO BERTI, MAURO BOREGGIO, MASSIMILIANO SCHIAVO, ALESSANDRO SIMONI, CARLO GREGORETTI

28

HYDROMETEOROLOGICAL THRESHOLDS FOR LARGE-SCALE EARLY WARNING OF RAINFALL-INDUCED DEBRIS FLOWS IN CAMPANIA

PASQUALE MARINO, ABDULLAH, DANIEL CAMILO ROMAN QUINTERO, GIOVANNI FRANCESCO SANTONASTASO, ROBERTO GRECO

29

SUITABILITY OF SATELLITE-DERIVED RAINFALL ESTIMATES FOR OPERATIONAL LANDSLIDE PREDICTION AT THE SUB-REGIONAL SCALE

STEFANO LUIGI GARIANO, SILVIA PERUCCACCI, MASSIMO MELILLO, MARIA TERESA BRUNETTI, TADESUAL ASAMIN SETARGIE, ANTONINO CANCELLIERE, NUNZIARITA PALAZZOLO, DAVID J. PERES, NICOLA NOCENTINI, ASCANIO ROSI, SAMUELE SEGONI

31

MONITORING GROUNDWATER RECHARGE DYNAMICS THROUGH HIGH- RESOLUTION SATELLITE SOIL MOISTURE

JACOPO DARI, PAOLO FILIPPUCCI, LUCA BROCCA, CHRISTIAN MASSARI, RENATO MORBIDELLI, CARLA SALTALIPPI, ALESSIA FLAMMINI

33

THE MASS BALANCE OF THE MONTASIO GLACIER SHOWS A SURPRISING TREND OVER THE PAST TWO YEARS

FEDERICO CAZORZI, SARA CUCCHIARO

34

COSMIC RAYS NEUTRON SENSING PER IL MONITORAGGIO DELLA RISORSA IDRICA NIVALE SULLE ALPI OCCIDENTALI

ENRICO GAZZOLA, CHRISTIAN RONCHI, NICOLA COLOMBO, MARIO GALLARATE, STEFANO FERRARIS, MICHELE FREPPAZ, FIORELLA ACQUAOTTA, ERIKA SOLERO, LUCA LANTERI, ALESSIO GENTILE, DAVIDE GISOLO, STEFANO GIANESSI, BARBARA BIASUZZI

35

ISOTOPI STABILI E PROCEDIMENTI DI MISURA INNOVATIVI PER IL MONITORAGGIO DEI FLUSSI DI ACQUA, CO₂ ED ENERGIA (MOUNTAIN ECOSYSTEM FUNCTIONS)

DAVIDE GISOLO, ALESSIO GENTILE, DAVIDE CANONE, STEFANO FERRARIS

37

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 3

EMPIRICAL RUNOFF THRESHOLDS: RESULTS FROM CATCHMENTS IN CENTRAL ITALY

ORTENZI SOFIA, CIABATTA LUCA, MASSARI CHRISTIAN, MARCHESINI IVAN, DONNINI MARCO, CENCETTI CORRADO, STELLUTI MARCO, DI MATTEO LUCIO 40

ADDRESSING WATER STRESS ON GRASS EVAPOTRANSPIRATION RATE: THE "SHELTER" EXPERIMENT

CONCETTA D'AMATO, PAOLO BENETTIN, ANDREA RINALDO, RICCARDO RIGON 42

HYDROLOGIC SUSTAINABILITY OF A MEDITERRANEAN TREE-GRASS ECOSYSTEM UNDER CLIMATE CHANGE

NICOLA MONTALDO, ROBERTO CORONA 43

OPTIMAL SITES IDENTIFICATION FOR RAINWATER HARVESTING IN STEEP SLOPE VITICULTURE BY MODELLING APPROACH

WENDI WANG, EUGENIO STRAFFELINI, PAOLO TAROLLI 44

MODELLAZIONE AD ALTA RISOLUZIONE DEL FABBISOGNO IDRICO IN AGRICOLTURA ALLA SCALA NAZIONALE: IL RUOLO DELL'ARMONIZZAZIONE DEI DATASET

NIKOLAS GALLI, HARSH NANESHA, ARIANNA TOLAZZI, DAVIDE DANILO CHIARELLI, MARIA CRISTINA RULLI 45

UNA METODOLOGIA BASATA SULL'INDICE DI ARIDITÀ DI MELISENDA E SULLA CURVA DI BUDYKO PER IDENTIFICARE LA PROPENSIONE DELLE COLTURE ALLA SOSTENIBILITÀ IDROLOGICA

STEFANO BARONTINI, MARTINA GRETA CAFFI, MUHAMMAD FAISAL HANIF, ELPIDA KOLOKYTHA, DIMITRIOS MALAMATARIS, MARCO PELI 47

PUÒ UN BUONO STATO ECOLOGICO ESSERE RAGGIUNTO RIPRISTINANDO L'IDROLOGIA NATURALE DEI CORPI IDRICI?

CHIARA ARRIGHI, MARCO DE SIMONE, FABIO CASTELLI 49

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 4

A PROBABILISTIC EVALUATION METHOD FOR DROUGHT EVENTS IN THE TENSIFT RIVER BASIN, MOROCCO

MOHAMED NAIM, BRUNELLA BONACCORSO, SHEWANDAGN LEMMA TEKLE

52

AN EVENT-BASED APPROACH FOR DROUGHT CHARACTERIZATION: APPLICATIONS IN DIFFERENT AREAS OF THE GLOBE

CARMELO CAMMALLERI, ARTHUR HRASST-ESSENFELDER, DAVIDE BAVERA, DARIO MASANTE, FABIOLA BANFI, CARLO DE MICHELE, ANDREA TORETI

53

Valutazione della siccità in Sicilia: elaborazioni satellitari multispettrali e radar dei principali laghi

CLAUDIO MONTEVERDE, COSIMO CAGNAZZO

54

Challenges in the representation of hydrological droughts by land surface models in the Mediterranean region

SARA MODANESI, DOMENICO DE SANTIS, DANIELA DALMONECH, ALESSIO COLLALTI, FRANCESCO AVANZI, GABRIELLE DE LANNOY, CHRISTIAN MASSARI

55

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 5

STOCHASTIC TEMPORAL DOWNSCALING IN NORTHEASTERN ITALY USING CONVECTION-PERMITTING CLIMATE MODELS: FROM HOURLY TO SUB-HOURLY TIMESCALES

MARIA FRANCESCA CARUSO, GIORGIA FOSSER, MARCO BORGA, MARCO MARANI

58

PROIEZIONE DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER IL CLIMA FUTURO IN SICILIA

DARIO TREPPIEDI, ANTONIO FRANCIPANE, LEONARDO VALERIO NOTO

59

LINEE GUIDA PER LA STIMA DELLE PIENE DI PROGETTO IN AUSTRIA IN CONDIZIONI DI EMERGENZE CLIMATICHE

GÜNTER BLÖSCHL

61

TETTI VERDI COME STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: PERCEZIONE E INTERESSE DEI CITTADINI ITALIANI

ELENA CRISTIANO, MATTEO IPPOLITO, FULVIO BOANO, DARIO PUMO, FRANCESCO VIOLA

62

LOCALIZZAZIONE DI NUOVI INVASI CON PROCESSI PARTECIPATIVI E ANALISI MULTI-CRITERIALE

FABIO CASTELLI, MATTEO MASI, CHIARA ARRIGHI

64

UN APPROCCIO MULTI-MODELLAZIONE PER PROTEZIONE/MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NEI BACINI DEL MEDITERRANEO

MARIA MARGARITA NTONA, GIANLUIGI BUSICO, MICÒL MASTROCICCO, NERANTZIS KAZAKIS

65

THE IMPLEMENTATION OF THE GEOFRAME SYSTEM IN THE PO RIVER DISTRICT – ANALYSIS OF WATER AVAILABILITY AND SCARCITY IN THE PIEMONTE REGION

GAIA ROATI, GIUSEPPE FORMETTA, JOHN MOHD WANI, SILVANO PECORA, MARCO BRIAN, PAOLO LEONI, FRANCESCO TORNATORE, DANIELE ANDREIS, MATTEO DALL'AMICO, STEFANO TASIN, AND RICCARDO RIGON

67

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONI POSTER

A REGIONALIZED FRAMEWORK FOR THE METASTATISTICAL EXTREME VALUE DISTRIBUTION APPLIED TO DAILY AND SUB-DAILY RAINFALL

PIETRO DEVÒ, MARIA FRANCESCA CARUSO, MARCO BORGA, MARCO MARANI

70

REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS OF RAINFALL EXTREMES EXPLOITING TELECONNECTIONS

ANDREA MAGNINI, VALENTINA PAVAN, ATTILIO CASTELLARIN

72

A MATTER OF SCALE: THERMODYNAMIC AND LARGE-SCALE CONSTRAINTS IN EXTREME RAINFALL UNDER A CHANGING CLIMATE

SANTA ANDRIA, MARCO BORGA, MARCO MARANI

74

IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUGLI ESTREMI DI PIOGGIA SUBGIORNALIERI IN ITALIA

MARCO LOMPI, FRANCESCO MARRA, ELEONORA DALLAN, ENRICA CAPORALI, ROBERTO DEIDDA, MARCO BORGA

75

CAMBIAMENTI NELL'INTENSITÀ E NELLA STAGIONALITÀ DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME

DARIO TREPPIEDI, GABRIELE VILLARINI, JENS BENDER, LEONARDO VALERIO NOTO

76

AGGIORNAMENTO DELLE STIME DELLE PIOGGE DI PROGETTO NELL'AREA DEL BACINO DISTRETTUALE DEL'APPENNINO MERIDIONALE

PAOLA MAZZOGGIO, LUCIANA GIUZIO, ROCCO BONELLI, VERA CORBELLI, PIERLUIGI CLAPS

77

FLOOD FREQUENCY ANALYSIS USING ANNUAL MAXIMA AND THRESHOLD EXCEEDANCES: AN EMPIRICAL COMPARISON FOR THE UK RECORDS

ILARIA PROSDOCIMI, THOMAS KJELDSSEN, ISADORA ANTONIANO VILLALOBOS

79

AN INTERCOMPARISON OF UNCERTAINTY POSTPROCESSING METHODS FOR STREAMFLOW ENSEMBLES

DANIELA BIONDI, PAOLO REGGIANI, EZIO TODINI

80

ANALISI SULL'UTILIZZO DEI MODELLI DIGITALI DEL TERRENO A SUPPORTO DI METODI GEOMORFICI PER LA MAPPATURA DELLE PIENE

RAFFAELE ALBANO, AURELIA SOLE, LEONARDO MANCUSI, CARMINE LIMONGI

81

ALLUVIONE DELLA ROMAGNA DEL 2023: MODELLAZIONE 2D ALLA SCALA DI BACINO PER I FIUMI SENIO E LAMONE MEDIANTE UN CODICE PARALLELO AD ALTA RISOLUZIONE

SARA CARTA, FEDERICO PROST, FRANCESCA AURELI

82

CALIBRAZIONE PARAMETRI DI VELOCITÀ DI UN MODELLO DI PIENA MEDIANTE L'UTILIZZO DI MISURE DI PORTATA IN CAMPO

FRANCESCO CASTALDO, ANGELO FORESTIERI

84

A STREAMFLOW PREDICTION SYSTEM BASED ON MULTI-HYDROLOGICAL MODELLING FOR REAL-TIME FLOOD FORECASTING ON THE CRATI RIVER

DOMENICO DE SANTIS, STEFANIA CAMICI, SILVIA BARBETTA, TOMMASO MORAMARCO, CHRISTIAN MASSARI

86

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A DISTRIBUTED RAINFALL-RUNOFF MODEL FOR THE INVESTIGATION OF CLIMATE CHANGE EFFECTS ON RIVER FLOODS IN THE EUROPEAN ALPS	88
LUCA LOMBARDO, ANNA BASSO, ALBERTO VIGLIONE	
A SIMPLIFIED APPROACH FOR FLOOD EVACUATION MODELS	89
DAVIDE LUCIANO DE LUCA, DANIELA BIONDI, FRANCESCO CRUSCOMAGNO, MARA LUCANTONIO, FRANCESCO NAPOLITANO, ELENA RIDOLFI	
RAIL2FLOOD: A NATIONWIDE CLASSIFICATION OF THE ITALIAN RAILWAY NETWORK EXPOSED TO FLOOD HAZARD	91
GIANLUCA LELLI, SERENA CEOLA, ALESSIO DOMENEGHETTI, ARMANDO BRATH	
PROIEZIONI CLIMATICHE E PREVISIONE E STIMA DI EVENTI IDROLOGICI ESTREMI: INCERTEZZA E STATO DELL'ARTE	93
ALBERTO MONTANARI	
A WATER SUPPLY SYSTEM RESILIENCE STRATEGY FOR REGIONAL DROUGHT MANAGEMENT	94
PAOLO MARTINIS, VALENTINA BAÙ, FRANCESCA ZANELLO, DAVIDE RUSSO	
MULTI-TEMPORAL DROUGHT DYNAMICS ACROSS SARDINIA FROM 1922 TO NOWADAYS	95
OUAFIK BOULARIAH, FRANCESCO VIOLA, ROBERTO DEIDDA	
VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE SICCIITÀ ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI INDICI STANDARDIZZATI: UN APPROCCIO DINAMICO	97
DAVID J. PERES, NUNZIARITA PALAZZOLO, BRUNELLA BONACCORSO, ALFONSO SENATORE, GIUSEPPE MENDICINO, ANTONINO CANCELLIERE	
STREAMFLOW CHANGES REVEAL INCREASING FUTURE DROUGHT RISK IN THE EUROPEAN ALPS	99
RUI GUO, HUNG T. T. NGUYEN, STEFANO GALELLI, SERENA CEOLA, AND ALBERTO MONTANARI	
SICCIITÀ E MUTAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI RISORSA IDRICA NEL CUNEESE	100
BENEDETTA RIVELLA, EMANUELE MOMBRINI, ALBERTO VIGLIONE, STEFANIA TAMEA	
UTILIZZO DI SISTEMI PREDITTIVI AI BASATI SU ALGORITMI LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM) PER LE PORTATE IN USCITA DA DEPURATORI CIVILI E INDUSTRIALI: IL CASO DEL COLLETTORE ARICA	101
DIEGO PERAZZOLO, PIETRO FANTON, GIANLUCA LAZZARO, MAURO TORTORELLI, ALVISE FIUME, MIRCO ZANVETTORE	
MODELLAZIONE IDROLOGICA DI UN ACQUIFERO VULCANICO FRATTURATO PER LO STUDIO DELLE INTERAZIONI TRA USI ANTROPICI DELLE RISORSE IDRICHE E SISTEMA NATURALE	103
MARCO SILIPIGNI, CRISTINA DI SALVO, ELISABETTA PREZIOSI, IOLANDA BORZI, BRUNELLA BONACCORSO	
UN CASO STUDIO PER LA STIMA DEL CONTRIBUTO NIVALE IN AMBIENTE ALPINO	105
MATTEO BRANDALISE, VERONICA ZORATTI, ALBERTO BEINAT, ELISA ARNONE	
EXPLORING IMPACT AMPLIFICATION IN WATER-ECOSYSTEM-FOOD NEXUS ENVIRONMENTS USING STOCHASTIC SYSTEM DYNAMICS MODELLING	107
VIRGINIA ROSA COLETTA, ALESSANDRO PAGANO, RAFFAELE GIORDANO, UMBERTO FRATINO, ALBERTO MONTANARI	

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

REXUS - A NEW INNOVATIVE APPROACH FOR WATER MANAGEMENT, COPING WITH THE CLIMATIC CHALLENGES AND CONSIDERING THE WELF NEXUS: POSSIBLE APPLICATION IN THE ISONZO – SOČA RIVER BASIN

MICHELE FERRI, FRANCESCA LOMBARDO, DANIELE NORBIATO, MARTINA MONEGO, FRANCESCO ZAFFANELLA

109

MODELLING GROUNDWATER DYNAMICS FOR SUSTAINABLE AQUIFER MANAGEMENT: A COMPARATIVE STUDY OF PHYSICS-BASED AND MACHINE LEARNING APPROACHES IN THE EMILIA-ROMAGNA REGION (ITALY)

ILARIA DELFINI, DANIEL ZAMRSKY, ALBERTO MONTANARI

111

VALUTAZIONE RETROSPETTIVA PER LA STIMA DELL'ACCURATEZZA DEI VOLUMI PREVISTI NEI SERBATOI SICILIANI TRAMITE UN MODELLO ACCOPPIATO DI MACHINE LEARNING E PREVISIONI STAGIONALI

ANTONIO FRANCIPIANE, FRANCESCO CASTALDO, LEONARDO V. NOTO

113

VARIAZIONI DELLA STAGIONALITÀ DELLE PRECIPITAZIONI IN SICILIA ED EFFETTI SUI DEFLUSSI NATURALI SUPERFICIALI: IL CASO STUDIO DEL BACINO DEL BELICE

MATTEO IPPOLITO, CATERINA ALONZO, DARIO PUMO

114

VALUTAZIONE DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA DELL'ALTA PIANURA FRIULANA ORIENTALE ALLA LUCE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN ATTO

GRAZIA MARTELLI, PIETRO TEATINI, ELISA ARNONE, STEFANO BONGIOVANNI, GIOVANNI PAIERO, GIULIA PATRICELLI, LUIGI POLESE, MATTEO BRANDALISE, VERONICA ZORATTI

117

INTEGRATION OF A DAILY HYDROLOGICAL BALANCE MODEL IN DECISION-MAKING SUPPORT FOR IRRIGATION MANAGEMENT

VITO IACOBELLIS, ANDREA GIOIA, VINCENZO TOTARO, MARGHERITA LOMBARDO, ARAS BOTAN IZZADDIN, SALVATORE MANFREDA, RUODAN ZHUANG, GIUSEPPE SATALINO, ANNA BALENZANO, CINZIA ALBERTINI, FRANCESCO MATTIA, FRANCESCO LOVERGINE, DAVIDE PALMISANO, MICHELE RINALDI, SERGIO RUGGIERI, PASQUALE GAROFALO, DONATO IMPEDOVO, NICOLETTA NOVIELLO, LUIGI NARDELLA, MICHELE DI CATALDO, ROCCHINA GUARINI, MARIA VIRELLI, PATRIZIA SACCO, DEODATO TAPETE

119

A WATER ENERGY FOOD NEXUS APPROACH TO ASSESS GLOBAL AGRIVOLTAIC OPPORTUNITIES

FRANCESCO CAPONE, NIKOLAS GALLI, DAVIDE DANILO CHIARELLI, MARIA CRISTINA RULLI

121

EVOLUZIONE CLIMATICA E AGRICOLTURA NEL VENETO: RESILIENZA E INNOVAZIONE NELLA GESTIONE DELL'ACQUA

GIULIA SOFIA, MARTINA SINATRA, CLAUDIO ZACCONE, ALVISE FIUME

123

ON THE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES OF TWO CONTRASTING AND HETEROGENOUS ECOSYSTEMS IN A MEDITERRANEAN REGION, SARDINIA, UNDER WATER-LIMITED CONDITIONS

ROBERTO CORONA, SERENA SIRIGU, NICOLA MONTALDO, AND GABRIEL G. KATUL

124

MODELLISTICA AGRO-IDROLOGICA DISTRIBUITA E TECNICHE DI MACHINE LEARNING A SUPPORTO DEL CONSIGLIO IRRIGUO

DARIO DE CARO, FULVIO CAPODICI, MATTEO IPPOLITO, GIUSEPPE CIRAOLO

125

RICOSTRUZIONE DEI FLUSSI ATMOSFERICI DI VAPORE ACQUEO PERTINENTI ALLE AREE AGRICOLE

ELENA DE PETRILLO, LUCA MONACO, NIKE CHIESA TURIANO, MARTA TUNINETTI, LUCA RIDOLFI, FRANCESCO LAIO

127

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

CLIMATE CHANGES AND INFLUENCING FACTORS OF DURUM WHEAT PRODUCTION WORLDWIDE

MALIN GROSSE-HEILMANN, ELENA CRISTIANO, FRANCESCO VIOLA, ROBERTO DEIDDA

129

DETECTING AND QUANTIFYING IRRIGATION AT THE FIELD SCALE BY USING SOIL WATER BALANCE AND THE WATER CLOUD MODEL WITH SENTINEL-1 AND SENTINEL-2 OBSERVATIONS

NATALI MARTINA, MODANESI SARA, DE LANNOY GABRIËLLE J. M., DE SANTIS DOMENICO, DOMENEGHETTI ALESSIO, MASSARI CHRISTIAN

130

RETHINKING URBAN SPACES TO IMPROVE HEALTHY DIETS: ASSESSMENT OF URBAN AGRICULTURE POTENTIAL IN A MEGACITY

ARIANNA TOLAZZI, NIKOLAS GALLI, DIRCE MARIA LOBO MARCHIONI, MARIA CRISTINA RULLI

132

CONTROLS ON THROUGHFALL SPATIAL VARIABILITY ALONG A STEEP FORESTED HILLSLOPE

MATTEO VERDONE, ILENIA MURGIA, FRANCESCA MANCA DI VILLAHERMOZA, DILETTA CHIRICI, ANKE HILDEBRANDT, CHRISTIAN MASSARI, ILJA VAN MEERVELD, DANIELE PENNA

134

REVIEW OF EXPERIMENTAL, THEORETICAL AND NUMERICAL RESULTS ON THE SEEPAGE FACE

SHAH DAD MURAD, MARCO PELI, MARTINA SIENA, STEFANO BARONTINI

135

EXPLORING HYDROLOGICAL DYNAMICS IN LAYERED PYROCLASTIC SOILS BY COMBINING LABORATORY AND FIELD EXPERIMENTS WITH A PHYSICALLY-BASED NUMERICAL MODEL

RICCARDO BUSTI, GIUSEPPE FORMETTA, GIOVANNA CAPPARELLI

137

PREVISIONE DELLA SCOMPARSA DEL GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO

PAOLO COLOSIO, GIOVANNA GROSSI, MUHAMMAD USMAN LIAQAT, BABAK RAZDAR E ROBERTO RANZI

138

OPEN GRIDDED DATASETS AS A TOOL TO INVESTIGATE THE ROLE OF METEOROLOGICAL ANOMALIES IN LANDSLIDES INITIATION

ROBERTA PARANUNZIO, FRANCESCO MARRA

139

ASSESSMENT OF THE RISK OF SHALLOW LANDSLIDES INTEGRATING INSAR AND OPTICAL DATA WITH A DISTRIBUTED ECO-HYDROLOGICAL MODEL

ELIFNUR YURDAKUL, ELISA ARNONE, DOMENICO CAPOLONGO, FERNANDO NARDI

141

SOTTO L'ACQUA E NEL FANGO: 100 ANNI DI FRANE E INONDAZIONI IN CALABRIA RACCONTATI CON LO STORY MAPPING

DANIELA BIONDI, MARCELLO DE FUSCO, FRANCESCO CRUSCOMAGNO

143

COPULA-BASED FORMULATION OF DEBRIS-FLOW EVENTS RETURN TIME AND HYDROLOGICAL MODELING FOR QUANTILE-GENERATED TERRAINS

SCHIAVO, M., GREGORETTI, C., BOREGGIO, M., BARBINI, M., AND BERNARD, M.

145

NUOVO APPROCCIO PER L'INTERCETTAZIONE ED INVASO DI COLATE DETRITICHE IN PRESENZA DI AVULSIONI

CARLO GREGORETTI, ETTORE DE LA GRENNELAIS, MATTEO BARBINI, MARTINO BERNARD, MAURO BOREGGIO, MASSIMILIANO SCHIAVO

146

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

HOW DO FORESTED CATCHMENTS ORIGINATE AND TRANSPORT SUSPENDED SEDIMENTS ACROSS MULTIPLE SCALES?

DILETTA CHIRICI, ILENIA MURGIA, MATTEO VERDONE, LORENZO INNOCENTI, FRANCESCA MANCA DI VILLAHERMOSA, ANDREA DANI, FEDERICO PRETI, GIACOMO BELLI, DUCCIO GHERI, LUCA MAO, EMANUELE MARCHETTI, LUCA SOLARI, DANIELE PENNA

148

THE NEW OPERATIONAL BEDLOAD MONITORING STATION IN THE SOLDA RIVER (SOUTH TYROL, ITALY)

RUDI NADALET, ROBERTO DINALE, ANDREA ANDREOLI, MATTHIAS BONFRISCO, FRANCESCO COMITI, MARCO CAVALLI, VELIO COVIELLO, STEFANO CREMA, MARCO PIANTINI, SILVIA SIMONI, FABRIZIO ZANOTTI, GIANLUCA VIGNOLI, GIANLUCA ANTONACCI, DIETER RICKENMANN

150

URBAN FLOODS FROM VIDEO RECORDINGS BY CITIZENS: THE CASE STUDY OF THE RIONE SASSI (MATERA)

SILVANO FORTUNATO DAL SASSO, LEONARDO MITA, ROBERT LJUBICIC, ALONSO PIZARRO

152

USING A CITIZEN SCIENCE METEOROLOGICAL STATION NETWORK FOR HYDROLOGICAL APPLICATIONS

ALESSANDRO CEPPI, ENRICO GAMBINI, GIOVANNI RAVAZZANI, FABIO PILOTTI, ALBERTO NEGRETTI, FRANCESCA RAMPINELLI, GUIDO CIONI, MARCO MANCINI, MARCO GIAZZI

154

PRELIMINARY DATA ACCURACY ASSESSMENT OF IoT-BASED PERSONAL METEOROLOGICAL STATIONS

BENEDETTA MOCCIA, ELENA RIDOLFI, FABIO RUSSO, FRANCESCO NAPOLITANO

156

PROGRESSI NELLE TECNOLOGIE DI MISURAZIONE DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA: VALUTAZIONE E CONFRONTO DEL NUOVO SCHERMO SOLARE SMarT CELLino

ADRIANO FEDI, GIOVANNI CECCARINI, STEFANO PERIN, ALEX STEVANIN, MARCELLINO SALVADO, SIAP-MICROS, ARPA-FVG

158

L'EFFETTO DELL'OROGRAFIA SULLE PRECIPITAZIONI ALLA LUCE DELLE VARIAZIONI DELLE RETI DI MONITORAGGIO PLUVIOMETRICO

ANTONIA LONGOBARDI, GIACOMO NICOLETTI, MARIA FRANCESCA PALMIERO, PAOLO VILLANI

159

BIAS ADJUSTMENT OF INTEGRATED MULTI-SATELLITE RAINFALL ESTIMATES

NILOUFAR BEIKAHMADI, DARIO TREPPIEDI, CATERINA ALONZO, ANTONIO FRANCIPIANE, LEONARDO V. NOTO

161

SULLA RISOLUZIONE TEMPORALE DEI DATI DI PIOGGIA

RENATO MORBIDELLI, CARLA SALTALIPPI, ALESSIA FLAMMINI, JACOPO DARI

163

ANALISI DI COERENZA IDROLOGICA DI DIVERSI DATASE CLIMATICI NELL'ARCO ALPINO ITALIANO

FILIPPO DI MARCO, ANDREA GALLETTI, DIEGO AVESANI, ALBERTO BELLIN, BRUNO MAJONE

165

RICOSTRUZIONE DI UN ATLANTE DI TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA SICILIA

CALOGERO MATTINA, DARIO TREPPIEDI, ANTONIO FRANCIPIANE, LEONARDO VALERIO NOTO

167

TRASFERIMENTO DEI PARAMETRI DI MODELLI AFFLUSSI-DEFLUSSI TRA DIVERSE REGIONI IDRO-CLIMATICHE: UTILIZZO DI BANCHE DATI "CAMELS-TYPE"

MATTIA NERI, ELENA TOTH

168

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

COMPARISON OF GRIDDED METEOROLOGICAL PRODUCTS FOR HYDROLOGICAL MODELLING AND DROUGHT ANALYSIS IN NORTHERN ITALY

GOKHAN SARIGIL, MATTIA NERI, ELENA TOTH

171

VERSO UNA STIMA DEL DEFLUSSO SU SCALA GLOBALE ATTRAVERSO OSSERVAZIONI SATELLITARI: IL MODELLO STREAM

FRANCESCO LEOPARDI, LUCA BROCCA, CARLA SALTALIPPI, JACOPO DARI, KARINA NIELSEN, NICO SNEEUW, MOHAMMAD J. TOURIAN, MARCO RESTANO, JÉRÔME BENVENISTE, ESPEN VOLDEN, STEFANIA CAMICI

174

L'INFLUENZA DELLE TECNICHE DI MIGLIORAMENTO GRAFICO NELLE PERFORMANCE DELLE TECNICHE OTTICHE

FRANCESCO ALONGI, SILVANO DAL SASSO, ROBERT LJUBIČIĆ, CATERINA ALONZO, DARIO PUMO, LEONARDO VALERIO NOTO

175

IL SISTEMA DI DIFFUSIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO IDRO-PLUVIO-TERMOMETRICI DELLA REGIONE UMBRIA E IL NUOVO STRUMENTO OPERATIVO PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLE MISURE CORRENTOMETRICHE IN TEMPO REALE

MARCO STELLUTI, MARCO DIONIGI, SILVIA BARBETTA, CHRISTIAN MASSARI, MONICA BRUSCHINI, MARCO TROLLINI, SANDRO COSTANTINI

177

INCERTEZZA NELLA STIMA DELLE RELAZIONI TIRANTE-DEFLUSSO E IMPLICAZIONI SULLA DISTRIBUZIONE DEL DEFLUSSO

FRANCESCO VIOLA, DOMENICO CARACCILO, PAOLO CORONGIU, ROBERTO DEIDDA

179



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 1

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann

Via Gemona, 92

Lunedì 24 giugno 2024

15:00 – 16:45

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

ANALISI NON STAZIONARIA DI FREQUENZA DELLE PIENE ATTRAVERSO DISTRIBUZIONI DERIVATE GENERALIZZATE

Luigi Cafiero¹, Miriam Bertola², Paola Mazzoglio¹, Francesco Laio¹, Alberto Viglione¹

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino.
E-mail: nome.cognome@polito.it

² Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management, Vienna University of Technology, Wien.
E-mail: bertola@hydro.tuwien.ac.at

Sommario

L'approccio tradizionale all'analisi regionale di frequenza delle piene consente di stimare le variabili idrologiche in condizioni stazionarie. Tuttavia, L'intensificazione degli eventi estremi osservata in molti studi ha evidenziato la necessità di sviluppare nuove metodologie di analisi regionali non stazionarie. L'obiettivo di questo lavoro è l'introduzione di una procedura operativa, che includa la variazione prevista degli estremi di precipitazione nell'analisi regionale di frequenza delle piene. Si mettono in relazione le Curve di Frequenza delle Piene (FFC) e le Curve di Probabilità Pluviometrica (IDF) attraverso relazioni quantile-quantile, e si assume che questa relazione quantifichi anche la sensibilità delle piene ai cambiamenti negli estremi di precipitazione. Date le ipotesi per cui 1) questa relazione approssimi il valore atteso della piena dato un certo evento di precipitazione, e 2) la relazione quantile-quantile non cambi significativamente nel tempo, si ottengono FFC modificate in base alla variazione degli estremi di precipitazione. Questa metodologia viene applicata a 227 sottobacini del bacino del Po, nel nord Italia. L'incremento percentuale delle piene centennali varia tra il 15% e il 40% nel prossimo secolo. Gli incrementi più rilevanti si riscontrano nell'area tra Liguria ed Emilia-Romagna nella parte meridionale del bacino del fiume Po, e nella zona sud occidentale del Piemonte.

Bibliografia

Breinl, K., Lun, D., Müller-Thomy, H., and Blöschl, G. 2021. Understanding the relationship between rainfall and flood probabilities through combined intensity-duration-frequency analysis. *Journal of Hydrology* 602 (2021), 126759.

Hall, J., Arheimer, B., Borga, M., Brázdil, R., Claps, P., Kiss, A., Kjeldsen, T. R., Kriaučiūnienė, J., Kundzewicz, Z. W., Lang, M., Llasat, M. C., Macdonald, N., McIntyre, N., Mediero, L., Merz, B., Merz, R., Molnar, P., Montanari, A., Neuhold, C., Parajka, J., Perdigão, R. A. P., Plavcová, L., Rogger, M., Salinas, J. L., Sauquet, E., Schär, C., Szolgay, J., Viglione, A., and Blöschl, G. Understanding flood regime changes in Europe: a state-of-the-art assessment, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 2735–2772

Macdonald, E., Merz, B., Guse, B., Nguyen, V.D., Guan, X., Vorogushyn, S. What controls the tail behavior of flood series: rainfall or runoff generation? *Hydrology and Earth System Sciences* 28, 4 (2024), 833-850.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

MEGA-ALLUVIONI IN EUROPA: VALORE DI ANALISI A SCALA CONTINENTALE

Miriam Bertola¹, Günter Blöschl¹, Alberto Viglione², et al.

¹ Vienna University of Technology, Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management, Wien, Austria

² Politecnico di Torino, DIATI (Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture), Torino, Italia,
E-mail: alberto.viglione@polito.it

Sommario

Le mega-alluvioni che superano di gran lunga i record precedentemente osservati possono cogliere di sorpresa sia i cittadini che gli esperti di rischio alluvionale. I metodi esistenti basati su informazioni locali e regionali raramente vanno oltre i confini nazionali e non sono in grado di prevedere bene questi eventi eccezionali a causa dei dati limitati sulle mega-alluvioni e perché i processi di generazione delle portate di tali estremi differiscono da quelli di eventi più piccoli e osservati più frequentemente. Qui analizziamo il set di dati più completo finora disponibile sulle portate massime annuali in Europa, per valutare se le recenti mega-alluvioni a livello locale avrebbero potuto essere previste utilizzando le osservazioni in bacini idrologicamente simili in tutto il continente.

La nostra analisi [1] è basata sulle osservazioni di portata massima annuale da 8023 stazioni di misura per il periodo 1810-2021. Abbiamo identificato circa 500 bacini idrografici "target" in cui si sono verificate mega-alluvioni recenti (cioè dopo il 1999) che possono ritenersi sorprendenti sulla base dei dati locali. Abbiamo quindi eseguito un esperimento retrospettivo per prevedere possibili picchi di portata con curve di inviluppo basate sul dataset continentale, utilizzando osservazioni di inondazioni da bacini "donatori" simili, considerando solo dati fino all'anno prima del verificarsi delle mega-alluvioni identificate. Questa analisi è ripetuta per tutte le mega-alluvioni rilevate nei bacini target.

La nostra analisi mostra che, nel 95.5% dei bacini target, la portata dell'inviluppo è maggiore di quella della mega-alluvione osservata, suggerendo che, da una prospettiva Europea, quasi nessuno degli eventi può essere considerato veramente sorprendente. Risultati simili si ottengono ripetendo l'analisi su due sottoperiodi consecutivi, indicando che le mega-alluvioni non sono cambiate molto nel tempo rispetto alla loro variabilità spaziale. In conclusione, i nostri risultati mostrano che le recenti mega-alluvioni avrebbero potuto essere previste dalle osservazioni in altre parti d'Europa, cosa che non sarebbe possibile utilizzando solo i dati nazionali.

Bibliografia

[1] Bertola, M., Blöschl, G., Bohac, M., Borga, M., Castellarin, A., Chirico, G. B., ... & Zivkovic, N. (2023). Megafloods in Europe can be anticipated from observations in hydrologically similar catchments. *Nature geoscience*, **16**(11), 982-988, doi:10.1038/s41561-023-01300-5

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

FONTI STORICO-DOCUMENTARIE PER MIGLIORARE LA MODELLAZIONE DELLE PIENE FLUVIALI

Vittorio Bovolin¹, Fabrizio Terenzio Gizzi², Maria Rosaria Potenza² & Paolo Villani¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Salerno, Fisciano (SA). E-mail: v.bovolin@unisa.it

² Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISPC-CNR), Area della Ricerca, C.da S. Loja, Tito, 85050 Potenza. E-mail: fabrizioterenzio.gizzi@cnr.it

Sommario

L'intervento vuole contribuire al tema della gestione delle acque in condizioni di emergenze climatiche mostrando un esempio di collaborazione tra la comunità degli idrologi e quella degli esperti di fonti archivistiche tratto da [1]. Avvalendosi di numerosi documenti inediti è stato definito, per la prima volta, il quadro dettagliato degli effetti fisici e degli effetti economici relativi ad un periodo di intense precipitazioni nell'autunno del 1961 in Campania e Molise. Le avverse condizioni meteo-climatiche comportarono un danno complessivo agli edifici pubblici, ai beni culturali, agli edifici privati e soprattutto alle infrastrutture di circa 220 milioni di euro (2023), ai quali si devono aggiungere i danni alle colture. Per il comune di Benevento, in particolare, le informazioni storiche sono state utili per la ricostruzione in dettaglio dell'area interessata dall'esondazione dei due fiumi (Sabato e Calore Irpino) che attraversano o circondano l'area urbana, permettendone una più affidabile simulazione con modellazione idraulica: in Figura 1 viene riportato in uno schematico diagramma di flusso l'insieme delle operazioni che costituiscono tale procedura integrata. La collaborazione tra esperti aventi diverse competenze ha consentito di identificare la principale causa dello straripamento del fiume Sabato nel centro abitato, dovuta alla ridotta luce di un ponte. Inoltre, sia lo studio storiografico sia la simulazione idraulica hanno evidenziato la rimozione di tale causa poiché, all'evento del 1961 ha fatto seguito la ricostruzione del ponte con uno schema architettonico tale da ridurre l'effetto di rigurgito. Tale intervento ha molte similitudini con la procedura di demolizione e ricostruzione di un altro ponte, situato sul fiume Calore Irpino, a seguito dei danni provocati dalla sua ostruzione durante l'alluvione del 1949. Ne consegue che dopo le due delle alluvioni più significative del XX secolo (1949 e 1961), il rischio di esondazione nell'area urbana beneventana è stato correttamente mitigato.

L'insieme di queste informazioni e deduzioni può essere utile ai decisori politici e ai differenti portatori di interessi per valutare adeguate politiche di controllo e mitigazione del rischio idraulico delle due regioni confrontando, in un quadro retrospettivo, le opere di mitigazione del rischio attualmente presenti sul territorio con il quadro degli effetti prodotti (e potenzialmente ripetibili) dagli intensi eventi idrometeorologici del 1961. Inoltre, i dati relativi ai danni economici possono essere utili anche alle compagnie assicurative per raffinare la stima dei premi per le polizze contro i danni prodotti dalle alluvioni. Infine, grazie alla ricchezza di dati raccolti dai documenti storici consultati, le diciassette categorie in cui sono stati catalogati gli effetti delle alluvioni possono essere utili a ricercatori e professionisti come linea guida per la ricerca di informazioni sui pericoli naturali nelle fonti storiche e in particolare negli archivi storici.

Questa ricerca, comunque, non è esente da alcune limitazioni. Non è stato possibile associare alcuni effetti ai singoli comuni (ad esempio, rotture di argini lungo i fiumi, frane lungo le infrastrutture stradali), in quanto i vincoli geografici non erano sempre presenti nelle fonti storiche consultate. Inoltre, alcune informazioni circa gli effetti sul territorio e sulle aree abitate potrebbero mancare a causa dell'incompletezza delle informazioni storiche originarie analizzate (es. danni alle colture, danni agli edifici religiosi). Ciò potrebbe condurre ad una sottostima della pericolosità e del rischio per alcune aree.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

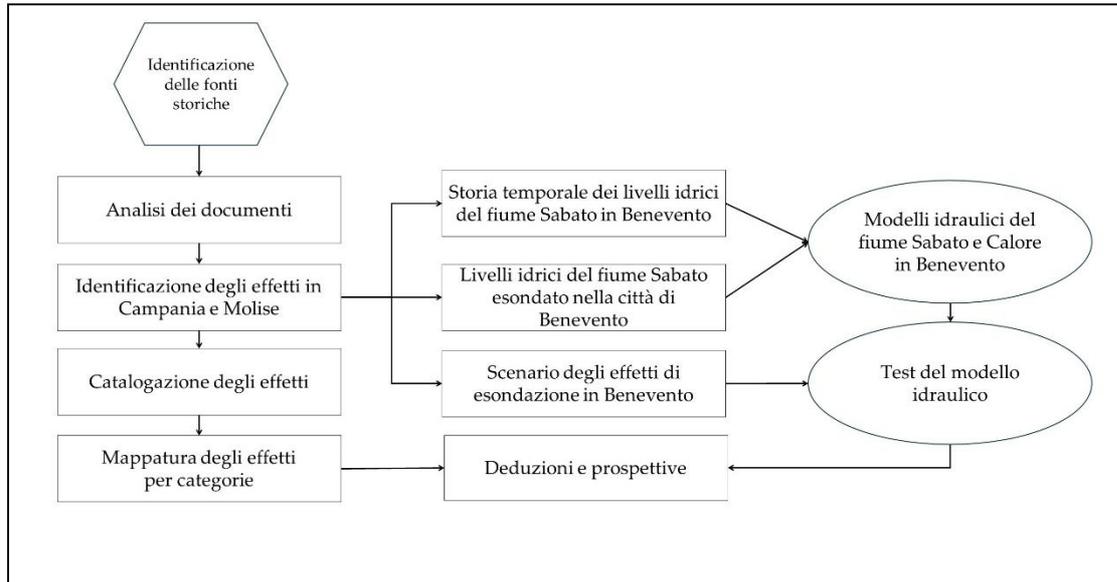


Figura 1. Approccio metodologico alla ricerca

Bibliografia

[1] Gizzi, F.T., Bovolín, V., Villani, P., Potenza M.R., Voria, S. and Amodio A. M. 2024. Rewinding the Tape: Documentary Heritage to (Re)discover “Lost” Natural Hazards. —Evidence and Inferences from Southern Italy. Sustainability, 16(7), pp.2789-2828 <https://doi.org/10.3390/su16072789>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

MODELLAZIONE IDROLOGICA PER LA PREVISIONE A BREVISSIMO TERMINE DELLE PIENE DEI PICCOLI BACINI LIGURI: AI LIMITI DELL'IDROLOGIA TRA PRESENTE E FUTURO

Fabio Gardella¹, Federica Martina¹

¹ Ufficio Previsioni e Analisi Idrologiche, Unità Operativa Clima Meteo Idro, Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischii Naturali, ARPAL, Genova. E-mail: fabio.gardella@arpal.liguria.it, federica.martina@arpal.liguria.it

Sommario

La catena di modellazione idrologica di previsione a brevissimo termine delle piene nei piccoli bacini viene utilizzata operativamente dall'Ufficio Previsioni e Analisi Idrologiche dell'U.O. Clima Meteo Idro di ARPAL (Centro Funzionale Decentrato di Protezione Civile della Regione Liguria) da diversi anni in Liguria nell'attività di monitoraggio degli eventi meteo-idrologici intensi che interessano i bacini di dimensioni inferiori a 15 km², simulandone in tempo quasi-reale la risposta idrologica alle piogge intense osservate e previste a brevissimo termine. Modello concentrato, basato sull'algoritmo di NASH, è implementato su 219 piccoli bacini idrografici liguri, costieri e d'entroterra.

A causa delle loro ridotte dimensioni, tali piccoli bacini sono caratterizzati da tempi di concentrazione ridotti, che li rende particolarmente reattivi a fenomeni di tipo *flash flood*, caratterizzati da ridotta predicibilità, fenomeni che riducono al minimo il tempo a disposizione per la messa in campo di azioni di protezione civile.

Recentemente, la catena di modellazione è stata oggetto di un'analisi delle performance finalizzata alla valutazione dell'efficacia nella previsione a brevissimo termine delle piene e nella predizione di effetti al suolo critici associati al superamento di soglie di portata predefinite. Nel complesso la catena si è rivelata un efficace strumento di supporto nel monitoraggio idrologico, con un buon tasso di previsioni a brevissimo termine corrette rispetto alle criticità osservate.

Alla luce di tali risultati, considerate le ridotte tempistiche che separano le precipitazioni più intense dalle risposte idrologiche e dalle possibili conseguenti criticità, dal 2022 è stata avviata una sperimentazione di fornitura degli output grafici della catena di modellazione direttamente ai Comuni liguri attraverso un progetto di collaborazione ad adesione volontaria.

Nell'ambito di tale sperimentazione che ha visto l'adesione di 51 Comuni liguri su 234 totali, con alcuni di questi (Sanremo, Alassio, Genova, più recentemente Chiavari e La Spezia), è stata avviata una fattiva collaborazione per il miglioramento della catena con particolare riguardo ad una miglior taratura delle soglie di portata di preannuncio degli effetti al suolo critici (pre-allarme, allarme). Tale attività è necessaria per disporre di una corretta rappresentazione della reale capacità di smaltimento delle sezioni più critiche, aspetto tutt'altro che scontato se si tiene conto che i piccoli bacini modellati sono oltre 200, che la prima taratura delle soglie risale al 2012 e che spesso su tali piccoli rii sono commissionati dai Comuni stessi lavori di sistemazione idraulica che modificano le capacità di deflusso degli alvei con conseguente impatto sulle suddette soglie.

La collaborazione diretta con i Comuni ha aperto alla possibilità, tra le altre, dell'utilizzo di dati di livello idrometrico registrati in tempo reale da stazioni osservative installate dai Comuni stessi su numerosi piccoli rii. Un esempio di calibrazione del modello di NASH, motore di tale catena di modellazione, su alcuni piccoli bacini liguri oggetto di tale collaborazione vuole essere il pretesto per una riflessione su questa nuova possibilità (la trasformazione dei livelli idrometrici con scale di deflusso da modellistica idraulica consente di disporre delle portate "osservate" confrontabili con quelle simulate) ed in particolare sulla fondatezza scientifica dell'utilizzo di tali dati, sulla fattibilità tecnica, sull'utilità pubblica.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

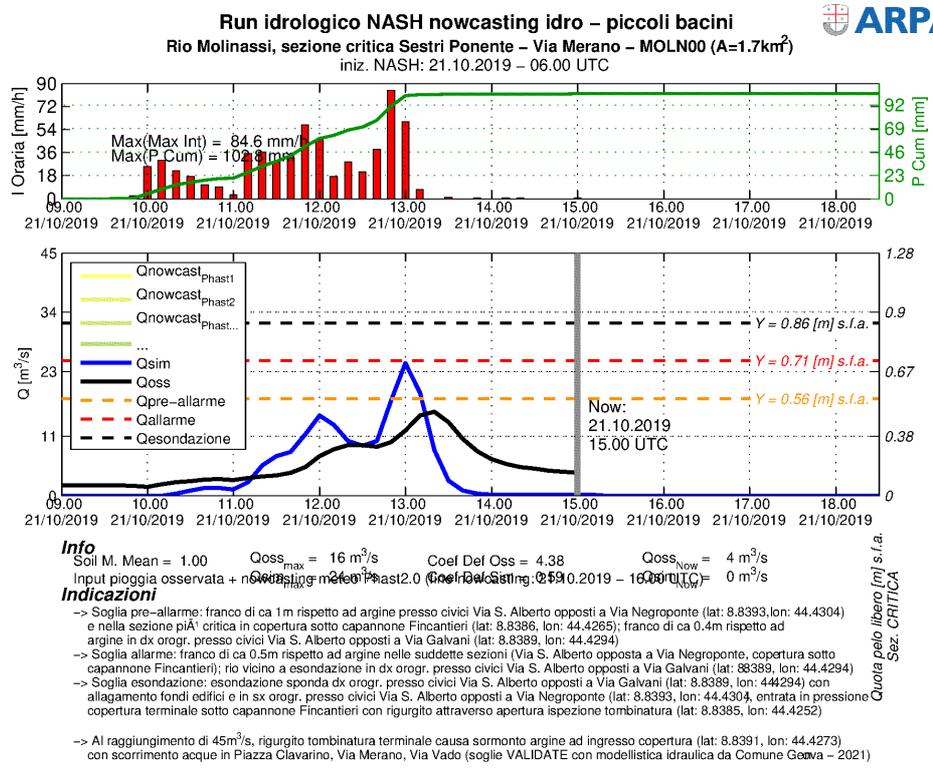


Figura 1. Esempio di output grafico di un run della catena di modellazione idrologica di previsione a brevissimo termine sul piccolo bacino del Rio Molinassi (Genova, Sestri Ponente). Evento meteo-idrologico del 21 ottobre 2019. L'idrogramma simulato è confrontato con quello "osservato", stimato sui livelli idrometrici della stazione osservativa del Comune di Genova (idrometro di Via Merano) attraverso scala di deflusso modellistica.

Bibliografia

[1] Metta, S., Von Hardenberg, J., Ferraris, L., Rebora, N.; Provenzale, A. Precipitation Nowcasting by a Spectral-Based Nonlinear Stochastic Model. J. Hydrometeorol. 2009, 10, 1285–1297.

[2] Nash, J.E. The Form of the Instantaneous Unit Hydrograph. Publ. IAHS 1957, 45, 114–121.

[3] Raffellini M, Martina F, Silvestro F, Giannoni F, Rebora N. Performance Evaluation of a Nowcasting Modelling Chain Operatively Employed in Very Small Catchments in the Mediterranean Environment for Civil Protection Purposes. Atmosphere. 2021; 12(6):783. <https://doi.org/10.3390/atmos12060783>.

[4] Silvestro, F.; Rebora, N.; Cummings, G.; Ferraris, L. Experiences of dealing with flash floods using an ensemble hydrological nowcasting chain: Implications of communication, accessibility and distribution of the results. J. Flood Risk Manag. 2017, 10, 446–462.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

MODELLING OF PLUVIAL FLOODING: THE IMPACT OF ACCURACY AND SPATIO-TEMPORAL RESOLUTION OF THE RAINFALL INPUT

Giorgio Boni¹, Arianna Cauteruccio¹, Ilaria Gnecco¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale, Università degli Studi di Genova, Genova.
E-mail: giorgio.boni@unige.it

Abstract

In the present work the input rainfall data availability issue, with a specific focus on their accuracy and the spatio-temporal resolution, is addressed by comparing pluvial flooding scenarios obtained with 2-D flood model forced by rain gauges and opportunistic sensors for an urban case study. This approach allows us to mimic different rainfall monitoring levels of an urban basin from the ungauged ones to a high level of accuracy of the rainfall data.

Introduction

In this paper flood hazard maps were derived assuming different spatial and temporal scales of the forcing phenomena. The selected area is located within the urban catchment in the Sampierdarena district of Genoa whose extension is about 1.8 km². Regarding water management, the area is mainly served by a combined sewer system partially overlapped with the natural stream network (now culverted) and solely a marginal area is drained by a stormwater drainage system. In the present paper the rainfall event that occurred on September 24th, 2022 has been investigated, such an event was characterized by a low return period (T between 1.5 and 3 years). The areas flooded during this high-intensity and short-duration rainfall events are distributed across the district, mainly in the downstream subcatchment areas characterized by a degrading steepness.

Materials and methods

In the present work the investigated area is limited to the downstream part of the catchment. It is equipped with a traditional tipping-bucket rain gauge station (Arpal-FI) managed by the environmental protection agency of the Liguria region (ARPAL) and one Smart Rainfall System (SRS-SA). Two further SRSs and two ARPAL rain gauges are available close to the investigated area. The position of instruments is shown in Figure 1a also indicating the naming codes. Measurements from the ARPAL rain gauges are available at 5 minutes resolution while SRSs provide measurements at 1 minute resolution. Depth Duration Frequency (DDF) curves were derived using the DICCA-UNIGE raingauge, a highly accurate rainfall data set, about thirty years of corrected rainfall intensity measurements (from January 1st, 1988, to December 31st, 2021) at one minute resolution. Pluvial flooding scenarios were modelled using the HEC-RAS 2D software (USACE 2021), solving the shallow water equations (SWE-EM stricter momentum) at fixed time steps of 0.5s and a mesh size equal to 5m. Spatial information is provided by a high resolution (1m) DTM, where buildings were added using a GIS software. The Manning coefficient was set equal to 0.018 s/m^{1/3} (see Palla et al., 2018) and 0.030 s/m^{1/3} for roads and green areas, respectively. The boundary of the domain was set permeable. Roads are set as impervious surfaces while the roof of buildings discharge directly in the underground drainage network. This is modelled using a dedicated infiltration layer. (see Chinchella et al. 2024 for further details). The following scenarios were investigated: a) symmetric Chicago hyetographs at T = 10 years using raw and corrected DDF curves, for d = 2 hours; b) rainfall event occurred on September 24th, 2022 as measured by Arpal TBRs and the SRSs; c) rainfall event occurred on September 24th, 2022 as measured by the rain gauge Arpal-FI, located within the investigated urban area, assuming different temporal resolutions equal to 5 – 15 – 30 and 60 minutes.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

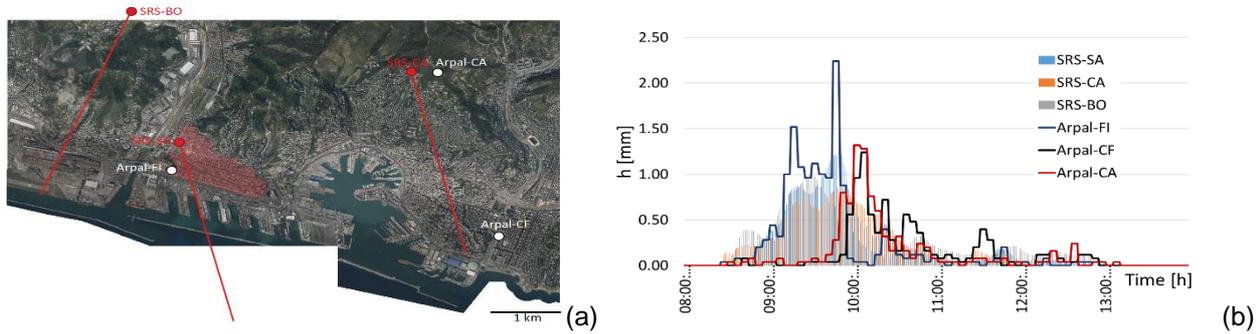


Figure 1. (a) overview of the investigated urban area (red portion) with indicated the position of the three rain gauges (white circles) and the three SRSs (red circles) with the associated atmospheric links (red lines), (b) temporal evolution of the investigated rainfall event (September 24th, 2022) as measured by the various sensors.

Results

Simulation results can be summarized in terms of maps of the flooding water depth and velocity. Significant differences were observed and quantified between flooding scenarios obtained by simulating the distribution of excess rainwater when various rainfall data are considered. Although the overall flooding conditions are captured in all the examined cases, due to the simplification adopted in the flow modelling approach, it is evident from the results that significant differences in the expected flood volumes and maximum water depth and velocity are obtained using various sources, accuracy, and temporal resolution of the rainfall information. Larger differences were obtained in the case of the simulated event, revealing that the role of opportunistic sensors located within or in the proximity of the study area largely outperforms the contribution of nearby rain gauge data when these are located even only 5 km far from the study area. The ratios of the conditional flooded volume and the maximum water depth between each sensor and the reference value are summarized in Table 1.

Scenario	Instrument	Rainfall Ratio	Peak ratio	Volume ratio when $h > 5\text{cm}$	Max Depth ratio
a)	DICCA _{raw} /DICCA _{corr}	0.94	0.89	0.96	0.99
	Arpal-CA/Arpal-FI	0.62	0.59	0.54	0.91
	Arpal-CF/Arpal-FI	0.64	0.55	0.50	0.91
b)	SRS-SA/Arpal-FI	1.07	0.56	0.90	1.02
	SRS-CA/Arpal-FI	1.02	0.38	0.84	1.01
	SRS-BO/Arpal-FI	1.08	0.45	0.79	1.03
c)	Arpal-FI ₁₅ /Arpal-FI ₅	n.a.	0.53	1.00	1.00
	Arpal-FI ₃₀ /Arpal-FI ₅	n.a.	0.47	0.99	1.00
	Arpal-FI ₆₀ /Arpal-FI ₅	n.a.	0.43	0.98	1.00

Table 1. Rainfall event and flooding parameters as a comparison with the reference instrument for each scenario.

References

- [1] Chinchella, E., Cauteruccio, A., Boni, G. & Lanza, L.G. Modelling of pluvial flooding considering stormwater inlets and permeable pavements, Proc. IDRA24, Parma, Italy, 2024.
- [2] Palla, A.; Colli, M.; Candela, A.; Aronica, G.T.; Lanza, L.G. Pluvial flooding in urban areas: The role of surface drainage efficiency. J. Flood Risk Manag., 11, S663–S676, 2018.
- [3] USACE US Army Corps of Engineering, Hydrologic Engineering Center. HEC-RAS river analysis system, Hydraulic Reference Manual, version 6.0, pp 546, 2021.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

IMPATTO DELLA SCABREZZA DOVUTA ALLA VEGETAZIONE ARBOREA SULLA PROPAGAZIONE DELLE PIENE CON UN MODELLO SEMPLIFICATO MONODIMENSIONALE

Giovanni Ravazzani¹, Lisdey Verónica Herrera Gómez², Alessandro Prece³, Marco Mancini⁴

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: giovanni.ravazzani@polimi.it

² Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: lisdeyveronica.herrera@polimi.it

³ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: alessandro.prece@mail.polimi.it

⁴ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: marco.mancini@mail.polimi.it

Sommario

La corretta simulazione della propagazione delle portate di piena in un corso d'acqua è determinante nella previsione in tempo reale di eventi di esondazione e per la valutazione del rischio idraulico. La vegetazione spesso presente all'interno dell'alveo, sulle sponde e nelle golene gioca un ruolo importante nell'idraulica fluviale. La presenza di vegetazione in sistemi fluviali infatti, aumenta la resistenza al flusso, incrementando la scabrezza e riducendo la conduttività idraulica, e perciò modifica i profili di velocità e i livelli raggiunti [5], causando un possibile incremento del rischio di esondazione. D'altra parte, non va dimenticato il ruolo che la vegetazione svolge nell'incremento della biodiversità, nella fornitura di servizi ecosistemici relativi alla qualità delle acque, alla stabilità delle sponde, al sequestro del carbonio, oltre che alla regolazione dei microclimi nelle aree fluviali ([10]). Perciò la gestione del rischio alluvionale deve essere bilanciata tra due esigenze: la riduzione della densità vegetativa al fine di aumentare la conduttività delle golene e ridurre così il rischio e le suddette esigenze di conservazione dei servizi ecosistemici e degli ecosistemi stessi.

La resistenza al moto dovuta alla presenza di vegetazione è un tema di studio che negli ultimi decenni ha conseguito numerosi sviluppi sia di tipo teorico che sperimentale [1]. In particolare, la determinazione dei coefficienti di scabrezza può essere effettuata tramite approcci descrittivi [2], confronti fotografici [3] o metodi analitici. In quest'ultimo caso i coefficienti di scabrezza vengono generalmente valutati considerando le condizioni di flusso in cui si trova la vegetazione (non sommersa/emergente o sommersa), e il tipo di vegetazione (rigida o flessibile) [4] [5]. In generale la scabrezza indotta da vegetazione rigida emersa, risulta crescente all'aumentare del livello idrico.

In questo lavoro, alcune equazioni per la stima della scabrezza dovuta a vegetazione arborea (rigida) sono state implementate in un modello idraulico monodimensionale precedentemente sviluppato basato sullo schema PAB (Parabolic and Backwater) [6] [7] che permette di simulare processi di moto vario risolvendo in maniera disaccoppiata un modello diffusivo con la soluzione dei profili di moto permanente.

Il caso di studio è l'asta del fiume Piave compresa nel tratto di pianura tra la sezione di Ponte di Piave ed Eraclea.

I risultati mostrano un impatto significativo della vegetazione arborea sulla modulazione del coefficiente di scabrezza e quindi sulla valutazione dei valori massimi di livello idrico raggiunti in caso di piene fluviali.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] D'Ippolito, A., Calomino, F., Alfonsi, G., Lauria, A., Flow Resistance in Open Channel Due to Vegetation at Reach Scale: A Review, *Water*, vol. 13, 2021, doi: 10.3390/w13020116.
- [2] Chow, V.T., *Open-channel Hydraulics*. in Civil engineering series. McGraw-Hill, 1959.. Disponibile su: <https://books.google.it/books?id=5wuyQgAACAAJ>
- [3] Arcement, G. J., Schneider, V. R., *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*, 1989. doi: 10.3133/wsp2339.
- [4] Huthoff, F., Augustijn, D. C. M. , Hulscher, S. J. M. H. , Analytical solution of the depth-averaged flow velocity in case of submerged rigid cylindrical vegetation, *Water Resour Res*, vol. 43, n. 6, 2007, doi: <https://doi.org/10.1029/2006WR005625>.
- [5] Baptist M. J. et al., On inducing equations for vegetation resistance, *Journal of Hydraulic Research*, 45, n. 4, pagg. 435–450, lug. 2007, doi: 10.1080/00221686.2007.9521778.
- [6] Todini, E. & Bossi, A., PAB (Parabolic and Backwater), an unconditionally stable flood routing scheme particularly suited for real time forecasting and control, *J. Hydraul. Res.*, 1986, 24 (5), 405–424.
- [7] Cimorelli, L., Cozzolino, L., Della Morte, R., Pianese, D., An improved numerical scheme for the approximate solution of the Parabolic Wave model, *Journal of Hydroinformatics*, 2013, 15.3, doi: 10.2166/hydro.2013.130.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SULLA QUANTIFICAZIONE DELL'IMPATTO DELLE PIENE SULL'AGRICOLTURA ALLA SCALA GLOBALE

Antonio Annis¹, Davide Danilo Chiarelli², Fernando Nardi³, Maria Cristina Rulli²

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università di Padova, Padova.

² Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano.

³ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica, Università di Roma Tor Vergata, Roma.

Sommario

La crescita della popolazione, la pressione antropica sulle aree rurali e l'impatto degli estremi idrologici e climatici sono oggi tra le sfide più critiche per garantire la sicurezza alimentare e idrica globale. Una corretta pianificazione del territorio necessita di una accurata e puntuale comprensione e quantificazione dei rischi idrogeologici e agricoli. La maggior parte delle risorse naturali e delle aree vulnerabili sono collocate lungo i corsi d'acqua nelle pianure alluvionali. Tuttavia, la quantificazione omogenea e accurata su larga scala dell'impatto del rischio idraulico sulle aree agricole è, ad oggi, un problema scientifico irrisolto. Questa ricerca mira a sviluppare un metodo di stima della distribuzione e quantità della produzione agricola potenzialmente a rischio idrogeologico. Vengono impiegati per questo lavoro due dataset geospaziali globali di caratterizzazione delle colture agricole e delle aree golenali a rischio idraulico. Il Global Cropland Area Database (MIRCA2000)¹, il Global Floodplain Dataset (GFPLAIN250m)² e le mappe globali del rischio idraulico del JRC. Inoltre, sono anche utilizzati i dati continentali telerilevati di mappatura dei corsi d'acqua non regolati (rispetto a quelli regolati artificialmente)³ e strati informativi della densità urbana. I risultati mostrano che quasi il 20% della produzione agricola globale si trova nelle pianure alluvionali, con le piene che costituiscono il maggior fattore di criticità per la sicurezza alimentare a livello globale (Figura 1). Tuttavia, si osserva anche una maggiore variabilità se l'analisi viene disaggregata per tipo di coltura. Le analisi identificano i bacini fluviali asiatici come i più esposti alle inondazioni in termini di aree coltivate, mentre i bacini fluviali del Nilo sono i più esposti in termini di Kcal/anno a rischio a causa di eventi idrologici estremi. I risultati del presente lavoro possono supportare una gestione efficiente su larga scala delle pianure alluvionali al fine di adottare strategie sostenibili di gestione, protezione e intervento per garantire la sicurezza alimentare considerando diverse scale geografiche, climatiche e socioeconomiche.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

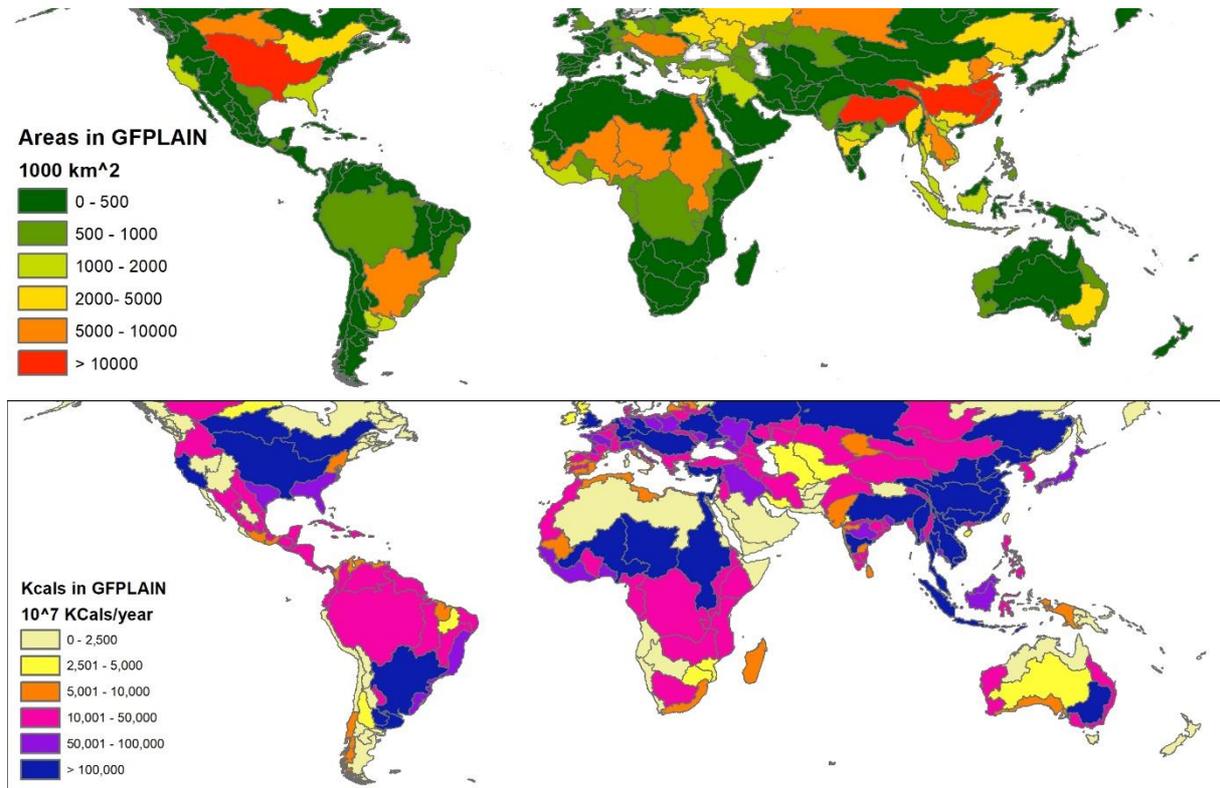


Figura 1. Colture Agricole e KCalorie/anno a rischio in aree a rischio idraulico associate alla perimetrazione GFPLAIN aggregate con i bacini HydroSHEDS

Bibliografia

- [1] Portmann, F. T., Siebert, S. and Döll, P. (2010) 'MIRCA2000-Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling', *Global Biogeochemical Cycles*, 24(1). doi: 10.1029/2008gb003435.
- [2] Nardi, F. et al. (2019) 'GFPLAIN250m, a global high-resolution dataset of earth's floodplains', *Scientific Data*, 6, pp. 1–6. doi: 10.1038/sdata.2018.309.
- [3] Grill, G. et al. (2019) 'Mapping the world's free-flowing rivers', *Nature*, 569(7755). doi: 10.1038/s41586-019-1111-9.
- [4] Annis, A., Chiarelli, D.D., Nardi, F., Rulli, M.C., Global assessment of crop production in floodplain areas (in preparazione)

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 2

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann

Via Gemona, 92

Lunedì 24 giugno 2024

17:15 – 19:00

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

PREVISIONE DI COLATE DETRITICHE INNEScate DA DEFLUSSO SUPERFICIALE TRAMITE MODELLAZIONE IDROLOGICA

Martino Bernard¹, Matteo Barbini¹, Matteo Berti², Mauro Boreggio¹, Massimiliano Schiavo¹, Alessandro Simoni², Carlo Gregoretti¹

¹ Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, Legnaro (PD).
E-mail: martino.bernard@unipd.it

² Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Università di Bologna, Bologna.

Sommario

In ambiente dolomitico, in risposta a precipitazioni brevi e intense, le pareti rocciose generano abbondanti deflussi superficiali e li convogliano, tramite i canali rocciosi incisi su di esse, sui ghiaioni alla loro base. L'interazione fra i deflussi superficiali e il materiale detritico sciolto ivi presente permette la formazione di un'onda solido-liquida che, propagandosi verso valle lungo i canali incisi sul versante, ingloba massi, ghiaia e sabbia, trasformandosi in una colata detritica sempre più consistente. Per esaminare la risposta idrologica dei bacini rocciosi di testata e il conseguente innesco di colate detritiche granulari, vengono utilizzati i dati raccolti da tre stazioni di monitoraggio collocate in tre diversi bacini lungo la valle del Boite (Dimai, Rio Gere e Rovina di Cancia), in provincia di Belluno. Queste stazioni, situate nei bacini in corrispondenza delle relative aree di innesco delle colate, permettono la registrazione dei dati pluviometrici e della risposta idrologica del bacino, consentendo di osservare le tempistiche e la tipologia dei flussi in arrivo. In oltre 15 anni di monitoraggio, sono stati documentati numerosi casi sia di deflusso liquido che di fenomeni di trasporto di massa. Questo prezioso dataset permette di analizzare il comportamento idrologico dei piccoli bacini di testata e di investigare l'innesco delle colate detritiche granulari. Il modello idrologico sviluppato da Gregoretti et al. (2016) è stato parzialmente riformulato e la sua versione aggiornata è stata calibrata utilizzando gli idrogrammi misurati tramite un trasduttore di pressione installato nella vasca a monte di uno stramazzone a parete sottile, realizzata alla sezione di chiusura del canale roccioso inciso nel bacino di Dimai. Il modello aggiornato è stato testato sulle osservazioni registrate sugli altri due bacini, confermando la capacità di replicare le fasi iniziali di una colata detritica, specialmente quando la concentrazione di sedimenti aumenta rapidamente. Inoltre, confrontando il volume di deflusso simulato tramite modellazione idrologica con il volume di sedimenti mobilitato durante gli eventi di colata detritica avvenuti nel bacino di Rovina di Cancia fra il 2009 e il 2022, stimato tramite DEM of Differences, i valori di concentrazione solida ottenuti sono consistenti e possono essere utilizzati per prevedere i volumi di sedimenti trasportati dalle colate detritiche.

Bibliografia

[1] Gregoretti, C., Degetto, M., Bernard, M., Crucil, G., Pimazzoni, A., De Vido, G., Berti, M., Simoni, A., Lanzoni, S., 2016. Runoff of small rocky headwater catchments: Field observations and hydrological modeling. *Water Resources Research*. 52, 8138–8158. doi:10.1002/2016WR018675.

HYDROMETEOROLOGICAL THRESHOLDS FOR LARGE-SCALE EARLY WARNING OF RAINFALL-INDUCED DEBRIS FLOWS IN CAMPANIA

Pasquale Marino¹, Abdullah¹, Daniel Camilo Roman Quintero¹, Giovanni Francesco Santonastaso¹, Roberto Greco¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Campania, Aversa (CE). E-mail: roberto.greco@unicampania.it

Abstract

Rainfall-induced landslides are widespread geohazards, often characterized by shallow and fast movements. Their occurrence is not easily predictable. Particularly, reliefs of Campania (Italy), widely covered by loose pyroclastic deposits laying upon limestone bedrock, are often subjected to massive shallow landslides, evolving in form of fast debris flows. The operational early warning systems for rainfall-induced landslides (LEWS) usually rely on empirical thresholds based on the precipitation information alone (e.g., intensity and duration of rainfall event), which give rise to false and missed alarms. The reliability of landslide prediction would benefit from the inclusion of hydrological information about the state of the slope prior to rainfall events [1]. In fact, recently, novel hydrometeorological thresholds, that couple information related to major hydrological processes occurring in the slope and the features of rainfall events, have been proposed for landslide forecasting, improving the performance of LEWS [2].

This study refers to landslide-prone slopes nearby the town of Cervinara, belonging to Partenio Massif, representative of a geomorphological setting typical of wide areas of Campania (Italy). To obtain a significant data series for statistical analyses, a 1000-year hourly synthetic dataset, mimicking the hydrological response to meteorological forcing of a reference slope, with regular geometry and homogeneous soil and bedrock properties, was generated. Specifically, a stochastic NSRP rainfall model was coupled with a physically based model simulating the unsaturated flow through the pyroclastic deposit, and its hydraulic connection to a perched aquifer, which develops in the uppermost part of the bedrock during the wet season, conceptualized as a linear reservoir. Both the models had been previously calibrated and validated based on field monitoring data. The synthetic dataset of the slope response to precipitation is obtained in terms of soil suction and water content, and perched aquifer water level [3]. The stability of the slopes is assessed under the infinite slope hypothesis, allowing the identification of landslide occurrence. The results confirm that hydrometeorological thresholds outperform the purely meteorological ones (Figure 1).

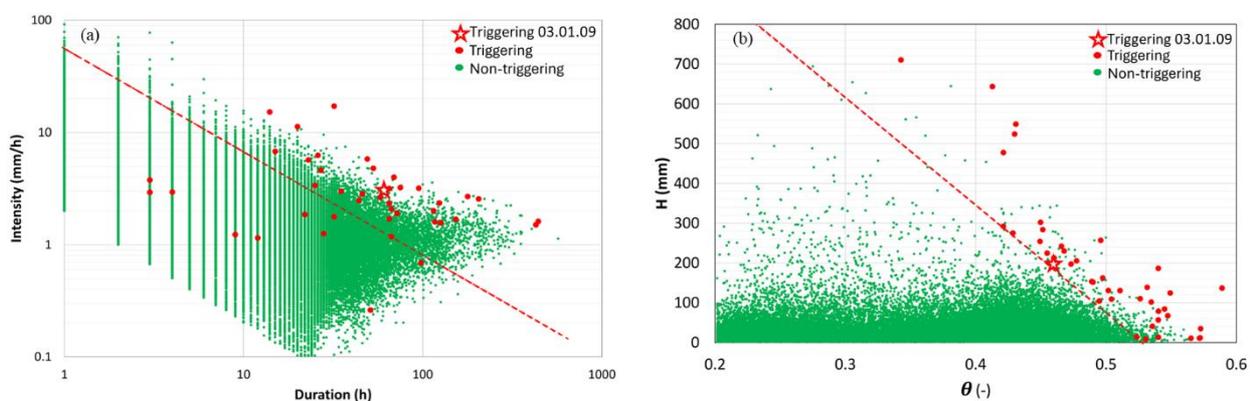


Figure 1. Meteorological (a) and hydrometeorological (b) thresholds for debris flow occurrence. The star shows the event of 03.01.2009 when a debris flow occurred in Cervinara.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

For real operational application to landslide early warning in a wide area, the uncertainty deriving from the spatial variability of slope morphological characteristics and soil hydraulic and geotechnical properties should be considered, as it affects the slope stability assessment (i.e., the calculated factor of safety is uncertain, as it is based on the simulation results for the assumed slope and soil properties), as well as the representativeness of the hydrological and meteorological variables needed for the operation of the thresholds for early warning (i.e., based either on modelling or monitoring, the variables have limited spatial resolution). Thus, slope geomorphological characteristics and soil hydraulic and geotechnical properties have been regarded as random variables, and the effect of uncertainty on the operational predictive performance has been introduced, showing the robustness of the hydrometeorological thresholds. The application to real data confirms the reliability of the synthetic results for the definition of operational thresholds for landslide early warning in the Partenio Massif.

References

- [1] Bogaard, T.A. and Greco, R., 2018. Invited perspectives: Hydrological perspectives on precipitation intensity-duration thresholds for landslide initiation: Proposing hydro-meteorological thresholds. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(1), pp. 31-39.
- [2] Marino, P., Peres, D.J., Cancelliere, A., Greco, R. and Bogaard, T.A., 2020. Soil moisture information can improve shallow landslide forecasting using the hydrometeorological threshold approach. *Landslides*, 17(9), pp.2041-2054.
- [3] Roman Quintero, D.C., Marino, P., Santonastaso, G.F. and Greco, R., 2023. Understanding hydrologic controls of sloping soil response to precipitation through machine learning analysis applied to synthetic data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(22), pp.4151-4172.

SUITABILITY OF SATELLITE-DERIVED RAINFALL ESTIMATES FOR OPERATIONAL LANDSLIDE PREDICTION AT THE SUB-REGIONAL SCALE

Stefano Luigi Gariano¹, Silvia Peruccacci¹, Massimo Melillo¹, Maria Teresa Brunetti¹, Tadesual Asamin Setargie¹, Antonino Cancelliere², Nunziarita Palazzolo², David J. Peres², Nicola Nocentini³, Ascanio Rosi³, Samuele Segoni⁴

¹ Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia.

E-mail: stefanoluigi.gariano@cnr.it

² Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università di Catania, Catania

³ Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova, Padova

⁴ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Firenze

Abstract

Predicting the occurrence of rainfall-induced landslides is a crucial task for civil protection purposes. Typically, regional-scale operational warning models rely on rainfall thresholds, which require a few parameters and provide clear results in short computational times. The PRIN-ITALERT (*Prediction of Rainfall-INDuced landslides - Improving multi-scale TerritoriAL Early warning through aRTificial intelligence*) project aims to improve the operational prediction of rainfall-induced landslides over large areas by defining a multi-scale model based on regional-scale rainfall thresholds defined using satellite-based rainfall products and sub-regional machine learning models, with a 2-step activation procedure.

In this contribution, the suitability of satellite-derived rainfall estimates for the definition of empirical rainfall thresholds is investigated. Two alert zones in Italy frequently affected by geo-hydrological disasters and characterized by different geological and meteorological settings are selected: the Ligu-C zone in Liguria, and the Sici-I zone in Sicily. The landslide records for the two zones were retrieved from openly accessible catalogues: ITALICA [<https://doi.org/10.5194/essd-15-2863-2023>] and FranelItalia [<https://doi.org/10.1186/s40677-018-0105-5>]. A total of 467 and 259 landslides of different types are collected for the Ligu-C and Sici-I zones, respectively, for the period 2002-2021. The records are characterized by high temporal accuracy (the time or at least the day of occurrence is known) and accurate localization. Hourly rainfall data are retrieved from the two regional rain gauge networks (95 and 50 stations for Ligu-C and Sici-I zones, respectively) and from the GPM IMERG (Global Precipitation Measurements - Integrated Multi-satellitE Retrievals) LatePrecipitation V6 at 0.1° resolution (55 and 54 grid cells, respectively).

The hourly rainfall records and landslide data are processed using CTRL-T open software [<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.024>] to objectively and automatically reconstruct rainfall events and select the landslide-triggering rainfall conditions. To consider the various climatic conditions of the two study areas, different parameters are used to define the dry and wet periods necessary for the reconstruction of the rainfall events.

Rainfall events and triggering conditions obtained for both ground- and satellite-based rainfall are compared to assess their suitability in defining frequentist rainfall thresholds in the two areas (Figure 1). Some differences are found and analyzed. In some cases, satellite-based rainfall estimates allow the recognition of technical/transmission errors in rain gauge measurements; on the other hand, some rainfall peaks may not be detected by the satellite due to the spatial resolution of the used product. However, these issues do not invalidate the use of such data in operational landslide prediction. In fact, the rainfall thresholds defined for the two zones using both rainfall sources are statistically comparable. Moreover, the definition of prediction models with remotely-sensed data is useful for replicating such approaches in scarcely-gauged areas.

The data and the prediction tools defined in this work will be implemented in sub-regional landslide prediction models based on machine learning algorithms that allow the combination of spatial and temporal prediction of rainfall-induced landslides.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Work supported by the PRIN-ITALERT project, 202248MN7N_PE10_PRIN2022, PNRR M4.C2.1.1, funded by European Union – Next Generation EU, CUP: B53D23006720006.

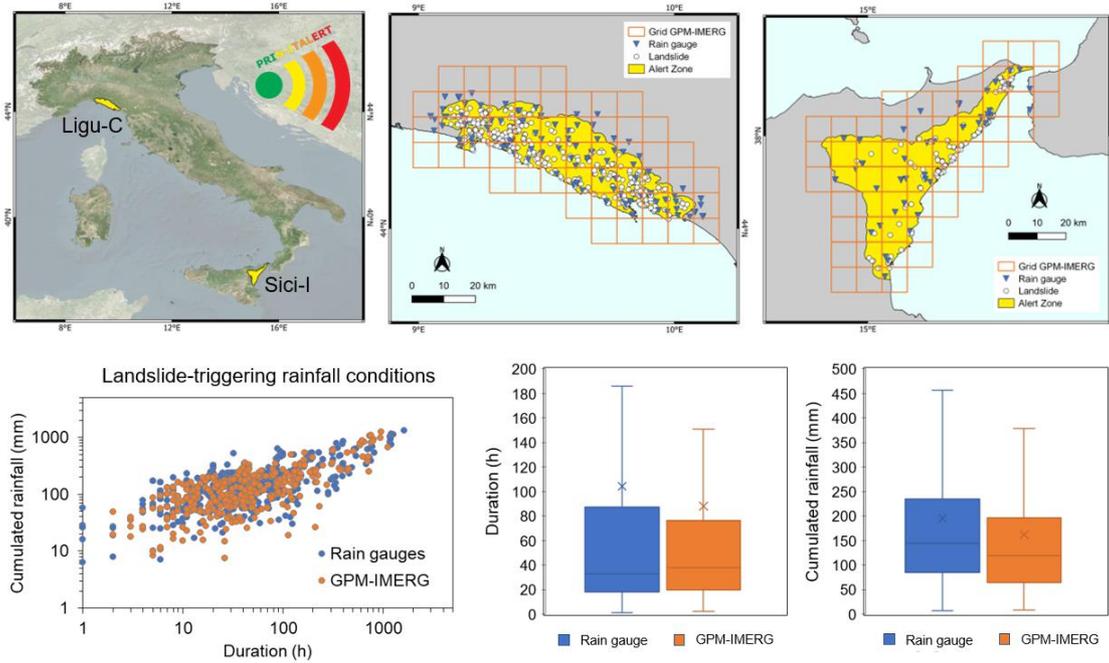


Figure 1. Overview of approach, study areas, data, and preliminary results.

MONITORING GROUNDWATER RECHARGE DYNAMICS THROUGH HIGH-RESOLUTION SATELLITE SOIL MOISTURE

Jacopo Dari^{1, 2}, Paolo Filippucci², Luca Brocca², Christian Massari², Renato Morbidelli¹, Carla Saltalippi¹, Alessia Flammini¹

¹ Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia, Perugia, Italy. E-mail: jacopo.dari@unipg.it

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

Abstract

Groundwater represents a massive portion of the total freshwater available. It is the primary source of water for more than two billion people worldwide and an essential source for agriculture in many areas of the world. It is well known that water resources are expected to face an ever-increasing stress during the upcoming decades because of the combined effects of human exploitation and climate changes, and groundwater is not an exception. Recently, the monitoring of hydrological fluxes through approaches based on the closure of the water cycle budget has been boosted by the availability of multi-source satellite data sets. Under this perspective, this study aims at presenting a novel approach for estimating groundwater recharge rates from satellite surface soil moisture observations through a water balance approach. In order to do this, data from groundwater monitoring networks available over selected pilot areas have been collected for validation purposes. Several remotely sensed soil moisture products have been evaluated, limiting the selection to latest high-resolution (1 km) data sets developed under the 4DMED-Hydrology project (<https://www.4dmed-hydrology.org/>) funded by the European Space Agency. Preliminary results show a general good agreement between observed and satellite-derived recharge dynamics, with highest quantitative agreements found for stations monitoring undisturbed aquifers, which, in principle, respond to meteorological inputs only. Even though further investigation is required, the proposed framework opens the interesting perspective of an innovative hydrological application of satellite soil moisture data and, if successful, it can be potentially upscaled to different targets (i.e., from the regional to the country scale).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

THE MASS BALANCE OF THE MONTASIO GLACIER SHOWS A SURPRISING TREND OVER THE PAST TWO YEARS

Federico Cazorzi^{1,2}, Sara Cucchiario^{1,2}

¹ Department of Agricultural, Food, Environmental and Animal Sciences, University of Udine, Udine. ² Comitato Glaciologico Italiano. e-mail: federico.cazorzi@uniud.it, sara.cucchiario@uniud.it

Abstract

The “Occidentale del Montasio” (ODM) is the lowermost Italian glacier in the Alps. At about 1900 m a.s.l. it still survives and shows the classical glacier dynamics, due to its position that allows a huge recharge of snow from the looming Jôf di Montasio northern wall and thanks to the northern exposition that mostly preserves it from direct solar radiation. The earliest historical photos of the glacier date from World War I [1] and allow only a rough estimate of the volume. Since Ardito Desio's first scientific survey in 1920, ODM has lost mass, following, for about 85 years, the same behaviour as the average of the reference alpine glaciers [2]. Then, from about 2005 onward, the incremental budget curve diverges, showing strong resistance to mass loss [3]. The winter of 2021-2022 was extremely poor in snow and the summer of 2022 was warm, so the ODM mass balance in 2022 was strongly negative, showing -2.10 m water equivalent, but still less negative than the Alpine average (-3.29 m w.e.). The following season (2022-2023) was still poor of snow, although not that poor, and the summer of 2023 was still warm but, surprisingly, the ODM mass balance was negative by only -0.63 m w.e. However, during the 2023 summer, a catastrophic event threatened to compromise the integrity of the glacier. During three days of intense precipitation (Aug. 3-5) the surface flow concentrated from the mountain face to the head of the glacier, where it carved a subglacial path, emerging with a large cave in the centre of the glacier. On August 28, another intense precipitation expanded the cavity. In addition, the glacier showed that at the top it was separated from the rock allowing ablation on the bottom side as well. All the cavities disappeared below the snow cover in early December. Following even more intense rainfall, a similar event was recorded in 2008, and no evidence was seen in subsequent years. Despite the cave, the 2023 budget was much less negative than the winter snow and weather patterns might have suggested. Wider debris cover plays an important role, but more importantly, the fact that the glacier surface has receded deep into the bottom of a niche further reduces its exposure to sunlight. There is evidence that other alpine glacial bodies, especially glaciers, are following the same behaviour, suggesting that their disappearance is not as rapid as climate change would predict.

References

- [1] Carturan L., Bondesan A., Carton A., Cazorzi F., Cucchiario S., De Marco J., Piermattei L., 2020. The glaciated landscape across the First World War front: quantitative reconstructions based on digitized historical images and modern techniques. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 43 (1).
- [2] De Marco J., Carturan L., Maset E., Cucchiario S., Visintini D., De Infanti R., Cazorzi F., 2022. Century-long multi-source analyses highlight decreasing vulnerability for a small, debris-covered and avalanche-fed glacier in the Eastern Italian Alps. *Journal of Hydrology*, 615(A).
- [3] De Marco J., Carturan L., Piermattei L., Cucchiario S., Moro D., Dalla Fontana G., Cazorzi F., 2020. Minor Imbalance of the Lowermost Italian Glacier from 2006 to 2019. *Water (Switzerland)*, 12 (9).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

COSMIC RAYS NEUTRON SENSING PER IL MONITORAGGIO DELLA RISORSA IDRICA NIVALE SULLE ALPI OCCIDENTALI

Enrico Gazzola^{1*}, Christian Ronchi², Nicola Colombo³, Mario Gallarate^{4,5}, Stefano Ferraris⁶, Michele Freppaz³, Fiorella Acquaotta⁴, Erika Solero², Luca Lanteri², Alessio Gentile⁶, Davide Gisolo⁶, Stefano Gianessi¹, Barbara Biasuzzi¹

¹ Finapp srl, Via del Commercio 27, Montegrotto Terme. *E-mail: gazzola@finapptech.com

² Dip. Rischi Naturali ed Ambientali, ARPA Piemonte, Torino

³ Dip. di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Torino

⁴ Dip. di Scienze della Terra, Università di Torino, Torino

⁵ Dip. di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari, Venezia

⁶ Dip. Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico e Università di Torino, Torino

Sommario

Il bilancio della risorsa idrica nel Nord Italia dipende fortemente dalla presenza di neve sulle Alpi, la cui frequente carenza in anni recenti ha comportato delle situazioni critiche di siccità idrologica. Pertanto, la capacità di monitorare accuratamente l'acqua contenuta nel manto nevoso (SWE, Snow Water Equivalent) delle Alpi diventa fondamentale, ed è tanto più critica quanto più difficoltosa nelle zone d'alta quota difficili da raggiungere.

Mentre il metodo più affidabile di quantificazione dello SWE è tramite misure in campo da parte di personale tecnico-scientifico opportunamente formato, esso ha evidenti limitazioni di frequenza temporale e accessibilità dei siti. Per questo motivo si ricorre a modelli computazionali per derivare lo SWE dalla misura dei nivometri, le osservazioni satellitari e i dati meteorologici. In anni recenti sono stati messi a punto sensori di tipo prossimale, in grado di registrare con continuità un dato di SWE anche in aree remote, tra cui spicca la tecnologia CRNS (Cosmic-Rays Neutron Sensing).

L'approccio CRNS si basa sul continuo flusso di neutroni dallo spazio e il loro efficace assorbimento da parte dell'idrogeno, quindi in pratica dall'acqua e dalla neve [1]. È dunque possibile, con opportuna calibrazione dei parametri, derivare direttamente lo SWE dal conteggio effettuato da un rivelatore di neutroni, superando le difficoltà legate alla complessa stratificazione della neve. La misura ha carattere autonomo e non invasivo, inoltre il segnale raccolto coinvolge un'area la cui estensione può raggiungere le centinaia di metri quadrati, risultando quindi in un "pixel" più rappresentativo rispetto a una misura puntuale quando lo si voglia confrontare con scansioni satellitari.

Finapp ha sviluppato un rivelatore di neutroni compatto, leggero e sicuro nel trasporto, adatto ad essere applicato su larga scala anche in aree remote [2]. La stagione invernale 2023/2024 vede distribuiti numerosi sensori Finapp sulle Alpi, prevalentemente sulle Alpi orientali (Veneto), dove sono state installate 25 sonde per ARPAV. Tuttavia, questa presentazione sarà focalizzata sui dati raccolti nei tre siti sperimentali presenti nelle Alpi occidentali (Piemonte e Valle d'Aosta): Sestriere - Banchetta (2480 m s.l.m.), Colle del Nivolet (Parco del Gran Paradiso, 2560 m s.l.m.) e Alagna Valsesia – sito LTER Istituto Mosso (massiccio del Monte Rosa, 2900 m s.l.m.). Il dato osservato da Finapp viene validato tramite accurati rilievi in sito quando disponibili, e confrontato con l'output di modelli localmente assodati, in collaborazione (per il sito LTER-Istituto Mosso) con il Comando Truppe Alpine – Servizio Meteomont.

Questo lavoro è parzialmente finanziato dal progetto NODES che ha ricevuto i fondi da MUR –M4C2 1.5 of PNRR con il grant agreement n. ECS00000036 e dal progetto PRIN [202295PFKP](#) Snow droUghts prediction in the Alps: a changing climate assessmEnT: SUNSET.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] Howat IM, de la Peña S, Desilets D and Womack G, 2018, Autonomous ice sheet surface mass balance measurements from cosmic rays. *Cryosphere* 12: 2099–2108
- [2] Stevanato L, Baroni G, Cohen Y, Fontana CL, Gatto S, Lunardon M, Marinello F, Moretto S, Morselli L, 2019, A Novel Cosmic-Ray Neutron Sensor for Soil Moisture Estimation over Large Areas. *Agriculture* 9: 202

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

ISOTOPI STABILI E PROCEDIMENTI DI MISURA INNOVATIVI PER IL MONITORAGGIO DEI FLUSSI DI ACQUA, CO₂ ED ENERGIA (*MOUNTAIN ECOSYSTEM FUNCTIONS*)

Davide Gisolo¹, Alessio Gentile¹, Davide Canone¹, Stefano Ferraris¹

¹ DIST Politecnico e Università di Torino, E-mail: stefano.ferraris@unito.it

Sommario

La sfida del monitoraggio ambientale è particolarmente complessa in montagna, in luoghi spesso caratterizzati da condizioni di scarsa connettività e accessibilità. Sensori innovativi, reti istituzionali e dati da telerilevamento possono integrarsi utilizzando strumenti di trasmissione dei dati, nonché protocolli di archiviazione e gestione dei dati, in modo da fornire una quantificazione dinamica delle funzioni ecosistemiche.

L'obiettivo è di monitorare il territorio montano, serbatoio di acqua dai ghiacciai fino alle pianure e insieme prevalentemente sink della CO₂. Sei anni di lavoro hanno permesso di aggiungere via via sensori e sperimentarne l'affidabilità con alimentazione elettrica unicamente da pannelli e trasmissione dati al server di Torino con debole connettività.

In questa presentazione verranno mostrati i dati di sei anni di monitoraggio in praterie a 2600 metri di quota e in un bosco a 650 metri di quota dove tre anni fa abbiamo installato una torre di eddy covariance da 23 metri di altezza.

Verranno anche sintetizzati i risultati delle misure di isotopi stabili e di conducibilità elettrica nei corsi d'acqua e nel suolo e come si complementino con il monitoraggio dei flussi evapotraspirativi, di CO₂ e di energia.



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 3

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann

Via Gemona, 92

Martedì 25 giugno 2024

08:30 – 10:15

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

EMPIRICAL RUNOFF THRESHOLDS: RESULTS FROM CATCHMENTS IN CENTRAL ITALY

Ortenzi Sofia¹, Ciabatta Luca², Massari Christian², Marchesini Ivan², Donnini Marco², Cencetti Corrado¹,
Stelluti Marco³, Di Matteo Lucio¹

¹ Department of Physics and Geology, University of Perugia, Perugia (Italy). E-mail: sofia.ortenzi@dottorandi.unipg.it

² Research Institute of Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia (Italy).

³ Regione Umbria, Sezione Difesa e Gestione Idraulica, Perugia (Italy).

Abstract

Understanding how much runoff is generated from precipitation events is an increasingly relevant topic in the context of climate change, especially in the Mediterranean area, where the interactions among the landscape, topography, soil, precipitation variability and basin antecedent conditions make this process difficult to model [e.g., 1]. Several authors have focused on defining empirical thresholds beyond which runoff (R) originates for specific event rainfall depths (P) and the antecedent soil moisture (θ), for example, by using the Antecedent Soil moisture Index (ASI). These approaches yielded promising results at the plot or catchments scale [2,3,4,5]. However, soil moisture is not frequently monitored in catchments – or – when it is monitored via only a few point measurements it is not guaranteed it correctly represents the true catchment soil moisture conditions. In recent years, the increasing development of space-borne platforms has provided soil moisture estimates at different spatial and temporal scales, offering a viable way to complement ground-based observations.

The present study integrates ground-based data and satellite soil moisture estimates to empirically evaluate runoff thresholds in two scarcely anthropized, small to medium-sized and medium-low permeability basins in Umbria (Central Italy). In detail, the Tatarena Creek catchment has an area of 32 km² and is mainly covered by flyschoid rocks; the Reschio Creek basin is 57 km² and is characterised by layered sandstone interbedded with thin marls and pelitic levels. Corine Land Cover 2018 images show that the two basins have different land uses: the Tatarena is mainly characterised by agricultural areas (72%), and the Reschio basin shows broad-leaved forest as predominant land use (60%). The Copernicus Global Land Service SWI (Soil Water Index) 1km dataset is used to estimate the antecedent soil degree of saturation. As for the ASI index, the Antecedent SWI is introduced (ASWI, mm) by multiplying SWI values by the depth of investigation (i.e., $D \approx 10$ cm considering a T-value of 10 [6]). Event-scale runoff thresholds have been empirically defined by analysing R as a function of $P + ASWI$. Sixty-five runoff events were identified for the Tatarena Creek basin in the 2015-2023. After the analysis, a runoff threshold of about 68 mm was obtained by the sum of the rainfall depth (P) and ASWI. Nineteen runoff events were identified for the Reschio Creek catchment during 2020-2023 (runoff threshold of about 75 mm). The preliminary results (Fig. 1) indicate a slightly higher $P+ASWI$ threshold for the Reschio catchment than the Tatarena one. The approach presented here can be helpful to investigate other catchments, contributing to the knowledge of the rainfall-runoff process. In-depth studies are being conducted on basins with different lithological characteristics.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

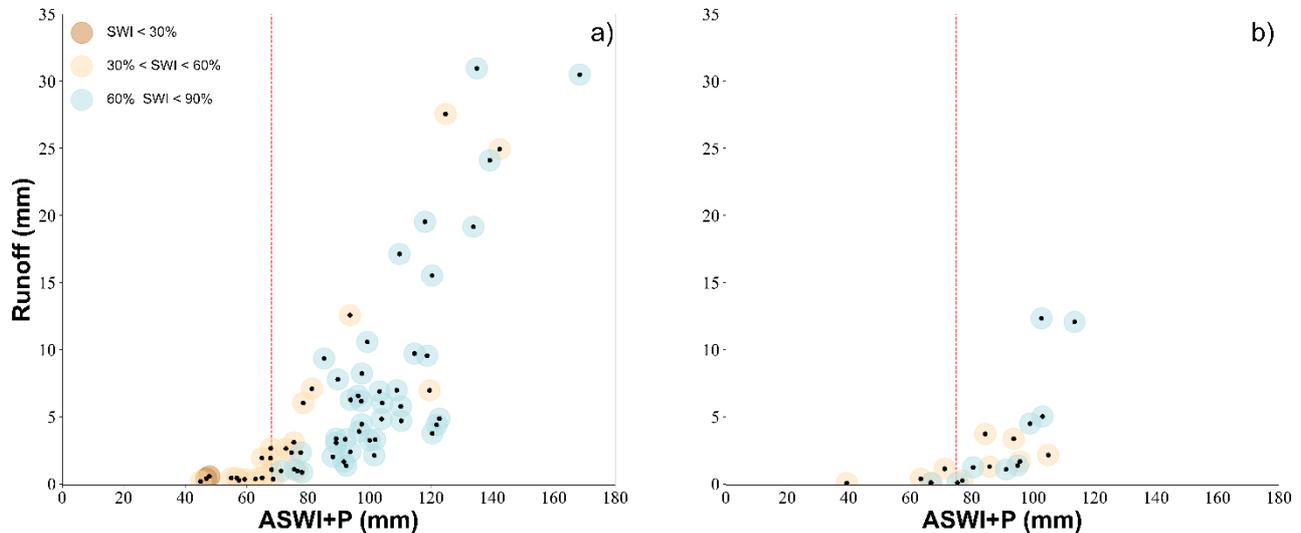


Figure 1 - Runoff thresholds defined for the Tatarena Creek catchment (a) and the Reschio Creek catchment (b).

References

- [1] Beven, Keith J. Rainfall-runoff modelling: the primer. John Wiley & Sons, 2011.
- [2] Haga, H., Matsumoto Y., Matsutani J., Fujita M., Nishida K., and Sakamoto Y., 2005. Flow paths, rainfall properties, and antecedent soil moisture controlling lags to peak discharge in a granitic unchanneled catchment. *Water Resources Research*. 41: W12410. <https://doi.org/10.1029/2005WR004236>
- [3] Penna, D., Tromp-van Meerveld H.J, Gobbi A., Borga M. and Dalla Fontana G., 2011. The influence of soil moisture on threshold runoff generation processes in an alpine headwater catchment. *Hydrology and Earth System Sciences* 15(3): 689-702. <https://doi.org/10.5194/hess-15-689-2011>
- [4] Wei, L., Qiu Z., Zhou G., Kinouchi T. and Liu Y., 2020. Stormflow threshold behaviour in a subtropical mountainous headwater catchment during forest recovery period. *Hydrol. Processes* 34: 1728–1740. <https://doi.org/10.1002/hyp.13658>
- [5] Todisco, F., Vergni L., Ortenzi S., Di Matteo L., 2022. Soil Loss Estimation Coupling a Modified USLE Model with a Runoff Correction Factor Based on Rainfall and Satellite Soil Moisture Data. *Water* 14(13): 2081. <https://doi.org/10.3390/w1413208>
- [6] European Union's Copernicus Land Monitoring Service information, Product User Manual, Soil Water Index Collection 1km Version 1 https://land.copernicus.eu/en/technical-library/product-user-manual-soil-water-index-version-1/@_@download/file

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

ADDRESSING WATER STRESS ON GRASS EVAPOTRANSPIRATION RATE: THE "SHELTER" EXPERIMENT

Concetta D'Amato¹, Paolo Benettin², Andrea Rinaldo³ & Riccardo Rigon¹

¹ Center Agriculture Food Environment (C3A), University of Trento, Trento. E-mail: concetta.damato@unitn.it

² Department of Earth Surface Dynamics, UNIL, Lausanne

³ Laboratory of ecohydrology ENAC/IIIE/ECHO, EPFL, Lausanne

Abstract

In an era shaped by extensive human-induced alterations, including groundwater extraction and deforestation, compounded by the relentless advance of climate change marked by escalating temperatures and CO₂ levels, investigating the impact of water stress on evapotranspiration rates emerges as a critical frontier of scientific inquiry. Over the past two decades, the interplay between hydrology and plant dynamics has garnered increasing attention from interdisciplinary communities encompassing climate science, hydrology, and ecology. This heightened interest has deepened our comprehension of the hydrological cycle and the mechanisms governing ecosystem survival and functioning amidst environmental shifts. Consequently, significant strides have been made in data acquisition and modeling techniques across diverse temporal and spatial scales in various environments.

This study presents the 'Shelter' experiment, devised to characterize evapotranspiration (ET) flux within two large lysimeters situated at the EPFL campus in Lausanne (CH), aiming to elucidate the impact of water stress on evapotranspiration rates. The investigation comprised two primary phases: initially monitoring ET rates under natural atmospheric conditions, followed by a phase dedicated to probing the effects of drought on ET rates, achieved through controlled manipulation of water input via shelters and manual irrigation.

The culmination of the experiment lies in the application of the GEOSPACE model, which underscored the profound influence of environmental stresses on targeted vegetation species. Moreover, it shed light on the practical implications of employing models to analyze experimental data, thus enriching our understanding of various phenomena. Additionally, it emphasized the critical role of accurately characterizing root water uptake and underscored the indispensable contribution of variables such as wind in governing latent heat exchange.

This contribution presents the outcomes of the experiment alongside a comprehensive analysis conducted using the GEOSPACE model, addressing and examining water stress effects on grass evapotranspiration rates within the context of climate change.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

HYDROLOGIC SUSTAINABILITY OF A MEDITERRANEAN TREE-GRASS ECOSYSTEM UNDER CLIMATE CHANGE

Nicola Montaldo¹, Roberto Corona²

¹ Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale ed architettura, Università di Cagliari, Cagliari.
E-mail: nmontaldo@unica.it

² Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale ed architettura, Università di Cagliari, Cagliari.
E-mail: roberto.corona@unica.it

Abstract

In Mediterranean dryland ecosystems climate change is occurring with an increase in air temperature and a decrease (mainly in wet seasons) of precipitation, which are key for grass and tree growth. We investigated an attractive Sardinian case study with a typical tree-grass ecosystem, where wild olives and seasonal grass species grow on thin surface soil layer overlaying a fractured rock sublayer. A very long-term database with almost 60 years of data is available, with micrometeorological and meteorological measurements, and remote sensing data, providing a unique opportunity to analyze the response of tree-grass ecosystems to historical climate and land cover changes. We proposed an ecohydrological model that was able to reproduce the soil, vegetation, and atmosphere interactions and dynamics, and their long-term evolution. It is still a simplified model that is able to reproduce both fine ecophysiological processes at a hourly time scale, like the hydraulic redistribution process and the water uptake of tree roots from below fractured rock, and more coarse processes at yearly time scales like tree cover fraction evolution. The model accurately predicted the long-term dynamics of the tree cover fraction, which was drastically reduced (~ 0.10) by a human-induced fire about 50 years ago, and restored naturally in almost 20 years, reaching the equilibrium value (~ 0.33). The Sardinian tree-grass ecosystem suffered a historically significant reduction in rain and a significant increase in air temperature in the last century, which produced drier conditions but with a recent mean annual precipitation (MAP) still above 600 mm, apparently enough to sustain the tree growth. Indeed, although the drought conditions were amplified by the increase in air temperature in the last century (Mann Kendall τ of 0.33, $p < 0.001$), the tree cover of the Sardinian ecosystem didn't yet change, remaining similar to that in 1954 ($f_t \approx 0.3-0.35$). The predicted future scenarios are even more severe, with a further decrease of mean annual precipitation of up to ~ 400 mm, and an increase of air temperature of $+4$ °C, which will cause a reduction of the tree cover fraction of up to 0.10 and a strong decrease of the tree LAI. The soil is predicted to become drier, with less grass and vegetation in general, with consequences for the landscape aspect, becoming more and more a savanna-like ecosystem. The future landscape scenarios are predicted to be less vegetated, unless more water-resistant vegetation species develop naturally or are planted. Water resources and environmental planning need to consider and evaluate these results to develop strategies able to increase the resilience of tree-grass ecosystems to climate changes.

OPTIMAL SITES IDENTIFICATION FOR RAINWATER HARVESTING IN STEEP SLOPE VITICULTURE BY MODELLING APPROACH

Wendi Wang , Eugenio Straffelini, Paolo Tarolli*

Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padova, Agripolis, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD), Italy

*corresponding author: paolo.tarolli@unipd.it

Abstract

Steep slope viticultural systems are widely distributed in the Mediterranean region and play an important role in food production, economic development, and cultural diversity. However, these landscapes are increasingly vulnerable to water scarcity exacerbated by extreme weather events such as intense rainstorms and prolonged droughts. This water crisis underscores the urgent need for further economic development and places significant strain on available water resources. In response, rainwater harvesting has emerged as a standout solution among various water resource management strategies for mitigating water shortages. Nevertheless, identifying suitable water harvesting sites remains a contentious issue among water stakeholders due to inherent flaws in the systemic framework. To address this challenge, our study leverages high-resolution topographic data and a GIS-based physical overflow simulation model to pinpoint optimal locations for water harvesting facilities. Specifically, we simulated surface overflow at rates of 82.4 mm/h and 182.4 mm/h across different time intervals, leading to the identification of 53 potential sites for water harvesting through a combination of runoff distribution analysis and field surveys. These selected sites have the potential to collect a total of 500 m³ of water, sufficient to sustain 10 days of drip irrigation for a 20-hectare viticulture operation. Furthermore, we have produced maps illustrating the spatial distribution of water storage capacity, which are valuable tools for informing sustainable decision-making in steep slope viticultural systems. Our findings highlight the critical role of indigenous water harvesting facilities in reducing runoff and facilitating water collection during extreme rainstorms. We strongly advocate revitalising traditional water resource management practices in steep slope viticulture, as these methods are inherently attuned to the local natural, economic, and social environment. By embracing indigenous techniques, we can effectively enhance the utilization of water resources and bolster the resilience of viticultural systems in the face of escalating water scarcity challenges.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

MODELLAZIONE AD ALTA RISOLUZIONE DEL FABBISOGNO IDRICO IN AGRICOLTURA ALLA SCALA NAZIONALE: IL RUOLO DELL'ARMONIZZAZIONE DEI DATASET

Nikolas Galli¹, Harsh Nanesha¹, Arianna Tolazzi¹, Davide Danilo Chiarelli¹, Maria Cristina Rulli¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: nikolas.galli@polimi.it

Sommario

In Italia l'agricoltura occupa un ruolo significativo nella tutela dell'ambiente, così come nel tessuto economico e nel patrimonio culturale. Nel 2023, l'Italia ha esportato prodotti agroalimentari per 64 miliardi di euro, contribuendo a circa un decimo dell'export italiano [1], soprattutto grazie prodotti di eccellenza con una forte connessione al territorio. D'altra parte, la vulnerabilità del settore agricolo italiano alle fluttuazioni idroclimatiche è stata evidenziata dalla siccità del 2022, che ha causato perdite stimate a circa 6 miliardi di euro [2]. Dall'importanza di queste sfide emerge la necessità di modelli avanzati per quantificare il consumo di acqua dell'agricoltura, considerandone anche l'andamento temporale e spaziale, ad una scala in grado di tener conto di peculiarità locali che possono essere di forte valore economico e culturale. Questo ha spinto, nell'ambito dei progetti PNRR Return e PRIN Castle, a compiere uno sforzo di armonizzazione di dati provenienti da varie fonti, per creare una mappatura dettagliata e affidabile delle colture in Italia. Il dato di partenza è stato EUCROPMAP2022 [3], una mappa a 10m di risoluzione con una dettagliata classificazione dei principali seminativi. Per compensarne la carenza nella descrizione di colture perenni di rilievo in Italia, come uliveti, agrumeti e vigneti, questa mappa è stata integrata sia con le mappe di uso suolo a 100m CORINE [4] che con le statistiche a livello comunale fornite da ISTAT [1]. Il prodotto finale dell'armonizzazione ha una risoluzione di 30s (630-750m alle latitudini italiane) e riporta per ciascun pixel la frazione occupata da ciascuna coltura, irrigata o meno, calibrata sulle statistiche comunali ISTAT (Figura 1). Integrando questi dati nel modello agro-idrologico WATNEEDS [5], sviluppato per lavorare su grandi moli di dati in maniera duttile rispetto alla risoluzione spaziale, è possibile valutare i fabbisogni idrici delle colture soddisfatti dall'apporto meteorico e il conseguente fabbisogno irriguo. Le principali prospettive di miglioramento riguardano l'ulteriore armonizzazione del dataset di colture con i piani culturali forniti dalle singole regioni, laddove disponibili, e l'integrazione di dati meteo a migliore risoluzione e accuratezza di quelli attualmente utilizzati, provenienti da ERA5 [6,7]. Inoltre, abbiamo intrapreso sforzi per incrementare l'accuratezza dei parametri del suolo in ingresso al modello idrologico e per ottenere informazioni più dettagliate sui calendari agricoli. L'obiettivo di questi sforzi integrati è fornire ai portatori di interesse nei settori dell'agricoltura e della gestione delle acque strumenti più efficaci per affrontare le sfide ambientali e climatiche che influenzano l'agricoltura italiana, nell'ottica di garantire una gestione sostenibile delle risorse idriche in agricoltura.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Figura 1: esempio di mappa di aree coltivate (oliveti).

Bibliografia

- [1] ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, <https://www.istat.it/it/> (2024).
- [2] Coldiretti, 'Clima: 6mld di danni dalla peggiore siccità da 500 anni', https://www.coldiretti.it/meteo_clima/clima-6-mld-di-danni-dalla-peggiore-siccita-da-500-anni (09/2022).
- [3] European Commission, Joint Research Centre (JRC) (2022): EUCROPMAP 2022. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/555e5d1d-1aae-4320-a716-2e6d18aa1e7c>
- [4] Bontemps, S., Defourny, P., Van Bogaert, E., Weber, J. L., & Arino, O. (2009). GlobCorine - A joint EEA-ESA project for operational land dynamics monitoring at pan-European scale. Proceedings, 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment, ISRSE 2009, June 2006, 289–292.
- [5] Chiarelli, D. D., Passera, C., Rosa, L., Davis, K. F., D'Odorico, P., & Rulli, M. C. (2020). The green and blue crop water requirement WATNEEDS model and its global gridded outputs. Scientific Data, 7(1), 273. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00612-0>
- [6] Muñoz Sabater, J. (2019): ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). DOI: 10.24381/cds.e2161bac (Accessed on 24-04-2024)
- [7] Singer, M. B., Asfaw, D. T., Rosolem, R., Cuthbert, M. O., Miralles, D. G., MacLeod, D., Quichimbo, E. A., & Michaelides, K. (2021). Hourly potential evapotranspiration at 0.1° resolution for the global land surface from 1981-present. Scientific Data 2021 8:1, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-01003-9>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

UNA METODOLOGIA BASATA SULL'INDICE DI ARIDITÀ DI MELISENDA E SULLA CURVA DI BUDYKO PER IDENTIFICARE LA PROPENSIONE DELLE COLTURE ALLA SOSTENIBILITÀ IDROLOGICA

Stefano Barontini¹, Martina Greta Caffi¹, Muhammad Faisal Hanif¹, Elpida Kolokytha², Dimitrios Malamataris², & Marco Peli¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica (DICATAM), Università degli Studi di Brescia, Brescia. E-mail: stefano.barontini@unibs.it

² Department of Civil Engineering, Laboratory of Water Resources Engineering and Management, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece. E-mail: lpcol@civil.auth.gr

Sommario

In questa memoria, al fine di contribuire alla definizione di strategie robuste e parametricamente parsimoniose per la stima – in sede di pianificazione – della domanda irrigua degli agroecosistemi, proponiamo una metodologia, basata sull'uso congiunto dell'indice di aridità di Melisenda, del bilancio idrologico di Benfratello e della curva di Budyko, volta a definire la predisposizione delle colture alla sostenibilità idrologica.

La procedura si basa sul modello, esplicito e conservativo, di Benfratello [1] per la stima del bilancio idrologico del suolo e del deficit irriguo in climi mediterranei. Il metodo è parametrizzato mediante un indice di aridità climatica proposto da Melisenda [2], per valutare la predisposizione del suolo alla compensazione, durante la stagione umida, del contenuto d'acqua disponibile per le piante e, quindi, alla formazione di eccedenza idrica (*superavit*). Infine, i risultati vengono confrontati con il *deficit* pluviometrico dell'ecosistema dato dalla curva di Budyko [3].

La strategia presentata si articola in due fasi. Il primo passo è la mappatura dell'indice di Melisenda [2], per identificare le aree climaticamente umide e quelle, potenzialmente, climaticamente asciutte. Nelle aree potenzialmente asciutte, infatti, la capacità di campo potrebbe non essere ripristinata durante la stagione secca, se è superiore a un valore critico di soglia identificabile sulla base dell'indice di Melisenda. (Vale qui notare che all'aumentare della capacità di campo, il mancato raggiungimento della compensazione invernale, minimizza il *superavit* e per conseguenza anche il *deficit*.) Le mappe sono prodotte sia per le coltivazioni attuali, sia per alcune colture di riferimento della FAO [4] identificate come riferimento per la sicurezza alimentare, quali miglio, orzo, riso e frumento, accoppiate a legumi durante la stagione di riposo dei cereali. Ciò permette così di rappresentare la predisposizione idrologica locale rispetto alle colture di riferimento.

Il secondo passo è il calcolo del deficit irriguo mensile e annuale mediante il bilancio idrologico di Benfratello [1], sia nella formulazione classica, basata sulla domanda evapotraspirativa di Thornthwaite, sia per mezzo delle stime di evapotraspirazione della FAO [4]. Il *deficit* irriguo è poi confrontato con il *deficit* pluviometrico ottenuto dalla curva di Budyko [3], e considerato come comportamento di riferimento dell'ecosistema. Quanto più, quindi, il comportamento della coltura si avvicina alla curva di Budyko [3], tanto più la sua domanda irrigua si avvicina al *deficit* ecosistemico, considerata come riferimento.

Per testare la sensibilità di questa procedura nel caratterizzare il bilancio idrologico in diversi tipi climatici mediterranei, l'abbiamo applicata con risultati promettenti a due importanti distretti agricoli mediterranei, quello della Capitanata (in provincia di Foggia, 4410 km², prevalentemente coltivato con colture erbacee, olivo, alberi da frutta e vite) e quello del Mygdonia (Grecia settentrionale presso Salonicco, 2.100 km², di cui 1.030 coltivati prevalentemente a cereali). Il tipo climatico Köppen & Geiger è principalmente Cfa per entrambe le aree, mentre l'indice di aridità di De Martonne descrive una condizione da semiarida a mediterranea per la Capitanata e una condizione prevalentemente mediterranea per il Mygdonia.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] Benfratello, G., 1961. Contributo allo studio del bilancio idrologico del terreno agrario. *L'Acqua*, (2), pp. 34-53.
- [2] Melisenda, I., 1964. Sui calcoli idrologici per il terreno agrario: influenza del 'clima'. *L'Acqua*, (4), pp. 3-20.
- [3] Budyko, M. I., 1974. *Climate and Life*. Vol. 18 in International Geophysics Series. Academic Press.
- [4] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

PUÒ UN BUONO STATO ECOLOGICO ESSERE RAGGIUNTO RIPRISTINANDO L'IDROLOGIA NATURALE DEI CORPI IDRICI?

Chiara Arrighi¹, Marco De Simone¹, Fabio Castelli¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Firenze, Firenze. E-mail: chiara.arrighi@unifi.it

Sommario

L'obiettivo della Direttiva Quadro sulle Acque (WFD) (60/2000/CE) è quello di raggiungere o mantenere almeno un buono stato ecologico dei corpi idrici superficiali anche attraverso l'individuazione di adeguati deflussi ecologici. I Piani di Gestione delle Acque emessi dalle Autorità di Distretto Idrografico, basati sulla conoscenza della quantità di risorse idriche disponibili, definiscono i deflussi ecologici e i prelievi idrici consentiti per sostenere molte attività umane, ad esempio quelle domestiche, agricole, ecc. L'obiettivo di questo lavoro è valutare se il ripristino teorico dell'idrologia naturale nei bacini idrografici consente di raggiungere un buon stato ecologico dei fiumi. Il metodo si basa sulla valutazione dei flussi naturali ed effettivi sulla base di una simulazione del bilancio idrico per 20 anni, implementata con un modello idrologico distribuito (MOBIDIC) [1], basato su vettori e raster, in grado di descrivere le alterazioni antropiche, ad esempio prelievi puntuali, i rilasci, le regolazioni degli invasi, ecc. Si definisce un nuovo indice adimensionale di distanza eco-idrologica per misurare quanto il regime di un fiume sia lontano dai suoi obiettivi ecologici, in base al regime idrologico reale e alle pressioni che agiscono sul bacino idrografico (ad esempio uso del suolo, clima) [2]. L'indice di distanza eco-idrologica risulta essere un avanzamento dell'indice di alterazione idrologica (IHA) introdotto per misurare la distanza di un regime idrologico dalle sue condizioni naturali e da alcuni anni usato soprattutto per valutare gli impatti delle grandi dighe, ma che si è rivelato poco utile in condizioni di alterazione delle qualità delle acque superficiali. Il metodo è stato applicato alla regione Toscana (Italia centrale), con circa 11.000 corsi d'acqua e clima mediterraneo, dove quasi il 50% dei corpi idrici attualmente non raggiunge gli obiettivi della WFD. I risultati mostrano che per la stagione estiva, che è la più secca nell'area di studio, la maggior parte dei fiumi è spinta verso deflussi caratteristici del cattivo stato ecologico. Inoltre, in buona parte del reticolo i deflussi naturali estivi, se ripristinati, non garantiranno un buono stato ecologico, a causa della significativa azione di pressioni qualitative sulle acque superficiali che sono ben rappresentate dal nuovo concetto di distanza eco-idrologica dagli obiettivi di deflusso ecologico. In prospettiva, la distanza eco-idrologica, tenendo conto non solo degli aspetti di alterazione quantitativa (i.e., prelievi) ma anche delle alterazioni qualitative (e.g., inquinamento diffuso di origine agricola, alterazione fasce ripariali, ecc.) potrebbe essere utilizzata per la gestione della risorsa al posto dei più comuni indicatori di sfruttamento, come il Water Exploitation Index.

Ringraziamenti

Questo studio è stato realizzato nell'ambito del Partenariato Esteso RETURN e ha ricevuto il finanziamento dell'Unione Europea Next-GenerationEU (National Recovery and Resilience Plan - NRRP, Missione 4, Componente 2, Investimento 1.3 - D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005). Lo studio ha ricevuto anche il finanziamento del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, Firenze (Italia) "Esecuzione delle attività finalizzate alla redazione dei bilanci idrici su base modellistica dei corpi idrici superficiali appartenenti ai bacini toscani del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale ed alla definizione della metodologia da utilizzare per la definizione del deflusso ecologico".

Bibliografia

[1] Yang, J., Castelli, F., Chen, Y., Multiobjective sensitivity analysis and optimization of distributed hydrologic model MOBIDIC. HESS, 18-10, 2014.

[2] Arrighi, C., Castelli, F., Prediction of ecological status of surface water bodies with supervised machine learning classifiers. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 857, 3, 2023.



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 4

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann

Via Gemona, 92

Martedì 25 giugno 2024

14:30 – 15:30

A PROBABILISTIC EVALUATION METHOD FOR DROUGHT EVENTS IN THE TENSIFT RIVER BASIN, MOROCCO

Mohamed Naim^{1,2}, Brunella Bonaccorso², Shewandagn Lemma Tekle^{1,2}

¹ University School of Advanced Studies, Pavia, Italy.

² Department of Engineering, University of Messina, Messina, Italy.

Abstract

Morocco is facing significant challenges in coping with droughts. The Tensift basin in Central Western Morocco, in particular, is exposed to recurrent droughts, resulting in significant economic losses. The increasing climate crisis in this Mediterranean area claims for immediate attention and proactive adaptation measures. Enhancing early warning tools to effectively detect and characterize the increasing frequency and severity of drought events can be helpful in promptly responding to such natural hazards. Our study aims to evaluate the performance of satellite and reanalysis data compared to ground observations for drought monitoring, to identify the best-fit probability distribution for drought indices, and to compare the effectiveness of the Standardized Precipitation Index (SPI) [1] and the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) [2], [3] in detecting reported drought events. More specifically, receiver operating characteristic (ROC) analysis was employed to test different threshold levels to better refine drought identification. Our study confirms the reliability of the CHIRPS and ERA5-Land datasets for identifying drought in the study area. This confirmation was based on the analysis of various parameters related to drought indices using data from 1981 to 2021. The Pearson Type III distribution was determined to be the most suitable statistical model for calculating the SPI, while the Log-logistic distribution was confirmed for SPEI calculation. Through ROC analysis, we identified specific SPI and SPEI thresholds, with a preference for the Thornthwaite method compared to the Hargreaves method for assessing potential evapotranspiration in SPEI computation. These findings are crucial for enhancing the drought management capabilities of stakeholders involved in drought monitoring and forecasting, in order to better address water scarcity conditions in the Tensift River Basin. Further insights could be gained by developing a methodological approach that links drought indices to the impacts of drought on water supply systems, agriculture, and ecosystems, thus representing an opportunity for additional development in this field.

Keywords: Climate change, Early-warning system, Remote sensing, Drought indices, Reanalysis

References

- [1] D. C. Edwards and T. B. McKee, "THESIS CHARACTERISTICS OF 20TH CENTURY DROUGHT IN THE UNITED STATES AT MULTIPLE TIME SCALES Submitted by," vol. 298, no. 0704, p. 155, 1997, [Online]. Available: <https://mountainscholar.org/handle/10217/170176?show=full>
- [2] S. Beguería, S. M. Vicente-Serrano, F. Reig, and B. Latorre, "Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring," *Int. J. Climatol.*, vol. 34, no. 10, pp. 3001–3023, 2014, doi: 10.1002/joc.3887.
- [3] S. M. Vicente-Serrano, S. Beguería, and J. I. López-Moreno, "A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index," *J. Clim.*, vol. 23, no. 7, pp. 1696–1718, 2010, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

AN EVENT-BASED APPROACH FOR DROUGHT CHARACTERIZATION: APPLICATIONS IN DIFFERENT AREAS OF THE GLOBE

Carmelo Cammalleri^{1,*}, Arthur Hrast-Essenfelder², Davide Bavera³, Dario Masante², Fabiola Banfi¹, Carlo De Michele¹, Andrea Toreti²

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Politecnico di Milano, Milano. *
E-mail: carmelo.cammalleri@polimi.it

² Joint Research Centre (JRC), European Commission, Ispra.

³ Arcadia SIT, Milano, Italy

Abstract

Drought is widely recognized as a spatio-temporal phenomenon, commonly affecting spatial and temporal scales much larger than other natural disasters such as floods [1]. The peculiarities of drought events require dedicated tools for a proper characterization of their dynamics. However, even if droughts are often referred to as “events”, they are rarely treated as such in the scientific literature. Here, a novel paradigm for the characterization of drought events is described, which is based on a three-dimensional spatio-temporal clustering algorithm [2].

The value and flexibility of the proposed approach is illustrated in some practical case studies across the globe, including multi-annual droughts in Australia and South America, and major events in Europe. The adopted approach highlights how the spatio-temporal evolution of drought events is not constrained by arbitrarily defined boundaries, such as county borders or pre-defined time frames, and that misleading information can be extracted if constraints are imposed a-priori. Moreover, by evaluating droughts as spatio-temporal objects, it is possible to extract characteristics not commonly observable with standard analysis approaches, such as: main direction of expansion/contraction, area of origin, and spatial development rate in different temporal stages, among others.

Applications over Australia, during a multi-year event in 2017-2020 show how the proposed tool is flexible enough to adapt to different drought definitions with a tuning of a limited number of parameters, providing outcomes that are well-suited for narrative-based explorations. The recent multi-year drought (2020-2023) over South America is used as a test bed to show the possibility to combine applications over multiple drought indices, as well as to evaluate the propagation of drought effects within the hydrological cycle in a spatio-temporal context. Major droughts over Europe in the period 1980-2020 are analyzed to detect similarities and divergences in drought traits, with the goal to identify information useful for predicting the evolution of future events. Finally, the application of the methodology in a near-real time context shows how a certain delay in the response is observed, and a quantification of this effect at global scale is used to provide insights on the possible integration of medium-range forecasts.

Overall, the case studies illustrated in this research highlight the great potentiality of this novel modelling approach in representing and characterizing drought events from a unique perspective, more in line with the general perception of droughts, and capable of inferring valuable complementary information to the standard metrics used to describe droughts, useful also for their risk communication and impact assessments.

References

[1] Tallaksen, L.M., and Van Lanen, H.A.J., 2004: Drought as a natural hazard: Introduction. Hydrological Drought Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater, Developments in Water Science, L. M. Tallaksen and H. A. M. Van Lanen, Eds., Elsevier, pp. 3-17.

[2] Cammalleri, C., Toreti, A., 2023. A generalized density-based algorithm for the spatiotemporal tracking of drought events. J. Hydrometeorol. 24, pp. 537-548.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

VALUTAZIONE DELLA SICCIÀ IN SICILIA: ELABORAZIONI SATELLITARI MULTISPETTRALI E RADAR DEI PRINCIPALI LAGHI

Claudio Monteverde¹, Cosimo Cagnazzo¹

¹ Osservatorio Meteorologico, Agrario, Geologico Prof. Don Gian Carlo Raffaelli dal 1883, Casarza Ligure – Bargone.
E-mail: osservatorioraffaelli1883@gmail.com

Sommario

In Italia, in questi ultimi anni, si sta osservando il persistere di condizioni climatiche lontane dalle medie stagionali. Oltre al costante aumento delle temperature, causato principalmente dalle attività antropiche, sta cambiando molto velocemente anche il regime pluviometrico. Infatti, le piogge non risultano più distribuite omogeneamente nel corso dell'anno ma si concentrano in brevi archi temporali causando molti danni e molti disagi alla popolazione. Tale variazione comporta, ovviamente, anche dei periodi prolungati di siccità in stagioni che di norma dovrebbero risultare quelle maggiormente piovose come le stagioni autunnali ed invernali.

La ripercussione di tali alterazioni climatiche, combinate tra loro, può innescare una forte ripercussione sul sistema sociale ed ecologico di una certa regione. Per mitigare gli effetti e per aumentare la tempestività nel monitoraggio di situazione critiche, ormai da qualche anno sono in orbita satelliti dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) appartenenti al programma Copernicus. Tali satelliti, sono muniti di avanzati sensori multispettrali (Sentinel-2) e radar (Sentinel-1) che permettono di monitorare, attraverso opportune elaborazioni, svariate criticità ambientali. In particolare, la loro elevata frequenza di passaggio su di una stessa area permette un confronto molto ravvicinato in termini temporali.

In questo senso, l'Osservatorio Meteorologico, Agrario e Geologico Prof. Don Carlo Raffaelli è una realtà consolidata ed una sentinella storicamente molto attiva in Liguria ed in tutta Italia già dall'inizio della sua fondazione, avvenuta nel 1883.

Questo lavoro di ricerca ha l'obiettivo di studiare ed analizzare il periodo di siccità che ha colpito la Sicilia durante la stagione autunnale ed invernale 2023-2024. Tale analisi comprenderà acquisizioni ed elaborazioni multi-temporali di immagini satellitari multispettrali e radar dei principali laghi ed invasi della Sicilia.

I risultati ottenuti hanno l'obiettivo di comprendere sia qualitativamente che quantitativamente la diminuzione dell'acqua contenuta all'interno dei bacini oggetto di questo studio.

Bibliografia

[1] Wieland, M., & Martinis, S., 2020. Large-scale surface water change observed by Sentinel-2 during the 2018 drought in Germany. *International journal of remote sensing*, 41(12), pp. 4742-4756.

[2] Varghese, D., Radulović, M., Stojković, S., & Crnojević, V., 2021. Reviewing the potential of Sentinel-2 in assessing the drought. *Remote sensing*, 13(17), 3355.

[3] Wang, Z., Liu, J., Li, J., & Zhang, D. D., 2018. Multi-spectral water index (MuWI): a native 10-m multi-spectral water index for accurate water mapping on Sentinel-2. *Remote Sensing*, 10(10), 1643.

[4] Xing, L., Tang, X., Wang, H., Fan, W., & Wang, G., 2018. Monitoring monthly surface water dynamics of Dongting Lake using Sentinel-1 data at 10 m. *PeerJ*, 6, e4992.

[5] Mohite, J., Sawant, S., & Pappula, S. (2019, October). Spatiotemporal surface water mapping using Sentinel-1 data for regional drought assessment. In *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXI* (Vol. 11149, pp. 47-53). SPIE.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

CHALLENGES IN THE REPRESENTATION OF HYDROLOGICAL DROUGHTS BY LAND SURFACE MODELS IN THE MEDITERRANEAN REGION

Sara Modanesi¹, Domenico De Santis¹, Daniela Dalmonech², Alessio Collalti², Francesco Avanzi³, Gabrielle De Lannoy⁴, Christian Massari¹

¹ *Research Institute for the Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia, Italy.*

² *Institute for Agriculture and Forestry Systems in the Mediterranean, National Research Council, Perugia, Italy.*

³ *CIMA Research Foundation, Savona, Italy*

⁴ *Department of Earth and Environmental Sciences, KU Leuven, Heverlee, Belgium*

Abstract

During periods of significant precipitation deficit and high atmospheric demand, known as meteorological droughts, the water balance dynamics in a basin are predominantly influenced by the interplay between evaporation from the land surfaces (i.e., the water that returns to atmosphere from vegetation transpiration and canopy, soil and open water evaporation) and basin storage such as water stored in soils, snowpack, groundwater and surface water. This interplay is crucial as it governs for example the propagation of meteorological to hydrological droughts. Consequently, ensuring an accurate representation of evaporation fluxes and soil moisture as well as their coupling in land surface models is essential, given their profound impact on hydrological fluxes, particularly streamflow and groundwater recharge. However, effectively modelling this interplay remains challenging especially during dry periods. In this brief presentation, I present this ongoing inquiry on the Tiber River in Central Italy and highlight several potential factors contributing to this observed sub-optimality.



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONE ORALE 5

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann

Via Gemona, 92

Mercoledì 26 giugno 2024

08:30 – 10:15

STOCHASTIC TEMPORAL DOWNSCALING IN NORTHEASTERN ITALY USING CONVECTION-PERMITTING CLIMATE MODELS: FROM HOURLY TO SUB-HOURLY TIMESCALES

Maria Francesca Caruso¹, Giorgia Fosser³, Marco Borga², Marco Marani¹

¹ Department of Civil, Architectural, and Environmental Engineering, University of Padova, Padova.
E-mail: mariafrancesca.caruso@unipd.it, marco.marani@unipd.it

² Department of Land, Environment, Agriculture, and Forestry, University of Padova, Padova.
E-mail: marco.borga@unipd.it

³ Department of Civil, Architectural, and Environmental Engineering, University School for Advanced Studies – IUSS Pavia, Pavia. E-mail: giorgia.fosser@iusspavia.it

Abstract

The statistical properties of rainfall at short durations are pivotal for many hydrological applications. Commonly available rainfall records nor km-scale model, i.e. Convection-Permitting Models (CPMs), do not provide rainfall data at the sub-hourly scales needed for many applications, such as hydrological modelling in small or urban catchments or landslide or debris-flow models. Motivated by the above considerations, in this application a statistical downscaling technique is proposed for inferring the rainfall correlation structure at sub-hourly scale by using hourly statistics from CPM simulations. The proposed approach (Marani, 2003, 2005) is based on the theory of stochastic processes, which establishes statistical relationships between coarse-scale predictors and fine-scale predictands. To validate the temporally downscaled results against observations, here we use, as a benchmark, high-resolution rainfall records from measurements in the Italian catchment of Cancia (BL) considering aggregation timescales ranging from 5 minutes to 24 hours. We then explore how the downscaling method developed here, coupled with the Complete Stochastic Modelling Solution (CoSMoS; Papalexiou, 2018) framework, may be used to generate sub-hourly rainfall sequences that reproduce the observed short- and long-timescale variability. Applied to statistics for each month in a year, to reproduce seasonality, the proposed downscaling method appropriately reproduces the observed correlation structure at desired fine-scale resolution. Consequently, the rainfall generator used here, by exploiting the downscaled information from CPM runs, allows to generate rainfall records at the desired scale that may be used to assess risk, for example associated with the triggering of debris flows.

References

Marani, M., 2003. On the correlation structure of continuous and discrete point rainfall. *Water Resources Research*, 39(5), 1128, <https://doi.org/10.1029/2002WR001456>.

Marani, M., 2005. Non-power-law scale properties of rainfall in space and time. *Water Resources Research*, 41, W08413, <https://doi.org/10.1029/2004WR003822>.

Papalexiou, S. M., 2018. Unified theory for stochastic modelling of hydroclimatic processes: Preserving marginal distributions, correlation structures, and intermittency. *Advances in Water Resources*, 115, 234-252, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.02.013>.

PROIEZIONE DELLE CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA PER IL CLIMA FUTURO IN SICILIA

Dario Treppiedi¹, Antonio Francipane¹, Leonardo Valerio Noto¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy. E-mail: dario.treppiedi@unipa.it

Sommario

Le curve di probabilità pluviometrica (CPP) rappresentano uno strumento essenziale per la progettazione delle infrastrutture idrauliche, aiutando ingegneri e pianificatori a prendere decisioni informate sulla resilienza dei sistemi idraulici, ma anche sulle strategie migliori da adottare per una gestione ottimale della risorsa idrica. Negli ultimi decenni, diversi lavori hanno dimostrato come il cambiamento climatico stia alterando le caratteristiche degli eventi estremi di precipitazione in diverse aree del globo, inclusa la Sicilia, rendendo, quindi, le attuali CPP non rappresentative di un clima non più stazionario.

Con riferimento alla Sicilia, ad esempio, recenti studi hanno dimostrato come soprattutto le precipitazioni di breve durata (ossia quelle orarie e sub-orarie) abbiano subito un'intensificazione negli ultimi anni [1,2]. Questo comporta una significativa sottostima dei quantili di pioggia calcolati mediante la più aggiornata analisi di frequenza regionale [3], che si basa sulle osservazioni del periodo 1928-2010, soprattutto per le durate più brevi e i bassi periodi di ritorno [4]. Al contempo, il territorio siciliano si trova in un'area limitatamente coperta da modelli *Convection Permitting Model* (CPM). Per di più, l'unico modello a ricoprire anche il territorio siciliano, fornito dal Centro Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC), dispone di un solo membro per gli scenari RCP4.5 e RCP8.5, rendendo impossibile la creazione di un ensemble e, di conseguenza, di analizzare e ridurre i bias sistematici riconducibili alla modellazione climatica.

Partendo dunque dalle incertezze attualmente presenti nell'analisi di frequenza regionale e dall'impossibilità di disporre di stime robuste degli estremi di precipitazione da CPM, il presente lavoro si basa sull'utilizzo della termodinamica degli eventi estremi per proiettare le CPP secondo le più probabili evoluzioni del sistema climatico. Partendo dall'approccio suggerito da [5], il framework sviluppato si basa sulla correzione e l'estensione delle CPP al futuro partendo dal coefficiente di scaling di Clausius-Clapeyron (CC), calcolato a partire dall'ultimo ventennio di dati a disposizione e forniti dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS). Utilizzando un approccio multi-durata e multi-quantile per il calcolo di CC, è possibile utilizzare i dati di temperatura e umidità provenienti da un ensemble di modelli climatici regionali (RCM) del progetto EURO-CORDEX per la stima delle CPP future. In questo contesto, l'uso di dati giornalieri di temperatura e umidità aiuta a ridurre l'incertezza che i modelli generalmente hanno nel simulare fenomeni di breve durata, fornendo delle stime più accurate.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] Arnone, E., Pumo, D., Viola, F., Noto, L. V., and La Loggia, G. (2013). Rainfall statistics changes in Sicily, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 2449–2458, <https://doi.org/10.5194/hess-17-2449-2013>, 2013
- [2] Treppiedi, D., Cipolla, G., Francipane, A., & Noto, L. V. (2021). Detecting precipitation trend using a multiscale approach based on quantile regression over a Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, 41(13), 5938–5955. <https://doi.org/10.1002/joc.7161>
- [3] Treppiedi D., Cipolla G., Francipane A., Cannarozzo M., Noto L.V. (2023). Investigating the Reliability of Stationary Design Rainfall in a Mediterranean Region under a Changing Climate. *Water*. 2023; 15(12):2245. <https://doi.org/10.3390/w15122245>
- [4] Forestieri A., Lo Conti F., Blenkinsop S., Cannarozzo M., Fowler H.J., Noto L.V., 2018a. Regional frequency analysis of extreme rainfall in Sicily (Italy). *International Journal of Climatology*, 38, pp. e698-e716.
- [5] Martel, J. L., Brissette, F. P., Lucas-Picher, P., Troin, M., & Arsenault, R. (2021). Climate change and rainfall intensity–duration–frequency curves: Overview of science and guidelines for adaptation. *Journal of Hydrologic Engineering*, 26(10), 03121001.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

LINEE GUIDA PER LA STIMA DELLE PIENE DI PROGETTO IN AUSTRIA IN CONDIZIONI DI EMERGENZE CLIMATICHE

Günter Blöschl¹

¹ *Istituto di Ingegneria Idraulica e Gestione delle Risorse Idriche, Politecnico di Vienna,*
E-mail: bloeschl@hydro.tuwien.ac.at

Sommario

Quasi tutte le strutture idrauliche, comprese le dighe, richiedono una stima della piena "massima" per il loro dimensionamento. Questa piena è normalmente definita come una portata associata a un tempo di ritorno prefissato che dipende dal tipo di struttura. Per esempio, in Austria, per le grandi dighe (altezza superiore a 15 m, volume superiore a 500000 m³) si utilizza un tempo di ritorno di 5000 anni. La stima delle piene di progetto presenta tre problemi principali: l'estrapolazione da tempi di ritorno bassi a tempi di ritorno alti, i bacini senza serie osservate di portata ed il cambiamento climatico. È stata pubblicata una nuova linea guida del Ministero Austriaco per l'Agricoltura, le Foreste, l'Ambiente e la Gestione delle Acque, intitolata "Linee guida per la verifica della sicurezza delle dighe dalle piene", di cui il sottoscritto è responsabile del progetto. In questa relazione verranno presentati i concetti principali di questa linea guida.

La filosofia della stima delle piene di progetto è basata sull'idrologia della frequenza delle piene, che prevede la combinazione della statistica con informazioni aggiuntive, in particolare informazioni causali, informazioni spaziali e informazioni temporali. Le informazioni causali comprendono il comportamento delle precipitazioni e dati del coefficiente di deflusso in funzione del tempo di ritorno, le osservazioni in campo e la modellazione afflussi-deflussi. Le informazioni spaziali comprendono quelle basate sull'idrologia comparativa (confrontando due bacini vicini e ragionando sulle loro differenze idrologiche) e su vari metodi di regionalizzazione. Le informazioni temporali comprendono serie sistematiche più lunghe in bacini vicini e informazioni storiche (es. foto storiche, documenti scritti provenienti da archivi e interviste dei residenti). Sono previsti un metodo non quantitativo (basato sul grado di convinzione soggettiva) e un metodo quantitativo (basato sulla statistica bayesiana) per la combinazione della statistica con informazioni aggiuntive.

La linea guida prevede la verifica della sicurezza contro le piene per due condizioni di carico: la piena di progetto (BHQ) equivalente a un evento di 5000 anni (Q5000) e la piena di sicurezza (SHQ) che rappresenta un evento significativamente superiore alla BHQ. Si stima la piena di sicurezza in base a un'analisi di sensibilità con il modello afflussi-deflussi, tenendo conto dell'aumento causato dal cambiamento climatico. Per le condizioni in Austria, sono previsti un aumento delle precipitazioni brevi almeno del 12% e un aumento delle precipitazioni lunghe almeno del 6% rispetto alle attuali precipitazioni di progetto.

La linea guida entra in vigore nel maggio 2024. Essendo piuttosto dettagliata, può essere un esempio per linee guida simili in altri paesi.

Bibliografia

[1] Merz, R and Blöschl G. (2008) Flood frequency hydrology: 1. Temporal, spatial, and causal expansion of information. *Wat. Resour. Res.* 44, W08432.

[2] Merz, R and Blöschl G. (2008) Flood frequency hydrology: 2. Combining data evidence. *Wat. Resour. Res.* 44, W08433.

[3] Viglione, A. Merz, R., Salinas, J. and Blöschl G. (2013) Flood frequency hydrology: 3. A Bayesian analysis. *Wat. Resour. Res.* 49, WR010782

[4] Blöschl G. and Merz R. (2008) Bestimmung von Bemessungshochwässern gegebener Jährlichkeit - Aspekte einer zeitgemäßen Strategie (Estimating design floods of a given return period - facets of a contemporary strategy). *Wasserwirtschaft* 98, 12-18.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

TETTI VERDI COME STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: PERCEZIONE E INTERESSE DEI CITTADINI ITALIANI

Elena Cristiano¹, Matteo Ippolito², Fulvio Boano^{3,4}, Dario Pumo² e Francesco Viola¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università degli Studi di Cagliari, Cagliari.
E-mail: elena.cristiano@unica.it

² Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo.

³ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino.

⁴ Responsible Risk Resilience Centre - R3C, Politecnico di Torino, Torino.

Sommario

I tetti verdi, e più in generale le soluzioni nature-based (NBS), sono stati ampiamente studiati negli ultimi anni, dimostrando come la loro implementazione nelle aree urbane possa garantire molteplici benefici (e.g., mitigazione degli allagamenti pluviali, riduzione dell'isola di calore urbana, risparmio energetico ed idrico, etc.), contribuendo ad uno sviluppo urbano sostenibile [1, 2].

Sebbene i molteplici benefici dei tetti verdi siano ampiamente riconosciuti, la percezione che la comunità ha delle NBS e la disponibilità ad investire per la loro installazione e manutenzione in aree urbane è ancora incerta. I pochi studi presenti in letteratura suggeriscono come l'interesse verso i tetti verdi sia spesso legato alle condizioni socioeconomiche della popolazione e alle caratteristiche climatiche locali [3-5]. Una maggiore consapevolezza relativamente a tali tematiche è un aspetto fondamentale per i pianificatori e i decisori urbani, e per un'adeguata partecipazione della comunità allo sviluppo sostenibile di un'area urbana.

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di analizzare la percezione dei cittadini sulle problematiche ambientali e l'interesse verso tetti verdi e NBS a livello nazionale, analizzando tre diverse province (Torino, Cagliari e Palermo), al fine di individuare come il contesto socio-economico, territoriale e climatico possa influenzare questi aspetti. I dati sono stati raccolti attraverso un sondaggio mediante un questionario anonimo online, distribuito attraverso mailing list e canali istituzionali delle tre Università coinvolte (Politecnico di Torino, Università degli Studi di Cagliari e Università degli Studi di Palermo), social media e contatti personali. Il questionario è strutturato in diverse sezioni che mirano a raccogliere informazioni riguardo a: caratteristiche sociodemografiche, tipologia abitativa, percezione delle problematiche ambientali, conoscenza dei tetti verdi, interesse ad avere tetti verdi su edifici pubblici o privati e disponibilità ad investire nella loro installazione e manutenzione, interesse generale verso soluzioni NBS in ambito urbano. Sono state inoltre aggiunte tre sezioni informative, con lo scopo di accrescere la conoscenza e l'interesse della comunità verso questi strumenti, illustrandone funzionalità ed i principali benefici.

In totale sono stati raccolti oltre 1800 questionari, distribuiti sulle tre province. Le analisi hanno mostrato che la maggior parte dei cittadini conosce almeno vagamente i tetti verdi ed è consapevole del fatto che queste strutture possono contribuire alla mitigazione di varie problematiche ambientali. I risultati mostrano anche un maggiore interesse per l'installazione di tetti verdi su edifici pubblici rispetto a quelli privati, a causa di molteplici fattori, tra cui gli elevati costi percepiti di installazione e manutenzione. La disponibilità ad investire per l'installazione di tetti verdi su edifici privati risulta piuttosto limitata, ed in generale inferiore rispetto ai costi necessari per la costruzione di queste strutture su superfici relativamente estese, mentre si riscontra una maggiore disponibilità ad investire per pannelli fotovoltaici o sistemi ibridi tetti verdi-pannelli fotovoltaici. Questo potrebbe suggerire la necessità di adeguate politiche incentivanti e di campagne di sensibilizzazione verso tematiche ambientali. Al contrario, l'esito del sondaggio mostra una chiara disponibilità a contribuire adeguatamente all'installazione di tetti verdi, e più in generale di NBS, su edifici pubblici, soluzione che potrebbe, almeno nelle grandi città, orientare lo sviluppo di piani e progetti per uno sviluppo su larga scala di tali misure.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] Voskamp, I.M., et al., *Nature-Based Solutions Tools for Planning Urban Climate Adaptation: State of the Art*. Sustainability, 2021. **13**(11): p. 6381.
- [2] Cristiano, E., R. Deidda, and F. Viola, *The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review*. Science of The Total Environment, 2021. **756**: p. 143876.
- [3] Cristiano, E., R. Deidda, and F. Viola, *Awareness and willingness to pay for green roofs in Mediterranean areas*. Journal of Environmental Management, 2023. **344**: p. 118419.
- [4] Chui, T.F.M. and W.Y. Ngai, *Willingness to pay for sustainable drainage systems in a highly urbanised city: a contingent valuation study in Hong Kong*. Water and Environment Journal, 2016. **30**(1-2): p. 62-69.
- [5] Netusil, N.R., et al., *Valuing the public benefits of green roofs*. Landscape and Urban Planning, 2022. **224**: p. 104426.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

LOCALIZZAZIONE DI NUOVI INVASI CON PROCESSI PARTECIPATIVI E ANALISI MULTI-CRITERIALE

Fabio Castelli¹, Matteo Masi¹, Chiara Arrighi¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Firenze, Firenze. E-mail: chiara.arrighi@unifi.it

Sommario

Gli impatti della crescente scarsità d'acqua come conseguenza del cambiamento climatico e dello sviluppo antropico determinano un'urgente richiesta di una migliore gestione delle risorse idriche. La costruzione di nuovi bacini artificiali per espandere la capacità di immagazzinamento dell'acqua rappresenta una strategia fondamentale per affrontare queste pressanti preoccupazioni e soddisfare le esigenze della comunità per l'acqua potabile, l'irrigazione, la produzione di energia e la mitigazione del rischio di alluvioni. La selezione dei siti per i nuovi serbatoi può basarsi semplicemente su valutazioni topografiche e idrologiche. Tuttavia, l'identificazione dei siti ottimali richiede una valutazione completa che tenga conto di una moltitudine di fattori spesso in competizione tra loro che comprendono aspetti ecologici, socio-economici, normativi e ambientali. Il coinvolgimento delle comunità e dei cittadini nelle fasi iniziali del processo decisionale è fondamentale per trasformare il processo di progettazione preliminare di un'opera, tipicamente top-down e basato su criteri ingegneristici su una quantità limitata di siti potenziali, in un approccio bottom-up che permetta di analizzare sulla base di criteri condivisi un numero anche molto elevato di siti su cui poi gestire approfondimenti tecnici. Questo studio introduce una metodologia basata sul processo decisionale multi-criteriale (MCDM), per identificare le ubicazioni ottimali di invasi, affrontando contemporaneamente tutti gli aspetti sopra menzionati attraverso il coinvolgimento della comunità. Questa metodologia impiega un algoritmo automatizzato per analizzare un ampio spettro di siti potenziali, attraverso un modello di elevazione digitale del terreno (DEM) e diverse possibili altezze di sbarramento. Per ogni sito, l'algoritmo ottimizza la posizione e l'orientamento della diga e calcola le caratteristiche geometriche, come la lunghezza della diga, il volume della diga, il volume dell'invaso, e la superficie dell'invaso artificiale creato a monte. In una fase successiva, viene condotta un'analisi MCDM per classificare i siti in base a benefici e impatti potenziali. Tra i benefici vi sono il volume immagazzinabile, il supporto al deflusso estivo, la mitigazione del rischio idraulico e la produzione di energia. Tra gli impatti sono considerati, tra gli altri, l'interferenza dell'impronta planimetrica dell'invaso con la popolazione residente, con edifici, infrastrutture, paesaggio, patrimonio storico-artistico, aree naturali vincolate, aree soggette a frane ecc. Per favorire il coinvolgimento della comunità, è stata realizzata una piattaforma di indagine basata sul web che consente la raccolta di diverse prospettive da parte di vari soggetti, comunità e cittadini consentendo loro di esprimere le proprie opinioni sull'importanza relativa di ogni singolo criterio in un confronto a coppie graduato. L'applicazione di questa metodologia è dimostrata attraverso un caso di studio nel bacino del fiume Arno, dove il portatore di interesse è stato individuato nel contratto di fiume, dimostrando la sua efficacia nell'identificare le ubicazioni più adatte per gli invasi, mirando alla massima conservazione dell'ambiente e all'accettazione da parte della comunità.

Ringraziamenti

Lo studio è stato co-finanziato dal Consorzio di Bonifica del Medio Valdarno, dalla Regione Toscana e dal Partenariato Esteso RETURN, finanziamento dell'Unione Europea Next-GenerationEU (National Recovery and Resilience Plan - NRRP, Missione 4, Componente 2, Investimento 1.3 - D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

UN APPROCCIO MULTI-MODELLAZIONE PER PROTEZIONE/MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE NEI BACINI DEL MEDITERRANEO

Maria Margarita Ntona^{1,2}, Gianluigi Busico¹, Micòl Mastrocicco¹, Nerantzis Kazakis³

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche (DiSTABiF), Università degli studi della Campania "Luigi Vanvitelli", Caserta. E-mail: mariamargarita.ntona@unicampania.it; gianluigi.busico@unicampania.it; micol.mastrocicco@unicampania.it

² Dipartimento di Geologia, Università di Salonicco "Aristotele", Salonicco, Grecia.

³ Dipartimento di Geologia, Università di Patrasso, Grecia. E-mail: nkazakis@upatras.gr

Sommario

L'esaurimento delle riserve idriche sotterranee è un fenomeno comune nella regione mediterranea [1]. Nel corso degli anni sono stati sviluppati molti approcci per la gestione delle acque sotterranee in condizioni di emergenza climatica. La crisi climatica (CC) è una forzante essenziale che influenza il ciclo idrologico e porta a rischi naturali come siccità e inondazioni. In queste circostanze, la regione del Mediterraneo si sta riscaldando del 20% più velocemente rispetto alla media globale, mentre entro il 2050, si prevede che la domanda di risorse idriche raddoppierà o addirittura triplicherà [2]. Allo stesso tempo, lo sfruttamento eccessivo delle acque sotterranee, congiuntamente alla CC, può portare alla subsidenza causata dal continuo prelievo acque sotterranee [3]. L'interazione tra acque superficiali e acque sotterranee è di particolare interesse per la protezione delle risorse idriche nell'ambito dell'integrazione di regolamenti e azioni su scala locale e globale. Pertanto, la modellazione numerica costituisce un approccio affidabile per comprendere processi così complessi e fornire risposte affidabili ai problemi [4]. A tale scopo, dopo la determinazione degli obiettivi, diversi approcci e metodi sono stati applicati nel bacino dell'Alto Volturno (Italia) e nel bacino di Anthemountas (Grecia) per la protezione delle acque sotterranee.

In questo studio, è stato implementato uno strumento decisionale per la gestione sostenibile dell'acqua nelle regioni del Mediterraneo, facilmente comprensibile dalle parti interessate e basato sul modello SWAT, sul modello DPSIR e sull'approccio di campionamento guidato. L'approccio multi-modellazione è implementato in due bacini del Mediterraneo caratterizzati da diverse caratteristiche socio-economiche e geomorfologiche. Il confronto incrociato ottenuto tra il modello SWAT e il modello DPSIR nelle aree di studio ha rivelato l'impatto delle pratiche umane che influiscono sulla sostenibilità delle risorse idriche. Successivamente, è stato adottato un approccio di analisi statistica multivariata (MSA) basato su una tecnica di campionamento non probabilistico per identificare l'evoluzione idrochimica delle acque sotterranee nelle due regioni del Mediterraneo. L'impronta delle pressioni nelle aree è evidenziata con l'applicazione di un approccio di campionamento guidato, suggerito per evitare future lacune nel monitoraggio.

I risultati non hanno mostrato variazioni significative nel deflusso nel bacino italiano, mentre le gravi condizioni di siccità nel bacino costiero greco in futuro evidenziano importanti cambiamenti nel deflusso e nella ricarica. La massima percentuale annua di evapotraspirazione nell'Alto Volturno per il periodo 2020-2040 è del 74% e quella minima del 50%. Il deflusso rappresenta il 2-6% del bilancio idrologico e infiltrazione percentuale varia tra il 19% e il 34%. I risultati del modello SWAT sono conformi ai dati della versione BIGBANG 1.0. Nel bacino di Anthemountas l'infiltrazione massima è del 14%, mentre il deflusso varia dall' 8% al 19% del bilancio idrico. Sulla base del modello DPSIR e dell'approccio di campionamento guidato, l'impatto antropico nel bacino di Anthemountas è maggiore rispetto al bacino dell'Alto Volturno. L'innovazione di questo studio prevede lo sviluppo della ricerca sull'analisi dell'interazione tra acque superficiali e acque sotterranee combinando più dati e confrontando i risultati dell'analisi in diverse aree di studio, nei loro scenari climatici attuali e futuri. L'approccio metodologico applicato in questo studio è flessibile e può essere modificato in base alle caratteristiche specifiche del sito in esame.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

[1] Henao Casas, J.D., Fernández Escalante, E., Ayuga, F., 2022. Alleviating drought and water scarcity in the Mediterranean region through managed aquifer recharge. *Hydrogeological Journal*, 30, 1685–1699. <https://doi.org/10.1007/s10040-022-02513-5>

[2] MedECC, 2020. *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report* (Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)) Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 632. ISBN 978-2-9577416-0-1.

[3] Bagheri-Gavkosh, M., Hosseini, S. M., Ataie-Ashtiani, B., Sohani, Y., Ebrahimian, H., Morovat, F., Ashrafi, S., 2021. Land subsidence: A global challenge. *Science of The Total Environment*, 778, 146193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.1461>

[4] Ntona, M.M., Busico, G., Mastrocicco, M., Kazakis, N. (2022). Modeling groundwater and surface water interaction: An overview of current status and future challenges. *Science of The Total Environment*, 846, 157355. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157355>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

THE IMPLEMENTATION OF THE GEOFRAME SYSTEM IN THE PO RIVER DISTRICT – ANALYSIS OF WATER AVAILABILITY AND SCARCITY IN THE PIEMONTE REGION

Gaia Roati^{1,3}, Giuseppe Formetta², John Mohd Wani³, Silvano Pecora⁴, Marco Brian¹, Paolo Leoni¹,
Francesco Tornatore¹, Daniele Andreis^{3,6}, Matteo dall'Amico⁵, Stefano Tasin⁵, and Riccardo Rigon^{2,3}

¹ Po River Basin District Authority, Parma

² Department of Civil, Environmental and Mechanical Engineering (DICAM), University of Trento (Trento)

³ Center Agriculture Food Environment (C3A), University of Trento (Trento)

⁴ Italian Minister for the Environment and the Energy Security, Roma

⁵ Waterjade Srl, Pergine Valsugana (TN)

⁶ Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige (TN)

Abstract

In the last years, Italy observed more frequent and intense drought events, with a particularly severe drought in 2022, leading to significant environmental, social and economic damages.

Also at a global scale extreme events, floods and droughts, have been reported to be more likely due to climate change and environmental modifications.

For this reason, already in 2021, the Po River Basin District Authority (AdbPo) started the implementation of the GEOframe modelling system on the whole territory of the district to update the existing numerical modelling for water resource management, and then to improve the planning activity of the Authority itself, producing a better quantification and forecast of the spatial and temporal water availability.

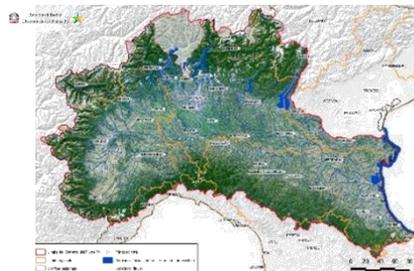


Figure 1: Po River Basin District area delimitation

The GEOframe system was developed by a scientific international community, led by the University of Trento, and is a semi-distributed conceptual model, with high modularity and flexibility, completely open-source.

After a starting phase of data collection, validation, spatial interpolation of precipitations and temperatures (for the reference period 1991-2020), and geomorphological analysis, all the components of the hydrological balance (evapotranspiration, snow accumulation, water storage and discharge) have been simulated.

Consequently, the “zonal calibration” phase was carried out on a 4 years period basis with the KGE method, consisting of the research of the values of the characteristic model parameters which fit the discharge evolution recorded in the hydrometers of the region in the best possible way, comparing the modelled discharge trend with the measured one.

With the completion of the calibration process in the Piemonte region, one of the biggest regions of Italy, which contains more than 100 hydrometers, an analysis of the water balance components was undertaken, focusing especially on hydrological and agricultural drought events.

In particular, water availability has been modelled in the whole regional territory, evaluating its impact on agriculture, namely studying how and when an hydrological drought affects agricultural drought according to the data collected in the last 30 years.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Attention has been taken also to the snow precipitation contribution, which has a major impact in alpine regions, dominating local and regional hydrology, strongly influencing vegetation growth and the utilization of water resources (Wu et al., 2015), like the one of the Po River basin, characterized by the presence of the Alps along all of its route.



Figure 2: Total water balance at the regional closure point (Isola S. Antonio (AL))

In conclusion, it was possible to carry on an historical analysis of water availability in Piemonte, assessing the capacity of GEOframe to simulate all the components of the water cycle (evapotranspiration, water storage, snow accumulation and water discharge). Furthermore, implementing GEOframe in a mountainous area underlines the importance and the influence that snow and glaciers, especially in a higher temperature scenario due to climate change, can have on water availability and, therefore, a better modelling component of these elements will be implemented in the future developments of GEOframe.

References

- [1] Abera W., Formetta G., Borga M., Rigon R. (2017). Estimating the water budget components and their variability in a pre-alpine basin with JGrass-NewAGE. *Advances in Water Resources*, 104, pp. 37-54.
- [2] Bancheri M., Rigon R., Manfreda S. (2020). The GEOframe-NewAge Modelling System Applied in a Data Scarce Environment. *Water*, 12(1), 86.
- [3] Durand M., Molotch N. P., Margulis S. A. (2008). Merging complementary remote sensing datasets in the context of snow water equivalent reconstruction. *Remote Sensing of Environment*, 112, pp. 1212-1225.
- [4] Hock R. (1999). A distributed temperature-index ice-and snowmelt model including potential direct solar radiation. *Journal of Glaciology*, 45, pp. 101-111.
- [5] Ma H., Liu Z., & Liu Y. (1991). Energy balance of a snow cover and simulation of snowmelt in the western Tien Shan Mountains, China. *Annals of Glaciology*, 16, pp. 73-78.
- [6] Molotch N. P., Brooks P. D., Burns S. P., Litvak M., Monson R. K., McConnell J. R., and Musselman K. (2009). Ecohydrological controls on snowmelt partitioning in mixed-conifer sub-alpine forests. *Ecohydrology* 2(2): pp. 129-142.
- [7] Pan X., Li X., Shi X., Han X., Luo L., & Wang L. (2012). Dynamic downscaling of near-surface air temperature at the basin scale using WRF – A case study in the Heihe River Basin, China. *Frontiers of Earth Science*, 6, pp. 314-323.
- [8] Pan X., Li X., Cheng G., Li H., & He X. (2015). Development and evaluation of a River-Basin-scale high Spatio-temporal precipitation data set using the WRF model: A case study of the Heihe River Basin. *Remote Sensing*, 7, pp. 9230-9252.
- [9] Rice R., & Bales R. C. (2010). Embedded-sensor network design for snow cover measurements around snow pillow and snow course sites in the Sierra Nevada of California. *Water Resources Research*, 46, pp. 1-13.
- [10] Wu X., Wang N., Lu A., Pu J., Guo Z., & Zhang H. (2015). Variations in albedo on Dongkemadi Glacier in Tanggula Range on the Tibetan Plateau during 2002-2012 and its linkage with mass balance. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 47, pp. 281-292.
- [11] Zhang G., Kang S., Fujita K., Huintjes E., Xu J., Yamazaki T., Haginoya S., Wei Y., Scherer D., & Schneider C. (2013). Energy and mass balance of Zhadang Glacier surface, central Tibetan Plateau. *Journal of Glaciology*, 59, pp. 137-148.
- [12] Zanotti F., Endrizzi S., Bertoldi G., & Rigon R. (2004), The GEOTOP snow module. *Hydrological Processes*, 18, pp. 3667-3679.



Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SESSIONI POSTER

Palazzo Garzolini di Toppo Wassermann

Via Gemona, 92

Martedì 25 giugno 2024

Sessione 1

11:30 – 13:15

Sessione 2

15:30 – 17:00

A REGIONALIZED FRAMEWORK FOR THE METASTATISTICAL EXTREME VALUE DISTRIBUTION APPLIED TO DAILY AND SUB-DAILY RAINFALL

Pietro Devò^{1*}, Maria Francesca Caruso¹, Marco Borga^{2,3}, Marco Marani^{1,3}

¹Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, University of Padova, Padova, Italy.

²Department of Land, Environment, Agriculture, and Forestry, University of Padova, Padova, Italy.

³Research Center on Climate Change Impacts, University of Padova, Rovigo, Italy.

* Corresponding author: pietro.devo@dicea.unipd.it

Abstract

The estimation of extreme rainfall based on short records is of considerable interest, above all in the context of rapidly changing rainfall regimes. Regionalization techniques, by trading space for time, allow us to partially overcome the lack of long observational records. The recently introduced Metastatistical Extreme Value Distribution (MEVD), a non-asymptotic extreme-value model, accounting for all observed rainfall events to infer the probability distribution of annual maxima, also contributed towards improving our ability to determine large quantiles based on short observational time series. Here we combine established regionalization techniques, aggregating data from multiple adjacent stations complying with set homogeneity criteria, with MEVD-based methodologies to explore how their joint use may further reduce the predictive uncertainty associated with the estimates of the probability of large events. In this work, we use precipitation data sets from a selection of worldwide regional station networks (Europe, USA, Middle East, and Asia) deployed in a wide range of elevations and different rainfall regimes. The temporal data resolution varies according to country ranging from sub-daily to daily scales. We analyze different event durations, between 5 minutes and 24 hours for the sub-daily scale, 1 day and 2 days for the daily one, and we implement a cross-validation procedure to evaluate predictive uncertainty. To evaluate possible improvements with respect to regionalization techniques based on traditional extreme value theory, such as the Generalized Extreme Value (GEV) distribution, we comparatively apply them and the proposed MEVD-based regionalization approach. The results show the benefits arising from the regionalization technique, which enhances the robustness of the models by increasing the consistency of the observed data population, particularly in lowlands, where homogeneous regions can be trivially identified. The proposed regionalization approach based on the metastatistic distribution brings a significant reduction of the estimation uncertainty for very high ratios between the forecasting return period value and the length of the calibration sample when compared to traditional methods.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

Hosking, J. R. M. & Wallis, J. R. Some statistics useful in regional frequency analysis, *Water Resources Research*, 1993, 29, 271–281.

Hosking, J. R. M. & Wallis, J. R. *Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Marani, M. & Ignaccolo, M. A metastatistical approach to rainfall extremes. *Advances in Water Resources*, 2015, 79, 121–126.

Zorzetto, E., Botter, G. & Marani, M. On the emergence of rainfall extremes from ordinary events, *Geophysical Research Letters*, 2016, 43(15), 8076–8082.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS OF RAINFALL EXTREMES EXPLOITING TELECONNECTIONS

Andrea Magnini¹, Valentina Pavan², Attilio Castellarin¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Chimica e dei Materiali (DICAM), Università di Bologna, Bologna.
E-mail: andrea.magnini@unibo.it

² ARPAE, Bologna. E-mail: vpavan@arpae.it

Abstract

Several authors have established strong long-range relationships between global climatic indexes (or teleconnections) and precipitation across diverse geographical regions worldwide. Typically, these investigations focus on the number of wet days or cumulative rainfall over specific seasons or the entire year, but a few studies explicitly explore the informative value of teleconnections as covariates when modeling the frequency regime of sub-daily rainfall annual maxima [e.g., 2, 6]. These studies are based on a few single time series, that are often sparse in space, and can be adopted for local frequency analysis. Hence, the presence of regional structures in the dependency of rainfall annual maxima on teleconnections, and the usage of teleconnections for regional frequency analysis is still unexplored.

Our study provides a comprehensive assessment of the potential and informative content of teleconnections for representing and modeling the frequency regime of rainfall extremes, addressing the limitations mentioned above. Our dataset is a subset of the I2-RED dataset [5], and consists of annual maximum series (AMS) of sub-daily rainfall depth recorded between 1921 and 2022 at approximately 700 rain gauges spanning a large and climatically diverse region in Northern Italy (see Figure). The subset is selected based on a minimum time series' length of 30 years.

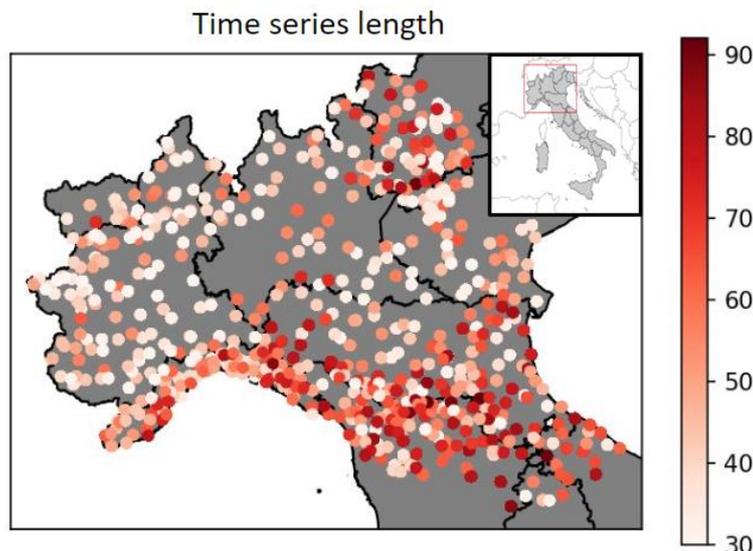


Figure 3. Study area. In color scale: time series length

Based on a comprehensive literature review [see e.g. 1, 4], we select six global climate indexes: the North Atlantic Oscillation (NAO), Pacific Decadal Oscillation (PDO), East Atlantic – West Russia pattern (EA-WR), El Niño Southern Oscillation (ENSO), Mediterranean Oscillation Index (MOI), and Western Mediterranean Oscillation Index (WeMOI). Instead of considering the raw time series of annual maxima, we define sliding

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

time windows in order to obtain time series of L-moments, statistical measures characterizing the distribution of sub-daily rainfall extremes [3]. Thus, we evaluate the correlation of teleconnections with time series of gridded regional L-moments. In analyzing the spatial patterns of gridded L-moments, we considered the time aggregation intervals (durations) of 1 and 24 hours, and a discretization of the study region with tile sizes (resolutions) from 15km to 100 km.

Our results show that the WeMOI has a notably higher number of significant correlations than the other teleconnections. Moreover, the relationship of WeMOI with L-moments of sub-daily extreme rainfall exhibits significant spatial patterns, whose robustness is confirmed by their limited sensitivity to the chosen grid resolution. This confirms the effectiveness of studying correlation patterns by means of time series of spatially smoothed statistics of AMSs (gridded L-moments), rather than raw annual sequences of rainfall maxima. Consequently, our research suggests promising pathways for climate-informed local and regional frequency analysis of rainfall extremes.

References

- [1] Caroletti, G.N., Coscarelli, R., Caloiero, T., 2021. A sub-regional approach to the influence analysis of teleconnection patterns on precipitation in Calabria (southern Italy). *Intl Journal of Climatology* 41, 4574–4586. <https://doi.org/10.1002/joc.7087>
- [2] Cheng, L., AghaKouchak, A., 2014. Nonstationary Precipitation Intensity-Duration-Frequency Curves for Infrastructure Design in a Changing Climate. *Sci Rep* 4, 7093. <https://doi.org/10.1038/srep07093>
- [3] Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., 1997. *Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments*, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511529443>
- [4] Krichak, S.O., Breitgand, J.S., Gualdi, S., Feldstein, S.B., 2014. Teleconnection–extreme precipitation relationships over the Mediterranean region. *Theor Appl Climatol* 117, 679–692. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1036-4>
- [5] Mazzoglio, P., Butera, I., Claps, P., 2020. I2-RED: A Massive Update and Quality Control of the Italian Annual Extreme Rainfall Dataset. *Water* 12, 3308. <https://doi.org/10.3390/w12123308>
- [6] Ouarda, T.B.M.J., Yousef, L.A., Charron, C., 2019. Non-stationary intensity-duration-frequency curves integrating information concerning teleconnections and climate change. *Intl Journal of Climatology* 39, 2306–2323. <https://doi.org/10.1002/joc.5953>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A MATTER OF SCALE: THERMODYNAMIC AND LARGE-SCALE CONSTRAINTS IN EXTREME RAINFALL UNDER A CHANGING CLIMATE

Santa Andria¹, Marco Borga², Marco Marani¹

¹ Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, University of Padova, Padova.
E-mail: santa.andria@dicea.unipd.it, marco.marani@unipd.it

² Department of Land, Environment, Agriculture, and Forestry, University of Padova, Padova.
E-mail: marco.borga@unipd.it

Abstract

Changes in the hydrological cycle and, in particular, in rainfall extreme events induced by global warming are expected to pose significantly increased hazards in the coming decades. However, changes in the probability of occurrence of intense precipitation remain poorly understood even in observations. Here we investigate the thermodynamic and large-scale constraints to the generation of extreme rainfall at both hourly and daily scales. To this aim, we address some of the ambiguities intrinsic to the traditional definition of the dependence of extreme rainfall on temperature as mediated by the Clausius-Clapeyron (CC) relation. For this purpose, we use a non-asymptotic extreme value distribution (Marani and Ignaccolo, 2015) as a basis for our analysis. In this framework, the distribution of extremes emerges from the distribution of ordinary events, here allowed to vary under climate change. The distribution of annual maxima is expressed as a function of the probability distribution of all events (that may be inferred using most of the available data, rather than just on yearly maxima) and of the number of event occurrences per year. The rationale here is that a warming of the atmosphere will affect the distribution of all rainfall events, i.e. the shape of the ordinary event distribution, rather than just rainfall extremes as in traditional CC arguments. Based on this approach, we then analyze the relation between the parameters of the probability distribution of ordinary precipitation events and temperature at the daily and hourly scales, using observational data in Padova, Italy (where almost 300 years of observations are available) and multiple stations in the continental US.

While local temperature is widely considered to be a major driver of change in rainfall regimes, changes in large-scale circulation are also expected to play a significant role in shaping future rainfall regimes. In order to represent the effects of large-scale circulation, and analyze changes that remain unexplained by local temperature, we compute here the Vertically Integrated Moisture Convergence, derived from the ECMWF Reanalysis v5 (ERA5) dataset.

Our results indicate that hourly precipitation is mainly controlled by thermodynamics, with the scale parameter of the probability distribution of hourly precipitation intensity showing a CC dependence. Conversely, at the daily scale, we show that precipitation variability is not explained by temperature changes but is rather driven by other factors such as large-scale circulation. These results support the need for an integrated approach, which quantitatively accounts for both local thermodynamics and large-scale circulation to estimate future changes in daily precipitation extremes under a climate change.

References

Marani, M., & Ignaccolo, M. (2015). A metastatistical approach to rainfall extremes. *Advances in Water Resources*, 79, 121-126.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUGLI ESTREMI DI PIOGGIA SUBGIORNALIERI IN ITALIA

Marco Lompi ¹, Francesco Marra ^{2,3}, Eleonora Dallan ⁴, Enrica Caporali ¹, Roberto Deidda ⁵ e Marco Borga ⁴

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA) - Università degli Studi di Firenze.

E-mail: marco.lompi@unifi.it, enrica.caporali@unifi.it

² Dipartimento di Geoscienze - Università degli Studi di Padova. E-mail: francesco.marra@unipd.it

³ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISAC).

⁴ Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF) – Università degli Studi di Padova.

E-mail: eleonora.dallam@unipd.it, marco.borga@unipd.it

⁵ Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) – Università degli Studi di Cagliari.

E-mail: r.deidda@unica.it

Sommario

Il cambiamento climatico sta modificando l'intensità e la frequenza delle precipitazioni estreme. Comprendere l'impatto dei cambiamenti climatici sulle precipitazioni estreme è fondamentale per gestire il rischio di alluvioni. I cambiamenti nelle precipitazioni estreme vengono solitamente valutati sulla base delle proiezioni climatiche dei modelli climatici regionali (RCM), che hanno una risoluzione di circa 10 km. La risoluzione dei modelli RCM è troppo grossolana per risolvere la convezione. Al contrario, i modelli a convezione permessa, Convection Permitting Model (CPM), hanno una risoluzione spaziale più fine, solitamente inferiore ai 4 km, che permette una descrizione più accurata dell'intensità degli eventi estremi di breve durata.

Questo studio utilizza le proiezioni di un modello CPM per valutare l'impatto del cambiamento climatico sulle precipitazioni estreme subgiornaliere a scala nazionale (Italia). Le proiezioni utilizzate sono VHR-PRO_IT (Very High Resolution Projections over Italy) (Raffa et al., 2023), un recente prodotto di downscaling del modello CMCC a una scala di 2,2 km. Le proiezioni hanno una risoluzione temporale di 1 ora e ad oggi sono le uniche a coprire l'intera Italia in entrambi gli scenari di emissione (RCP 4.5 e RCP 8.5) con questa risoluzione spaziotemporale. La metodologia utilizzata per stimare i cambiamenti negli estremi di pioggia in Italia si basa sull'utilizzo della distribuzione Simplified Metastatistical Extreme Value (SMEV) (Marra et al., 2019) in condizioni non stazionarie. In particolare, SMEV adotta una distribuzione di Weibull a due parametri per descrivere la frequenza delle precipitazioni degli eventi ordinari. I parametri della distribuzione hanno una dipendenza lineare nel tempo e sono stimati con il metodo della massima verosimiglianza. I cambiamenti nelle precipitazioni con tempi di ritorno di 2 e 100 anni sono stimati confrontando il futuro (2070) con il periodo di riferimento (1981) per diverse durate (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore).

I risultati mostrano come le variazioni di pioggia nei vari tempi di ritorno siano statisticamente più significative per le brevi durate e nello scenario RCP 8.5. In questo scenario, le piogge estreme nelle brevi durate (1 ora e 3 ore) aumentano soprattutto nel nord ovest, nel centro Italia e al sud; mentre quelle di durate maggiori (6, 12 e 24 ore) tendono ad aumentare nel nord Italia e al centro, mentre al sud variano con segnali diversi a seconda della zona e dell'evento considerato.

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata sviluppata nell'ambito del progetto "RETURN – multi-Risk sciEnce for resilient Communities under a changing climate" e ha ricevuto fondi dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (Mission 4, Component 2, Investment 1.3 –D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005).

Bibliografia

[1] Raffa M., Adinolfi M., Reder A., Marras G.F., Mancini M., Scipione G., Santini M., Mercogliano P. (2023). Very High Resolution Projections over Italy under different CMIP5 IPCC scenarios. *Scientific Data*, 10, 238.

[2] Marra, F., Zoccatelli, D., Armon, M., Morin, E. (2019). A simplified MEV formulation to model extremes emerging from multiple nonstationary underlying processes. *Adv. Water Resour.*, 127, pp. 280-290.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

CAMBIAMENTI NELL'INTENSITÀ E NELLA STAGIONALITÀ DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME

Dario Treppiedi¹, Gabriele Villarini^{2,3}, Jens Bender⁴, Leonardo Valerio Noto¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy. E-mail: dario.treppiedi@unipa.it

² Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton University, USA

³ High Meadows Environmental Institute, Princeton University, USA

⁴ Baden-Württemberg Cooperative State University, Mosbach, Germany

Sommario

Lo studio degli eventi estremi di precipitazione è fondamentale per una moltitudine di settori, dalla progettazione e manutenzione delle infrastrutture idrauliche alla gestione della risorsa idrica. Allo stesso tempo, i cambiamenti climatici stanno modificando le caratteristiche delle precipitazioni estreme [1], richiedendo sforzi sempre maggiori per ottenere una visione più completa del problema. Nell'analisi delle caratteristiche delle precipitazioni estreme, come intensità e stagionalità, vi è talvolta un'assunzione implicita di stazionarietà: quando l'attenzione si concentra sulla magnitudo di questi eventi, non vengono considerati potenziali cambiamenti nella loro stagionalità e viceversa. Inoltre, mentre l'intensità delle precipitazioni estreme è quasi sempre modellata in maniera continua, la stagionalità viene spesso esaminata in modo discreto, aggregando le occorrenze degli eventi in 'stagioni' precostituite (Dicembre-Gennaio-Febrero, Marzo-Aprile-Maggio, e così via), oppure nei singoli mesi. Questo può indurre a fraintendimenti nella reale distribuzione delle occorrenze, soprattutto in prossimità delle code della distribuzione o in presenza di più mode nell'andamento stagionale degli estremi. Nel presente lavoro viene utilizzato un approccio statistico bivariato per modellare congiuntamente queste due caratteristiche, attraverso l'impiego di copulae circolari-lineari. In particolare, la stagionalità (i.e., il giorno dell'anno in cui viene registrato un evento estremo) viene trattata come una variabile circolare, potendo così modellare in maniera continua l'occorrenza delle precipitazioni estreme. Il framework è stato applicato ad un ensemble di modelli climatici globali (GCM) provenienti dal Coupled Model Intercomparison Projects Phase 6 (CMIP6) [2] per differenti percorsi socio-economici condivisi (SSP). A partire da questi è stato possibile osservare come, con l'aumento delle emissioni di gas serra, è probabile un aumento nell'intensità delle precipitazioni estreme a scala globale. In termini di stagionalità, sono state individuate vaste aree del globo in cui questi eventi potrebbero verificarsi più tardi rispetto all'attuale stagione umida, e questo aspetto è più evidente soprattutto per gli scenari di emissioni più gravosi. Queste zone si trovano principalmente ai tropici e ai sub-tropici, confermando come queste aree potrebbero essere particolarmente soggette agli impatti futuri dei cambiamenti climatici.

Bibliografia

[1] IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

[2] EYRING, V., BONY, S., MEEHL, G. A., SENIOR, C. A., STEVENS, B., STOUFFER, R. J. & TAYLOR, K. E. 2016. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geosci. Model Dev.*, 9, 1937-1958.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

AGGIORNAMENTO DELLE STIME DELLE PIOGGE DI PROGETTO NELL'AREA DEL BACINO DISTRETTUALE DEL'APPENNINO MERIDIONALE

Paola Mazzoglio¹, Luciana Giuzio², Rocco Bonelli³, Vera Corbelli⁴, Pierluigi Claps⁵

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino.
E-mail: paola.mazzoglio@polito.it

² Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Caserta. E-mail: l.giuzio@distrettoappenninomeridionale.it

³ Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Caserta. E-mail: r.bonelli@distrettoappenninomeridionale.it

⁴ Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, Caserta.
E-mail: vera.corbelli@distrettoappenninomeridionale.it

⁵ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino.
E-mail: pierluigi.claps@polito.it

Sommario

L'aggiornamento, omogeneizzazione e redazione dei PAI-Ri (PAI – Rischio idraulico) e del PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) richiede specifici approfondimenti su alcune tematiche che giocano un ruolo significativo nelle azioni e negli strumenti di pianificazione, al fine di ottenere un quadro d'insieme caratterizzato dallo stesso livello di accuratezza e significatività sull'intero territorio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Per quanto riguarda la forzante idrologica, l'attuale metodologia per la stima della precipitazione di progetto è costituita dal metodo VAPI (Valutazione delle Piene), sviluppato ormai oltre 20 anni fa.

Nell'ottica di effettuare una revisione della banca dati e dell'intera metodologia di stima della precipitazione di progetto si è provveduto inizialmente ad un rilevante aggiornamento dei dati a disposizione. Il dataset utilizzato comprende serie storiche di massimi annui di precipitazione di breve durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore) estratte dall'Improved Italian – Rainfall Extreme Dataset (Mazzoglio et al., 2020). Questo dataset rappresenta una ricca fonte di informazioni che consente una copertura spaziale e temporale significativamente più ampia rispetto ai lavori precedenti.

L'aggiornamento delle stime degli estremi di pioggia è stato effettuato con il metodo del "patched kriging" (Libertino et al., 2018). Tale approccio permette di sfruttare tutta l'informazione pluviometrica disponibile, anche quella relativa a serie molto brevi, in quanto è basato su una robusta procedura di gap-filling ottenuta mediante un'applicazione sequenziale (ovvero anno per anno) di un kriging dei massimi annui di assegnata durata. Per realizzare l'analisi locale di frequenza delle precipitazioni intense in qualunque punto della regione oggetto di studio tale metodo utilizza serie storiche omogenee nello spazio ottenute mediante interpolazione, preservando la variabilità originaria delle serie stesse. L'approccio non richiede la definizione di aree omogenee e si presta agevolmente a revisioni anche frequenti, una caratteristica che diventa molto utile in presenza di nuove osservazioni di notevole entità.

Nella versione iniziale del metodo l'interpolazione veniva effettuata tramite un kriging ordinario dei valori di precipitazione, dai quali veniva preliminarmente rimossa l'influenza della quota tramite un'operazione di detrending. Recenti lavori, condotti al fine di valutare la variabilità degli estremi in funzione della quota (Mazzoglio et al., 2022, 2023), hanno mostrato come non sia conveniente utilizzare una singola relazione per descrivere tale variazione su area vasta a causa dell'elevata variabilità spaziale dell'effetto orografico. Nella nuova versione si è scelto quindi di adottare un regression kriging. Tale metodo (descritto in Mazzoglio et al., 2023) è basato su georegressioni locali che analizzano la relazione fra valore medio degli estremi (pioggia indice) e quota (estratta da un modello digitale del terreno ricampionato a 1 km di risoluzione), al fine di ottenere un modello di regressione con pendenza ed intercetta spazialmente variabili.

Questo lavoro ha portato ad una revisione del quadro complessivo inerente agli estremi di precipitazione sub-giornalieri resi in termini di curve di probabilità pluviometrica e altezze di precipitazione di assegnate durate e

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

periodo di ritorno, sotto forma di griglia con risoluzione pari a 1 km. L'analisi è inoltre corredata da approfondimenti mirati ad identificare le aree in cui le nuove stime presentano marcate differenze rispetto alle precedenti.

Bibliografia

[1] Libertino, A., Allamano, P., Laio, F. and Claps, P., 2018. Regional-scale analysis of extreme precipitation from short and fragmented records. *Advances in Water Resources*, 112, 147-159.

[2] Mazzoglio, P., Butera, I. and Claps, P., 2020. I²-RED: a massive update and quality control of the Italian annual extreme rainfall dataset. *Water*, 12, 3308.

[3] Mazzoglio, P., Butera, I., Alvioli, M. and Claps, P., 2022. The role of morphology in the spatial distribution of short-duration rainfall extremes in Italy. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 1659-1672.

[4] Mazzoglio, P., Butera, I. and Claps, P., 2023. A local regression approach to analyze the orographic effect on the spatial variability of sub-daily rainfall annual maxima. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1), 2205000.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

FLOOD FREQUENCY ANALYSIS USING ANNUAL MAXIMA AND THRESHOLD EXCEEDANCES: AN EMPIRICAL COMPARISON FOR THE UK RECORDS

Ilaria Prosdocimi¹, Thomas Kjeldsen² Isadora Antoniano Villalobos³

¹ Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari Venezia.
E-mail: ilaria.prosdocimi@unive.it

² Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath, United Kingdom, T.R.Kjeldsen@bath.ac.uk

³ Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari Venezia.
E-mail: isadora.antoniano@unive.it

Abstract

Flood and rainfall frequency analysis is typically carried out on samples of extremes defined as either the maxima of fixed-sized blocks of observations (for example yearly) or as exceedances above a high threshold. The analysis is often based on well established results from probability theory which identify the Generalized Extreme Value (GEV) and the Generalized Pareto (GP) as the limiting distributions of block maxima and exceedances, under the assumption of stationarity of the underlying series [2]. There are well established connections between these two limiting distributions. In general, the GEV is the distribution of maxima extracted from series such that the number of threshold exceedances for each block can be assumed to be Poisson-distributed, while their magnitudes follow a Generalized Pareto distribution. The stationarity assumptions are often not valid for environmental extremes such as rainfall or flood extremes, whose frequency distributions tend to be overdispersed, (exhibit a variability higher than expected under a Poisson distribution). Under the scenario of overdispersed threshold exceedance counts, the distribution of annual maxima has been shown to be related to the Kappa distribution, of which both the GEV and GP are particular cases. This study investigates the validity of different modelling assumptions under the block maxima and threshold exceedances approaches for a national dataset of extreme hydrological events from gauging stations in the UK [2]. We also investigate the possibility of employing the more flexible Kappa distribution rather than the GEV distribution for the analysis of annual maxima, by employing both L-moments and likelihood-based estimation approaches.

References

- [1] Rossi, F., Fiorentino, M. and Versace, P., 1984. Two-component extreme value distribution for flood frequency analysis. *Water Resources Research*, 20(7), pp.847-856.
- [2] Kjeldsen, T., & Prosdocimi, I. (2023). Use of peak over threshold data for flood frequency estimation: an application at the UK national scale. *Journal of Hydrology*, 626, Article 130235. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130235>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

AN INTERCOMPARISON OF UNCERTAINTY POSTPROCESSING METHODS FOR STREAMFLOW ENSEMBLES

Daniela Biondi¹, Paolo Reggiani², and Ezio Todini³

¹ Department of Informatics, Modeling, Electronics and Systems Engineering, University of Calabria, Rende (CS).

E-mail: daniela.biondi@unical.it

² Department of Civil Engineering, Research Institute for Water and Environment, University of Siegen, Siegen,

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

³ Italian Hydrological Society, Bologna, Italy. E-mail: eziotodini@gmail.com

Abstract

Ensemble prediction systems and hydrological ensembles are frequently interpreted and directly used in operational streamflow forecasting as a surrogate of the predictive probability distribution to assess flood-forecasting predictive uncertainty. This work analyses the performance of two post-processors aimed at revising ensemble streamflow predictions, that typically show forecast bias and dispersion errors, to properly incorporate ensemble predictions into predictive distributions. Specifically, we compare with the direct ensemble prediction statistics the Model Conditional Processor (MCP; Todini, 2008) that conveniently handles multivariate situations, making it suitable for multi-model, multi-site, and multi-time lead problems, against the Ensemble Model Output Statistics (EMOS; Gneiting et al., 2005), an easy-to-implement postprocessing technique based on heteroscedastic regression by taking into account the ensemble spread. The MCP, which takes advantage of the convenient properties of the multivariate Normal distribution, allows to directly assess the density of the predictand given model forecasts by means of multiple regression in the Normal space. The derivation of the predictive density is performed after converting observations and model forecasts into the Normal space through the non-parametric Normal quantile transform (NQT), where they are assumed to be mutually related through a joint multivariate Normal distribution. Once conditional distributions are obtained analytically, they are mapped back into the space of origin by inverse NQT. On the other hand, the EMOS technique yields probabilistic forecasts, which take the form of Gaussian predictive probability density functions that may not be representative of the actual one. To determine the EMOS coefficients, we used the method of minimum Continuous Ranked Probability Score (CRPS) estimation (Gneiting et al., 2005). This technique identifies coefficient values that optimize the CRPS for the training data. The direct flow ensemble predictions together with MCP and EMOS were applied to hourly 96 hours ahead streamflow forecasts for the River Po at Pontelagoscuro, Italy, based on meteorological ensemble predictions. Results from post-processors are compared and discussed in terms of accuracy and reliability. The post-processed predictive PDFs provided more reliable streamflow forecasts and much better calibrated than the raw ensemble.

References

- [1] Gneiting, T., Raftery, A. E., Westveld, A. H., & Goldman, T., 2005. Calibrated probabilistic forecasting using ensemble model output statistics and minimum CRPS estimation. *Monthly Weather Review*, 133(5), pp.1098–1118. <https://doi.org/10.1175/MWR2904.1>
- [2] Todini, E. (2008). A model conditional processor to assess predictive uncertainty in flood forecasting. *International Journal of River Basin Management*, 6(2), 123–137. <https://doi.org/10.1080/15715124.2008.9635342>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

ANALISI SULL'UTILIZZO DEI MODELLI DIGITALI DEL TERRENO A SUPPORTO DI METODI GEOMORFICI PER LA MAPPATURA DELLE PIENE

Raffaele Albano¹, Aurelia Sole¹, Leonardo Mancusi², Carmine Limongi¹

¹ Scuola di Ingegneria, Università degli studi della Basilicata, Potenza.

E-mail: raffaele.albano@unibas.it; aurelia.sole@unibas.it; carmine.limongi@unibas.it

² Dipartimento Sviluppo Sostenibile e Fonti Energetiche, Ricerca sul Sistema Energetico RSE SpA, Milano.

E-mail: leonardo.mancusi@rse-web.it

Sommario

La mappatura delle aree inondabili riveste un'importanza cruciale per gestire gli impatti delle piene. Diversi ricercatori hanno proposto soluzioni a bassa complessità utili in bacini non monitorati o per applicazioni su larga scala. Tra questi approcci, una linea di ricerca recente si concentra sui metodi geomorfici che, facendo uso di Modelli Digitali di Elevazione (DEM), stabiliscono una relazione causale tra gli eventi storici di inondazione e la geometria idraulica delle pianure alluvionali.

Questo studio si propone di analizzare l'impiego di cinque DEM liberamente disponibili nella mappatura, attraverso il Geomorphic Flood Index [1], delle aree inondate del bacino del fiume Basento: (i) HydroSHEDS v.1.1 (ris. 3 arc-sec), derivato da STRM (NASA) e caratterizzato da una copertura globale; (ii) il DEM ASTER GDEM v.3, con copertura globale e una risoluzione di circa 30 m (fonte: METI e NASA); (iii) EU-DEM v. 1.1 (ris. 1 arc-sec), basato sulla combinazione di SRTM e ASTER GDEM, (fonte: Copernicus Land Monitoring Service); (iv) Tintaly v. 1.1, che copre l'intero territorio italiano con una risoluzione pari a 10 m, distribuito dall'INGV; (v) il Laser Scanner DEM ad alta risoluzione (5 m) che copre l'estensione della Regione Basilicata. Lo studio ha valutato come l'utilizzo dei cinque DEM influisce sulle performance (in termini di Area Under the Curve - AUC, accuratezza, sensibilità e specificità) per la calibrazione del GFI sul tratto principale del fiume Basento, e la sua validazione su uno dei suoi affluenti montani (Torrente Gallitello). I risultati hanno confermato la capacità del metodo GFI nel mappare le aree inondabili in bacini non monitorati dimostrata in studi precedenti, come ad esempio in [2], ottenendo alti valori di AUC che si sono dimostrati stabili nell'uso di diversi DEM e di differenti mappe di inondazione di riferimento. L'EU-DEM è il più adatto a supportare il GFI nelle mappature delle piene sia in fase di calibrazione che di validazione grazie all'appropriata risoluzione spaziale per applicazioni idrologiche ma anche ad elaborazioni di pre-processamento che hanno supportato una descrizione ottimale della morfologia della rete fluviale. Per gli altri DEM analizzati, il GFI ha generalmente mostrato un aumento delle prestazioni delle metriche adottate quando, nella fase di calibrazione, si è trascurata la parte focale del fiume dove era stato impiegato un modello idraulico 2D per la mappatura delle aree inondabili di riferimento. Tuttavia, quando i DEM vengono condizionati idrologicamente, anche con un semplice algoritmo che diminuisce le quote lungo il Thalweg, il GFI può essere applicato all'intero bacino del Basento con prestazioni simili al caso in cui viene trascurata nella fase di calibrazione l'area delle pianure alluvionali alla foce del fiume.

Bibliografia

[1] Samela, C., R. Albano, et al., 2018. A GIS tool for cost-effective delineation of flood-prone areas, *Computers, Environment and Urban Systems*, 70, 43-52

[2] Albano, R., et al., 2020, Large Scale Flood Risk Mapping in Data Scarce Environments: An Application for Romania. *Water*, 12, 1834

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

ALLUVIONE DELLA ROMAGNA DEL 2023: MODELLAZIONE 2D ALLA SCALA DI BACINO PER I FIUMI SENIO E LAMONE MEDIANTE UN CODICE PARALLELO AD ALTA RISOLUZIONE

Sara Carta¹, Federico Prost², Francesca Aureli³

¹ Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università di Parma. E-mail: sara.carta@unipr.it

² Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università di Parma. E-mail: federico.prost@unipr.it

³ Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università di Parma. E-mail: francesca.aureli@unipr.it

Sommario

Nel maggio 2023 il territorio della Regione Emilia-Romagna è stato interessato da eventi idro-meteorologici di eccezionale intensità, che hanno determinato una grave situazione di criticità soprattutto nelle province di Forlì-Cesena, Ravenna, Bologna, Modena e Reggio Emilia (Brath et al., 2023). Dopo un primo evento meteorologico particolarmente gravoso, che ha interessato tali territori tra l'1 e il 3 maggio, nei giorni 16 e 17 maggio si è verificato un ulteriore evento estremamente intenso che ha provocato numerosissimi fenomeni alluvionali e frane con gravi conseguenze per il territorio, tra cui l'isolamento di molte località e ingenti danni a infrastrutture, a edifici pubblici e privati e alla rete dei servizi essenziali. Entrambi gli eventi hanno avuto intensità tale da determinare in molte stazioni pluviometriche il superamento dei massimi storici rilevati nel periodo di osservazione. I territori più colpiti sono quelli della zona pedemontana dei bacini degli ultimi affluenti di destra del Reno, tra cui il Fiume Senio, e dei corsi d'acqua romagnoli con foce in Adriatico, tra cui il fiume Lamone.

Il presente studio si pone l'obiettivo di riprodurre gli eventi del maggio 2023 attraverso un modello idrodinamico bidimensionale del tratto montano dei bacini dei corsi d'acqua Senio e Lamone a partire dai dati pluviometrici, al fine di ricostruire gli idrogrammi di livello per prefissate sezioni di chiusura. Il dataset di partenza è costituito dalle precipitazioni osservate durante gli eventi in corrispondenza di oltre trenta stazioni pluviometriche (Figura 2-a) oltre che da dati di scabrezza e quota del terreno. La depurazione delle piogge è operata secondo l'approccio SCS-CN, stimando il *Curve Number* a partire da mappe del tipo di copertura e dell'uso del suolo. I risultati saranno confrontati con le osservazioni disponibili alle sezioni di chiusura utilizzate (Figura 2-b e 1-c) e potranno costituire un riferimento per lo studio dei fenomeni di rotta arginale per tracimazione verificatisi a valle, in prossimità degli abitati di Faenza e Castel Bolognese (RA).

Le simulazioni, in corso di esecuzione, sono realizzate utilizzando la versione Rain del codice PARFLOOD (Vacondio et al., 2017; Aureli et al. 2020), sviluppata presso l'Università di Parma, per la propagazione idrodinamica completa alla scala di bacino a partire da fenomeni di precipitazione. Il modello numerico si basa su una discretizzazione esplicita ai volumi finiti delle equazioni 2D alle acque basse (SWE), secondo una formulazione ben bilanciata. Il modello è accurato al secondo ordine nel tempo e nello spazio e i flussi sono valutati utilizzando il solutore di Riemann approssimato HLLC. Grazie a una speciale ricostruzione, denominata SRM, il solutore garantisce la stabilità numerica anche nel caso di tiranti idrici molto bassi e in prossimità di bruschi cambi di pendenza. Il modello sfrutta sia griglie cartesiane che griglie strutturate non uniformi di tipo BUQ (Block Uniform Quadtree, Vacondio et al., 2017), consentendo al contempo un ridotto carico computazionale e un'elevata accuratezza nelle aree di maggiore interesse. Il codice sfrutta l'architettura CUDA, progettata per accelerare l'esecuzione di computazioni parallele su schede (GPU) NVIDIA™, garantendo una drastica riduzione dei tempi di calcolo rispetto ai codici seriali.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

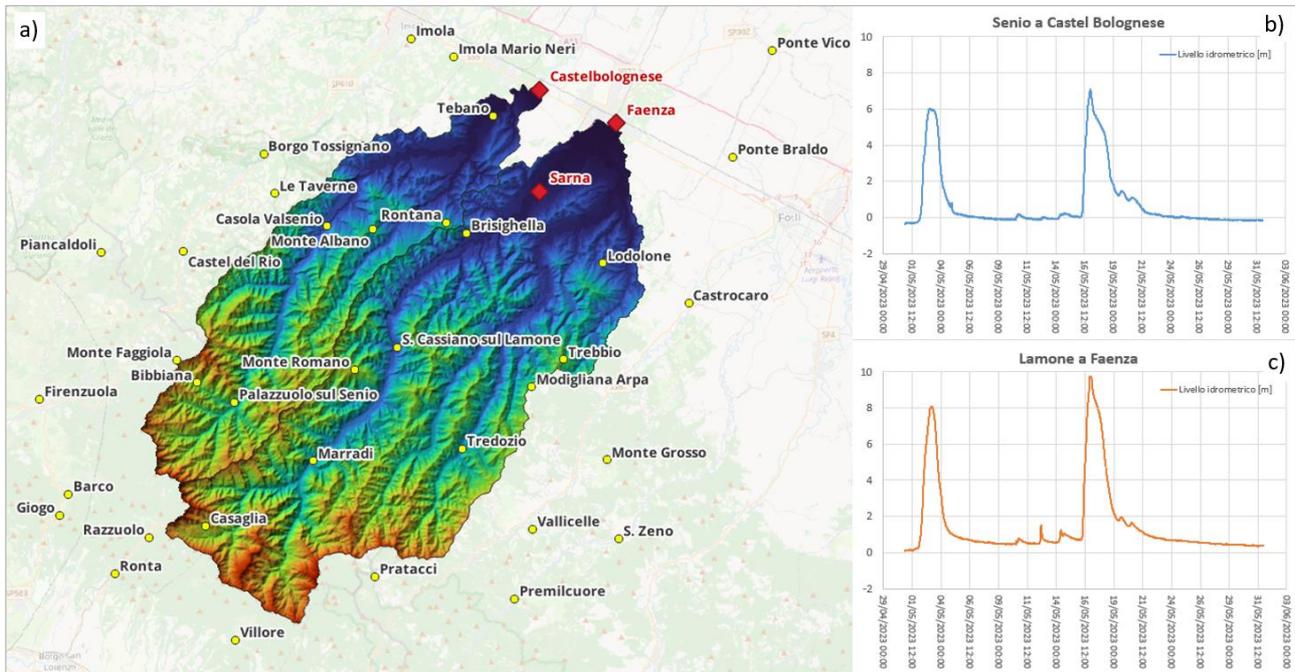


Figura 2. Bacini idrografici montani dei corsi d'acqua Senio e Lamone, con indicazione delle stazioni pluviometriche utilizzate per lo studio (a); idrogrammi di livello per il Fiume Senio a Castel Bolognese (b) e per il fiume Lamone a Faenza (c).

Bibliografia

Aureli, F., Prost, F., Vacondio, R., Dazzi, S., Ferrari, A., 2020. A GPU-Accelerated Shallow-Water Scheme for Surface Runoff Simulations. *Water* 2020, 12, 637.

Brath, A., Casagli, N., Marani, M., Mercogliano, P. e Motta, R., 2023. Rapporto della Commissione tecnico-scientifica istituita con deliberazione della Giunta Regionale n. 984/2023 e determinazione dirigenziale 14641/2023, al fine di analizzare gli eventi meteorologici estremi del mese di maggio 2023. Regione Emilia-Romagna.

Vacondio, R., Dal Palù, A., Ferrari, A., Mignosa, P., Aureli, F., Dazzi, S., 2017. A non-uniform efficient grid type for GPU-parallel Shallow Water Equations models. *Environmental Modelling & Software*, 88, 119–137.

CALIBRAZIONE PARAMETRI DI VELOCITÀ DI UN MODELLO DI PIENA MEDIANTE L'UTILIZZO DI MISURE DI PORTATA IN CAMPO

Francesco Castaldo¹, Angelo Forestieri²

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, E-mail: francesco.castaldo@community.unipa.it

² ARPAL - Agenzia Regionale per l'Ambiente. E-mail: angelo.forestieri@arpal.liguria.it

Sommario

L'obiettivo di questo lavoro portato a termine durante un tirocinio curriculare preso ARPA Liguria è stato quello di ricalibrare il modello *DRiFt* (Discharge River Forecast)^[1] utilizzato dall'ARPA Liguria nel Centro Funzionale Decentrato di Protezione Civile (CFD) per le previsioni idrologiche. Si tratta di un modello afflussi-deflussi a parametri semi-distribuiti basato su un approccio geomorfologico in grado di prevedere le caratteristiche dell'idrogramma a scala di evento. Esso risulta molto affidabile per la previsione delle piene, soprattutto in piccoli bacini sprovvisti di strumenti di misura. Il modello utilizza, tra gli altri, due parametri, la velocità nei versanti il cui valore $v_{versante}$ viene considerato pari a 0.12 m/s , e la velocità nei canali v_{canale} fissata a un valore costante di 2.5 m/s . Il presente lavoro ha esplorato la possibilità di calibrare in maniera più precisa i parametri di velocità nei canali tramite l'adozione di una strategia sito-specifica per la ricerca delle stesse, l'idea è quella di scegliere per ogni stazione una velocità media calcolata a partire dalle misure di portata effettuate e registrate nel database ARPAL.

Per ciascuna delle stazioni idrometriche coinvolte nello studio è stata effettuata un'interpolazione tra Q/v (rapporto tra portata e velocità) e h (livello idrometrico), si riporta a titolo di esempio quella per la stazione di Piana Battolla (Figura 1). Nota la scala delle portate $Q - h$ per la stazione in esame è immediata la risoluzione per ricavare la curva $v - h$ che descrive l'andamento della velocità in funzione del tirante. Si noti come si concentrano molto bene tutte le coppie $v - h$ ricavate dalle misure in campo.

Inoltre per ogni stazione è possibile ricavare, dalle misure in continuo del tirante, un valore medio a cui si associa una velocità media dalla relazione funzionale $v - h$ determinata. Ad esempio (Figura 1), per la stazione di Piana Battolla essendo il livello medio di circa 3.4 m si ricava la velocità media pari a 2.1 m/s .

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

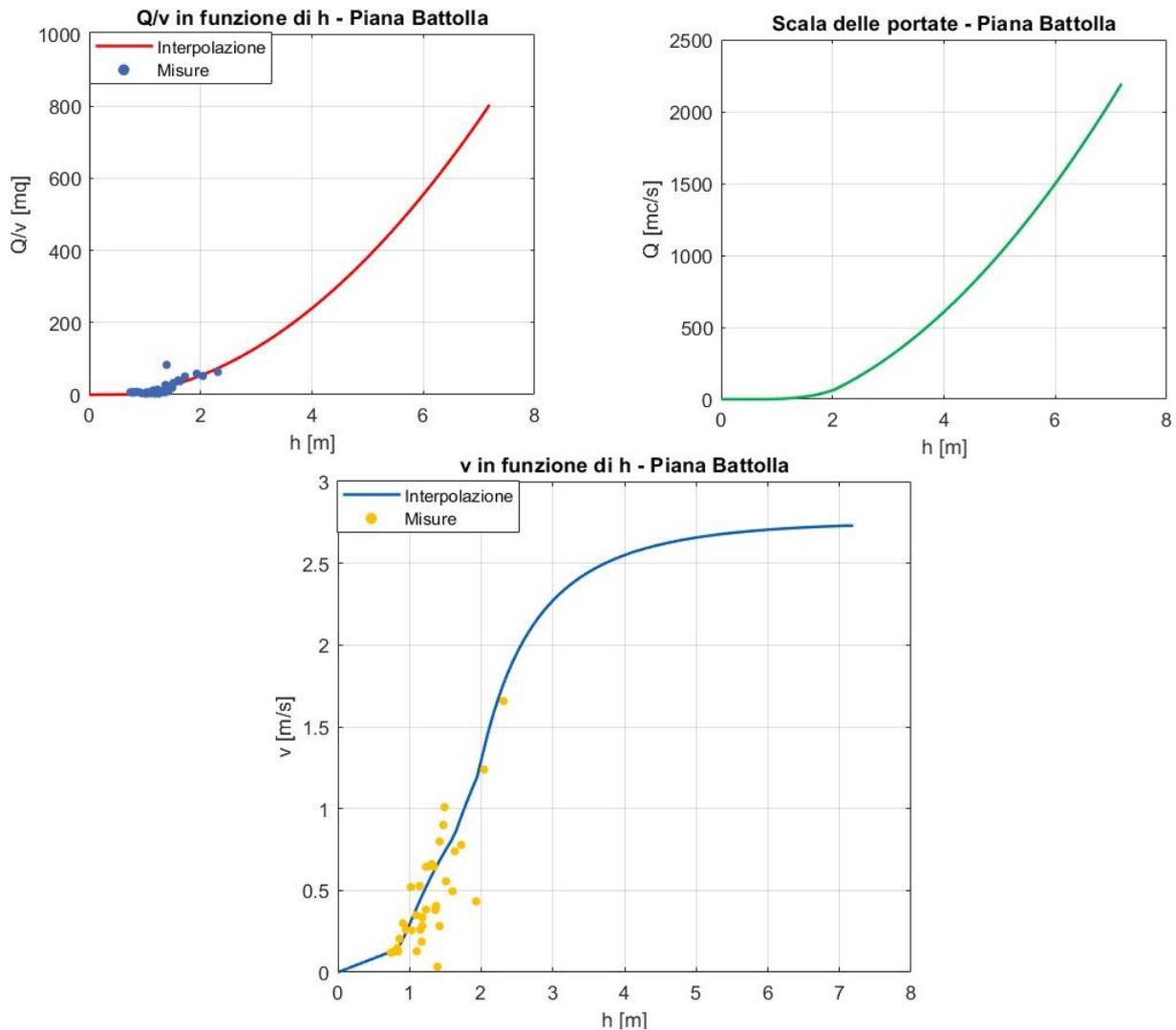


Figura 1. Metodologia per ottenere la relazione v-h – Piana Battolla

Tuttavia, l'inserimento nel modello afflussi-deflussi delle velocità medie sito specifiche ricavate non porta a significativi miglioramenti negli idrogrammi simulati; infatti, il modello sembra risentire poco delle variazioni della velocità nei canali. La ricerca potrebbe comunque essere approfondita ricalibrando tutti i parametri del modello e suddividendo la valutazione dei risultati in funzione del tipo di evento.

La prima parte della ricerca ha ottenuto risultati promettenti, poiché sono state costruite delle curve velocità-tirante risultate eccellenti dal punto di vista dell'accuratezza fisica e della significatività. Questi risultati potrebbero rappresentare un importante strumento dal momento che la relazione funzionale tra velocità e tirante idrometrico offre la possibilità di ottenere informazioni sulle velocità delle correnti anche in presenza di tiranti elevati per cui le misurazioni in campo sarebbero pericolose o impraticabili. Utilizzando misurazioni remote del tirante, la relazione v-h consente di stimare le velocità della corrente in modo efficace e sicuro, fornendo un importante strumento aggiuntivo per la gestione e la difesa dalle piene.

Bibliografia

[1] F. Giannoni, G. Roth, R. Rudari, A semi-distributed rainfall-runoff model based on a geomorphologic approach, *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, Volume 25, Issues 7–8, 2000, Pages 665-671, ISSN 1464-1909, [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00082-4)

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A STREAMFLOW PREDICTION SYSTEM BASED ON MULTI-HYDROLOGICAL MODELLING FOR REAL-TIME FLOOD FORECASTING ON THE CRATI RIVER

Domenico De Santis¹, Stefania Camici², Silvia Barbetta³, Tommaso Moramarco⁴ & Christian Massari⁵

¹ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Rende (CS).

E-mail: domenico.desantis@cnr.it

² Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia. E-mail: stefania.camici@cnr.it

³ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia. E-mail: silvia.barbetta@cnr.it

⁴ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia.

E-mail: tommaso.moramarco@cnr.it

⁵ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia.

E-mail: christian.massari@cnr.it

Abstract

In river basins with short response times, the availability of probabilistic streamflow forecasts can be essential for a more effective flood emergency management. As part of project “Tech4You - Technologies for climate change adaptation and quality of life improvement”, a flood forecasting system is being developed, aimed to usefully support the stakeholders in risk assessment. A multi-hydrological model approach is used, with the selection of conceptual models addressed to a differentiated and exhaustive representation of the main hydrological processes and the various flow pathways that contribute to the total river discharge during extreme events. The forecasts provided by the different hydrological models will be then synergistically combined to obtain probabilistic streamflow forecasting by applying the Model Conditional Processor (MCP) for predictive uncertainty estimate [1].

The main characteristics of the streamflow forecasting system and a preliminary assessment of the selected hydrological models are presented. The Crati River basin, the largest in Calabria in terms of discharge and drainage area, was chosen as a case study. Hydrological modelling was performed on an hourly time resolution and at sub-basin scale. The following conceptual models were considered: MISDc-2L [2, 3], HBV-96 [4], GR6H [5, 6], and SMART [7]. The different rainfall-runoff models are integrated in a shared framework, with common modules regarding the processing of climate inputs and the flow propagation in the downstream channel network.

First calibration experiments investigated the potential of the selected models to simulate the observed discharge in the downstream course of the Crati River, where significant floods occurred in recent years. An example of streamflow results is reported in Fig. 1 for the MISDc-2L model: time series for the simulation period are represented in Fig. 1a, while Fig. 1b focuses on the January 2013 event, which caused extensive damage in the archaeological site of the ancient Sybaris and is well modelled in terms of peak flood. In this preliminary evaluation, the set of hydrological models provided acceptable performance overall. The individual models showed different simulation skills, and some flood peaks were found difficult to reproduce by using all the models. However, improvements in high (and low) flows reproduction can be obtained through MCP application.

In the next steps, single models' predictions will be integrated by using MCP to obtain probabilistic discharge forecasting. Furthermore, the system in its final version will allow integrating information from advanced ground and remote sensors and could be combined with weather forecasting and hydraulic modelling thus ensuring great advantages for supporting real-time early warning activities.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

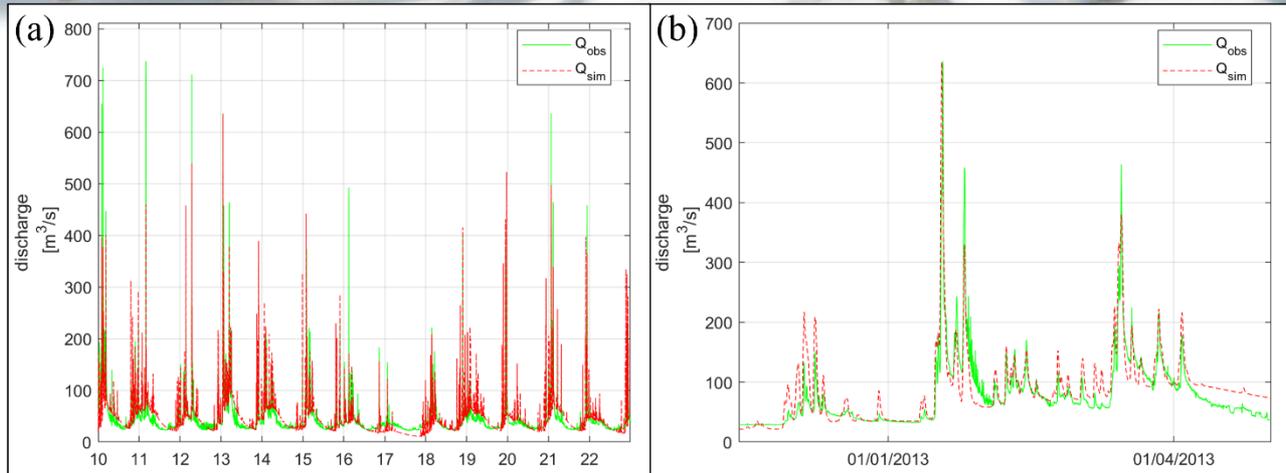


Figure 1. MISDc-2L hydrological model: in panel (a) time series of observed (green) and simulated (red) hourly streamflow in the years 2010-2022 for the Crati River at Sibari gauge, in panel (b) focus on the significant flood event of January 2013.

Acknowledgements

This work was funded by the Next Generation EU - Italian NRRP, Mission 4, Component 2, Investment 1.5, call for the creation and strengthening of 'Innovation Ecosystems', building 'Territorial R&D Leaders' (Directorial Decree n. 2021/3277) - project Tech4You - Technologies for climate change adaptation and quality of life improvement, n. ECS0000009. This work reflects only the authors' views and opinions, neither the Ministry for University and Research nor the European Commission can be considered responsible for them.

Spatially interpolated precipitation data were provided by CIMA Research Foundation and are based on in-situ precipitation and radar data from the database of the Italian Civil Protection Department.

References

- [1] Barbetta, S., Coccia, G., Moramarco, T., Brocca, L. and Todini, E., 2017. The multi temporal/multi-model approach to predictive uncertainty assessment in real-time flood forecasting. *Journal of Hydrology*, 551, 555-576.
- [2] Brocca, L., Moramarco, T., Melone, F., Wagner, W., Hasenauer, S. and Hahn, S., 2012. Assimilation of surface- and root-zone ASCAT soil moisture products into rainfall-runoff modelling. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50(7), 2542-2555.
- [3] Massari, C., Camici, S., Ciabatta, L. and Brocca, L., 2018. Exploiting satellite-based surface soil moisture for flood forecasting in the Mediterranean area: state update versus rainfall correction. *Remote Sensing*, 10(2), 292.
- [4] Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S., 1997. Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model. *Journal of Hydrology*, 201(1-4), 272-288.
- [5] Pushpalatha, R., Perrin, C., Moine, N.L., Mathevet, T. and Andréassian, V., 2011. A downward structural sensitivity analysis of hydrological models to improve low-flow simulation. *Journal of Hydrology*, 411(1-2), 66-76.
- [6] Ficchi, A., Perrin, C. and Andréassian, V., 2019. Hydrological modelling at multiple sub-daily time steps: Model improvement via flux-matching. *Journal of Hydrology*, 575, 1308-1327.
- [7] Mockler, E.M., O'Loughlin, F.E. and Bruen, M., 2016. Understanding hydrological flow paths in conceptual catchment models using uncertainty and sensitivity analysis. *Computers & Geosciences*, 90, 66-77.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A DISTRIBUTED RAINFALL-RUNOFF MODEL FOR THE INVESTIGATION OF CLIMATE CHANGE EFFECTS ON RIVER FLOODS IN THE EUROPEAN ALPS

Luca Lombardo¹, Anna Basso¹, Alberto Viglione¹

¹ Politecnico di Torino, DIATI (Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture)
E-mail: luca_lombardo@polito.it, anna.basso@polito.it, alberto.viglione@polito.it

Abstract

The worsening of global climate change has increased both the frequency and intensity of extreme weather events, significantly impacting the dynamics of flooding. This convergence of factors results in intensified and prolonged precipitation, leading to river overflow and catastrophic floods. Elevated temperatures and rapid snowpack melting further contribute to the increase of flood risk. These impacts are particularly pronounced in mountainous regions, where the combination of steep terrain and increased precipitation amplifies the risk of flash and snowmelt generated floods.

The *CLIM2FLEX* project aligns with this intricate and evolving context, aiming to assess, under potential climate scenarios, the variations in the frequency and intensity of river floods generated by various mechanisms, and the possible correlations with climatic indices. Within the project framework, a crucial aspect involves constructing a modeling chain, complete with a hydrological module. This component is dedicated to translating climate inputs into continuous discharge time series, enhancing the project's capacity for in-depth analysis and dynamic modeling.

To do so, the main idea is to use a “modified version” of the “*TUWmodel*” conceptual hydrological model to account for the inter-basin transfer of water and flood waves propagation (from upstream catchments to downstream catchments) through the implementation of a new routing routine based on the introduction of a Nash-Cascade module. Different calibration strategies are used at gauged sites to estimate the best model parameters. A machine learning based regionalization approach (*HydroPASS*) is then applied to infer model parameters at ungauged sites for hydrological streamflow predictions.

The focus of this study encompasses the entire Great Alpine Region (*GAR*), posing significant modeling challenges: the region is in fact predominantly characterized by mountainous terrain, consisting mainly of small catchments. Here, the effects of snow accumulation-melting cycles, as well as the presence of glaciers and other small-scale features, play a particularly crucial role.

The presentation will delve into preliminary findings concerning the applicability and reliability of the proposed hydrological modeling chain structure, into the availability and quality of the data for the region of interest (both discharge for calibration and distributed climate input products), and into the first results of the developed model.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A SIMPLIFIED APPROACH FOR FLOOD EVACUATION MODELS

Davide Luciano De Luca¹, Daniela Biondi², Francesco Cruscomagno², Mara Lucantonio¹, Francesco Napolitano¹, Elena Ridolfi¹

¹ Department of Civil, Building and Environmental Engineering - Sapienza University of Rome, Italy

² Department of Informatics, Modelling, Electronics and System Engineering - University of Calabria, Italy

Abstract

Flood hazard affects approximately one third of the entire territory of Italy (ISPRA, 2021). In this context, mitigation strategies have a key role to reduce the impact and increase resiliency (Kreibich et al., 2022). Over the last decades, several strategies have been developed to reduce loss of lives and economic damages and, among those, the Evacuation Plans (EPs) aim at mitigating water-related risks in numerous case studies worldwide. Their development is particularly facilitated by the ever increasing availability of high resolution digital elevation models, spatially distributed datasets (accessible from national and/or local websites) and user-friendly computing platforms, which allow for performing, in urban context, i) highly accurate hydrodynamic simulations and consequent risk evaluation or ii) more simplified analyses in space and time, particularly justified when uncertainty sources about the physical processes are relevant.

Consequently, methods for assessing vulnerability have been improved, considering vulnerability itself no more as a “static” concept, but dependent on hazard scenarios which can spatially and temporally vary (de Ruiter and Van and Loon, 2022).

In the field of Civil Protection Measures, time plays a crucial role. The predictability of flood evolution, its expected impacts, and the time to rescue are the key aspects to consider for a proper flood evacuation strategy (Alonso et al., 2020).

In literature, the so-called Loss of Life (LoL) models (Jonkman et al., 2008) are able to simulate the interaction between floodwaves and receptors. These models can be grouped on the basis of the following levels of detail (Lumbroso et al., 2008):

- Macro level: this level operates at the overall event level, where a single mortality rate is applied to the entire exposed population. Evacuation time is quantified based on the average distance to a specific safety area.
- Meso level: at this level, also known as the group/zone level, mortality rates are estimated either for groups of people or specific zones. Evacuation routes are represented in a simplified way.
- Micro level: this level focuses on the individual level, where the circumstances and behavior of each person are modeled to estimate their probability of survival. Evacuation routes are represented in detail.

In recent years, with the advances in computing technology, attention has predominantly focused on LoL models at the micro level. These models should be able to delve into irrational behaviours and diverse strategies exhibited by inhabitants during evacuation scenarios (Taillandier et al., 2021). It is commonly acknowledged that individuals in panic may exhibit irrational behaviors stemming from intense fear (Ren et al., 2009). Furthermore, individual panic can propagate to neighbouring people, potentially leading to mass panic, which often results in dangerous overcrowding and slower evacuation processes.

In this study, after a brief overview of the state-of-the-art for flood evacuation models, in terms of Flow Dynamics (FD, Ren et al. 2009), Cellular Automata (CA, Clarke 2013), and Agent Based Models (ABMs, Taillandier et al. 2021), we propose a simplified model to estimate the probability distributions of evacuation times from specific points of interest to designated safety areas within a specific Evacuation Plan (EP). The

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

developed approach serves as a rapid and user-friendly tool either for validating existing safety area locations or for designing new ones. The applications of this model have involved the municipalities of Rome and Cosenza (southern Italy), with the obtained results made accessible online through Google My Maps (google.com/mymaps).

References

- [1] Alonso, S., Mazzoleni, M., Bhamidipati, S., Gharesifard, M., Ridolfi, E., Pandolfo, C., Alfonso, L., 2020. Unravelling the Influence of Human Behaviour on Reducing Casualties during Flood Evacuation, *Hydrological Sciences Journal*, 65(14), 2359-2375, doi: 10.1080/02626667.2020.1810254
- [2] Clarke, K.C., 2014. Cellular Automata and Agent-Based Models. In: Fischer, M., Nijkamp, P. (eds) *Handbook of Regional Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23430-9_63
- [3] de Ruiter M.C. and van Loon A.F., 2022. The challenges of dynamic vulnerability and how to assess it, *iScience*, 25(8), 104720, <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104720>
- [4] ISPRA, 2021. *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021*. ISBN: 978-88-448-1085-6
- [5] Jonkman, S.N., Vrijling, J.K. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. Methods for the estimation of loss of life due to floods: a literature review and a proposal for a new method. *Nat Hazards* 46, 353–389 (2008). <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9227-5>
- [6] Kreibich H. et al., 2022. The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management, *Nature*, 608 (7921), 80-86
- [7] Lumbroso, D., Di Mauro, M., Ramsbottom, D., 2008. Recent developments in loss of life modelling for flood defence and dambreak risk assessments. In: 43rd Defra Flood and Coastal Management Conference, 1-3 July 2008, Manchester University
- [8] Ren, C., Yang, C., Jin, S., 2009. Agent-Based Modeling and Simulation on Emergency Evacuation. In: Zhou, J. (eds) *Complex Sciences. Complex 2009. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 5. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02469-6_25
- [9] Taillandier, F., Di Maiolo, P., Taillandier, P., Jacquenod, C., Rauscher-Lauranceau, L., Mehdizadeh, R., 2021. An agent-based model to simulate inhabitants' behavior during a flood event. *Int. J. Disaster Risk Reduc.* 64, 102503, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102503>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

RAIL2FLOOD: A NATIONWIDE CLASSIFICATION OF THE ITALIAN RAILWAY NETWORK EXPOSED TO FLOOD HAZARD

Gianluca Lelli¹, Serena Ceola², Alessio Domeneghetti³, Armando Brath⁴

¹ Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy. E-mail: gianluca.elli2@unibo.it;

² Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy. E-mail: serena.ceola@unibo.it;

³ Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy. E-mail: alessio.domeneghetti@unibo.it;

⁴ Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy. E-mail: armando.brath@unibo.it.

Abstract

The Italian Railway Network is one of the major transport infrastructures that can be negatively impacted by flood events. Due to the considerable lengths and differences between the various routes, several structural damages and disruptions can occur. To understand and predict future impacts of floods on the railway infrastructure and to develop appropriate adaptation strategies, it is necessary to analyze the relationships between such infrastructure and potential hazardous scenarios.

This study leverages a methodology [1] capable of identifying and classifying paths along the railway infrastructure that are vulnerable to fluvial flood hazard and potential debris-flows. Following the EU Flood Directive and Flood Risk Management Plans (FRMP, updated for Italy to 2020), three flood hazard scenarios are here considered, namely, H1 (with return period, T_r , up to 500 years), H2 (where $T_r=100-200$ years) and H3 (where $T_r=20-50$ years), which correspond to low, medium and high hazard, respectively. The analysis is performed nationwide at the river basin level, where 273 river basins are investigated. By overlapping the railway geographical location and the three flood hazard scenarios, we identify that 37%, 27% and 15% of the Italian Railway network is exposed to low, medium and high hazard scenarios (H1, H2 and H3, respectively, see Figure 1a).

By adopting a DEM-based procedure, also suitable for large-scale applications, we outline contributing areas relevant to railway stretches considered at risk and compute key hydrological parameters, such as the time of concentration [2], the sub-basin contributing area, the river slope at the sub-basin outlet, and the presence of debris-flow, as influenced by topography-related triggering thresholds, including the slope angle of surrounding areas within a 1 km buffer from railways. These parameters are then used for classifying river sub-basins according to different flood hazard classes, which depend on the type of flooding phenomenon they are exposed to, the damage mechanism, and the severity of the expected flooding scenario [1]. More specifically, the flood hazard classification proceeds as follows: river basins with a river slope larger than 4% belong to Class 1-2 (mountainous-hilly flood areas), whereas river basins with a river slope $<4\%$ are distinguished as a function of the time of concentration, either smaller or larger than 12 hours, corresponding to Class 3-4 and Class 5-6, respectively. Class 1, 3, and 5 are identified if the triggering area is greater than 10 hectares and the slope angle is greater than 27%, otherwise the sub-basin belongs to Class 2, 4, or 6. Results for the low flood hazard scenario (H1) indicate that the majority of flood hazard classes in Italy (Figure 1b) belong to Class 4 (41%) and Class 3 (26%), while Class 1 and 2 collectively represent a lower percentage (13%).

A nationwide dataset is compiled, processed and analyzed to provide a comprehensive overview of the Italian Railway Network affected by floods.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

This analysis represents a significant step forward in enhancing our understanding of flood dynamics and exposure analysis of railway infrastructure, thereby contributing to more informed decision-making processes in flood risk management and disaster mitigation efforts.

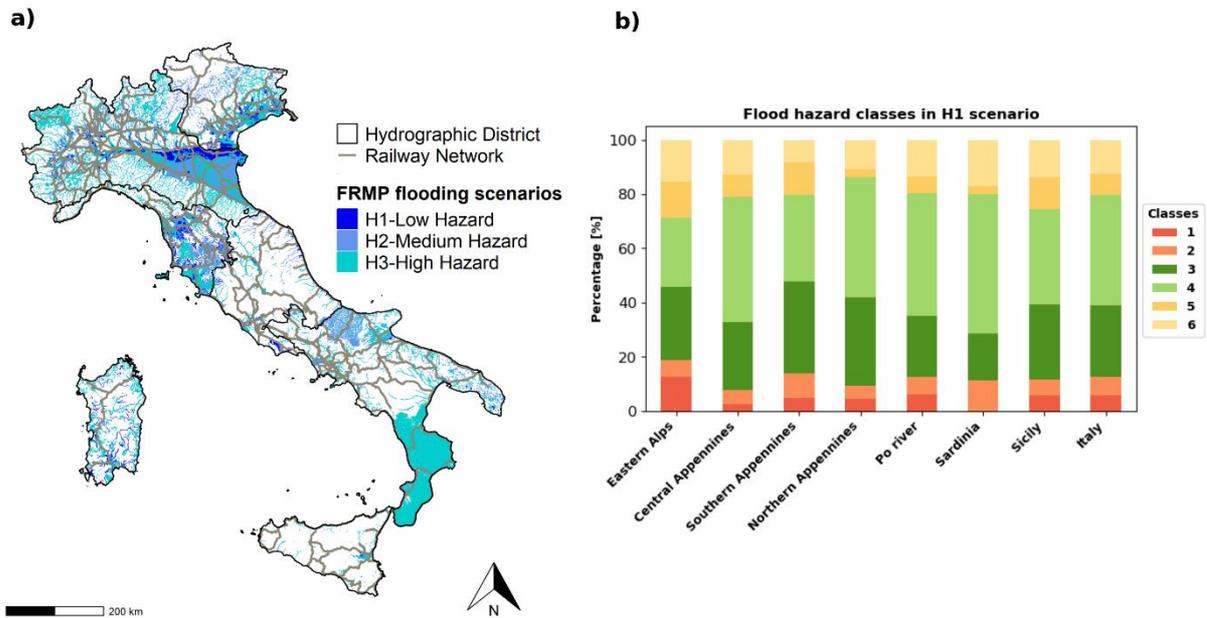


Figure 4. Identification and classification of the Italian Railway Network exposed to flood hazard and debris flow. a) Geographical representation of Flood Risk Management Plans (FRMP), for low, medium and high flood hazard, and the railway network in Italy. b) Flood hazard classification of railway paths exposed to low flood hazard (H1), where results are grouped at the river district and national levels.

References

- [1] Samela, C., Carisi, F., Domeneghetti, A., Petruccelli, N., Castellarin, A., Iacobini, F., Rinaldi, A., Zammuto, A., Brath, A., 2023. A methodological framework for flood hazard assessment for land transport infrastructures. *International Journal of Disaster Risk Reduction* ,85, pp.103491.1-103491.17;
- [2] Giandotti, M. 1934. Previsione delle piene e delle magre dei corsi d'acqua (in Italian), 107, Rome: Memorie e studi idrografici-Servizio Idrografico Italiano.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

PROIEZIONI CLIMATICHE E PREVISIONE E STIMA DI EVENTI IDROLOGICI ESTREMI: INCERTEZZA E STATO DELL'ARTE

Alberto Montanari¹

¹ Dipartimento DICAM, Università di Bologna, Bologna. E-mail: alberto.montanari@unibo.it

Sommario

Più di quattro e tre decenni, rispettivamente, sono trascorsi dai contributi di Spear e Hornberger (1980) e Beven e Binley (1992), che sono convenzionalmente considerati punti di partenza dell'attività di ricerca finalizzata alla stima di incertezza di simulazioni e previsioni idrologiche ed ambientali in genere. In questo arco temporale il problema è stato evidenziato quale passaggio chiave per l'utilizzo delle analisi idrologiche per la mitigazione e l'adattamento al rischio di piena e di magra, temi di importanza più che mai attuale, a livello globale. Alla stima di incertezza è oggi dedicata una task force del partenariato esteso RETURN – "Rischi ambientali, naturali ed antropici" finanziato con fondi PNRR – mentre il tema è oggetto di un sempre crescente numero di contributi scientifici sulle più accreditate riviste nazionali ed internazionali. Proprio per questa ragione, appare sorprendente che sia tuttora mancante una sintesi efficace delle metodologie disponibili, del loro campo di applicazione e attendibilità. Ciò può essere in parte spiegato in ragione della complessità del problema, la molteplicità dei modelli di analisi e degli ambiti tecnici, circostanze che rendono detta sintesi un'attività sicuramente interdisciplinare, con prospettive transdisciplinari.

I progetti di ricerca finanziati con fondi PNRR costituiscono un'occasione con pochi precedenti nelle modalità di sviluppo, un'occasione che è forse irripetibile per la comunità scientifica, precisamente al fine di finalizzare allo sviluppo tecnico l'esteso patrimonio di conoscenze scientifiche che sono state maturate negli ultimi 4 decenni.

La memoria intende presentare una sintesi e riassunto metodologico di tecniche per la stima di incertezza delle proiezioni climatiche e previsioni e stime di eventi idrologici estremi, discutendo le tecniche più frequentemente applicate, i codici di calcolo disponibili, i problemi tuttora aperti e potenziali applicazioni in ambito di protezione civile. La trattazione si concentrerà su incertezza di variabili di progetto ed indicatori di impatto idrologico di sollecitazioni meteorologiche, con finalità il più possibile operative di adattamento ai cambiamenti climatici e mitigazione del rischio. Particolare attenzione sarà dedicata alle implicazioni interdisciplinari, alle situazioni di scarsità di dati ed alla presentazione di un nuovo codice di calcolo per l'applicazione operativa del metodo "Bluecat" (Koutsoyiannis e Montanari, 2023).

Bibliografia

Beven, K. e Binley, A., 1992. The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction. "Hydrological processes", 6(3), 279-298.

Koutsoyiannis, D. e Montanari, A., 2022. Bluecat: A local uncertainty estimator for deterministic simulations and predictions. "Water Resources Research", 58(1), e2021WR031215.

Spear, R. C. e Hornberger, G. M., 1980. Eutrophication in peel inlet—II. Identification of critical uncertainties via generalized sensitivity analysis. "Water research", 14(1), 43-49.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A WATER SUPPLY SYSTEM RESILIENCE STRATEGY FOR REGIONAL DROUGHT MANAGEMENT

Paolo Martinis¹, Valentina Baù¹, Francesca Zanello¹, Davide Russo¹

¹ IDROSTUDI SRL, Trieste, Italy. E-mail: martinis@idrostudi.it

¹ IDROSTUDI SRL, Trieste, Italy. E-mail: bau@idrostudi.it

¹ IDROSTUDI SRL, Trieste, Italy. E-mail: zanello@idrostudi.it

¹ IDROSTUDI SRL, Trieste, Italy. E-mail: russo@idrostudi.it

Abstract

Drought has emerged as a critical global challenge, exacerbating water scarcity, and intensifying existing threats to sustainable development. Climatic fluctuations and non-sustainable water usage contribute to the increase in drought conditions, underlining the urgency of drought prediction and strategic interventions.

In recent years, the escalating frequency of drought in Italy's north-easternmost region, Friuli Venezia Giulia, has led to significant declines in water levels of various wells and springs, resulting in an imminent and critical water security crisis. In particular, the impact of the severe drought that occurred in 2022 on the agricultural sector was relevant, whereas the effect on the drinking water system, though minimal, warrants future attention. To prevent the water system from reaching a potentially irreversible state and ensure the sustainable use of groundwater systems, it is crucial to develop a whole water supply chain characterization to pave the way to the implementation of pre-emptive management and strategic planning.

As a response to a potential future water crisis in Friuli Venezia Giulia Region, an integrated strategy to ensure a reliable water supply and preserve water quality in the face of drought conditions was defined. The objective was to provide a clear roadmap for water authorities, outlining immediate, actionable steps to improve drought preparedness and mitigate impacts. The approach involved a statistical analysis of some of the available hydrologic data and a critical analysis of drought indicators and water management practices, thus highlighting the critical socio-economic and political stakes tied to proactive planning.

The findings highlight that the complex, non-stationary nature of drought precludes the straightforward application of extreme value analysis, typically used for rainfall data study to determine return periods in engineering practice. Therefore, the results urge the water operators to embrace a methodological shift that starts from redesigning the current hydrological monitoring system for the assessment of standardized indices such as the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standardized Groundwater Level Index (SGI). Moreover, there is a need for a detailed risk assessment utilizing quantitative data, leading to the establishment of tiered alert levels corresponding to the severity of drought conditions encountered. The risk assessment leads to an actionable plan for drought resilience, centred on a scalable monitoring system (i.e., regular, increased and emergency monitoring) that adjusts to drought severity and water availability.

Supporting tasks span from monitoring activities to hydrogeological studies and evaluating key water springs critically. The engagement of stakeholders in a unified effort to strengthen water infrastructure is recommended. Further actions guiding pollution control and public awareness campaigns are envisaged. All these initiatives will lead to advanced measures like legal restrictions and system integrations in critical scenarios to build a resilient integrated drinking water system.

In conclusion, the present study may serve as an initial step towards a conceptual re-evaluation of current engineering approaches, establishing new standards for the resilience of water infrastructures against drought.

MULTI-TEMPORAL DROUGHT DYNAMICS ACROSS SARDINIA FROM 1922 TO NOWADAYS

Ouafik Boulariah¹, Francesco Viola¹, Roberto Deidda¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università Degli Studi di Cagliari

* corresponding Author: o.boulariah88@gmail.com

Abstract

Drought is defined as an extended period of below-normal water availability. It is a recurring and worldwide phenomenon [1,2,3], while the Mediterranean Basin is considered as a very sensitive environment. Assessing historical drought conditions in this area is crucial for developing mitigation methods but also to cope with climate change impacts.

The Standardized Precipitation Index (SPI) has evolved as a simple tool for meteorologists and hydrologists to diagnose and monitor drought, providing an adaptable approach that can be employed over a range of time scales to assess different drought types (meteorological, agricultural, hydrological, etc...) [4]. Literature and previous studies emphasize the need for multi-scale drought indices to address the different impacts of drought across agricultural and hydrological sectors [5].

The current research aims to expand our understanding of drought dynamics by integrating SPI calculations at several time scales and investigating the associated metrics of drought duration, severity, peak, and frequent occurrences. The datasets used in the current research were collected over a centennial period (1922–2023) from 120 catchments on Sardinia Island (Figure 1). After a quality control process, the data were used to calculate the SPI for different time scales (1,3,6,9,12,24,36 and 48 months), which allows us to assess both short-term and long-term drought impacts.

Preliminary findings show significant variability in drought characteristics across time and space. Shorter time periods capture quick-onset drought conditions, which are crucial for agricultural stakeholders. Moreover, longer durations revealed long-term deficits, generally involving large spatial scales, influencing water resource management in the whole island. Furthermore, results show that the peak drought condition and the frequency of drought events are intricately linked to both the scale of the SPI calculation and in some way to the location, underscoring the complexity of drought dynamics.

The study investigates how different drought metrics relate to different SPI time and spatial scales, providing empirical evidence that supports the development of customized drought response strategies appropriate for each time scale. As climate change keeps challenging existing water resource management methods, our findings highlight the importance of novel drought assessment technologies in designing resilient hydrological futures.

The multi-scale investigation into SPI provides complex insights to policymakers and stakeholders. Understanding drought conditions at different scales allows to design drought mitigation policies and actions more effectively. Furthermore, the study lays the foundations to the possibility of incorporating SPI-based assessments into national and regional drought early warning systems (DEWS), which would improve their forecast accuracy and operational efficiency.

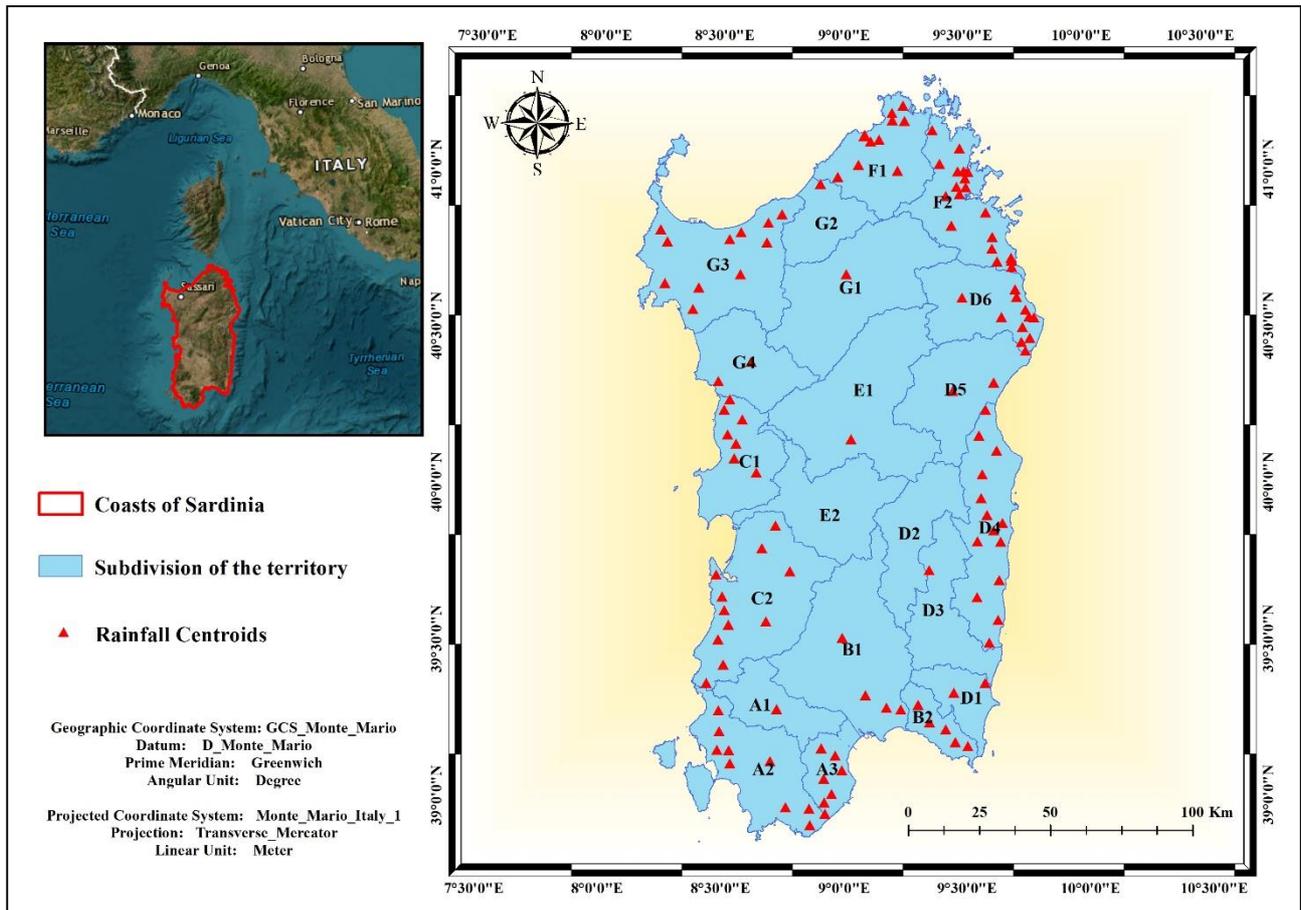


Figure 1. Studied Area

References

- [1] Leng, S., Huete, A., Cleverly, J., Gao, S., Yu, Q., Meng, X., Qi, J., Zhang, R. and Wang, Q., 2022. Assessing the impact of extreme droughts on dryland vegetation by multi-satellite solar-induced chlorophyll fluorescence. *Remote Sensing*, 14(7), p.1581.
- [2] Xu, F., Qu, Y., Bento, V.A. et al. Understanding climate change impacts on drought in China over the 21st century: a multi-model assessment from CMIP6. *npj Clim Atmos Sci* 7, 32 (2024).
- [3] Ukkola, A.M., De Kauwe, M.G., Roderick, M.L., Abramowitz, G. and Pitman, A.J., 2020. Robust future changes in meteorological drought in CMIP6 projections despite uncertainty in precipitation. *Geophysical Research Letters*, 47(11), p. e2020GL087820.
- [4] Gebremichael, H.B., Raba, G.A., Beketie, K.T. et al. Temporal and spatial characteristics of drought, future changes and possible drivers over Upper Awash Basin, Ethiopia, using SPI and SPEI. *Environ Dev Sustain* 26, 947–985 (2024).
- [5] Corbari, C., Paciolla, N., Restuccia, G. and Al Bitar, A., 2024. Multi-scale EO-based agricultural drought monitoring indicator for operative irrigation networks management in Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 52, p.101732.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE SICCATÀ ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI INDICI STANDARDIZZATI: UN APPROCCIO DINAMICO

David J. Peres¹, Nunziarita Palazzolo¹, Brunella Bonaccorso², Alfonso Senatore³, Giuseppe Mendicino³, & Antonino Cancelliere¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Catania, davidjohnny.peres@unict.it

² Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Messina, bbonaccorso@unime.it

³ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, Università della Calabria, alfonso.senatore@unical.it

Sommario

I cambiamenti climatici hanno un impatto potenziale sui fenomeni idrologici estremi. La siccità viene frequentemente monitorata utilizzando indici standardizzati, come l'Indice di Precipitazione Standardizzato (SPI) e l'Indice di Precipitazione-Evapotraspirazione Standardizzato (SPEI). Sebbene la standardizzazione rappresenti un vantaggio al fine di confrontare l'impatto delle siccità in aree caratterizzate da climatologie diverse, essa, al tempo stesso, comporta la difficoltà, per una data località, di confrontare due periodi – tipicamente uno di controllo e uno futuro – caratterizzati da climi diversi, proprio per la non stazionarietà del clima indotta dai cambiamenti. Per definizione, gli indici standardizzati sono distribuiti come una normale standard (media nulla e varianza unitaria). La valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici è di norma basata sul confronto tra le occorrenze in un periodo e scenario futuro con quelle in un periodo di controllo storico. Se gli indici vengono calibrati separatamente per ciascun periodo (una calibrazione per il periodo futuro e una per il periodo di controllo), eventuali differenze osservate derivano esclusivamente dalla variabilità campionaria di una serie estratta da una variabile casuale normale standard. All'estremo opposto, un approccio alternativo, utilizzato da vari studiosi, prevede il calcolo degli indici futuri utilizzando parametri del periodo di controllo [1]. Questo rappresenta lo scenario peggiore poiché, nel caso di variazioni significative (ad esempio, condizioni medie molto più secche), gli indici segnaleranno ininterrottamente condizioni di elevata criticità, trascurando le inevitabili misure di adattamento nei nuovi scenari climatici tese a mitigare gli impatti. Per affrontare questo problema, il presente lavoro propone un approccio dinamico in cui i cambiamenti futuri vengono valutati calcolando le normali climatiche tramite finestre temporali mobili (Figura 1). Questo approccio consente di comprendere come gli impatti cambiano in base alla rapidità di attuazione di misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

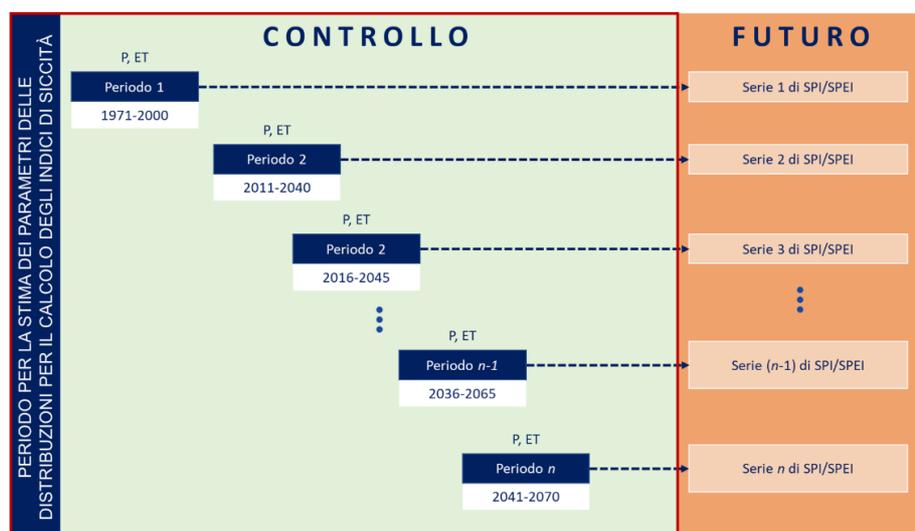


Figura 1. L'approccio dinamico per la valutazione dell'impatto futuro dei cambiamenti climatici sulle siccità sulla base di indici standardizzati (adattato da [2])

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

L'approccio proposto è stato quindi applicato alla Sicilia e alla Calabria, considerando vari scenari di emissione di gas clima-alteranti (scenari rappresentativi di concentrazione, RCP4.5 e RCP8.5) e diversi periodi futuri (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100). A tal fine sono stati selezionati 5 modelli distribuiti nell'ambito dell'iniziativa Euro-CORDEX [3], le cui simulazioni storiche hanno mostrato buone performance rispetto alle osservazioni nell'area di studio [4]. In particolare, è stata considerata una loro combinazione ottenuta attraverso una procedura di minimizzazione degli errori di riproduzione dei valori osservati delle statistiche del clima di controllo. I risultati suggeriscono che le regioni oggetto dell'analisi sono destinate a sperimentare un aumento degli eventi di siccità a causa dei cambiamenti climatici, mettendo al tempo stesso in evidenza la necessità di tener conto la non-stazionarietà del clima al fine di non sovrastimare gli impatti.

Bibliografia

- [1] Gaitán, E., Monjo, R., Pórtoles, J. and Pino-Otín, M. R., 2020. Impact of climate change on drought in Aragon (NE Spain). *Science of the total environment*, 740, 140094.
- [2] Peres, D. J., Bonaccorso, B., Palazzolo, N., Cancelliere, A., Mendicino, G. and Senatore, A., 2023. A dynamic approach for assessing climate change impacts on drought: an analysis in Southern Italy. *Hydrological Sciences Journal*, 68(9), pp. 1213–1228.
- [3] Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., Braun, A., Colette, A., Déqué, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Haensler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kröner, N., Kotlarski, S., Kriegsman, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussana, J.-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B., and Yiou, P., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research, *Reg. Environ. Chang.*, 14, 563–578.
- [4] Peres, D. J., Senatore, A., Nanni, P., Cancelliere, A., Mendicino, G., and Bonaccorso, B., 2020. Evaluation of EURO-CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment for the Euro-Mediterranean area) historical simulations by high-quality observational datasets in southern Italy: insights on drought assessment, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 20, pp. 3057–3082.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

STREAMFLOW CHANGES REVEAL INCREASING FUTURE DROUGHT RISK IN THE EUROPEAN ALPS

Rui Guo¹, Hung T. T. Nguyen^{2,3}, Stefano Galelli^{2,4}, Serena Ceola¹, and Alberto Montanari¹

¹ Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM), University of Bologna, Bologna, Italy. E-mail: rui.guo2@unibo.it

² Tree Ring Laboratory, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York, USA.

³ Department of Earth Science and Environmental Change, University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois, USA

⁴ School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY, USA

Abstract

The limited duration of instrumental streamflow records in the European Alps hampers our understanding of long-term streamflow variability, which could greatly impact freshwater resources management. To improve the accuracy of future scenarios for rare extreme events that recently impacted severely important water resource systems and communities at the global level, a better understanding of past climatological and hydrological information is essential. Tree-ring-based proxy data have proven to be a viable opportunity for reconstructing streamflow in different regions. Here, the station-based streamflow of six rivers originating from the European Alps are reconstructed dating back to the year 1100 by using a climate-informed framework. Additionally, we use paleo simulations and future projections from state-of-the-art CMIP6 and PMIP4 climate models to study past and future streamflow changes, including the characteristics of rare extreme events like multi-year droughts and floods. Integrating proxy-based reconstructions, climate model simulations and projections, and observations, our study offers a millennial perspective, spanning nine centuries into the past and one century into the future, on streamflow changes and rare extreme events in the European Alps. Our findings reveal that the observed worst annual streamflow deficit events are among the most severe in the past 900 years. In addition, climate models project a coherent decrease in streamflow for all the basins, which indicates an unprecedented drought condition in the future. Our framework offers a unique opportunity to assess the risk of extreme events for rivers in the European Alps, thus playing a crucial role in developing robust water management strategies for climate change adaptation.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SICCITÀ E MUTAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI RISORSA IDRICA NEL CUNEESE

Benedetta Rivella¹, Emanuele Mombrini¹, Alberto Viglione¹, Stefania Tamea¹

*¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), Politecnico di Torino, Torino.
E-mail: benedetta.rivella@polito.it*

Sommario

Ricerche idrologiche pregresse condotte nella provincia di Cuneo, localizzata nella porzione sud del Piemonte, hanno riscontrato evidenze di trend nell'andamento degli eventi di siccità meteorologica, contraddistinti da un incremento in termini di durata e intensità nel corso degli ultimi decenni. I periodi anormalmente secchi a causa delle scarse precipitazioni, e spesso accompagnati da periodi con elevate temperature e conseguente elevata evapotraspirazione, se persistenti per tempi sufficientemente lunghi portano a danni per il settore agricolo, la risorsa idrica superficiale e il settore socioeconomico. In questo studio si ricercano quindi i principali eventi siccitosi che hanno interessato la provincia di Cuneo tramite l'utilizzo di indici standardizzati relativi alle condizioni meteorologiche (lo Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, che fornisce indicazioni sullo scostamento dalle condizioni normali di precipitazione e temperatura), e idrologiche (lo Standardized Streamflow Index, che invece riguarda le portate), integrando un'analisi della letteratura sui principali eventi documentati. Tramite il confronto tra i due indici viene analizzato il fenomeno della propagazione della siccità da meteorologica a idrologica. In primo luogo, viene analizzato l'andamento da monte verso valle dello SPEI e dello SSI in corrispondenza della chiusura dei diversi bacini presenti nell'area di studio. In seguito, viene analizzata la correlazione tra indici SPEI a diverse scale temporali e SSI, in modo da caratterizzare i tempi di risposta dei bacini ai deficit meteorologici. La correlazione viene valutata tramite l'indice di Spearman, modificato per tenere conto dell'autocorrelazione delle serie degli indici. La scala temporale per cui la correlazione risulta maggiore viene quindi utilizzata come indicatore del tempo di risposta del bacino alla siccità meteorologica, specifica per ogni stazione di misura idrometrica. La distribuzione spaziale dei tempi di risposta viene ulteriormente analizzata indagando una possibile relazione significativa con diverse caratteristiche dei bacini quali l'altitudine della stazione di misura delle portate o l'area di drenaggio del corso d'acqua. Questa caratterizzazione dei principali eventi siccitosi e della propagazione dei deficit nei bacini di interesse viene effettuata, oltre che per conoscere le caratteristiche idrologiche dell'area di studio, anche per permettere una successiva fase di studio degli effetti delle condizioni di siccità sulla risorsa idropotabile. L'identificazione preliminare dei periodi di siccità permette infatti un confronto con i dati resi disponibili dall'azienda ATO4 Water, responsabile della gestione degli acquedotti sul territorio. In questo modo si cerca di ottenere una visione d'insieme sugli effetti non solo idrologici, ma anche socioeconomici dei periodi di siccità.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

UTILIZZO DI SISTEMI PREDITTIVI AI BASATI SU ALGORITMI LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM) PER LE PORTATE IN USCITA DA DEPURATORI CIVILI E INDUSTRIALI: IL CASO DEL COLLETTORE ARICA

Diego Perazzolo^{1,2}, Pietro Fanton¹, Gianluca Lazzaro¹, Mauro Tortorelli¹, Alvisè Fiume¹, Mirco Zanvettore³

¹ i4 Consulting Srl, Galleria Milano, 1, Padova. E-mail: info@i4consulting.it

² Dipartimento di Scienze Cardio-Toraco-Vascolari e Sanità Pubblica, Università di Padova, Padova.
E-mail: diego.perazzolo.1@phd.unipd.it

³ ARICA - Consorzio Aziende Riunite Collettore Acque, Via Ferraretta, 10, Arzignano (VI). E-mail: info@consorzioarica.it

Sommario

Arica è il consorzio che gestisce per conto della Regione Veneto, il collettore delle acque di cinque impianti di depurazione del Vicentino: Trissino, Arzignano, Montecchio, Montebello e Lonigo. Il collettore non riceve alcun ulteriore contributo e si estende per oltre 32 km fino a recapitare i reflui nel fiume Fratta-Gorzone, in comune di Cologna Veneta (VR).

Nel sistema è implementato un monitoraggio in tempo reale di diverse variabili al fine di ottimizzare la gestione del collettore stesso, garantire la qualità delle acque reflue e la tutela dell'ambiente. I dati in tempo reale permettono l'alimentazione in continuo di una catena modellistica sviluppata nell'ambiente software EPA-SWMM (Storm Water Management Model) tramite cui il gestore può avere visibilità sugli stati della rete. Le proiezioni sono tuttavia limitate al tempo di residenza nel collettore dei dati di input, pari a circa 6-8 ore.

Nel presente contributo, si intende illustrare i risultati di un recente sviluppo basato su algoritmi di intelligenza artificiale che ha permesso di integrare i dati misurati in tempo reale con proiezioni delle portate scaricate nel collettore Arica con una prospettiva futura pari a 72 ore.

Il modello AI scelto per la presente applicazione si basa su una tipologia di rete neurale ricorrente (RNN), chiamata LSTM (Long Short-Term Memory) [1], addestrata su un set di dati storici di portata e parametri ritenuti influenzanti le portate scaricate da depuratori a servizio di insediamenti civili e industriali (come, ad esempio previsioni di temperatura e pioggia), per ogni singolo depuratore. Questo ha permesso lo sviluppo di un modello predittivo di portata ad-hoc per ogni impianto di depurazione. La rete neurale ricorrente LSTM non solo è stata scelta per la sua capacità di apprendere le sequenze temporali e modellare le relazioni non lineari tra le variabili, ma anche per la sua capacità di gestire il "problema della scomparsa del gradiente" comune a modelli di rete neurale ricorrente [2].

Su ciascun depuratore recapitante i reflui nel collettore Arica è quindi stato implementato uno stesso modello predittivo, addestrato però in maniera specifica sul set di dati storici di ciascun depuratore. L'addestramento e la validazione di ciascun modello AI hanno evidenziato ottimi indici di performance, con un grado di errore percentuale medio pari a 2% e a 6% rispettivamente per il training e il validation dataset.

I modelli permettono quindi una affidabile proiezione delle forzanti in ingresso al collettore Arica che si spinge fino a 72 ore in avanti rispetto al tempo reale. Ciò, accoppiato con la catena modellistica in SWMM, permette al gestore del collettore Arica di prevedere eventuali criticità in tempo utile a mettere in pratica azioni di mitigazione.

Un esempio di output del sistema modellistico e previsionale implementato è riportato nella figura che segue. L'asse temporale è indicato nelle ascisse in UTC. L'asse delle ordinate a sinistra (Y1) rappresenta la portata in uscita dal depuratore e immessa nel collettore Arica in mc/h. L'asse delle ordinate a destra (Y2) riporta millimetri all'ora di pioggia. La linea a punti blu scuro rappresenta la misura di portata che termina in

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

corrispondenza del tempo reale. La linea a triangoli arancione mostra la previsione di portate nelle 72 ore successive la richiesta di predizione. La linea a triangoli azzurro chiaro rappresenta invece le proiezioni di portata previste alla simulazione precedente. Similmente il le barre blu scuro rappresentano le piogge misurate, quelle in arancione la previsione di piogge nelle 72 ore successive mentre quelle azzurro chiaro le piogge previste alla simulazione precedente.



Figura 1: Esempio di output del sistema modellistico e previsionale implementato.

Il presente contributo illustra quindi uno strumento di efficace predizione della portata delle acque reflue in uscita dai depuratori serviti dal collettore Arica, permettendo all'ente gestore un benefico vantaggio in termini temporali nell'anticipare potenziali situazioni critiche. Lo studio, oltre ai benefici gestionali, mette in luce la possibilità d'integrare sistemi di predizione basati sull'intelligenza artificiale in ambito di modellazione idrologica e idraulica.

Bibliografia

- [1] Hochreiter, Sepp, and Jürgen Schmidhuber. "Long short-term memory." *Neural computation* 9.8 (1997): 1735-1780.
- [2]. Hochreiter, Sepp. "The vanishing gradient problem during learning recurrent neural nets and problem solutions." *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 6.02 (1998): 107-116.

MODELLAZIONE IDROLOGICA DI UN ACQUIFERO VULCANICO FRATTURATO PER LO STUDIO DELLE INTERAZIONI TRA USI ANTROPICI DELLE RISORSE IDRICHE E SISTEMA NATURALE

Marco Silipigni ^{1,2}, Cristina Di Salvo ³, Elisabetta Preziosi ⁴, Iolanda Borzi ⁵ & Brunella Bonaccorso ²

¹ Scuola Universitaria Superiore IUSS, Palazzo del Broletto, Piazza della Vittoria, Pavia, Italia.

E-mail: marco.silipigni@iusspavia.it

² Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Messina, Contrada di Dio, Messina, Italia.

E-mail: brunella.bonaccorso@unime.it

³ Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Area della Ricerca Roma 1, Monterotondo (Roma), Italia. E-mail: cristina.disalvo@igag.cnr.it

⁴ Istituto di Ricerca Sulle Acque, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Area della Ricerca Roma 1, Monterotondo (Roma), Italia. E-mail: elisabetta.preziosi@cnr.it

⁵ Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra (MIFT), Viale Ferdinando Stagno d'Alcontres 31, Messina, Italia. E-mail: iolanda.borzi@unime.it

Sommario

Nell'estate 2020 e 2021, il fiume Alcantara, che si trova nella Sicilia nordorientale (Fig. 1), è rimasto in secca nel suo tratto medio-vallivo, tipicamente caratterizzato da regime perenne, con gravi impatti sull'ambiente acquatico. Queste situazioni anomale, segnalate con preoccupazione dai responsabili dell'omonimo Parco Fluviale attraversato dal corso d'acqua, hanno evidenziato la necessità di comprendere meglio l'interazione tra le captazioni in atto e la ricarica naturale della falda acquifera al fine di valutare se le prime siano compatibili con il mantenimento dell'equilibrio degli ecosistemi acquatici a valle anche durante gli anni secchi o, piuttosto, se i deficit idrici osservati siano riconducibili anche ad altri meccanismi quali: captazioni illegali, prelievi idrici non contabilizzati o modificazioni idrogeologiche dovute all'attività vulcanica.

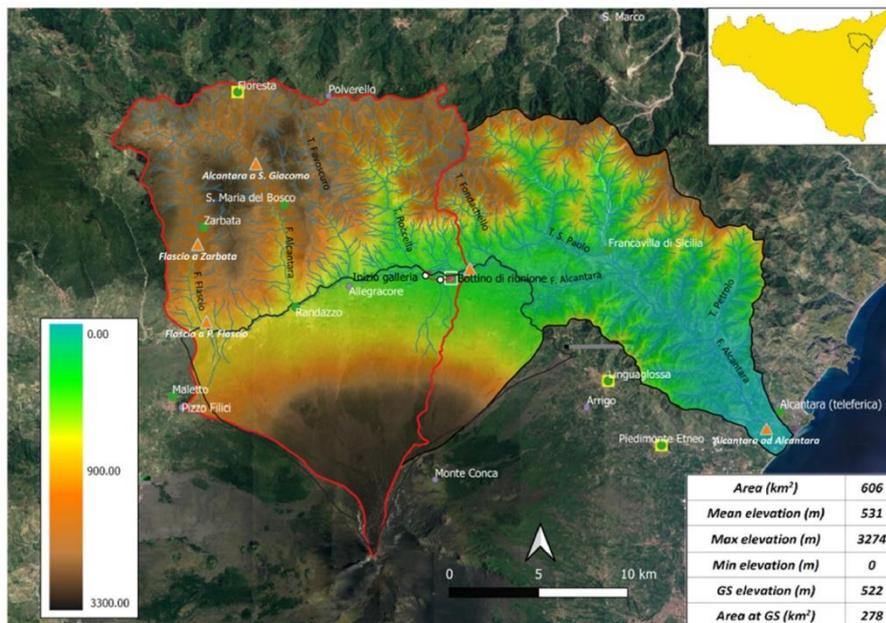


Figura 1. Inquadramento territoriale del fiume Alcantara, altimetria del bacino (in m.s.l.m.), reticolo idrografico, Acquifero Nord (in nero) e bacino sotteso dalla sezione idrometrica a Moio Alcantara (in rosso), posizione della galleria drenante e della stazione idrometrica di Moio Alcantara^[1].

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Il bacino del fiume Alcantara copre un'area di 606 km² e include il versante settentrionale dell'Etna, il vulcano attivo più alto d'Europa, la cui cima raggiunge i 3357 m s.l.m. Il fiume si estende per 55 km, nascendo nei Monti Nebrodi a 1400 m s.l.m. e sfociando nel Mar Ionio a circa 5,5 km a sud di Taormina (Messina).

Nell'area in cui la falda acquifera alimenta il fiume, sono presenti pozzi sia per uso irriguo che idropotabile con una portata media complessiva pari a 0,233 m³/s, e una galleria drenante che raccoglie la portata di tre sorgenti e alimenta l'acquedotto Alcantara. La portata media misurata nella galleria drenante tra gennaio 2009 e dicembre 2022 è di circa 0,483 m³/s.

L'acquifero è stato modellato con MODFLOW 6^[2], un software USGS che implementa un modello numerico alle differenze finite. È stato considerato un periodo di quattordici anni (2009 - 2022), per il quale il gestore dell'acquedotto ha reso disponibili misure di prelievi con campionamento mensile.

Il modello è stato calibrato confrontando valori simulati e osservati mediante un'analisi multi-parametrica.

Sono stati considerati due scenari: il primo prevede la modellazione dello stato di fatto del sistema, ovvero in presenza delle opere di captazione, mentre il secondo ipotizza l'assenza dei prelievi noti. Il confronto dei risultati delle simulazioni nei due diversi scenari, in termini di variazione delle portate delle risorgive naturali del fiume, permette di valutare l'impatto delle opere di captazione dell'acquedotto Alcantara. La validazione del modello è stata condotta confrontando l'andamento temporale osservato e simulato con MODFLOW delle captazioni in galleria.

I risultati delle simulazioni mostrano che le captazioni da galleria drenante determinano mediamente una diminuzione della portata delle sorgenti del 15%. Questo valore segue una variabilità stagionale, mostrando valori più alti durante i mesi primaverili e valori più bassi durante quelli invernali. La riduzione delle portate non appare tuttavia significativa al punto tale da determinare l'assenza di portata nel tratto medio-vallivo del fiume durante l'estate 2020 e 2021. Ciò suggerisce che, per una gestione sostenibile delle risorse idriche e per la protezione dell'ambiente naturale, occorrerebbe un monitoraggio sistematico delle acque sotterranee e superficiali. Tale monitoraggio consentirebbe di comprendere meglio gli scambi tra acquifero e corso d'acqua, identificare eventuali fattori di alterazione del regime idrologico e poter definire strategie di contenimento dei prelievi delle acque sotterranee.

Bibliografia

[1] Aronica, G.T. & Bonaccorso, B., 2021. Relazione Intermedia: Attività di ricerca e studio per lo sviluppo di un modello idrologico-idraulico del bacino idrogeologico di alimentazione del sistema acquedottistico Alcantara, Università degli Studi di Messina, Dipartimento di Ingegneria, Messina, Italy.

[2] Langevin, C.D., Hughes, J.D., Banta, E.R., Niswonger, R.G., Panday, Sorab, and Provost, A.M., 2017. Documentation for the MODFLOW 6 Groundwater Flow Model: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A55, 197 p.

UN CASO STUDIO PER LA STIMA DEL CONTRIBUTO NIVALE IN AMBIENTE ALPINO

Matteo Brandalise¹, Veronica Zoratti¹, Alberto Beinat¹, Elisa Arnone¹

¹ Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, Udine.
E-mail: brandalisematteo@gmail.com

Sommario

In questo lavoro viene descritta una metodologia di elaborazione ed utilizzo di dati di rilievo del sensore multispettrale MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*; [1]) per la stima della copertura nevosa e il corrispondente confronto con le previsioni di distribuzione nivale simulate da un modello idrologico semi-distribuito. Le tecniche di rilievo da satellite costituiscono una recente e interessante alternativa alle misure convenzionali a terra di misura della neve, caratterizzate da rilievi puntuali. In virtù dell'elevata risoluzione temporale, particolare interesse rivestono le mappe ottenute dai dati satellitari MODIS mediante il calcolo di un indice correlato alla copertura nevosa (*Snow Cover Area*, SCA). Essa rappresenta una scorta d'acqua importante soprattutto per i corsi d'acqua montani.

Il bacino analizzato è quello del fiume Fella (710 km²), nelle Alpi Giulie della regione Friuli Venezia Giulia ed interessato dalla recente diminuzione delle precipitazioni nevose [2]. I dati MODIS sono stati confrontati con le stime della componente nivale in termini di *Snow Water Equivalent* (SWE) ottenute da un modello idrologico semidistribuito, il GEOframe-NewAge [3]. In particolare, il modello implementa diversi metodi di calcolo di SWE, funzione di una temperatura di soglia di scioglimento. Sono stati adottati dati di portata alla sezione di Moggio Udinese per calibrare la componente di runoff del modello, per poi ottenere delle stime di distribuzione di SWE alla scala delle *Hydrological Response Units* (HRUs). L'applicazione di una soglia ξ_{SWE} consente di ottenere mappe binarie 0/1 di assenza/presenza neve.

L'informazione di copertura nevosa dei dati MODIS è basata sul calcolo dell'indice NDSI (*Normalized Difference Snow Index*), derivato dai valori di riflettanza calibrata nelle bande MODIS 4 (verde) e 6 (medio infrarosso). Le mappe prodotte rappresentano valori in una scala tra 0 e 100 e quantificano la probabilità di presenza di neve al suolo (SC-NDSI). Anche in questo caso, applicando una soglia $\xi_{SC-NDSI}$ ai valori è possibile ottenere una variabile binaria SCA 0/1 di copertura nevosa.

La procedura di confronto del dato osservato con il dato simulato si basa sulla comparazione delle serie di mappe binarie (neve/non neve) derivabili rispettivamente dal modello e dal MODIS. Le due serie temporali di dati differiscono per i) grandezza che rappresentano (i primi SWE, i secondi SC-NDSI) e ii) struttura spaziale (i primi vettoriale, i secondi raster); ai fini del confronto è dunque necessario pre-trattarli. Il flusso di elaborazione dei dati MODIS è descritto in Figura 1; esso è stato sviluppato interamente con il software di calcolo Matlab®.

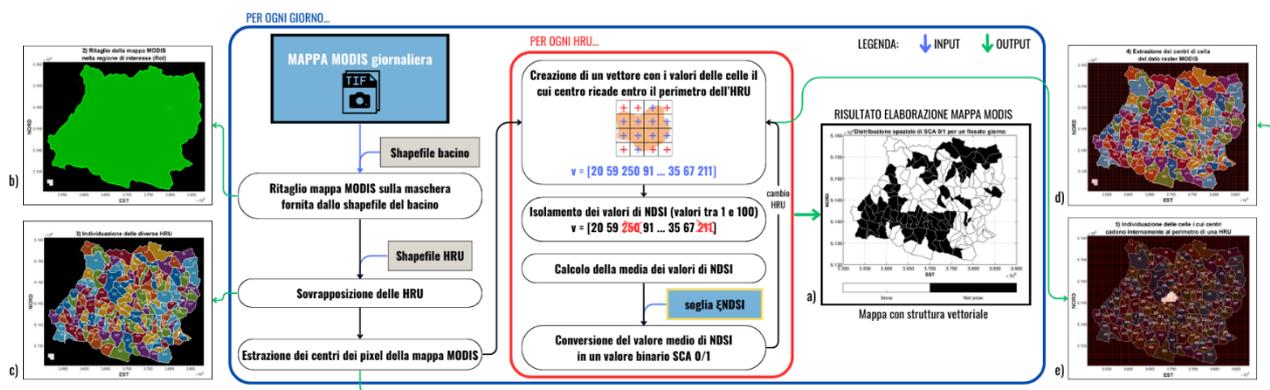


Figura 1. Flusso di elaborazione del dato MODIS: a) esempio del risultato finale mappa di SCA 0/1 giornaliera, b) shapefile del bacino di studio, c) suddivisione del bacino di studio in HRU, d) individuazione dei centri cella della mappa MODIS, e) individuazione dei pixel interni ad una generica HRU.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

I risultati hanno mostrato che il modello GEOframe, calibrato sui dati di portata, è in grado di stimare correttamente i valori del quantitativo nivale, senza sovrastimarne eccessivamente. Esso può dunque rappresentare un valido strumento per la valutazione dei bilanci idrologici a lungo termine, anche, per esempio, in scenari di cambiamento.

Bibliografia

[1] Hall, D. K. & Riggs, G. A., 2021. MODIS/Aqua Snow Cover Daily L3 Global 500m SIN Grid, Version 61. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center.

[2] ARPA FVG, 2023. METEO.FVG REPORT n. 13/2022 - Riepilogo anno 2022.

[3] Formetta, G., Kampf, S. K., David, O., & Rigon, R., 2014. Snow Water Equivalent modeling components in NewAge-JGrass. Geoscientific Model Development, 7(3), 725-736.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

EXPLORING IMPACT AMPLIFICATION IN WATER- ECOSYSTEM-FOOD NEXUS ENVIRONMENTS USING STOCHASTIC SYSTEM DYNAMICS MODELLING

Virginia Rosa Coletta^{1,2}, Alessandro Pagano¹, Raffaele Giordano¹, Umberto Fratino², Alberto Montanari³

1 Water Research Institute - National Research Council, Bari.

E-mail: virginiarosa.coletta@ba.cnr.irsa.it; alessandro.pagano@ba.cnr.irsa.it; raffaele.giordano@cnr.it

2 Department of Civil, Environmental, Land, Construction and Chemistry, Polytechnic University of Bari, Bari.

E-mail: virginiarosa.coletta@poliba.it; umberto.fratino@poliba.it

3 Department of Civil, Chemical, Environmental, and Materials Engineering of Alma Mater Studiorum University of Bologna, Bologna. E-mail: alberto.montanari@unibo.it

Abstract

Managing complex socio-ecological systems, particularly within the Nexus of Water-Ecosystem-Food (WEF), demands holistic approaches that transcend traditional disciplinary boundaries. Recent research has witnessed a proliferation of integrated methodologies to address the complex dynamics of interconnected resources [1]. However, some of these approaches, like Integrated Water Resources Management (IWRM), despite their relevance may often fail to capture the full spectrum of interdependencies in such systems. Critiques of existing integrated approaches highlight their tendency to prioritize water-centric perspectives, sidelining the broader complexities of interconnections across sectors like food and ecosystem [2]. The emergence of holistic frameworks, such as the Nexus management approach, seeks to overcome this limitation by emphasizing the mutual interdependencies among different sectors.

Despite the growing popularity of Nexus thinking, translating it into actionable policies and plans (Nexus doing) remains a challenge. One significant barrier to Nexus implementation is the fragmented institutional structures and governance across sectors, hindering effective coordination and collaboration [3]. Additionally, disciplinary silos limit our understanding of interconnections and trade-offs within the Nexus [4]. Addressing these challenges requires a paradigm shift towards methodologies capable of comprehensively modelling the dynamic interactions and uncertainties in Nexus systems.

Understanding the amplification of impacts in complex WEF systems stands as a paramount challenge. The co-occurrence and randomness of various factors and processes, intertwine to amplify impacts within Nexus systems affecting their management. These amplifications arise from a complex interplay of climate extremes (like floods and droughts) and socio-economic, institutional, and environmental dynamics. For this reason, understanding these drivers behind impact amplifications in socio-ecological systems poses a scientific challenge related to their effective management.

Based on that, this work proposes a novel modelling approach, integrating insights from both Nexus management and impact amplification analysis. This approach adopts System Dynamics (SD) modelling combined with Graph Theory metrics and stochastic methods to offer a comprehensive means of mapping feedback structures, pinpointing critical drivers and mechanisms, and handling uncertainty within WEF Nexus systems. SD modelling supports the mapping of the system's feedback structure and has the potential to describe and analyse its complexity [5]. As SD models can be represented as a directed graph of variables and their connections, Centrality Measures based on Graph Theory can help quickly and objectively pinpoint potential leverage points of the system where small changes (or actions) can yield significant impacts [6]. In addition, to handle uncertainty arising from the incomplete understanding of processes that contribute to impact amplification (especially the counterintuitive ones), stochastic methods are introduced. Furthermore, active engagement of local stakeholders throughout the modeling process supports the impact amplification analysis and enhances the robustness of policy recommendations [7]. This participatory approach not only bridges data gaps but also fosters a deeper understanding of critical system components, feedback loops, and vulnerabilities.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

The proposed modelling framework is being applied to several case studies in Europe and beyond, characterized by different WEF Nexus challenges and different socio-institutional and technical contexts, within the projects REXUS (Horizon 2020, GA n. 101003632) and LENSES (Prima Foundation GA n. 2041).

References

- [1] Dargin, J., Daher, B., Mohtar, R.H., 2019. Complexity versus simplicity in water energy food nexus (WEF) assessment tools. *Science of the Total Environment*, 650, 1566-1575.
- [2] Di Baldassarre, G., Sivapalan, M., Rusca, M., Cudennec, C., Garcia, M., Kreibich, H., et al., 2019. Sociohydrology: Scientific challenges in addressing the sustainable development goals. *Water Resources Research*, 55, 6327–6355.
- [3] Ravar, Z., Zahraie, B., Sharifinejad, A., Gozini, H., & Jafari, S., 2020. System dynamics modeling for assessment of water–food–energy resources security and nexus in Gavkhuni basin in Iran. *Ecological Indicators*, 108, 105682.
- [4] Blöschl, G. et al. 2019. Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH) – a community perspective. *Hydrological Sciences Journal*, 64:10, 1141-1158.
- [5] Coletta, V. R., Pagano, A., Pluchinotta, I., Fratino, U., Scricciu, A., Nanu, F., & Giordano, R., 2021. Causal Loop Diagrams for supporting Nature Based Solutions participatory design and performance assessment. *Journal of Environmental Management*, 280, 111668.
- [6] Meadows, D., 1997. Leverage points: Places to intervene in a system. *Whole Earth*, 91(1), 78–84.
- [7] Purwanto, A., Sušnik, J., Suryadi, F. X., & de Fraiture, C., 2019. Using group model building to develop a causal loop mapping of the water-energy-food security nexus in Karawang Regency, Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 240.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

REXUS - A NEW INNOVATIVE APPROACH FOR WATER MANAGEMENT, COPING WITH THE CLIMATIC CHALLENGES AND CONSIDERING THE WELF NEXUS: POSSIBLE APPLICATION IN THE ISONZO – SOČA RIVER BASIN

Michele Ferri¹, Francesca Lombardo¹, Daniele Norbiato¹, Martina Monego¹, Francesco Zaffanella¹

¹ *Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali. E-mail: michele.ferri@distrettoalpiorientali.it*

Abstract

Overcoming the traditional fragmentation existing across the Water-Energy-Land-Food (WELF) sectors is demonstrating to be essential to implement effective flood risk and water management policies addressing the challenges of climate changes. However, assessing the WELF Nexus is particular complex in transboundary river basins, because of heterogeneity in environmental data, scientific methodologies, territorial plans and sectorial policies.

Emblematic case is Isonzo, the largest transboundary river in the Oriental Alps River District, having the upper part of the Catchment in Slovenia and the final path of the main course in Italy. Even if most of basin surface falls in Slovenia, the majority of the population live on the highly urbanized Italian side. There, economic development is strongly connected with the river because both the presence flood risk according the Flood Risk Management Plan^[1], both because its flow is essential for irrigation, ecosystem preservation and tourism. Nevertheless, Isonzo flows in Italy regulated by the hydropower plants located beyond the border, altering the natural hydrological regimen. Daily hydropeaking is observed close to the border due to the Solkan dam, causing, with its irregular releases, environmental issues over the river downstream^[2]. Flood risk and WELF Nexus in the Italian side is thus critically dependant on the management of Slovenian dams.

In this context, the Basin Authority of the Eastern Alps River District (AAWA) is participating to the European project REXUS (<https://www.rexusproject.eu/>, founded by the EU Horizon2020 programme under G.A. n.101003632.) presenting Isonzo as case study. The aim is to obtain new methodologies and approaches that can help understanding the WELF Nexus in the context of AAWA's plans^[1] ^[3] and to foster the cooperation between different stakeholders.

To achieve this goal, REXUS approach moves in two directions (figure 1). The first focuses on developing scientific tools to better understand the Nexus and quantify current and future trends of a set of physical, environmental and economic variables. The scientific components include^[4]:

- water accounting and footprints in existing and future scenarios, with remote sensing soil water balance;
- carbon accounting, energy sources and requirement estimation in the present and future, through Environmental Life Cycle Assessment approaches;
- land-use mapping based on EO, in-situ data, regional and global databases, combined with a risk-based approach for evaluate the impacts of climate changes, land and water management;
- climate projection for the 21st Century based on an ensemble of regional climate models;
- socio-economic and environmental assessment of ecosystem services related to WELF Nexus;
- decision support framework for incorporating nature-based solutions into a WELF management strategy;
- qualitative and quantitative Participatory System Dynamic Model (PSDM) combining the collective stakeholders' climate changes' with results from the numeric models^[5].

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

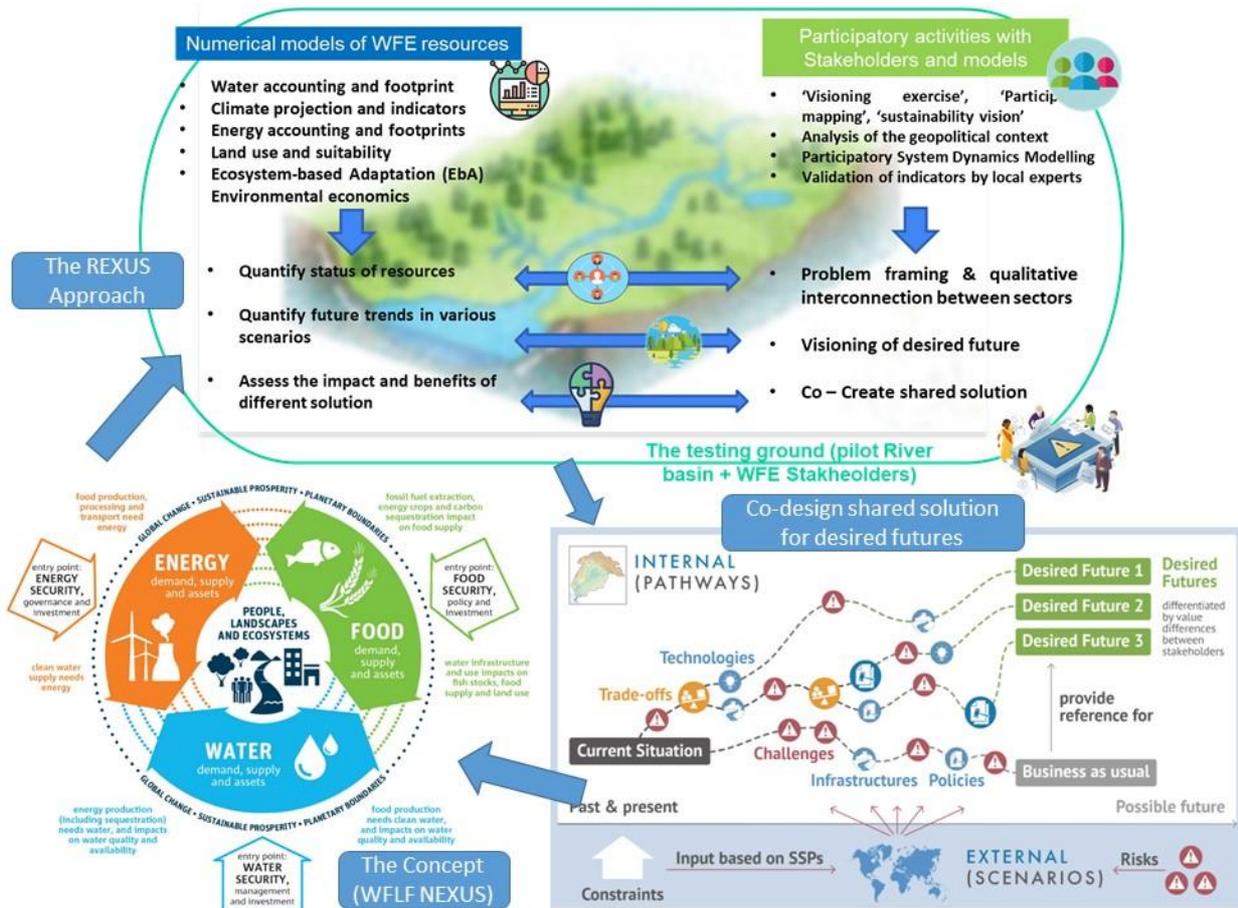


Figure 5: REXUS Approach

In parallel, REXUS works on the communication and the cooperation between the stakeholders, developing innovative participatory processes and testing them in occasion of workshops on the territory, aiming to: validate the scientific results; qualitatively mapping WELF resources and connections (part of the PSDM); overcome existing conflicts and foster collaboration between stakeholders; develop a shared vision for the future management of the Nexus at basin scale.

References

- [1] Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali, 2022. Piano di gestione del Rischio da Alluvioni (primo aggiornamento, secondo ciclo), DPCM 1° dicembre 2022 - G.U. n. 31 del 07 febbraio 2023
- [2] Mei, C., 2015. The Water, Energy and Land linkages .on the Isonzo-Soča river basin, University of Turin
- [3] Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali, 2022. Piano di gestione delle Acque (secondo aggiornamento, terzo ciclo), DPCM 7 giugno 2023 - G.U. n. 214 del 13 settembre 2023
- [4] REXUS, Managing REsiliEnt Nexus Systems through Participatory Systems Dynamics Modelling, 6 May 2021, Grant Agreement Number 101003632, LC-CLA-14-2020
- [5] Coletta. V.R., Imbò, A., Pagano, A., Lombardo, F., Zaffanella, F., Ferri, M., Fratino, U., Giordano, R., A participatory approach for water-energy-food nexus analysis and management: The Isonzo-Soča river basin, 2023. Proceedings of 12th World Congress on Water Resources and Environment (EWRA 2023) "Managing Water-Energy-Land-Food under Climatic, Environmental and Social Instability" Thessaloniki, Greece, 27 June - 1 July 2023, pp. 229-230.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

MODELLING GROUNDWATER DYNAMICS FOR SUSTAINABLE AQUIFER MANAGEMENT: A COMPARATIVE STUDY OF PHYSICS-BASED AND MACHINE LEARNING APPROACHES IN THE EMILIA-ROMAGNA REGION (ITALY)

Ilaria Delfini¹, Daniel Zamrsky², Alberto Montanari³

¹ Department of Civil, Chemical, Environmental, and Materials Engineering (DICAM), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Italy. E-mail: ilaria.delfini2@unibo.it

² Department of Physical Geography, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands. E-mail: d.zamrsky@uu.nl

³ Department of Civil, Chemical, Environmental, and Materials Engineering (DICAM), Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Italy. E-mail: alberto.montanari@unibo.it

Abstract

The sustainable use of groundwater poses a recognized global challenge for sustainable development. In the coming years, aquifer depletion and groundwater overexploitation may make it harder and harder for communities to address the growing demand and the reduced availability of water resources.

The Emilia-Romagna region in Italy is an excellent case of a highly monitored aquifer system playing an essential role for water supply for civil, agricultural, and industrial use. An extended agricultural plain is located in this area, and large amounts of detailed information on aquifer characteristics, water withdrawals, and water table levels is available. The subsurface consists of multiple aquifers at different depths in fluvial sediment deposits of several hundred meters thickness in total, underlain by marine sediment deposits.

In this study, we implement both a numerical groundwater flow model and a random forest algorithm to compare the performance of a physics-based and a machine learning method in reproducing historical groundwater head values in a portion of the Emilia-Romagna region. In both cases, calibration is carried out by means of a wide dataset of piezometric levels observations over a 17-years time span. In the study area, about 130 observation wells are present that are part of the regional monitoring network, each providing two measures per year.

The numerical groundwater flow model is developed in MODFLOW 6. It is based on a previous application of MODFLOW to the whole Emilia-Romagna area by the Regional Agency for Environmental Protection (ARPAE), and extends over a wide area east of the Secchia River. After the calibration phase, the final model setup implemented in this study provides good model performance, with a value of R^2 coefficient equal to 0.89. In the calibration plot in Figure 1, the plane has been divided into regular hexagons, and each hexagon fill has been assigned according to the number of points it contains. The straight red line represents the equality of observed and simulated data, which outlines perfect model performances.

The random forest algorithm is implemented banking on input data and groundwater head observations in the same study area. It mainly considers hydrogeological, climatic, and topographic variables, as well as information about groundwater extraction in the study area.

The results of this study show that in this specific case the random forest algorithm provides more accurate performance in reproducing groundwater head observations. Even though the machine learning approach may lack physical interpretability, it can contribute to the identification of the most significant factors affecting groundwater systems, and therefore it can provide valuable insights of the effects of natural and artificial stress on groundwater levels in the Emilia-Romagna region. These, in turn, would provide guidelines for sustainable aquifer management to improve the resilience of regional aquifers.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

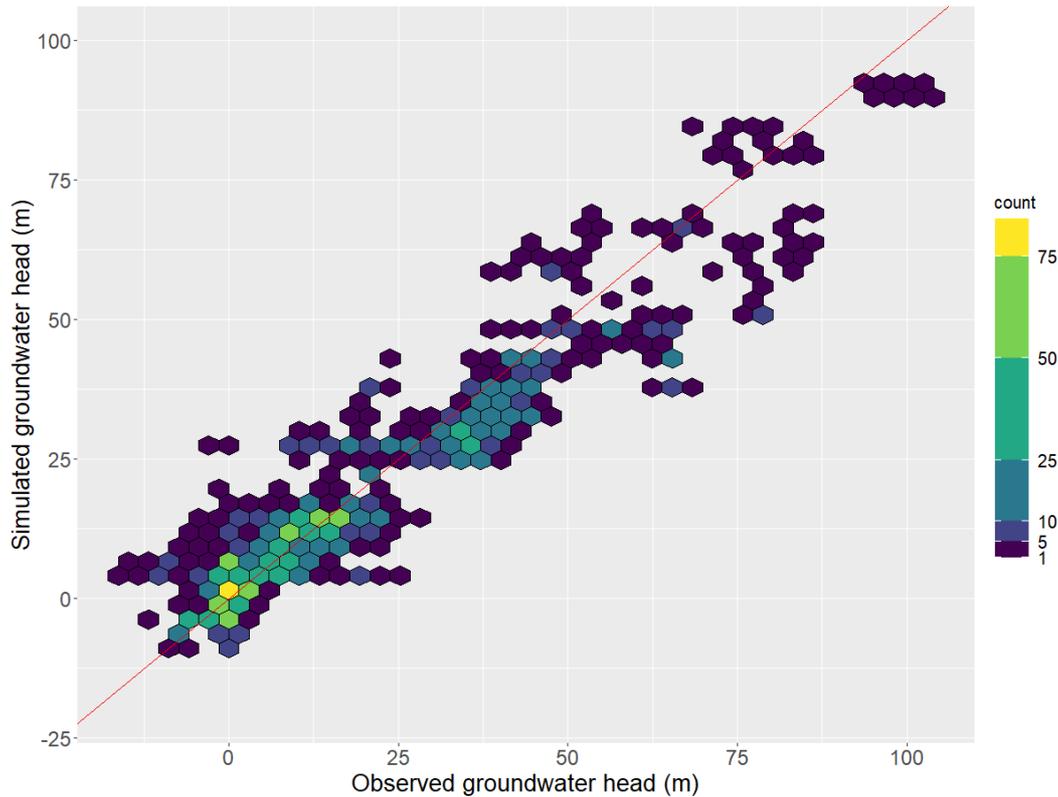


Figure 1. Calibration plot

References

Antolini, G., Auteri, L., Pavan, V., Tomei, F., Tomozeiu, R., & Marletto, V. (2016). A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961–2010. *International Journal of Climatology*, 36(4), 1970-1986.

Arpae Emilia Romagna (2007). Modello di flusso e trasporto di nitrati nelle acque sotterranee della regione Emilia-Romagna. Technical Report, 75 pp., available at <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/acque/approfondimenti/documenti/elaborazione-ed-analisi-dati-raccolti-sulle-acque-superficiali-e-sotterranee-a-livello-locale-per-lo-sviluppo-dei-piani-di-tutela-delle-acque>, last accessed on Jan 18, 2024.

Pistocchi, A., Bouraoui, F., & Bittelli, M. (2008). A simplified parameterization of the monthly topsoil water budget. *Water Resources Research*, 44(12).

Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998. Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, a cura di G.Di Dio, Firenze, 120pp.

https://dati.arpa.e.it/dataset/?sort=score+desc%2C+metadata_modified+desc&q=

<https://dati.arpa.e.it/dataset/erg5-eracito>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

VALUTAZIONE RETROSPETTIVA PER LA STIMA DELL'ACCURATEZZA DEI VOLUMI PREVISTI NEI SERBATOI SICILIANI TRAMITE UN MODELLO ACCOPPIATO DI MACHINE LEARNING E PREVISIONI STAGIONALI

Antonio Francipane¹, Francesco Castaldo¹, Leonardo V. Noto¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università di Palermo, Palermo. E-mail: antonio.francipane@unipa.it

Sommario

La gestione delle risorse idriche nelle aree mediterranee è ancora oggi una sfida critica [1], in cui a una domanda d'acqua in costante crescita [2] si accompagnano eventi siccitosi sempre più frequenti e prolungati nel tempo. In questo contesto, la capacità di prevedere con largo anticipo la risorsa potenzialmente invasata in un serbatoio, potrebbe fare la differenza tra una gestione pianificata con congruo anticipo e una gestione emergenziale.

A tal riguardo, già nel 2018, a seguito di un forte evento siccitoso che colpì la Sicilia a cavallo tra la fine del 2017 e l'inizio del 2018, il gruppo di ricerca HYCLIC dell'Università di Palermo, aveva messo a punto una metodologia che combinava una rete neurale di tipo auto-regressivo e con input esogeni (*Nonlinear AutoRegressive network with exogenous input*, NARX) con i dati di previsione stagionale delle temperature e delle precipitazioni alla scala mensile (*Seasonal Forecast*, SF) prodotte dallo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasting* (ECMWF), con l'obiettivo di prevedere, nel breve-medio periodo, i volumi d'acqua immagazzinati nei quattro invasi artificiali a servizio della città di Palermo [3].

A partire dal modello messo a punto e calibrato sui quattro invasi, lo studio qui presentato si propone di investigare quale sarebbe stato l'errore commesso nelle previsioni dei volumi invasati, per i diversi orizzonti temporali (*lead time*) previsti dalle SF (da 1 a 6 mesi) e per i serbatoi considerati. A tal fine, per tutti gli invasi artificiali oggetto di studio, è stata condotta un'analisi a ritroso sul periodo storico di cui si dispone di dati contemporanei di temperatura, precipitazione e volumi invasati (alla scala mensile) forniti dall'Autorità di Bacino della Regione Sicilia con l'obiettivo di verificare (i) la bontà predittiva delle SF, in termini di temperatura e precipitazione, sia prima che dopo la correzione del *bias* in esse presenti, e (ii) la bontà predittiva, in termini di volumi invasati, del modello basato su NARX.

Generalizzando i risultati ottenuti, è emerso che le prestazioni del sistema di modellazione dipendono, oltre che dalla bontà delle previsioni climatiche, che a loro volta dipendono dal mese di rilascio della previsione e dal *lead time* considerati, anche dall'invaso considerato. Ciononostante, dall'analisi dei risultati è emerso che le previsioni dei volumi avrebbero potuto dare importanti indicazioni ai gestori nell'individuare in anticipo potenziali situazioni emergenziali nel periodo investigato e, di conseguenza, fornire importanti indicazioni su come eventualmente gestire la risorsa invasata in condizioni critiche.

Bibliografia

[1] Zribi, M., Brocca, L., Molle, F., Trambly, Y., (2020). Introduction, In: Zribi, M., Brocca, L., Trambly, Y., Molle, F. (Eds.), *Water Resources in the Mediterranean Region*. Elsevier, pp. xv-xix.

[2] Sanchez, G.M., Terando, A., Smith, J.W., Garcia, A.M., Wagner, C.R., Meentemeyer, R.K., (2020). Forecasting water demand across a rapidly urbanizing region. *Science of the Total Environment* 730.

[3] Antonio Francipane, Elisa Arnone & Leonardo V. Noto (2023): Combining a data-driven approach with seasonal forecast data to predict reservoir water volume in the Mediterranean area, *Hydrological Sciences Journal*, DOI: 10.1080/02626667.2023.2189521

VARIAZIONI DELLA STAGIONALITÀ DELLE PRECIPITAZIONI IN SICILIA ED EFFETTI SUI DEFLUSSI NATURALI SUPERFICIALI: IL CASO STUDIO DEL BACINO DEL BELICE

Matteo Ippolito¹, Caterina Alonzo¹, Dario Pumo¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo. E-mail: matteo.ippolito@unipa.it

Sommario

La variazione del regime delle precipitazioni è uno tra i più evidenti impatti del cambiamento climatico. Tale effetto è particolarmente evidente nelle aree del bacino del Mediterraneo [1, 2], dove si riscontra una riduzione della pioggia annua ed eventi pluviometrici mediamente più intensi e meno frequenti. Una precedente analisi di trend pluviometrici in Sicilia [3] ha evidenziato trend negativi della pioggia totale durante la stagione umida (autunno-inverno), specialmente in prossimità della costa settentrionale della regione. La riduzione dell'apporto di precipitazione nella stagione umida in una regione caratterizzata da una marcata stagionalità climatica, come la Sicilia, può avere ricadute gravi sulla successiva stagione secca, ad esempio diminuendo le riserve idriche degli invasi destinati all'approvvigionamento idro-potabile ed irriguo dell'isola. Il territorio Siciliano inoltre è caratterizzato dalla presenza di bacini idrografici di piccole dimensioni, con corsi d'acqua a carattere tipicamente torrentizio ed effimero; pertanto l'alterazione del regime delle precipitazioni in questi bacini implica significative variazioni anche nel regime idrometrico e dei deflussi, alterando gli equilibri ecoidrologici esistenti [4].

Il presente lavoro propone un'analisi di trend condotta sull'ultimo secolo finalizzata ad esplorare le possibili alterazioni nella stagionalità delle precipitazioni e, conseguentemente, dei deflussi superficiali naturali prodotti a livello stagionale e annuale e a scala di bacino in Sicilia, attraverso l'analisi di un caso studio, ovvero il bacino del Belice a Ponte Belice, che con un'area di 807 km², rappresenta uno dei principali bacini della Sicilia per estensione. L'analisi è stata condotta utilizzando dati giornalieri di precipitazione e temperatura media dell'aria acquisiti dall'archivio storico regionale dalla rete termo-pluviometrica dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (AdB) nel periodo 1926-2021. Il caso studio selezionato è caratterizzato dalla presenza di 4 stazioni termo-pluviometriche con almeno 60 anni di misure disponibili, ovvero: Castelvetro (ID 1190), Partanna (ID 1180), Roccamena (ID 1300) e Corleone (ID 1270). Per il periodo 1955-1980, precedente alla costruzione della diga Garcia che insiste sul bacino, sono anche disponibili dati di portata misurati presso la stazione idrometrica di "Belice a Ponte Belice", coincidente con la sezione di chiusura del bacino, che possono essere considerati come rappresentativi di deflussi naturali (ovvero non influenzati da pressioni di tipo antropiche e regimazione dei deflussi). I limiti del bacino idrografico e le posizioni delle stazioni termo-pluviometriche e idrometrica utilizzate in questo studio, sono mostrate in Figura 1.

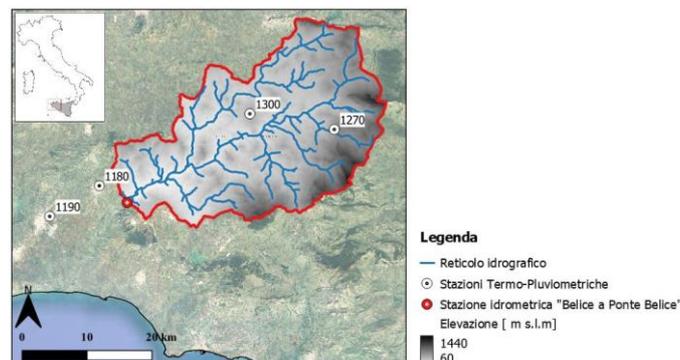


Figura 1 - Bacino idrografico Belice a Ponte Belice, e localizzazione delle stazioni termo-pluviometriche e idrometrica considerate.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

I dati di precipitazione e temperatura sono stati ragguagliati al bacino ottenendo una serie continua termopluviometrica di dati medi areali giornalieri per l'intero periodo di riferimento. Al fine di individuare le caratteristiche di stagionalità è stato utilizzato l'approccio dinamico suggerito da [5], considerando l'anno idrologico suddiviso in due stagioni (umida e secca), la cui durata e posizione all'interno dell'anno idrologico dipende dalla distribuzione annuale delle piogge giornaliere. Per ricavare la serie di deflussi naturali giornalieri per l'intero periodo di riferimento è stato utilizzato il modello afflussi-deflussi IHACRES (*Identification of Hydrographs And Components from Rainfall Evaporation and Streamflow*) descritto in [6]. Tale modello è infatti in grado di ricostruire serie continue di deflussi generati in risposta alle forzanti climatiche, fornite in input al modello in termini di serie continue giornaliere di pioggia e temperatura. La calibrazione e validazione del modello IHACRES è stata effettuata considerando due finestre temporali (1955-1965 e 1968-1980, rispettivamente) per la quali sono disponibili valori di portata registrati alla stazione Belice a Ponte Belice, mostrando performance soddisfacenti sia in calibrazione che in validazione (con NSE dell'ordine di 0.60). Il modello è stato poi forzato con le serie di pioggia e temperatura per l'intero periodo di riferimento, ricostruendo la corrispondente serie giornaliera dei deflussi.

Al fine di rimuovere eventuali effetti dovuti a variazioni interannuali, l'analisi dei trend è stata effettuata per l'intero periodo con riferimento a 30 sottoperiodi generati mediante una finestra temporale mobile di lunghezza 10 anni e lag di 2 anni, considerando quindi una sovrapposizione massima di 7 anni fra sottoperiodi diversi. Per ogni sottoperiodo, sono stati quindi ricavati i valori medi di: durata e giorno di inizio della stagione umida e secca, pioggia totale stagionale, temperatura media e deflusso totale stagionale. Ogni sottoperiodo è stato anche caratterizzato dalla pioggia media annua e da alcuni valori caratteristici della curva delle durate (Q_{91} , Q_{185} e Q_{274}). L'analisi di trend è stata condotta su tutte le variabili sopraelencate mediante il test non parametrico Mann-Kendall [7], applicato con livello di significatività $\alpha=0.05$, per rilevare o meno la presenza di un trend significativo, facendo anche ricorso al Sen's estimator [8] per discernere fra eventuali trend positivi o negativi e quantificare l'entità dei trend.

I risultati ottenuti per il bacino idrografico del fiume Belice mostrano come nell'ultimo secolo ci sia stata una tendenza ad un anticipo e ad un allungamento della stagione delle piogge. Tuttavia, risulta anche una chiara riduzione delle precipitazioni nella stagione umida, sempre più caratterizzate da eventi meno frequenti e di lieve entità. Tali variazioni hanno indotto un trend negativo statisticamente significativo sui deflussi naturali nella stagione di ricarica e quindi della potenziale disponibilità idrica a scala di bacino. Tali risultati possono essere considerati come rappresentativi della maggior parte dei bacini maggiori Siciliani che contribuiscono all'approvvigionamento dei grandi invasi. Una completa comprensione delle ricadute delle variazioni della stagionalità delle precipitazioni sui deflussi potrebbe aiutare ad individuare le migliori soluzioni per una corretta pianificazione regionale in diversi settori, con particolare riferimento a quello energetico, agricolo ed industriale, nonché a valutare l'evoluzione degli ecosistemi in risposta ai cambiamenti climatici in atto.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto PRIN 2022 PNRR "Assessing and mapping novel agroecosystem vulnerability and resilience indicators in southern Italy (ASAP)" (RS: Dario Pumo, cod. P20228L3KX_003, CUP B53D23033500001, finanziato dal MUR D.D. n. 1409 del 14/09/2022)

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] L. V. Noto, G. Cipolla, A. Francipane, e D. Pumo, «Climate Change in the Mediterranean Basin (Part I): Induced Alterations on Climate Forcings and Hydrological Processes», *Water Resour Manage*, vol. 37, fasc. 6–7, pp. 2287–2305.
- [2] L. V. Noto, G. Cipolla, D. Pumo, e A. Francipane, «Climate Change in the Mediterranean Basin (Part II): A Review of Challenges and Uncertainties in Climate Change Modeling and Impact Analyses», *Water Resour Manage*, vol. 37, fasc. 6–7, pp. 2307–2323.
- [3] E. Arnone, D. Pumo, F. Viola, L. V. Noto, e G. La Loggia, «Rainfall statistics changes in Sicily», *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 17, fasc. 7, pp. 2449–2458
- [4] D. Pumo, D. Caracciolo, F. Viola, e L. V. Noto, «Climate change effects on the hydrological regime of small non-perennial river basins», *Science of The Total Environment*, vol. 542, pp.
- [5] X. Feng, A. Porporato, e I. Rodriguez-Iturbe, «Changes in rainfall seasonality in the tropics», *Nature Clim Change*, vol. 3, fasc. 9, pp. 811–815
- [6] D. A. Post e A. J. Jakeman, «Predicting the daily streamflow of ungauged catchments in S.E. Australia by regionalising the parameters of a lumped conceptual rainfall-runoff model», *Ecological Modelling*, vol. 123, fasc. 2–3, pp. 91–104.
- [7] H. B. Mann, «Nonparametric Tests Against Trend», *Econometrica*, vol. 13, fasc. 3, pp.
- [8] P. K. Sen, «Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau», *Journal of the American Statistical Association*, vol. 63, fasc. 324, pp. 1379–1389.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

VALUTAZIONE DELLA DISPONIBILITÀ IDRICA DELL'ALTA PIANURA FRIULANA ORIENTALE ALLA LUCE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO IN ATTO

Grazia Martelli¹, Pietro Teatini², Elisa Arnone¹, Stefano Bongiovanni³, Giovanni Paiero¹, Giulia Patricelli⁴,
Luigi Polese², Matteo Brandalise¹, Veronica Zoratti¹

¹ Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, Udine.
E-mail: grazia.martelli@uniud.it

² Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Padova.

³ Consorzio di Bonifica Pianura Friulana, Udine

⁴ Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali, Università degli Studi di Udine, Udine.

Sommario

Lo studio nasce dall'esigenza del Consorzio di Bonifica della Pianura Friulana (Friuli Venezia Giulia, FVG) di individuare soluzioni irrigue per rispondere in modo efficiente alle nuove esigenze di un territorio drasticamente mutato negli ultimi decenni e nel quale la riduzione della disponibilità idrica a seguito del cambiamento climatico in atto ha comportato una limitazione anche drastica delle forniture [1]. L'area di interesse, che si estende per circa 300 km² nell'alta pianura friulana orientale, in sinistra al T. Torre, comprende 8 comuni, con 5 comprensori irrigui alimentati prevalentemente mediante pozzi (Figura 1). Il prelievo medio annuo è pari a circa 3.700.000 m³ ma i periodi siccitosi che si susseguono con sempre maggiore frequenza hanno messo in crisi la capacità di distribuzione della risorsa. Particolare sofferenza si è verificata nel 2022 in cui l'erogazione è stata ridotta del 50%.

L'obiettivo dello studio è quantificare le risorse idriche in quest'area al fine di valutarne la disponibilità in diversi scenari di sfruttamento e di ricarica naturale interfacciando il simulatore idrologico GEOframe-NewAge [2] e quello di flusso sotterraneo FLOW3Dca.

Con un'estensione di 2800 km², la pianura friulana è formata da depositi Quaternari con spessori che aumentano in direzione NE-SO, da 50-70 m a 900 m in prossimità del confine regionale [3]. Le caratteristiche idrogeologiche derivano dai processi deposizionali che si sono verificati nel corso del Pleistocene superiore che hanno portato ad una suddivisione del territorio in due sistemi idrogeologici in connessione:

- l'acquifero freatico dell'Alta Pianura, formato da depositi detritici grossolani di origine fluvioglaciale, prevalentemente ghiaiosi, irregolarmente cementati in orizzonti di conglomerato ed intercalati a livelli sabbiosi e argillosi;
- un acquifero multifalda della Bassa Pianura, formato da potenti depositi pelitici intercalati ad orizzonti sabbiosi e subordinatamente ghiaiosi, di origine in parte fluvioglaciale ed in parte marina, lagunare, e palustre.

La transizione tra i due sistemi è evidenziata da affioramenti di risorgiva, che si dispongono all'interno di una fascia territoriale larga alcuni km e che si sviluppa in direzione E-O per circa 100 km.

Gli studi idrogeologici effettuati hanno evidenziato alcuni indicatori di stress idrico legati sia all'aumentata pressione antropica che al cambiamento climatico in atto. La prima fase dello studio in atto si è focalizzata sull'elaborazione di dati litostratigrafici per la caratterizzazione geometrica dell'acquifero e di misure idrometeorologiche e piezometriche sull'intervallo temporale 1990-2023, utili alla quantificazione delle componenti del bilancio idrico.

Una prima analisi, condotta utilizzando 31 stazioni meteorologiche e 64 pozzi (Figura 1) della rete piezometrica di monitoraggio regionale (Ufficio Idrografico e Arpa FVG), ha consentito di evidenziare per gli ultimi 15 anni (2009-2023):

- un abbassamento medio del livello piezometrico di circa 7 m con un massimo di 13 m nella parte più settentrionale dell'area;

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

- una riduzione delle precipitazioni medie annue dell'ordine di 200-300 mm nella pianura e fino a 700 - 900 mm nella zona montana;
- un aumento delle temperature medie annue di 0.3°C - 1°C.

Queste tendenze presuppongono una diminuzione dell'infiltrazione efficace, un aumento dell'evapotraspirazione reale e quindi una riduzione della disponibilità della risorsa idrica sia sotterranea che superficiale.

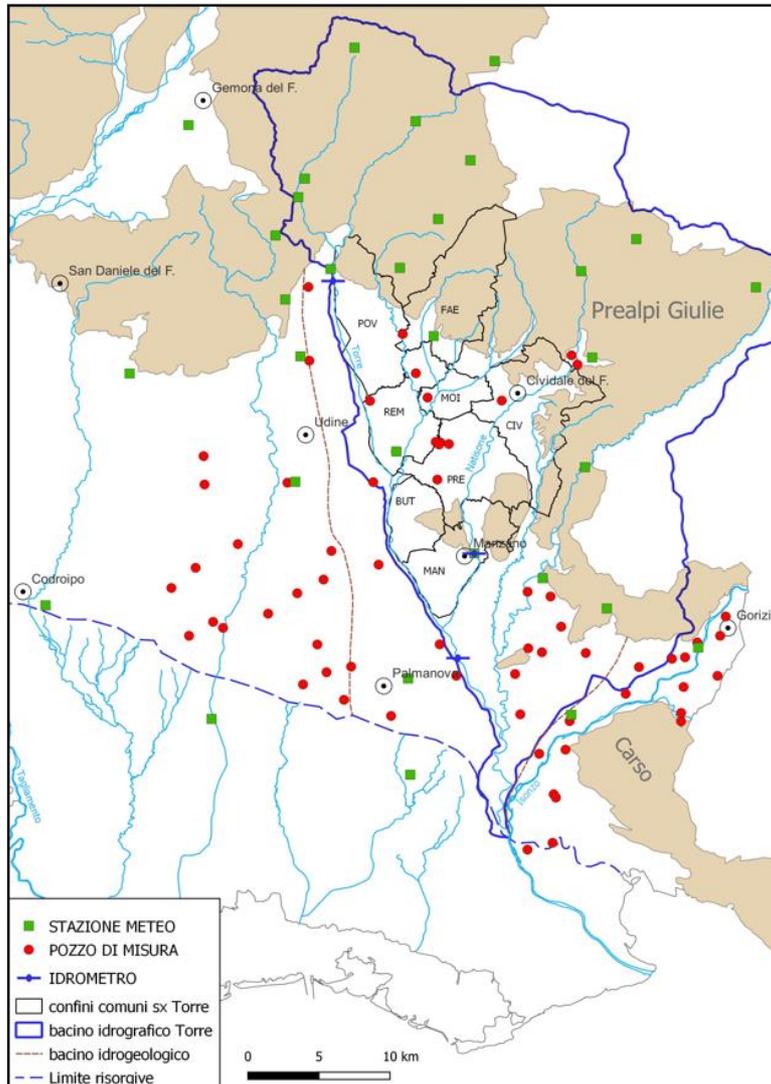


Figura 1. Inquadramento dell'area di studio sita nell'alta pianura friulana orientale (FVG)

Bibliografia

[1] ARPA FVG, 2023. METEO.FVG REPORT n. 13/2022 - Riepilogo anno 2022.

[2] Formetta, G., Kampf, S. K., David, O., & Rigon, R., 2014. Snow Water Equivalent modeling components in NewAge-JGrass. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 725-736.

[3] Nicolich, R., Della Vedova, B., Giustiniani, M. & Fantoni, R. (2004). *Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana (Map of Subsurface Structures of the Friuli Plain)* (pp. 1–32). Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia, Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio Geologico.

INTEGRATION OF A DAILY HYDROLOGICAL BALANCE MODEL IN DECISION-MAKING SUPPORT FOR IRRIGATION MANAGEMENT

Vito Iacobellis¹, Andrea Gioia¹, Vincenzo Totaro¹, Margherita Lombardo¹, Aras Botan Izzaddin¹, Salvatore Manfreda², Ruodan Zhuang², Giuseppe Satalino³, Anna Balenzano³, Cinzia Albertini³, Francesco Mattia³, Francesco Lovergine³, Davide Palmisano³, Michele Rinaldi⁴, Sergio Ruggieri⁵, Pasquale Garofalo⁵, Donato Impedovo⁶, Nicoletta Noviello⁷, Luigi Nardella⁷, Michele Di Cataldo⁷, Rocchina Guarini⁸, Maria Virelli⁸, Patrizia Sacco⁸, Deodato Tapete⁸

¹ Politecnico di Bari, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh), Bari, Italy - vito.iacobellis@poliba.it

² Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), Napoli, Italy

³ Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA), Bari, Italy

⁴ Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), Cerealcoltura e Colture Industriali (CREA-CI), Foggia, Italy,

⁵ Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), Agricoltura e Ambiente (CREA-AA), Bari, Italy

⁶ Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Dipartimento di Informatica, Bari, Italy

⁷ Consorzio per la Bonifica della Capitanata, Foggia, Italy

⁸ Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Rome, Italy

Abstract

In water-scarce regions, effective water resource management is crucial for performing sustainable agriculture. Scientists and decision-makers increasingly exploit the coupled use of hydrological and crop models to address resources conservation and productivity challenges. In response to these needs, the Italian Space Agency (ASI), within the framework of the I4DP-SCIENCE programme, supports the collaborative THETIS (EarTH Observation for the Early forecast of Irrigation needS; Agreement n. 2023-52-HH.0) project. The main focus of THETIS is on the early assessment and forecasting of irrigation needs in the "Fortore" irrigation district located in the Apulian Tavoliere (Southern Italy).

THETIS aims to develop a spatial decision support system that integrates hydrologic and crop growth (CM) models with advanced earth observation (EO) products and artificial intelligence for meteorological and climatic data spatialization, within a user-friendly WEBGIS interface (Figure 1).

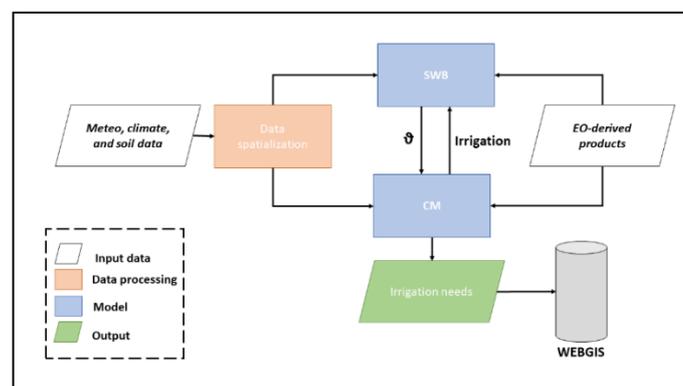


Figure 1. Functional scheme of the THETIS architecture. Data exchanges and information fluxes between models. Root zone soil moisture ϑ represents a key variable for CM initialisation.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A synergic data exchange between models provides estimates of water needs before, at the beginning and during the irrigation season with regular updates.

One of the main components of THETIS architecture is a semi-distributed daily soil water balance (SWB) model, built with a modular structure able to perform an automatic parameters refinement according to updated data availability. SWB has been structured to maximize the joint need of an effective modelling of hydrological processes at the basin scale exploiting available affordable datasets, limiting the need for calibration only for a few parameters. The hydrological processes modelled in the SWB include precipitation, interception, depression storage, surface runoff, infiltration, evapotranspiration, percolation, and groundwater recharge and are aimed at providing estimates useful for soil moisture dynamics evaluation.

The initial condition for the soil moisture content has been set exploiting the BIGBANG outputs [1], while climate variables were derived from the monitoring stations managed by the Civil Protection of Puglia Region and the Bonifica Capitanata Consortium. Soil parameters, textural classes, saturated hydraulic conductivity and porosity are assigned using maps provided by the European Soil Data Centre. Grids of soil hydraulic conductivity at saturation, porosity or water content at saturation, field capacity, pore size distribution index and wilting point are computed by the pedotransfer function provided by Saxton and Rawls [2], while land use and soil type information are derived from Corine Land Cover (2018 update). Grids of root depth are associated to a classification of land use based on literature indications [3, 4]. Interception storage capacity is computed for each grid cell as a function of the leaf area index retrieved by 8-day MODIS collection and potential runoff coefficients and depression storage capacity are obtained as a combined function of elevation, soil and land use [4]. An application of this SWB model has been performed for a portion of the Salsola river catchment, one of the main tributaries of the Candelaro river basin, within which is located the "Fortore" irrigation district; results showed the abilities of the proposed SWB model in reproducing the main hydrological dynamics of the study area and providing outputs easily integrable with the crop model.

References

- [1] Braca, G., Bussettini, M., Lastoria, B., Mariani, S., Piva, F., 2023. BIGBANG version 6.0 model processing, Italian Institute for Environmental Protection and Research – ISPRA <http://groupware.sinanet.isprambiente.it/bigbang-data/library/bigbang60>.
- [2] Saxton, K. E., & Rawls, W. J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil science society of America Journal*, 70(5), 1569-1578.
- [3] Hlavčová, K., Horvát, O., Szolgay, J., Danko, M., & Kohnová, S. 2008. The effect of land use changes on runoff generation in the High Tatras region. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 38(3), 305-326.
- [4] Liu, Y., B., De Smedt, F. 2004. *WetSpa Extension, A GIS-based Hydrologic Model for Flood Prediction and Watershed Management. Documentation and User Manual.* Department of Hydrology and Hydraulic Engineering Vrije Universiteit Brussel Pleinlaan 2, 1050 Brussel, Belgium

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

A WATER ENERGY FOOD NEXUS APPROACH TO ASSESS GLOBAL AGRIVOLTAIC OPPORTUNITIES

Francesco Capone¹, Nikolas Galli², Davide Danilo Chiarelli³, Maria Cristina Rulli⁴

¹ Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: francesco.capone@polimi.it

² Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: nikolas.galli@polimi.it

³ Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano.
E-mail: davidedanilo.chiarelli@polimi.it

⁴ Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: mariacristina.rulli@polimi.it

Abstract

Global food demand and renewable solar energy production are constantly growing, leading to conflicts on land utilization. By 2050, global water demand will increase by 55% [1], with half of the world's population expected to live in areas under water stress conditions. Water for irrigation is a key factor in the agricultural sector: 40% of global calories production come from irrigated lands, which represents only 23% of cultivated areas [2].

This necessitates to shift the paradigm and steer agricultural management towards more sustainable solutions. Analysing the problem with a Water-Energy-Food (WEF) Nexus approach can help in relaxing competition on natural resources enhancing sustainability holistically.

This study seeks to identify regions suffering from water scarcity and suggests agrivoltaics technology as an opportunity to reduce water consumption promoting the coexistence of agriculture and solar energy production on the same land without jeopardizing food stability.

All aspects of the WEF Nexus have been examined to ensure an optimal solution that preserves any natural component.

For the definition of water scarcity conditions, the WATNEEDS hydrological model has been used [3]. Through a daily soil water balance, this model assesses spatially distributed crop-specific green and blue water requirements.

Firstly, we have identified cultivated areas experiencing green water scarcity (GWS) and blue water scarcity (BWS) conditions, during the crop's growing period, considering both rainfed and irrigated areas. Combining the two components of water scarcity we have investigated five scenarios with different water scarcity dimensions, for each of them the impact of agrivoltaic systems has been investigated.

The analysis was carried out for 26 crops, listed by FAO in MIRCA2000 [4]. All the data are provided globally and gridded with a spatial resolution of 5 arcmin.

Particular attention has been given to areas suffering from energy poverty conditions, defined as those areas where at least 20% of the resident population lives in energy poverty conditions, namely consuming less than 1000 kWh per person, per year [5]. In these fragile areas, agrivoltaic systems can bring main benefits providing solar electricity, reducing evapotranspiration of plants and thus water consumption, but also turning on electric irrigation devices whereby there is water availability but unreachable due to physical constraints.

Lastly, an accurate crop model was adopted to measure the agricultural response in a context with reduced solar irradiation availability. To assess the agricultural yield response under agrivoltaic was implemented the yield response factor equation method, reported in FAO Paper 33 [6], supposing a reduction in photosynthetically active radiation (PAR) of 50%.

To preserve a sufficiently high level of agricultural production is crucial, thus only areas with a yield variation higher than 80% were identified as suitable for the installation of agrivoltaic.

Results show a high potential for agrivoltaic implementation all over the world ensuring benefits for the resilience of crops, and relieving water scarcity conditions while encouraging the production of renewable energy. This work furnishes global allocation and response maps for agrivoltaic feasibility for 26 different crops to support decision-making processes to promote innovative agriculture and sustainable development (i.e. allocation map for Rice in figure 1).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

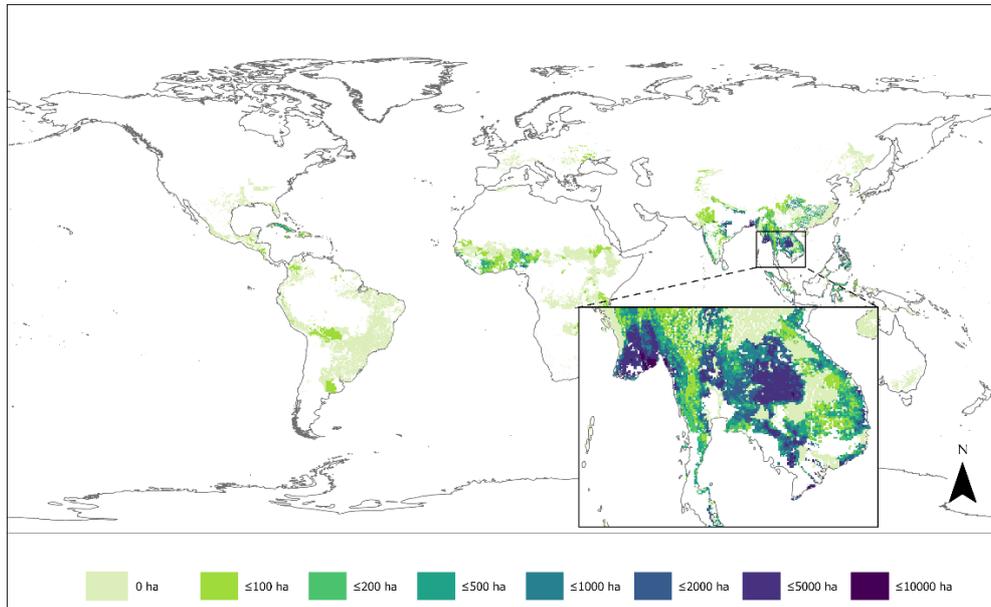


Figure 6. areas for possible allocation of agrivoltaics systems with Rice in a condition of Green water scarcity (GWS) and not Blue water scarcity (BWS). Each cell in the allocation map represents an area in hectares (ha) that is suitable for agrivoltaics systems. The areas falling into the first class have zero values, indicating that the crop is cultivated but not suitable for cultivation under agrivoltaics systems.

References

- [1] H. Hoff, "Understanding the Nexus. Background paper for the Bonn2011 Nexus Conference.," Stock. Environ. Inst., no. November, pp. 1–52, 2011.
- [2] L. Rosa, D. D. Chiarelli, M. C. Rulli, J. Dell'Angelo, and P. D'Odorico, "Global agricultural economic water scarcity," *Sci. Adv.*, vol. 6, no. 18, pp. 1–11, 2020, doi: 10.1126/sciadv.aaz6031.
- [3] D. Danilo Chiarelli, C. Passera, L. Rosa, K. Frankel Davis, and M. Cristina Rulli, "the green and blue crop water requirement WatNEEDS model and its global gridded outputs," doi: 10.1038/s41597-020-00612-0.
- [4] F. T. Portmann, S. Siebert, and P. Döll, "MIRCA2000-Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling," *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 24, no. 1, p. n/a-n/a, 2010, doi: 10.1029/2008gb003435.
- [5] M. Blimpo, W. Bank, W. Dc, L. Culver, W. Bank, and W. Dc, "The Modern Energy Minimum : The case for a new global electricity consumption threshold," pp. 1–15, 2021.
- [6] J. Doorenbos, A. H. Kassam, C. Bentvelsen, and G. Uittenbogaard, "Paper 33. Yield Response to water," *Irrigation and Agricultural Development*. p. 203, 1980.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

EVOLUZIONE CLIMATICA E AGRICOLTURA NEL VENETO: RESILIENZA E INNOVAZIONE NELLA GESTIONE DELL'ACQUA

Giulia Sofia¹, Martina Sinatra¹, Claudio Zaccone², Alvise Fiume¹

¹ Ce.Sp.I.I. Centro di Sperimentazione per l'Innovazione Irrigua, Consorzio di Bonifica di Il grado Lessinio- Euganeo – Berico, Cologna Veneta (VR) giulia.sofia@consorzioleb.it

² Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona, Verona

Sommario

Considerando il cambiamento climatico e le sue implicazioni sull'agricoltura, emerge l'importanza della resilienza nei sistemi agricoli a lungo termine. La collaborazione tra enti territoriali, imprese agricole e il mondo della ricerca diviene cruciale per decisioni informate sulla gestione dell'acqua, gli investimenti nell'irrigazione e i rischi climatici.

Recenti progressi tecnologici hanno indirizzato la comunità scientifica verso soluzioni innovative di controllo delle reti di distribuzione, ottimizzando l'uso dell'acqua. È essenziale dimostrare come tali sistemi possano supportare l'agricoltura, considerando sia il clima attuale che quello futuro e il parallelo degrado del suolo.

Questo studio analizza l'impatto dei cambiamenti climatici sull'uso dell'acqua in agricoltura nel Veneto, concentrandosi sui alcuni distretti irrigui, che potrebbero essere maggiormente influenzati. In particolare, la performance del sistema idrico è stata valutata utilizzando un approccio modellistico integrato che unisce un modello di crescita delle piante, ad un modello idrologico/idraulico. L'analisi è stata fatta considerando il clima attuale, e determinando disponibilità d'acqua e fabbisogni relativi al clima futuro utilizzando scenari climatici standard (CMIP6) e simulando diverse condizioni meteorologiche locali attraverso un generatore meteorologico. Per quantificare la variabilità della domanda, è stato inoltre considerato anche l'effetto del calo di sostanza organica nei suoli, verificato sul campo.

In particolare, il lavoro è focalizzato nel territorio del Consorzio di Bonifica Lessinio, Euganeo, Berico (LEB), una delle aree economicamente più significative del Nord Italia, caratterizzata da colture di pregio per le filiere alimentari, l'energia rinnovabile e Indicazioni Geografiche riconosciute a livello mondiale.

Questo studio evidenzia come il clima possa influenzare profondamente parametri chiave come la domanda di risorse idriche e l'affidabilità della rete di distribuzione, sottolineando l'importanza di adattarsi a tali cambiamenti per garantire la sostenibilità dell'agricoltura.

ON THE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES OF TWO CONTRASTING AND HETEROGENOUS ECOSYSTEMS IN A MEDITERRANEAN REGION, SARDINIA, UNDER WATER- LIMITED CONDITIONS

Roberto Corona¹, Serena Sirigu¹, Nicola Montaldo¹, and Gabriel G. Katul²

¹ Department of Civil Engineering, Environmental and Architecture, University of Cagliari, Italy, roberto.corona@unica.it

² Nicholas School of the Environment, Duke University, USA

Abstract

Sardinia Island is a reference for ecohydrological studies on past and future climate change effects, representing typical conditions of the western Mediterranean Sea basin. Ecosystems are heterogenous, and trees optimize the use of water through the root systems, uptaking water from the deep layers. Two micrometeorological towers have been installed in two different sites under different precipitation conditions. The first is installed in Orroli (annual precipitation of about 600 mm), a case study of the ALTOS European project, which is a patchy mixture of wild olive trees and C3 herbaceous that grow in a shallow under a rocky layer of basalt, partially fractured (soil depth 15-40 cm), with a tree cover percentage of 33% in the footprint. Instead, the second is in a mountainous forest site of *Quercus ilex* characterized by steeper slopes and rocky outcrops (mean annual precipitation of about 800 mm), and tree cover percentage of 68% in the footprint. In both sites land surface fluxes and CO₂ fluxes are estimated using the eddy correlation technique, soil moisture was estimated with water content reflectometers, and periodically leaf area index (LAI) was estimated, while tree transpiration component was estimated using the sap flow sensors. The following objectives are addressed: 1) pointing out the dynamics of land surface fluxes, soil moisture, and CO₂ for two contrasting sites; 2) assess the impact of vegetation dynamics and type on the CO₂ and water balance dynamics; 3) evaluate the soil effect on water and energy budgets. The Orroli site is more controlled by rainfall seasonality, and vegetation species use the source of water stored in the deep rocky layer to sustain their physiological activity. In the Orroli site, we found seasonal dynamics in the CO₂ flux and the evapotranspiration (ET) terms, which are higher when grass and woody vegetation species are present and lower when the grass component dies. Instead, we found a constant flux of ET in the Marganai highlighting tree species' high efficiency in extracting the deep sources of water. ET is higher in the Orroli site as long as the grass species are present in live form, and then LE is higher in the Marganai forest. The ET of *Quercus ilex* in the Marganai forest seems not to be controlled by surface soil moisture because the annual precipitation is enough to sustain the transpiration needs of that fraction of tree cover. The results confirm a threshold of 700 mm/year of rain, below which rain can restrict tree cover growth.

MODELLISTICA AGRO-IDROLOGICA DISTRIBUITA E TECNICHE DI MACHINE LEARNING A SUPPORTO DEL CONSIGLIO IRRIGUO

Dario De Caro¹, Fulvio Capodici¹, Matteo Ippolito¹, Giuseppe Cirao¹

¹ Dipartimento di Ingegneria (DI), Università degli Studi di Palermo, Palermo E-mail: dario.decaro01@unipa.it

Sommario

La gestione delle risorse idriche da destinare all'irrigazione risulta oggi un problema che richiede la messa in atto di azioni mirate ad una gestione oculata della stessa, poiché questa rappresenta una quota importante dell'acqua dolce disponibile. Tali azioni devono essere mirate a preservare le fonti di approvvigionamento idrico e, allo stesso tempo, a mantenere standard elevati in termini di qualità e quantità del raccolto. A tale scopo una solida base di conoscenza è rappresentata dalla modellistica agro-idrologica distribuita.

Diverse sono le operazioni da eseguire per raggiungere l'obiettivo di migliorare il controllo e la pianificazione degli usi dell'acqua di irrigazione. Nel presente lavoro, la modellistica agro-idrologica viene supportata da tecniche di Machine Learning (ML), al fine di implementare un modello di consiglio irriguo sia a livello di singola azienda, sia a livello di distretto irriguo. La catena algoritmica prevede l'uso di immagini telerilevate e di previsioni di dati meteorologici per determinare la distribuzione spaziale dei flussi evapotraspirativi effettivi e fornire consigli irrigui a breve termine a supporto della programmazione degli interventi irrigui (Figura 1).

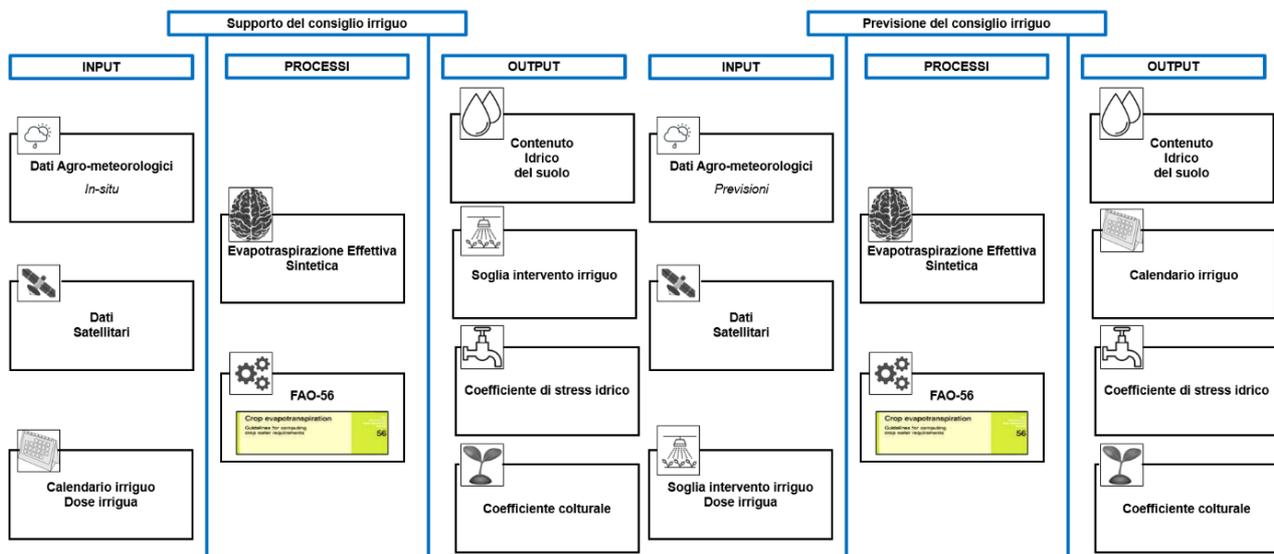


Figura 1. Quadro metodologico

L'area studio è identificata dal distretto irriguo 1A, gestito dal Consorzio di Bonifica della Sicilia Occidentale, che si estende per circa 30 Km², vocato prevalentemente alla produzione di olive (37°40'23" N, 12°51'6"E).

I dati agro-meteorologici misurati *in-situ* e di previsione sono stati forniti dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS). All'interno di un uliveto di 13 ha del distretto irriguo è operativa una torre di eddy covariance. I calendari irrigui delle aziende ricadenti all'interno del distretto sono stati forniti dal Consorzio di Bonifica. Le immagini telerilevate, utilizzate nella procedura sono quelle acquisite dal Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e dalla costellazione Sentinel-2.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

La conoscenza dei calendari ha consentito la stima della dose irrigua media somministrata alle colture. La combinazione di dati agro-meteorologici e dati satellitari MODIS ha permesso di calibrare un modello di ML per la stima di valori sintetici di evapotraspirazione effettiva, seguendo l'approccio suggerito da [1]. La tecnica di *upscaling* denominata DisTrade [2] è stata utilizzata, sulle immagini Sentinel-2, per stimare la riflettanza dell'infrarosso ad onde corte (originalmente acquisiti a 20 m) alla risoluzione di 10 m. Il valore del coefficiente di forma della funzione che lega lo stress idrico al contenuto idrico del suolo è stato posto uguale a 1.81, così come suggerito da [3].

Considerando una serie storica di dati, il modello FAO-56 [4] ed il modello di ML calibrato sono state determinate: la distribuzione spazio-temporale del coefficiente colturale, del coefficiente di stress idrico e del contenuto idrico del suolo; la soglia di contenuto idrico del suolo al di sotto del quale avviene la somministrazione. La determinazione di quest'ultima ha consentito di codificare il comportamento medio degli agricoltori ed implementare le regole che definiscono il consiglio irriguo istantaneo.

La catena sopradescritta, applicata ad una serie di dati correnti satellitari e dati da previsioni nel breve tempo ha consentito la determinazione del consiglio irriguo in tempo reale che allo stesso tempo consente di preservare la risorsa idrica preservando la qualità e la quantità del prodotto.

Bibliografia

[1] De Caro, D., Ippolito, M., Cannarozzo, M., Provenzano, G., Ciraolo, G., 2023. Assessing the performance of the Gaussian Process Regression algorithm to fill gaps in the time-series of daily actual evapotranspiration of different crops in temperate and continental zones using ground and remotely sensed data. *Agric. Water Manag.* 290, 108596. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108596>.

[2] Kustas, W.P., Norman, J.M., Anderson, M.C., French, A.N., 2003. Estimating subpixel surface temperatures and energy fluxes from the vegetation index-radiometric temperature relationship. *Remote Sens. Environ.* 85, 429–440. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.109951>.

[3] De Caro D., Ippolito M., Capodici F., Ciraolo G., 2024. Modellazione del coefficiente di stress idrico mediante il modello FAO-56 e misure in situ in un uliveto siciliano. XXXIX Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche Parma, 15-18 Settembre 2024.

[4] Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M., 1998. FAO Irrigation and drainage paper No.56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations 56, 26–40.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

RICOSTRUZIONE DEI FLUSSI ATMOSFERICI DI VAPORE ACQUEO PERTINENTI ALLE AREE AGRICOLE

Elena De Petrillo¹, Luca Monaco¹, Nike Chiesa Turiano¹, Marta Tuninetti¹, Luca Ridolfi¹, Francesco Laio¹

¹ Dipartimento per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino.
E-mail: elena.depitrillo@polito.it

Sommario

I moti di vapore acqueo nell'atmosfera svolgono un ruolo fondamentale nel ciclo idrologico, collegando le aree di evapotraspirazione a quelle di precipitazione. A questo riguardo, i recenti modelli di tracciamento atmosferico offrono informazioni preziose, consentendo di ricostruire le aree di origine del vapore che dà luogo alle precipitazioni e, viceversa, le aree dove precipiterà l'acqua evaporata da specifiche regioni. Tuttavia, nonostante i crescenti miglioramenti nell'accuratezza dei modelli, sono spesso presenti discrepanze non trascurabili tra i valori di evaporazione e precipitazione modellati e i corrispondenti dati misurati. Al fine di eliminare tali differenze, e così dare ancora maggiore valore ai risultati dei modelli di tracciamento, in questo studio proponiamo una procedura basata sul *Iterative Proportional Fitting* (IPF) [2]. Adottando tale approccio, riconciliamo i flussi di umidità atmosferica tracciati dal modello Lagrangiano UTrack [1] con i dati di rianalisi ERA5; ovvero, assicuriamo che il vapore acqueo atmosferico tracciato corrisponda sia all'evaporazione che l'ha originato sia alle precipitazioni che esso alimenta. La scala temporale considerata è quella annua (mediata nel periodo 2008-2017), mentre quella spaziale è l'intera superficie terrestre, con risoluzione spaziale di 0.5°.

I tracciamenti così riconciliati costituiscono un nuovo insieme di informazioni che dà l'opportunità di esplorare i flussi di vapore atmosferico tra bacini di evaporazione e quelli di precipitazione, mettendo in luce le interdipendenze idrologiche tra le diverse regioni. Tra le molte applicazioni di questo nuovo insieme di dati, qui poniamo l'accento sullo studio delle regioni destinate alla produzione agricola. E' infatti possibile comprendere da dove evapora l'acqua che precipita su tali regioni, così come quali siano le aree sulle quali precipiterà l'acqua evaporata dalle zone agricole di interesse. Queste informazioni sono molto importanti quando congiunte con modelli idro-agricoli, volti a valutare le richieste irrigue di coltivazioni. E' infatti possibile studiare gli effetti, sulle coltivazioni, di mutamenti dei flussi di vapore atmosferico in arrivo; mutamenti, per esempio, causati da cambi di uso del suolo nelle aree di origine del vapore acqueo, oppure da cambi nella circolazione atmosferica. Al contempo, è possibile studiare gli effetti di diverse pratiche agricole sui flussi di vapore generati "a valle"; per esempio, diverse condizioni irrigue nelle zone agricole di interesse oppure cambi di coltivazioni.

Al fine di mostrare un'applicazione di quanto appena descritto, consideriamo l'esempio del bacino del Po, focalizzando le coltivazioni di mais, riso e grano e descrivendone il bilancio idrico (alla scala municipale) mediante il modello waterCROP [3], affinato rispetto all'irrigazione [4]. L'inattesa estensione e la non ovvia configurazione geografica delle aree di evaporazione dell'acqua caduta sul bacino del Po, il ruolo del riciclo atmosferico sul bacino stesso e i rilevanti effetti delle diverse pratiche irrigue testimoniano l'importanza di accoppiare dati (riconciliati) di tracciamento atmosferico con modelli idro-agricoli.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

[1] Tuinenburg, O. A., Theeuwes, J. J., & Staal, A. (2020). High-resolution global atmospheric moisture connections from evaporation to precipitation. *Earth System Science Data*, 12(4), 3177-3188.

[2] Pukelsheim, F. (2014). Biproportional scaling of matrices and the iterative proportional fitting procedure. *Annals of Operations Research*, 215, 269-283

[3] Tuninetti, M., Tamea, S., D'Odorico, P., Laio, F., & Ridolfi, L. (2015). Global sensitivity of high-resolution estimates of crop water footprint. *Water Resources Research*, 51(10), 8257-8272.

[4] Chiesa Turiano, N., Tuninetti, M., Laio, F., and Ridolfi, L.: WaterCROP, an agro-hydrological model as a decision-supporting tool for irrigation water management, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-11639, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-11639>, 2024

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

CLIMATE CHANGES AND INFLUENCING FACTORS OF DURUM WHEAT PRODUCTION WORLDWIDE

Malin Grosse-Heilmann¹, Elena Cristiano¹, Francesco Viola¹, Roberto Deidda¹

¹ Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e architettura, Università degli Studi di Cagliari, Cagliari.
E-mail: malin.grosseheilmann@unica.it

Abstract

In many arid and semi-arid regions worldwide durum wheat is a critical staple crop, contributing to local food security. Providing essential nutrients, proteins, and carbohydrates, it is commonly used to produce pasta, couscous, and various bakery products¹. Durum wheat productivity is affected by diverse constraints and drivers, including abiotic and biotic stressors, CO₂ concentrations, and agronomic practices. Their impact varies based on the growth phase of durum wheat in which they occur, as well as the stressor's intensity and duration^{2,3}. Heat and drought were shown to act as main yield limiting factors.

The water footprint, which is a comprehensive indicator for the volume of water linked to crop production, helps to examine the cultivation of durum wheat from a water-food nexus perspective. Since climate change is leading to rainfall, temperature, and atmospheric CO₂ levels alterations, it is also expected that durum wheat's productivity and its water footprint will be changing as well.

In this context, we explore the present state of durum wheat productivity and the potential influence of changing climatic conditions on its future cultivation worldwide. The current state of research on durum wheat production in the future is marked by contradictory findings, compromising projections of significant declines due to drought and heat stress as well as strong productivity increase as a consequence of the CO₂-fertilisation effect, for the same or nearby areas.

Additionally, a more in-depth investigation is conducted for durum wheat cultivation in Sardinia, a favoured growing region characterised by a semi-arid climate typical for the Mediterranean area. With an average annual production of about 84.000 tons, durum wheat accounts for more than half of the total cereal crops grown in Sardinia⁴. Current durum wheat productivity and related water footprint are estimated for the entire island for the period 2006-2023 and compared with possible future conditions utilising different climate scenarios. Understanding the complex interactions between climate change, durum wheat productivity and the associated water footprint is of great importance to derive sustainable adaptation strategies and move one step closer towards food and water security.

References

- [1] Beres, B. L., E. Rahmani, J. M. Clarke, P. Grassini, C. J. Pozniak, C. M. Geddes, K. D. Porker, W. E. May, and J. K. Ransom. 2020. 'A Systematic Review of Durum Wheat: Enhancing Production Systems by Exploring Genotype, Environment, and Management (G x E x M) Synergies', *Front Plant Sci*, 11: 568657.
- [2] Cetin, Oner, Mehmet Yildirim, Cuma Akinci, and Anna Yarosh. 2022. 'Critical Threshold Temperature and Rainfall in Declining Grain Yield of Durum Wheat during Crop Development', *Romanian Agricultural Research*, 39.
- [3] De Santis, M. A., M. Soccio, M. N. Laus, and Z. Flagella. 2021. 'Influence of Drought and Salt Stress on Durum Wheat Grain Quality and Composition: A Review', *Plants (Basel)*, 10.
- [4] ISTAT. 2024. 'Saredegna Coltivazioni: Cereali, legumi, radici bulbi e tuberi', Accessed 04 April. <http://dati.istat.it/#>.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

DETECTING AND QUANTIFYING IRRIGATION AT THE FIELD SCALE BY USING SOIL WATER BALANCE AND THE WATER CLOUD MODEL WITH SENTINEL-1 AND SENTINEL-2 OBSERVATIONS

Natali Martina^{1,2}, Modanesi Sara³, De Lannoy Gabriëlle J. M.⁴, De Santis Domenico⁵, Domeneghetti Alessio⁶,
Massari Christian⁷

¹ University of Perugia, Department of Civil and Environmental Engineering, Engineering, Perugia, Italy.
E-mail: martinanatali@cnr.it

² Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia, Italy.
E-mail: martinanatali@cnr.it

³ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia, Italy.
E-mail: sara.modanesi@cnr.it

⁴ Dept. of Earth and Environmental Sciences, KU Leuven, Heverlee, Belgium. E-mail: gabrielle.delannoy@kuleuven.be

⁵ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia, Italy.
E-mail: domenico.desantis@cnr.it

⁶ Department DICAM - Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering, University of Bologna, Bologna, Italy.
E-mail: alessio.domeneghetti@unibo.it

⁷ Research Institute for Geo-Hydrological Protection, National Research Council, Perugia, Italy.
E-mail: christian.massari@cnr.it

Abstract

On average, 70% of freshwater withdrawals worldwide are used for irrigation [1]. Despite its significant impact on the hydrological cycle, the unpredictability of the timing, distribution and quantification of irrigation practices hampers its representation in hydrological models. Earth observation data, such as radar and optical satellite imagery, are a viable tool to detect irrigated areas and quantify irrigation applications by combining observations and Earth System models [2]. With increasingly shorter revisit times and higher spatial resolutions, satellite platforms now allow field-scale studies with the potential to detect irrigation events within a few days.

In this study, we use high-resolution (~ 10 m) imagery from the Sentinel-1 and Sentinel-2 satellite constellations to constrain a single-layer soil water balance (SWB) model incorporating an irrigation scheme, coupled with the semi-empirical Water Cloud Model (WCM) to: i) detect irrigation events, ii) estimate irrigation inputs and surface soil moisture via an inverse modelling solution. The WCM simulates backscatter observations (σ^0) using surface soil moisture simulated by the SWB and NDVI from Sentinel-2 images as inputs. The model estimates σ^0 observations which are then matched with Sentinel-1 observations to produce field-scale daily irrigation estimates.

The test site is an irrigated district in the Po Valley, consisting of more than 30 individual fields, ranging in size from 2 to about 20 ha, with 10 different crop types and fields equipped with different irrigation systems (e.g. drip, sprinkler, etc...). The model is tested for each field individually at the daily scale and irrigation estimates are compared with in-situ observations. The model shows good performance ($R > 0.7$) in estimating irrigation inputs at bi-weekly scale, with a slight underestimation of observations. The model is a viable tool that can be easily applied in the context of precision agriculture to optimize irrigation practices and conserve water resources, even when in-situ soil moisture and irrigation measurements are not available.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- [1] Massari, Christian, Sara Modanesi, Jacopo Dari, Alexander Gruber, Gabrielle J. M. De Lannoy, Manuela Giroto, Pere Quintana-Seguí, et al. 2021. "A Review of Irrigation Information Retrievals from Space and Their Utility for Users." *Remote Sensing* 13 (20): 4112. <https://doi.org/10.3390/rs13204112>.
- [2] Dari, Jacopo, Luca Brocca, Sara Modanesi, Christian Massari, Angelica Tarpanelli, Silvia Barbetta, Raphael Quast, et al. 2023. "Regional Data Sets of High-Resolution (1 and 6 km) Irrigation Estimates from Space." *Earth System Science Data* 15 (4): 1555–75. <https://doi.org/10.5194/essd-15-1555-2023>.

RETHINKING URBAN SPACES TO IMPROVE HEALTHY DIETS: ASSESSMENT OF URBAN AGRICULTURE POTENTIAL IN A MEGACITY

Arianna Tolazzi¹, Nikolas Galli², Dirce Maria Lobo Marchioni³, Maria Cristina Rulli⁴

1: Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: arianna.tolazzi@polimi.it

2: Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: nikolas.galli@polimi.it

3: Departamento de Nutrição, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. E-mail: marchioni@usp.br

4: Department of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milano. E-mail: mariacristina.rulli@polimi.it

Abstract

The current system of food production and distribution causes serious damage to the environment [1] and increases social inequalities globally, as well as being vulnerable to climate shocks and other exogenous factors that may cause supply disruptions [2]. These factors, taken together with global urban population growth trends [3], pose the question of how cities will ensure food security for their inhabitants sustainably. Within urban contexts, the weakest and most marginalized groups are also the most affected by premature deaths and non-communicable diseases [4], whose first controllable risk factor is nutrition [5]. Our study focuses on analysing the potential of traditional soil-based urban agriculture in providing fresh and nutritious food, using the megacity of São Paulo, Brazil, as a case study. We identify spaces available for urban agriculture considering 8-weighted natural and context-related criteria which are: land use, slope, aspect, area dimension, neighbourhood, distance from the markets, pollution, and water requirements. We then select crop types according to the gap between the current average diet of the population of São Paulo [6] and an ideal diet taken from the literature [5], and single crops are identified by an agro-hydrologic and cultural analysis. The hydrological analysis is performed with the WATNEEDS model [7] that evaluates the vertical component of the soil water balance and performs a spatially distributed crop-specific monthly analysis of green and blue water requirements. The goal is to find urban garden configurations capable of producing sufficient food to close the diet gap for the highest number of people while minimizing irrigation water demand. The crops features used for the selection are irrigation water requirements and yields, while the areas are chosen randomly among those that obtained a final suitability score higher than a selected

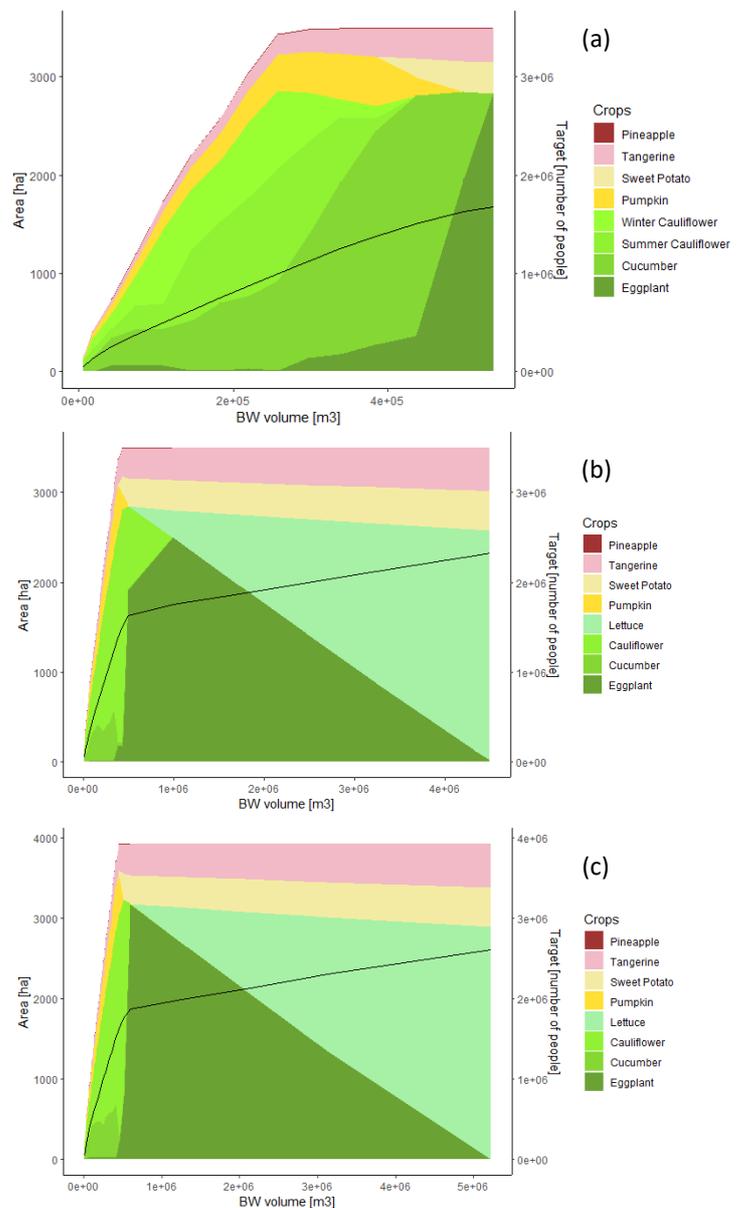


Figure 1. Gap closure with restrictions on both areas and crops (a), only on areas (b) and no restrictions (c)

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

threshold. Three scenarios are explored by changing the suitability threshold on areas and the restrictions on crops selection. The results are expressed in terms of crops selected, areas used, water consumption and number of people for which the diet gap is closed and are reported in *Figure 1*. The reduction of the dietary deficit is evaluated for the food categories of fruits, tubers and vegetables and changes according to the scenario explored. The most restrictive scenario, in terms of areas and crops, can close the nutrition gap for up to 13.6% of the local population (1672600 people). Relaxing the constraint on water consumption, which allows the selection of more crops, can increase the maximum possible gap closure to 18.9% of the population (2325000 people). If the constraint on the area is also relaxed, the maximum gap closure rises to 21.2% (2612050 people). The results demonstrate both urban agriculture's high potential for significant food production and the trade-offs that emerge when the implementation of urban agriculture is pushed towards higher scales. While preliminary with respect to socio-economic considerations necessary for the implementation of such a strategy at the city scale, this coupled biophysical and nutritional framework can be repeated in other urban contexts.

References

- [1] B. M. Campbell *et al.*, 'Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries', *Ecology and Society*, vol. 22, no. 4, 2017, doi: 10.5751/ES-09595-220408.
- [2] M. Armar-Klemesu, 'Urban agriculture and food security, nutrition and health', *Growing cities, growing food: urban agriculture on the policy agenda. A reader on urban agriculture*, pp. 99–117, 2000.
- [3] United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), *Envisaging the Future of Cities*. 2022.
- [4] 'Tackling NCDs UN'.
- [5] W. Willett *et al.*, 'Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems', *The Lancet*, vol. 393, no. 10170. Elsevier, pp. 447–492, Feb. 02, 2019. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.
- [6] I. B. de G. e E. IBGE, *Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018 : análise do consumo alimentar pessoal no Brasil / IBGE*. 2020.
- [7] D. D. Chiarelli, C. Passera, L. Rosa, K. F. Davis, P. D'Odorico, and M. C. Rulli, 'The green and blue crop water requirement WATNEEDS model and its global gridded outputs', *Scientific Data* 2020 7:1, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, Aug. 2020, doi: 10.1038/s41597-020-00612-0.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

CONTROLS ON THROUGHFALL SPATIAL VARIABILITY ALONG A STEEP FORESTED HILLSLOPE

Matteo Verdone^{1,3}, Ilenia Murgia¹, Francesca Manca di Villahermosa¹, Diletta Chirici¹, Anke Hildebrandt²,
Christian Massari³, Ilja van Meerveld⁴, Daniele Penna^{1,3}

¹ DAGRI, Università degli Studi di Firenze, Firenze. E-mail: matteo.verdone@unifi.it

² Institute of Geoscience, Friedrich Schiller University Jena, Jena.

³ IRPI, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia.

⁴ Department of Geography, University of Zurich, Zurich.

Abstract

Throughfall (TF) in forested catchments is affected by climatic forcing, forest stand parameters, and rainfall characteristics. Despite several studies conducted in forested catchments, the role of hillslope topography and the associated tree population characteristics in shaping TF spatio-temporal variability is still poorly understood. Therefore, this work aims to identify TF predictors and their importance in controlling TF spatial correlation at the hillslope scale.

The experimental activities were carried out on a hillslope in the Lecciona catchment (0.3 km²), Tuscany Apennines, Central Italy. The hillslope has a mean slope of 30° and a north aspect. The forest stand is dominated by European beech trees, with tree diameter decreasing from the bottom to the top of the hillslope. TF was monitored by means of plastic collectors with an opening of 60 cm², manually emptied roughly after each rainfall event since February 2024. The samplers were deployed on the hillslope forming 18 squares of 10x10 m, for a total monitoring area of 1800 m². In each square two TF collectors were randomly placed ("kernel" collectors) and in six squares a transect made of four collectors with increasing distances one for each other (0.1 m, 0.4 m and 0.5 m) was positioned. Furthermore, nine trees were selected to host a radial transect made of three collectors with increasing distance from the tree stem (0.2 m, 0.6 m, and 1.1 m). Topographic surveys were conducted to measure the main characteristics (diameter, height, and age) of the trees in the plot.

Preliminary results show increasing values of TF from the bottom to top of the hillslope ($P < 0.05$), confirming previous (2020-2023) results obtained with 2-3 weeks data measured on the same hillslope on a regular grid. Different patterns in space and in time between TF and distance to the closest stems indicate controls of both crown architecture and rainfall characteristics on TF spatial variability. Furthermore, collectors located at 1.1 m from the stems show values comparable to the "kernel" collectors and the transect collectors, indicating that the distance to the closest stem affects TF only within 1 m of radius. Variograms show a typical range smaller than 2 m, indicating that for distances above 2 m there is not spatial correlation between TF and the collector position. A higher number of events in both the dormant and the growing season is necessary to confirm these preliminary results and understand if and how leaves affect the spatial distribution of TF along the hillslope.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

REVIEW OF EXPERIMENTAL, THEORETICAL AND NUMERICAL RESULTS ON THE SEEPAGE FACE

Shah Dad Murad¹, Marco Peli¹, Martina Siena² & Stefano Barontini¹

¹ DICATAM, Università Degli Studi Di Brescia, via Branze, 43, 25123 Brescia, Italy.

² DICA, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci, 32, 20133 Milano, Italy.

Abstract

The investigation of free surface seepage face problems is integral to soil hydrology, hydraulic engineering, geotechnical engineering and hydrogeology, highlighting the complex dynamics of water flow through porous medium. Understanding seepage faces complexities is essential for ensuring stability, predicting solute transport, and modelling water flow in aquifers. This problem has received a lot of attention from experimental and theoretical researchers over the years.

This extensive review thoroughly analyses theoretical, experimental and numerical model results related to seepage faces. We combine a multitude of knowledge into the complicated dynamics of seepage faces by meticulously analysing laboratory studies, theoretical models and numerical models. The review includes seminal works by Muskat (1935), Casagrande (1937), Spina (1954), Hall (1955), Mladen Boreli (1955), Polubarinova-Kochina (1962), Freeze (1971), Hirschfeld & Poulos (1973), Baiocchi et al. (1973), Cividini & Gioda (1989), Crosta & Prisco (1999), Lee & Leap (1997), Comincioli & Guerri (1976), Chenaf & Chapuis (2007), Di Nucci (2018), Zha et al. (2019), Kacimov & Obnosov (2023) and many more providing a thorough overview of seepage face research spanning several decades from theory, experiments and numerical models.

The combination of empirical evidence and theoretical frameworks facilitates the identification of common trends, critical observations, and potential disparities in our understanding of seepage faces. By amalgamating experimental results with theoretical perspectives and numerical models, this review aims to offer a holistic view of the current state of knowledge in seepage face analysis. This work not only highlights existing challenges but also lays the foundation for future advancements and the refinement of methodologies in seepage face studies.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- Baiocchi, C., Comincioli, V., Guerri, L., & Volpi, G. (1973). Free boundary problems in the theory of fluid flow through porous media: A numerical approach. *Calcolo*, 10(1), 1–85. <https://doi.org/10.1007/BF02576418>
- Casagrande, A. (1937). *Seepage Through Dams*. Harvard University Graduate School of Engineering. <https://books.google.it/books?id=UhpInAEACAAJ>
- Chenaf, D., & Chapuis, R. P. (2007). Seepage Face Height, Water Table Position, and Well Efficiency at Steady State. *Groundwater*, 45(2), 168–177. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2006.00277.x>
- Cividini, A., & Gioda, G. (1989). On the variable mesh finite element analysis of unconfined seepage problems. *Géotechnique*, 39(2), 251–267. <https://doi.org/10.1680/geot.1989.39.2.251>
- Comincioli, V., & Guerri, L. (1976). Numerical solution of free boundary problems in seepage flow with capillary fringe. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 7(2), 153–178. [https://doi.org/10.1016/0045-7825\(76\)90010-4](https://doi.org/10.1016/0045-7825(76)90010-4)
- Crosta, G., & Prisco, C. di. (1999). On slope instability induced by seepage erosion. *Canadian Geotechnical Journal*, 36(6), 1056–1073.
- Di Nucci, C. (2018). Unsteady free surface flow in porous media: One-dimensional model equations including vertical effects and seepage face. *Comptes Rendus Mécanique*, 346(5), 366–383. <https://doi.org/10.1016/j.crme.2018.03.003>
- Freeze, R. A. (1971). Three-Dimensional, Transient, Saturated-Unsaturated Flow in a Groundwater Basin. *Water Resources Research*, 7(2), 347–366. <https://doi.org/10.1029/WR007i002p00347>
- Hall, H. P. (1955). An Investigation of Steady Flow Toward a Gravity Well. *La Houille Blanche*, 41(1), 8–35. <https://doi.org/10.1051/lhb/1955022>
- Hirschfeld, R. C., & Poulos, S. J. (1973). *Embankment-dam engineering*.
- Kacimov, A., & Obnosov, Y. (2023). Analytical and HYDRUS solutions for exfiltration through inclined seepage faces. *Advances in Water Resources*, 179, 104517. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2023.104517>
- Lee, K.-K., & Leap, D. I. (1997). Simulation of a free-surface and seepage face using boundary-fitted coordinate system method. *Journal of Hydrology*, 196(1–4), 297–309. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03246-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03246-5)
- Mladen Boreli. (1955). Free-surface flow toward partially penetrating wells. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 36(4), 664–672. <https://doi.org/10.1029/TR036i004p00664>
- Muskat, M. (1935). The Seepage of Water Through Dams with Vertical Faces. *Physics*, 6(12), 402–415. <https://doi.org/10.1063/1.1745284>
- Polubarinova-Kochina, P. (1962). YA. 1962. *Theory of Ground Water Movement*.
- Spena, A. R. (1954). *Moti filtranti a superficie libera in presenza della capillarità*. Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Università di Napoli.
- Zha, Y., Yang, J., Zeng, J., Tso, C. M., Zeng, W., & Shi, L. (2019). Review of numerical solution of Richardson–Richards equation for variably saturated flow in soils. *WIREs Water*, 6(5), e1364. <https://doi.org/10.1002/wat2.1364>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

EXPLORING HYDROLOGICAL DYNAMICS IN LAYERED PYROCLASTIC SOILS BY COMBINING LABORATORY AND FIELD EXPERIMENTS WITH A PHYSICALLY-BASED NUMERICAL MODEL

Busti Riccardo¹, Giovanna Capparelli², Giuseppe Formetta¹

¹ Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e meccanica (DICAM), Via Mesiano 77, Trento (TN), 38123, Provincia Autonoma di Trento, Italia. E-mail: giuseppe.formetta@unitn.it

² Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES), Via P. Bucci 42C, Arcavacata di Rende (CS), 87036, Calabria, Italia. E-mail: giovanna.capparelli@unical.it

Abstract

Rainfall plays a crucial role in the near-surface response of soils, influencing the hydrological processes and shaping their mechanical behaviour. In this study, we investigate the infiltration processes in pyroclastic soils of the Campania region, Southern Italy, by combining measured in situ data, physical laboratory model observations and a 3D physically based hydrological model. Firstly, we validate the numerical model against the soil pore pressure and soil moisture measured at several points in a small-scale flume during an infiltration test of layered pyroclastic deposit. The objective is to i) understand and reproduce the physical processes involved in infiltration in layered volcanoclastic slope and ii) evaluate the ability of the model to reproduce the measured data and simulate the subsurface flow patterns and saturation mechanism. Secondly, we setup the model on the real site where soil samples were collected and simulate the 3D hydrological response of the hillslope. The aim is to understand and model the hydrologic dynamics captured by the field records and explain the redistribution of water in different layers during two years of precipitation. For both applications, a Monte Carlo analysis has been performed to account for the hydrological parameter uncertainty. Results show the capability of the model to reproduce the observations in both applications, with mean KGE of 0.84 and 0.68 for pressure and soil moisture data in the laboratory, and 0.83 and 0.55 in the real site. Our results are significant not only because they provide insight into understanding and simulating infiltration processes in layered pyroclastic slopes, but also because they may provide the basis for improving geohazard assessment systems, which are expected to increase, especially in the context of a warming climate.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

PREVISIONE DELLA SCOMPARSA DEL GHIACCIAIO DELL'ADAMELLO

Paolo Colosio¹, Giovanna Grossi¹, Muhammad Usman Liaqat¹, Babak Razdar¹ e Roberto Ranzi¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica, Università degli Studi di Brescia, Brescia. E-mail: paolo.colosio1@unibs.it

Sommario

Il Ghiacciaio dell'Adamello, un raro esempio di ghiacciaio di altopiano nell'arco Alpino, è il più vasto ghiacciaio italiano. Negli ultimi decenni ha subito profonde trasformazioni, con una sostanziale riduzione della sua superficie, calcolata utilizzando immagini satellitari, del 16.5% tra il 2007 ed il 2022, con la fronte della vedretta del Mandrone in costante ritiro (Ranzi et al., 2010). L'area è inoltre soggetta a significative modificazioni climatologiche, con la temperatura dell'aria in crescita dal 1996 ad un tasso di 0.8° ogni decennio, come mostrano chiaramente le osservazioni presso la stazione di Pantano d'Avio. Inoltre, l'accumulo nevoso si è ridotto nel suo valore massimo del 26.5% nel periodo 1994-2020 rispetto al trentennio precedente, con un anticipo dell'inizio della stagione di fusione di due settimane. Tra il 1995 e il 2009, il bilancio di massa superficiale netto è stato mediamente negativo e pari a -1439 mm w.e. all'anno secondo le simulazioni del modello di bilancio energetico e di massa PDSLIM (Grossi et al., 2012). L'aggiornamento di tali bilanci di massa per il periodo 2010-2023 ha mostrato una significativa intensificazione del bilancio di massa climatologico netto, con una perdita di ghiaccio pari a 2170 mm w.e. I bilanci di massa aggiornati sono utilizzati per forzare del modello termo-fluidodinamico Elmer/Ice che simula il flusso del ghiacciaio tramite un risolutore di Navier-Stokes con reologia alla Glen-Nye, parametrizzata con l'ipotesi di ghiacciaio freddo, con profilo verticale di temperatura fissato a -7.5°C, in inverno e temperato in estate. La geometria del corpo glaciale è stata ricostruita utilizzando dati disponibili di elevazione della superficie e topografia del substrato roccioso risalenti al 2007. Una prima simulazione, forzata con il bilancio di massa distribuito del clima attuale, è stata effettuata per valutare la bontà del modello nel simulare l'evoluzione del ghiacciaio tra il 2007 ed il 2022. Per simulare l'evoluzione del ghiacciaio nei decenni futuri sono stati presi in considerazione tre diversi scenari. In prima analisi si è valutato uno scenario di condizioni climatiche costanti, ipotizzando che il bilancio di massa si mantenga costante. In un simile scenario climatico, il ghiacciaio sopravviverebbe fino almeno al 2100 in alcune sue piccole aree particolarmente elevate ed ombreggiate. Sono stati poi valutati gli scenari di cambiamento climatico RCP2.6 e RCP8.5, calcolando il bilancio di massa netto introducendo variazioni nel regime di temperatura simulate da un gruppo di modelli RCM del progetto CORDEX che prevedono, nel caso peggiore, un aumento di temperatura superiore a 6°C nei mesi estivi. Nel caso dello scenario RCP2.6 si è stimato che la perdita di ghiaccio a metà secolo sarebbe del 55% superiore a quella attuale, riducendosi al 45% a fine secolo per l'effetto delle misure di mitigazione climatica. Per lo scenario RCP8.5, invece, l'estremo aumento delle temperature in ambiente alpino porterebbe ad un tasso di fusione raddoppiato entro metà secolo e quadruplicato a fine secolo rispetto alle condizioni attuali. Per entrambi gli scenari, si è simulata l'evoluzione del ghiacciaio fino alla sua scomparsa che, diversamente dallo scenario di condizioni climatiche immutate, dovrebbe avvenire prima del 2080.

Bibliografia

[1] Grossi, G., Caronna, P. and Ranzi, R., 2013. Hydrologic vulnerability to climate change of the Mandrone glacier (Adamello-Presanella group, Italian Alps). *Advances in Water Resources*, 55, pp.190-203.

[2] Ranzi, R., Grossi, G., Gitti, A., and Taschner, S., 2010. Energy and mass balance of the Mandrone glacier (Adamello, Central Alps). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 33(1), pp. 45-60.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

OPEN GRIDDED DATASETS AS A TOOL TO INVESTIGATE THE ROLE OF METEOROLOGICAL ANOMALIES IN LANDSLIDES INITIATION

Roberta Paranunzio¹, Francesco Marra^{2,3}

¹ *Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC), National Research Council of Italy (CNR), Torino, Italy.
E-mail: r.paranunzio@isac.cnr.it*

² *Department of Geosciences, University of Padova, Padova, Italy. E-mail: francesco.marra@unipd.it*

³ *Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC), National Research Council of Italy (CNR), Bologna, Italy*

Abstract

The initiation of landslides in mountain environments is highly related to precipitation and temperature forcing. Relating deviations in temperature and precipitation to the frequency of landslides is a promising method for predicting future occurrences of such hazards in the ongoing context of climate change. Most methods to identify these deviations rely on in-situ records. This poses considerable effort for data retrieval and homogenization, limiting also the reproducibility of such studies. Open gridded datasets can help to identify meteorological anomalies in the lead-up of landslides events (Paranunzio & Marra, 2024).

Using a well-established statistical approach (Paranunzio et al., 2019), we utilize: a) half-hourly precipitation estimates from the Integrated Multi-Satellite Retrievals from GPM (IMERG), b) daily temperature observations from ENSEMBLES OBServation (E-OBS), and c) daily temperature and total precipitation data from global reanalysis ERA5 to showcase that openly accessible gridded climate datasets can complement or potentially substitute for on-site data in studies linking meteorological anomalies (defined as percentiles above 90th or below 10th percentile) to the occurrence of natural instability events. Our focus is on an extensive collection of 483 different geomorphic hazards (predominantly rockfalls, debris flows and landslides) that occurred in the Italian Alps between 2000 and 2020.

Results show that the statistical significance of the matched anomalies derived from gridded and observed data is often met; some mismatches are related to sampling size. In general, E-OBS and IMERG demonstrate their ability to provide information on temperature and precipitation anomalies, respectively, that is comparable to or even superior to that provided by on-site records and ERA5 reanalyses. Additionally, our results reveal that IMERG, by deriving information directly on the initiation area, can identify precipitation anomalies at a daily scale that on-site measurements may overlook, particularly in instances of debris/mud flow events triggered by small-scale convective processes (Marra et al., 2017; Paranunzio & Marra, 2024).

In summary, gridded datasets can enhance our understanding of the statistical relationship between landslide initiation and meteorological anomalies, which may in the future be exploited to quantify changes in the likelihood of these events at high-elevation sites in the ongoing context of climate change.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- [1] Marra, F., Destro, E., Nikolopoulos, E. I., Zoccatelli, D., Dominique Creutin, J., Guzzetti, F., & Borga, M. (2017). Impact of rainfall spatial aggregation on the identification of debris flow occurrence thresholds. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(9), pp. 4525–4532. <https://doi.org/10.5194/hess-21-4525-2017>
- [2] Paranunzio, R., Chiarle, M., Laio, F., Nigrelli, G., Turconi, L., & Luino, F. (2019). New insights in the relation between climate and slope failures at high-elevation sites. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(3–4), pp. 1765–1784. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2673-4>
- [3] Paranunzio, R., & Marra, F. (2024). Open gridded climate datasets can help investigating the relation between meteorological anomalies and geomorphic hazards in mountainous areas. *Global and Planetary Change*, 232, 104328. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104328>

ASSESSMENT OF THE RISK OF SHALLOW LANDSLIDES INTEGRATING INSAR AND OPTICAL DATA WITH A DISTRIBUTED ECO-HYDROLOGICAL MODEL

Elifnur Yurdakul¹, Elisa Arnone², Fernando Nardi³, Domenico Capolongo¹

¹ Department of Earth and Environmental Sciences, University of Bari, Bari. E-mail: elifnur.yurdakul@uniba.it

² Polytechnic Department of Engineering and Architecture, University of Udine, Udine.

³ Department of Civil Engineering and Computer Science, University of Rome Tor Vergata, Rome.

Abstract

Landslides induced by extreme and prolonged rainfall pose significant risks, leading to fatalities, extensive damage, and economic losses annually. Physically-based deterministic models for rainfall-triggered landslides offer advantages over empirical methods of enabling the evaluation of relationships between rainfall characteristics, soil hydrological conditions, and soil shear strength response during rainfall infiltration. However, one of the scientific challenges is the complexity of the physically-based distributed approaches which require spatially and temporally distributed parameters [1,2]. Integration of remote sensing and InSAR technology with a physically-based distributed model may enhance the applicability of this last method in two key aspects: firstly, enabling the estimation of soil parameters for soil characterization, and secondly, understanding the correlation between soil moisture and deformation history. In terms of soil characterization, calculating soil thickness is crucial as it significantly influences the mobilized soil weight and therefore the indicator of stability, named as factor of safety (FS).

In this study we exploit and propose a framework which integrates a dynamic eco-hydrological and stability model named tRIBS-VEGGIE-Landslide (*Triangulated Irregular Networks-based Real-time Integrated Basin Simulator and Vegetation Generator for Interactive Evolution*) [3,4] with InSAR data. In the hydrological component, the infiltration module is based on Richard's equation, which allows for an accurate representation of the time evolution of soil moisture transport through the soil column. The predicted soil moisture is used to assess the FS index based on the infinite slope model [4]. However, the hypothetical failure surface strictly depends on the specific soil characteristics and it should be constrained. Therefore, accurately characterizing soil thickness (H) is crucial for assessing the FS [1,4]. To determine soil thickness, we plan to test the application of thickness inversion approach [5,6], which uses displacement rate estimation. This involves using surface velocity data from InSAR measurements and applying mass conservation principles. InSAR data from Sentinel-1 will be used to derive the displacement rate. This data, from the *European Ground Motion Service* (EGSM) [7,8], offers ground motion information on a European scale (Figure 1). Other hydrological parameters, such as the soil water retention curve properties, can be derived by using pedotransfer functions.

The framework will be tested in a case study area selected in the Friuli-Venezia Giulia region (Italy), focusing on well-documented history of alluvial events triggering shallow landslides. The values of certain soil parameters in this area would serve as a crucial reminder for landslide researchers to carefully consider the geology and geomorphology of study areas where complex active movements are detected using InSAR technology. For landslide documentation and detection, we utilized a landslide catalogue ITALICA (*ITALian rainfall-induced Landslides Catalogue*) and a public domain data from the national project IDROGEO, which contributes to the Italian Landslide Inventory (IFFI) [9,10].

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

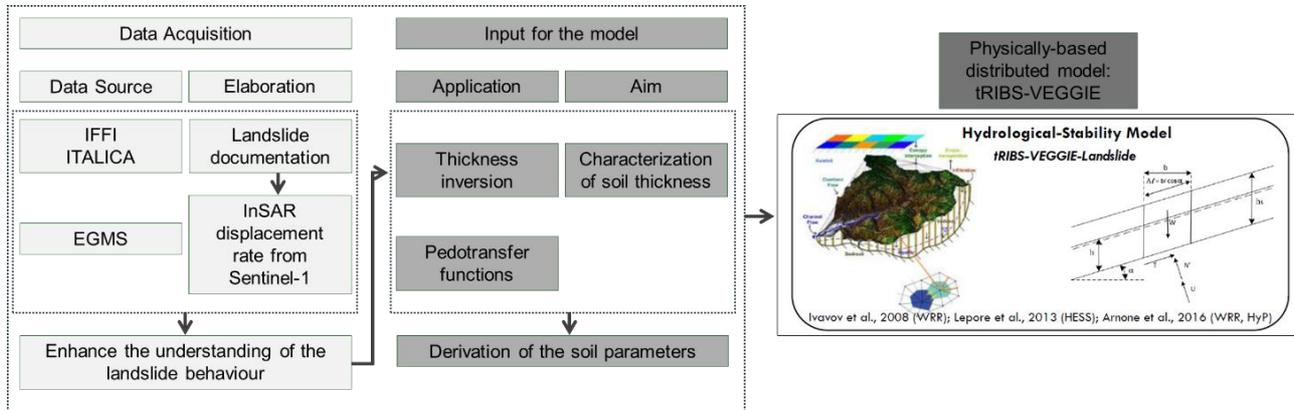


Figure 1. Flowchart describing the planned methodology which integrates InSAR data with physically based and distributed approach.

References

- [1] Arnone, E., Dialynas, Y.G., Noto, L.V., Bras, R.L., 2016b. Accounting for soils parameter uncertainty in a physically-based and distributed approach for rainfall-triggered landslides. *Hydrol. Process.* 30, 927–944. <https://doi.org/10.1002/hyp.10609>.
- [2] Corominas, J., van Westen, C. J., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J. P., Fotopoulou, S., Catani, F., van den Eeckhaut, M., Mavrouli, O. C., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M. G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J., & Smith, J. T., 2014. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of engineering geology and the environment*, 73, 209-263.
- [3] Ivanov, V.Y., Bras, R.L., and Vivoni, E.R., 2008a. Vegetation-Hydrology Dynamics in Complex Terrain of Semiarid Areas: I. A mechanistic Approach to Modeling Dynamic Feedbacks, *Water Resour. Res.*, 44, W03429, doi:10.1029/2006WR005588
- [4] Lepore, C., Arnone, E., Noto, L. V., Sivandran, G., & Bras, R. L., 2013. Physically based modeling of rainfall-triggered landslides: a case study in the Luquillo forest, Puerto Rico. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(9), 3371-3387
- [5] Xu, Y., Kim, J., George, D. L., & Lu, Z., 2019. Characterizing seasonally rainfall-driven movement of a translational landslide using SAR imagery and SMAP soil moisture. *Remote Sensing*, 11(20), 2347.
- [6] Xu, Y., Lu, Z., Schulz, W. H., & Kim, J., 2020. Twelve-year dynamics and rainfall thresholds for alternating creep and rapid movement of the Hooskanaden landslide from integrating InSAR, pixel offset tracking, and borehole and hydrological measurements. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125(10), e2020JF005640.
- [7] Crosetto M., Solari L, Mróz M., Balasis-Levinsen J., Casagli N., Frei M., Oyen A., Moldestad DA, Bateson L., Guerrieri L., et al., 2020. The evolution of wide-area DInSAR: From regional and national services to the European Ground Motion Service. *Remote Sensing*, 12(12), 2043.
- [8] EGMS Documentation. <https://egms.land.copernicus.eu/pan-european/european-ground-motion-service>.
- [9] Peruccacci, S., Gariano, S. L., Melillo, M., Solimano, M., Guzzetti, F., and Brunetti, M. T., 2023. ITALICA (ITALian rainfall-induced Landslides CAtalogue).
- [10] Trigila, A., Iadanza, C. & Spizzichino, D. Quality assessment of the Italian Landslide Inventory using GIS processing. *Landslides* 7, 455–470, <https://doi.org/10.1007/s10346-010-0213-0> (2010).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SOTTO L'ACQUA E NEL FANGO: 100 ANNI DI FRANE E INONDAZIONI IN CALABRIA RACCONTATI CON LO STORY MAPPING

Daniela Biondi¹, Marcello De Fusco¹, Francesco Cruscomagno¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica (DIMES), Università della Calabria, Rende (CS). E-mail: daniela.biondi@unical.it

Sommario

Lo Story Mapping è una tecnica di narrazione che permette di descrivere storie ed eventi, posizionando su mappe diversi oggetti multimediali, in particolare quelli disponibili sul web. Esistono diverse piattaforme disponibili online, facilmente accessibili tramite una connessione Internet, attraverso cui è possibile creare mappe interattive arricchite con testi, foto, video ed altri contenuti multimediali. Numerose sono le applicazioni web sviluppate a tale scopo, intuitive, spesso open source e utilizzabili in molteplici ambiti (didattico, giornalistico, scientifico, etc.) per comunicare e diffondere informazioni in modo più facilmente comprensibile. Lo Story Mapping sta ottenendo sempre più ampio riscontro anche come mezzo di comunicazione del rischio alluvione verso utenti non specializzati, ma anche in contesti che riguardano stakeholder esperti. Lo storymapping offre, infatti, una opportunità unica per coinvolgere attivamente la popolazione nella comprensione dei rischi associati a questi eventi naturali e nella pianificazione di strategie di resilienza. Inoltre, può essere utilizzato come strumento educativo nelle scuole per promuovere una maggiore consapevolezza del rischio e una migliore conoscenza del territorio.

Questo contributo descrive la rappresentazione multimediale realizzata per i principali eventi di dissesto idrogeologico che hanno colpito il territorio calabrese nell'ultimo secolo. La Calabria, situata tra il mar Ionio e il mar Tirreno, è soggetta a una serie di fattori che contribuiscono alla frequenza e all'intensità delle frane e delle inondazioni, con conseguenze particolarmente rilevanti. La sua topografia accidentata, la presenza di torrenti che possono diventare impetuosi e le precipitazioni abbondanti e intense in particolari condizioni, rendono la regione suscettibile a tali fenomeni. Inoltre, l'antropizzazione del territorio, con la sua urbanizzazione non sempre pianificata e la deforestazione, hanno aumentato la vulnerabilità della regione a questi eventi naturali. Il tool utilizzato è ArcGis StoryMaps (<https://www.esri.com/it-it/arcgis/products/arcgis-storymaps/overview?rsource=https%3A%2F%2Fwww.esri.com%2Farcgisstorymaps>) che costituisce una feature integrata nel sistema ArcGIS della ESRI. Il link alla storymap realizzata, dal titolo "Cento anni di frane e inondazioni in Calabria" è il seguente: <https://www.camilab.unical.it/it/cento-anni-di-frane-e-inondazioni-calabria>. La figura 1 mostra un esempio di layout della schermata della storymap realizzata.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024



Figura 1. Layout della schermata del tool ArcGIs per la storymap “Cento anni di frane e inondazioni in Calabria”.

Utilizzando ArcGis StoryMaps, è stata tracciata una cronologia dettagliata dei principali eventi che hanno colpito la Calabria, a partire dalle grandi alluvioni del passato, in particolare quelle che hanno colpito il territorio nella metà del secolo scorso (ad esempio nel 1946, 1951, 1953, 1959), fino ad arrivare agli eventi più recenti, tra cui quelli di Soverato, di Vibo Valentia, gli inverni 2009 e 2010, di Rossano – Corigliano, solo per citarne alcuni. Attraverso l'uso di mappe interattive, risulta più semplice identificare le aree più colpite, le principali vie d'acqua coinvolte e le conseguenze socio-economiche di tali eventi e risultano in molti casi più facilmente comprensibili le dinamiche complesse e l'intersezione di condizioni sociali e naturali che si verificano durante gli eventi idrologici estremi. Combinando la narrazione visiva con le informazioni geografiche, i dati disponibili, la descrizione degli effetti al suolo e i rapporti di evento, il prodotto realizzato può risultare uno strumento efficace per esaminare e comprendere la storia delle frane e delle inondazioni nel corso dell'ultimo secolo in Calabria.

COPULA-BASED FORMULATION OF DEBRIS-FLOW EVENTS RETURN TIME AND HYDROLOGICAL MODELING FOR QUANTILE-GENERATED TERRAINS

Schiavo, M. *, Gregoretto, C., Boreggio, M., Barbini, M., and Bernard, M.

Department of Land, Environment, Agriculture, and Forestry (TESAF), University of Padova, Via dell' Università 16 - 35020 Legnaro (PD), Italy.

*corresponding author: massimiliano.schiavo@unipd.it

Sommario

The scientific community agrees that debris-flow events are impulsive hazards occurring in mountainous catchments upon simultaneous triggering factors, such as intense rainfall events, previous-event terrain surface conditions, and sediment availability. However, the Return Time of a debris-flow event has always been considered that of the triggering rainfall event. We propose a novel perspective on this topic by emphasizing the key role of previous-event surface terrain in defining the magnitude of these events and their subsequent hydraulic modeling. Based on available data and surveys, we employ a stochastic framework to generate an ensemble of Monte Carlo synthetic Gaussian-distributed terrains. Then, we categorize possible terrain scenarios as *erosion-dominated*, *deposition-dominated*, or *neutral*, depending on the conditions of the previous-event terrain surface. Each surface is associated with a local elevation quantile within a Half-normal probability distribution, derived from the original Gaussian distribution of possible local elevations of the terrain. Subsequently, the Return Time of a debris-flow event is calculated using a copula-based formulation that considers the rainfall event and previous terrain surface as independent statistical variables. Therefore, hydraulic modeling combined with this Return Time estimate produces results that vary depending on the Return Time of the rainfall event (we consider 30- and 300-year events) and that of the terrain surface (four quantile-based surfaces for each erosion and deposition-dominated, and one for the neutral configuration). The breadth of our results enables a reframing of debris flows and suggests a novel approach to formulate the Return Time of these phenomena using a copula-based formulation for the first time. Moreover, it allows the evaluation of several inundation and avulsion scenarios, quantifying sediment, liquid discharges, and eroded or deposited volumes by assigning a key role to previous-event terrain surfaces.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

NUOVO APPROCCIO PER L'INTERCETTAZIONE ED INVASO DI COLATE DETRITICHE IN PRESENZA DI AVULSIONI

Carlo Gregoretto¹, Ettore De La Grennelais², Michele Ferri³, Matteo Barbini¹, Martino Bernard¹, Mauro Boreggio¹, Massimiliano Schiavo¹

¹ Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università di Padova, Legnaro (PD). E-mail: carlo.gregoretto@unipd.it

² Struttura Territoriale Veneto e Friuli – Venezia Giulia, Anas spa, Mestre. E-mail: e.delagrennelais@stradeanas.it

³ Autorità di Bacino per il Distretto delle Alpi Orientali, Trento, E-mail: michele.ferri@distrettoalpiorientali.it

Sommario

Le colate detritiche su conoide hanno un percorso stabile quando il canale lo incide profondamente, altrimenti sono soggette ad avulsioni. L'avulsione è una deviazione del percorso della colata che si verifica, quando il canale attivo risulta ostruito parzialmente o totalmente per cui la colata fuoriesce (*De Haas et al., 2018*). L'ostruzione è dovuta a fenomeni di deposito di eventi precedenti od in corso. Le avulsioni costituiscono una minaccia severa per aree abitate ed infrastrutture stradali perché possono aggirare le opere per l'invaso dei sedimenti trasportati dalle colate detritiche quali le piazze di deposito ed i bacini di ritenuta (*Barbini et al., 2024*). Nel presente contributo si introduce un sistema di opere per proteggere centri abitati ed infrastrutture stradali su conoidi soggette ad avulsioni. Il sistema di opere tipo consiste in un due canali collettori ed un bacino di ritenuta: i primi intercettano le avulsioni e le convogliano al secondo. Nei riquadri a e b di Figura 1 è illustrato un sistema tipo. Questo tipo di opera è utilizzato a Fiames (Cortina d'Ampezzo, BL) a protezione della SS51 e dello svincolo Nord della variante di Cortina. Dopo aver individuato i percorsi storici delle colate (Figura 1c) e le direzioni principali di avulsione, in base alla morfologia del conoide si progettano due canali collettori che intercettino le colate e le convogliano al bacino di ritenuta (Figura 1d). La sezione trasversale è larga 10 m con il fondo inclinato trasversalmente di 8° verso monte. In corrispondenza delle direzioni principali di avulsione si realizzano degli inviti per favorire l'incanalamento nel canale collettore del deflusso intercettato. La pendenza dei canali collettori risulta di 16°, che in corrispondenza degli inviti scende a 12°. Il bacino di ritenuta non ha la forma a pera, bensì è allungato sui lati per una migliore captazione del deflusso in arrivo lateralmente, conservando una certa profondità verso monte. Il bacino deve avere una capienza superiore a quella del volume di sedimento dell'idrogramma di progetto perché a differenza di un fluido, l'attrito sul fondo impedisce una diffusione omogenea ed il riempimento dell'intero bacino. Il flusso in arrivo tende, infatti, ad arrestarsi appena la pendenza del fondo diminuisce, per cui si ha un riempimento parziale. Si verifica il sistema di opere mediante la catena modellistica proposta da Barbini et al. (2024) avendo determinato gli idrogrammi di progetto relativi agli scenari di colata detritica con il massimo del picco della portata e del volume solido-liquido secondo la procedura indicata nell'allegato I del PGRA dell'Autorità di Bacino del Distretto delle Alpi Orientali. Il quadrante e di Figura 1 mostra che tutto il deflusso viene intercettato ed invasato, ed il quadrante f che il franco idraulico di 1.5 m, secondo Il D.M. 26/6/2014, viene rispettato in corrispondenza della sponda esterna dei canali e del bacino di ritenuta.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

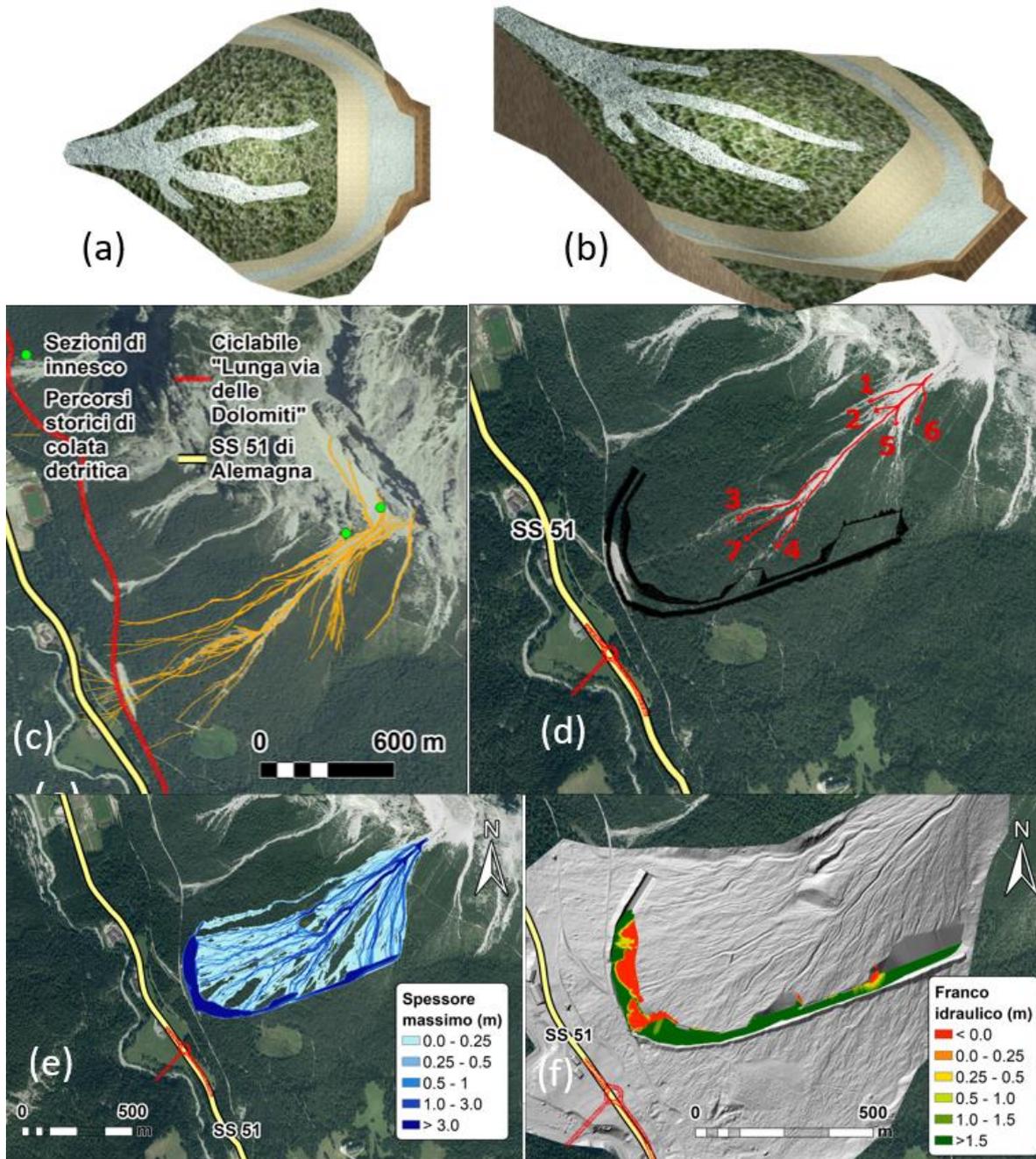


Figura 1. Vista in pianta (a) e prospettica (b) di un sistema tipo di opere per l'intercettazione di colate detritiche e l'invaso di sedimenti in presenza di avulsioni. Il conoide di Fiames con i percorsi storici delle colate (c) e lo schema dell'opera proposta con le direzioni principali di avulsione (d). Ai riquadri (e) e (f), rispettivamente l'involuppo delle profondità massime secondo gli scenari di progetto, ed i corrispondenti valori minimi del franco idraulico.

Bibliografia

[1] de Haas, T., A. L. Densmore, M. Stoffel, H. Suwa, F. Imaizumi, J.A. Ballesteros-Canovas and T. Wasklewicz. 2018, Avulsion and the spatio-temporal evolution of debris-flow fans. *Earth-Science Review*, 177, 53-75, doi:10.1016/j.earscirev.2017.11.007

[2] Barbini, M., Bernard, M., Boreggio M., Schiavo, M., & Gregoretti C. 2024, An alternative approach for the sediment control of in-channel stony debris flows with an application to the case study of the Ru Secco Creek (Venetian Dolomites, Northeast Italy) (in revisione)

HOW DO FORESTED CATCHMENTS ORIGINATE AND TRANSPORT SUSPENDED SEDIMENTS ACROSS MULTIPLE SCALES?

Diletta Chirici¹, Ilenia Murgia¹, Matteo Verdone¹, Lorenzo Innocenti², Francesca Manca di Villahermosa¹, Andrea Dani¹, Federico Preti¹, Giacomo Belli³, Duccio Gheri³, Luca Mao⁴, Emanuele Marchetti³, Luca Solari², Daniele Penna^{1,5}

¹ Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italy.
E-mail: diletta.chirici@unifi.it

² Department of Civil and Environmental Engineering (DICEA), Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italy.

³ Department of Earth Sciences (DST), Università degli Studi di Firenze, Firenze, Italy.

⁴ Department of Geography, University of Lincoln, Lincoln, UK.

⁵ Forest Engineering Resources and Management Department, Oregon State University, USA

Abstract

Suspended sediment transport in mountain catchments significantly affects the morphology and ecology of streams. However, the mechanisms determining sediment transport variability across different spatial scales in mountain forested catchments are still poorly understood. In this work, we aim to understand drivers and sources of sediment transport at different scales, adopting an integrated monitoring approach.

The experimental activities were conducted in the Rincine mountain catchment (33 km²), located in the Apennine Mountains, central Italy. This catchment is composed of different subcatchments including four adjacent monitored subcatchments: Bernace, Cornia, Molino di Rincine, and Re della Pietra. The latest is intensively instrumented for environmental and hydrological data collection. The outlet of the Rincine catchment is an artificial lake which is subject to progressive sedimentation (Figura 1).

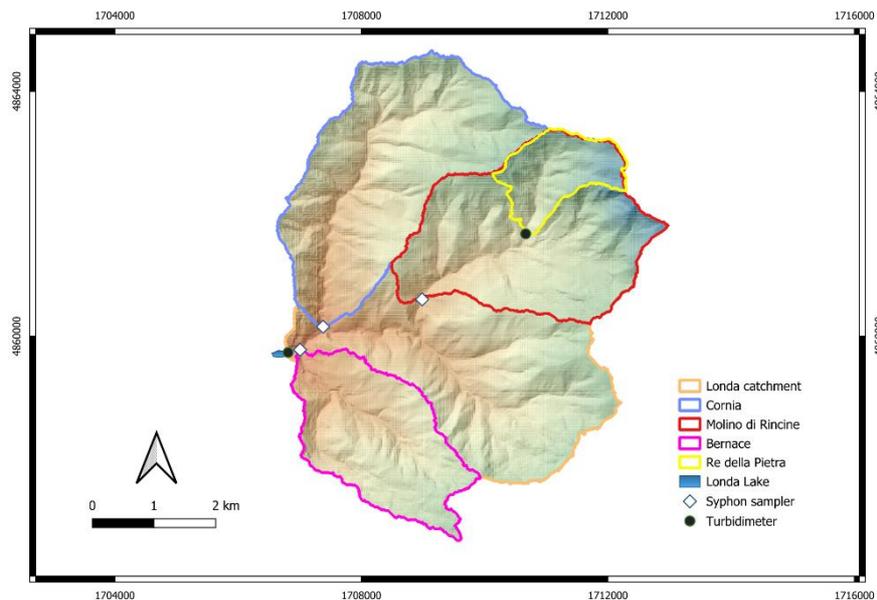


Figura 1. Digital Elevation Model of the Rincine catchment including the monitored sub-catchments

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Suspended sediment was monitored using two different instruments: a turbidimeter and syphon samplers.

The turbidimeter is located at the outlet of the Re della Pietra sub-catchment, recording every 5 minutes. Raw turbidity values were converted to concentrations through samples collected by an automatic sampler during large storm events. Three syphon samplers for manual sample collection are located at the outlet of the Bernace, Cornia, and Molino di Rincine subcatchments to quantify their contribution to the total amount of sediment transported downstream to the lake.

A weather station, a stream gauge close to the turbidimeter, and soil moisture sensors at different depths are also available in the Re della Pietra sub-catchment.

Preliminary results show a coherent temporal pattern between turbidity, rainfall, streamflow, and soil moisture. Turbidity responded well to rainfall events and to the associated moderate and large runoff events, whereas no or negligible turbidity was recorded during small and low-intensity rainfall events. Particularly, turbidity appeared to be sensitive to antecedent conditions: rainfall events of similar size and intensity generated substantial more amount of suspended sediment during wet periods (with high soil moisture) compared to dry periods. Future analysis will focus on expected hysteresis patterns between suspended sediment and streamflow to elucidate potential switches in sediment sources. Moreover, the role of large wood in trapping fine sediment in pools and releasing it during runoff events due to large wood mobilization will also be investigated.

THE NEW OPERATIONAL BEDLOAD MONITORING STATION IN THE SOLDA RIVER (SOUTH TYROL, ITALY)

Rudi Nadalet¹, Roberto Dinale¹, Andrea Andreoli², Matthias Bonfrisco², Francesco Comiti², Marco Cavalli³,
Velio Coviello³, Stefano Crema³, Marco Piantini³, Silvia Simoni⁴, Fabrizio Zanotti⁴, Gianluca Vignoli⁵,
Gianluca Antonacci⁶, Dieter Rickenmann⁷

¹ Office for Hydrology and Dams - Civil Protection Agency, Autonomous Province of Bolzano

² Free University of Bozen-Bolzano

³ Research Institute for Geo-Hydrological Protection (IRPI) of the National Research Council (CNR) of Padova

⁴ Mountain-eering Srl, Bolzano

⁵ Penta Automazioni industriali Srl, Bologna

⁶ Cisma Srl, Bolzano

⁷ Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf

Abstract

The new monitoring station is part of the operational gauging network of the Civil Protection Agency of Bolzano (Italy) and was developed thanks to the collaboration with the scientific community and private companies. The station was mainly financed through two ERDF 2014-2020 projects of the Autonomous Province of Bolzano and was completed in 2022 in replacement of the experimental station operated during the period from 2014 to 2020 within the Aquased project.

In addition to classic hydrometric variables and suspended sediment monitoring, the station enables the quantification of the bedload transported by the Solda river located in South Tyrol, Italy. Bedload measurement is based on the use of seismic sensors (geophones) to record the vibrations generated by the impact of (coarser) sediment particles on steel plates. Seismic signal calibration is carried out through direct measurements of bed load. For this purpose, an innovative bridge-like structure (BLS) was designed with an electronically controlled mobile trap sampler (Fig. 1). The combination of the supporting structure, the mobile boom and the electronic control system guarantee high accuracy in the positioning of the trap close to each geophone plate.



Figure 1. View of the BLS during the lifting of the mobile trap sampler.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

The data provided by the station constitute an important decision-making support for the fulfilment of the institutional tasks of the Civil Protection Agency in accordance with the current legislation on water use and risk management arising from natural hazards (water use plan, danger zone planning). In particular, sediment monitoring is linked to the Water Framework Directive (2000/60/EC) and the Floods Directive (2007/60/EC), allowing a better understanding of the following issues: i) quantitative estimation of the annual sediment load; ii) prediction of solid transport as a function of liquid flow and river morphology; iii) impact of climate change on sediment transport; iv) design of efficient flood risk mitigation measures; v) impact of sediment transport on fluvial morphology and aquatic ecosystems.

Data analysis is financed by the Civil Protection Agency and carried out jointly by the Research Institute for Geo-Hydrological Protection (IRPI) of the National Research Council (CNR) of Padova and by the Free University of Bozen-Bolzano. Preliminary results from bedload measurements carried out during summer and autumn 2023 highlighted the strengths of the new bedload sampling system. From a quantitative point of view, the current set-up compared to the experimental set-up saves time in both the organizational (also improving timing) and operational phases. From a qualitative point of view, the bedload sampling system, thanks to the stiffness of the BLS and the precision of the sampler-positioning, demonstrated to be highly reliable, bringing a significant improvement in the performance of the calibration process.

References

- [1] Nadalet, R., Dinale, R., Piantini, M., Bonfrisco, M., Vignoli, G., Antonacci, G., Simoni, S., Zanotti, F., Cavalli, M., Crema, S., Coviello, V., Rickenmann, D., Comiti, F., (2024). The new operational bedload monitoring station in the Sulden/Solda river (South Tyrol, Italy): Innovative aspects and preliminary observations. *Interpraevent 2024*, Vienna, Austria.
- [2] [Coviello V.](#), [Vignoli G.](#), [Simoni S.](#), [Bertoldi W.](#), [Engel M.](#), [Buter A.](#), [Marchetti G.](#), [Andreoli A.](#), [Savi S.](#), [Comiti F.](#), (2022). Bedload Fluxes in a Glacier-Fed River at Multiple Temporal Scales. *Water Resources Research*.
- [3] Galos, S. P., Klug C. & Dinale R. (2022). 20 years of glacier change: the homogenized glacier inventories for South Tyrol 1997-2005-2017. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 45(2022), 71-83.
- [4] Mao, L., Dell'Agnese, A., Huincahe, C., Penna, D., Engel, M., Niedrist, G., & Comiti, F. (2014). Bedload hysteresis in a glacier-fed mountain river. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39(7), 964–976.
- [5] Nicollier, T., Antoniazza, G., Rickenmann, D., Hartlieb, A., & Kirchner, J. W. (2022). Improving the calibration of the Swiss plate geophone bedload monitoring system by filtering out Seismic signals from extraneous particle impacts. *Earth and Space Science*, 9, e2021EA001962.
- [6] Portogallo, M., Simoni, S., Vignoli, G., & Bertoldi, W. (2022). Analysis of the vibration modes of impact geoplates and implications for bedload flux and grain size measurements. *Water Resources Research*, 58, e2022WR032116.
- [7] Antoniazza, G., Nicollier, T., Wyss, C. R., Boss, S., & Rickenmann, D. (2020). Bedload transport monitoring in alpine rivers: Variability in Swiss plate geophone response. *Sensors*, 20(15), 4089.
- [8] Comiti, F., Mao, L., Penna, D., Dell'Agnese, A., Engel, M., Rathburn, S., & Cavalli, M. (2019). Glacier melt runoff controls bedload transport in Alpine catchments. *Earth and Planetary Science Letters*, 520, 77–86.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

URBAN FLOODS FROM VIDEO RECORDINGS BY CITIZENS: THE CASE STUDY OF THE RIONE SASSI (MATERA)

Silvano Fortunato Dal Sasso¹, Leonardo Mita¹, Robert Ljubicic², Alonso Pizarro³

¹ Department of European and Mediterranean Cultures: Architecture, Environment and Cultural Heritage (DICEM), University of Basilicata, 75100 Matera, Italy

¹ Department of Hydraulic and Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Belgrade 1120, Serbia

³ Escuela de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad Diego Portales, 8370109 Santiago, Chile

Abstract

Nowadays, the effects of climate change produce an increase in extreme events with a severe impact in urban areas on citizens, infrastructures, ancient monuments, and commercial activities. The use of a variety of data sources such as historical records and flood marks (water level and flow velocities) from local sensors, photographs from social media and citizen science are useful to feed flood assessment and management plans (Boursicaud et al., 2016). This is extremely important for pre-event information to build flood risk reduction assets, for during-event information when monitoring and modelling coexist, and for post-event information for recovering and clean-up phase (Pizarro et al., 2024).

In this work, videos recorded by citizens during the last extreme rainfall events occurred in the city of Matera (3 August 2018, 12 November 2019, and 2 June 2023) were analysed to reconstruct the main effects in terms of flow velocities and discharge along the old drainage channel known as “grabiglione” (current street Via Buozzi) in the Sassi district. Such events caused the flooding of many streets and squares, and inconvenience for the population, as well as serious damage to some commercial activities. Large quantities of float material (outdoor furnishings, debris, motorcycles, and civil) were transported along the steep street (with a gradient of 0.07 m/m) of the historical district.

Videos at low resolution (image size 360x640 px) and at 30 frames per second sampling rate, acquired from different viewpoints, were processed using the SSIMS-Flow tool (Ljubičić et al., 2023). Because of the non-nadir video acquisitions, video camera calibration and stabilisation were performed measuring such visible elements as targets nearby the reference cross section during a post-flood campaign. Considering the presence of waves in the scene, no image enhancement procedures were applied. On average, surface velocities between 3 and 4 m/s were computed. Results were verified by calculating the time difference between the floats passing through the two sections and the respective distance. A discharge value between 1.5 and 2 m³/s was estimated considering the relative positioning of the free-surface at 0.1 m depth and the velocity coefficient equal to 0.85. Similar results were obtained adopting traditional methods for the indirect determination of discharge (slope-area method).

Results evidenced the importance of the position of the reference cross section for non-nadir acquisitions. Videos recorded from the side allowed to overcome some uncertainties due to the highly oblique recording angles and the steep slope of the free surface. The severity of these events raise questions about the security of citizens, tourists, commercial activities, and monuments. In the future, other useful sources of videos from surveillance cameras from the Municipality of Matera will be available to support flood risk management activities.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- [1] Le Boursicaud, R., Pénard, L., Hauet A., Thollet, F., Le Coz, J., 2016. Gauging extreme floods on YouTube: Application of LSPIV to home movies for the post-event determination of stream discharges. *Hydrological Processes*, 30 (1), pp.90-105.
- [2] Ljubičić, R., Dal Sasso, S.F., Zindović, B., 2023. SSIMS-Flow: Image velocimetry workbench for open-channel flow rate estimation. *Environmental Modelling & Software*, 173, p.105938
- [3] Pizarro, A., Dal Sasso, S. F., Peña-Haro, S., Manfreda, S., 2024. Urban river management by innovative monitoring, Book chapter in *Managing Urban Rivers: From Planning to Practice*, ELSEVIER, 2021

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

USING A CITIZEN SCIENCE METEOROLOGICAL STATION NETWORK FOR HYDROLOGICAL APPLICATIONS

Alessandro Ceppi^{1,3}, Enrico Gambini¹, Giovanni Ravazzani¹, Fabio Pilotti¹, Alberto Negretti², Francesca Rampinelli¹, Guido Cioni³, Marco Mancini¹, Marco Giuzzi³

¹Department of Civil and Environmental Engineering (D.I.C.A.), Politecnico di Milano, Milano, Italy

²Terraria S.r.l.: Functional Monitoring Centre for Natural Hazards, Milano, Italy

³Associazione Meteonetwork OdV, Milano, Italy

Abstract

Citizen science has shown great potential for bringing large groups of people closer to science, thanks in part to cooperation with universities and research centres. In this context, amateur weather networks played a major role in the last few decades thanks to a constant growth in technology. An example is given by the Meteonetwork (MNW) association, born in 2002, and mainly composed by atmospheric science enthusiasts, who built up in time a huge meteorological network in Italy and Europe, displaying real time observations with more than 6500 stations, and with around 3400 constantly on-line during the day (Giuzzi et al., 2022).

During the last decade, MNW stipulated official agreements to supply long data series for universities, private companies, institutions, students, and researchers, the aim of this study is to show different applications, using the MNW database particularly in the field of hydrology.

The university of Politecnico di Milano, for instance, has utilized this dataset for real-time hydro-meteorological simulations for droughts (Ceppi et al., 2014) and floods forecasts (Ravazzani et al., 2016; Lombardi et al., 2018). These weather data help to update the meteorological input into the FEST-WB hydrological model and give a better overview of local ground measurements in the precipitation field and surface soil moisture (Paciolla et al., 2020; Ceppi et al., 2023; Gambini et al., 2024).

A second example comes from the validation of the PRISMA dataset, which merges rain gauge measurements by ARPA Lombardy and rainfall intensity estimates by the MeteoSwiss weather radar, located on the Monte Lema. This PRISMA dataset has been tested through a comparison with MNW data on several rainfall events (i.e., stratiform and convective ones) in the 2013-2022 period, giving positive feedback for regional civil protection in flood risk management.

Lastly, thanks to the long data series which has been created in more than 20 years of MNW history, another analysis aims to reconstruct the climatology of daily meteorological data on maximum, minimum, and average temperatures, as well as the cumulated precipitation. The idea is to use, for each station, the nearest grid points taken by the gridded reanalysis models, such as ERA5, MERIDA, CERRA, to find a relationship, through a Machine Learning (ML) model, which connects the reanalysis data to the station data over a common time period. Once this relationship is found, reanalysis data for the period 1991-2020 can be used as input to reconstruct an equivalent time series for the station over the same period. This tool has a huge potential for providing an integrative valuable source of data, especially in regions where few observations currently exist, thereby adding value to hydro-meteorological applications.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- [1] Ceppi, A., Chaves González, N. A., Davolio, S., & Ravazzani, G. (2023). Can meteorological model forecasts initialize hydrological simulations rather than observed data in ungauged basins? *Meteorological applications*, 30(6).
- [2] Ceppi, A.; Ravazzani, G.; Corbari, C.; Salerno, R.; Meucci, S.; Mancini, M. Real-time drought forecasting system for irrigation management. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2014, 18, 3353–3366. <https://doi.org/10.5194/hess-18-3353-2014>.
- [3] Gambini, E., Ceppi, A., Ravazzani, G., Mancini, M., Valsecchi, I. Q., Cucchi, A., Negretti, A., & Tolone, I. (2024). An empirical rainfall threshold approach for the civil protection flood warning system on the Milan urban area. *Journal of hydrology*, 628.
- [4] Giazzi, M., Peressutti, G., Cerri, L., Fumi, M., Riva, I. F., Chini, A., Ferrari, G., Cioni, G., Franch, G., Tartari, G., Galbiati, F., Condemi, V., & Ceppi, A. (2022). Meteonetwork: an open crowdsourced weather data system. *Atmosphere*, 13(6).
- [5] Lombardi, G.; Ceppi, A.; Ravazzani, G.; Davolio, S.; Mancini, M. From deterministic to probabilistic forecasts: The 'shift-target' approach in the Milan urban area (northern Italy). *Geosci. J.* 2018, 8, 181. <https://doi.org/10.3390/geosciences8050181>.
- [6] Paciolla, N.; Corbari, C.; Al Bitar, A.; Kerr, Y.; Mancini, M. Irrigation and Precipitation Hydrological Consistency with SMOS, SMAP, ESA-CCI, Copernicus SSM1km, and AMSR-2 Remotely Sensed Soil Moisture Products. *Remote Sens.* 2020, 12, 3737. <https://doi.org/10.3390/rs12223737>.
- [7] Ravazzani, G.; Amengual, A.; Ceppi, A.; Homar, V.; Romero, R.; Lombardi, G.; Mancini, M. Potentialities of ensemble strategies for flood forecasting over the Milano urban area. *J. Hydrol.* 2016, 539, 237–253. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.023>.

PRELIMINARY DATA ACCURACY ASSESSMENT OF IoT-BASED PERSONAL METEOROLOGICAL STATIONS

Benedetta Moccia¹, Elena Ridolfi¹, Fabio Russo¹, Francesco Napolitano¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale, Università degli Studi di Roma La Sapienza, Roma.
E-mail: benedetta.moccia@uniroma1.it

Abstract

While rainfall hold numerous benefits, they can also lead to catastrophic events such as floods which may cause loss of life, destruction of infrastructure, and significant economic damages worldwide. To mitigate such impacts it is necessary to predict accurately rainfall from historical data. However, due to high spatial and temporal variability, accurate rainfall measurement is challenging [1]. Rain gauge networks, radars, and satellites traditionally serve as primary sources of rainfall data [2]. However, with the advent of the Internet of Things (IoT) [3], meteorological monitoring has been expanded to include Personal Meteorological Stations (PMSs). These stations, leveraging crowdsourced data and IoT technologies, provide real-time meteorological information, fostering citizen engagement in weather monitoring. The rise of PMSs offers higher resolution measurements and extends observations to previously ungauged or poorly-gauged areas. Netatmo¹ is among the prominent platforms offering PMSs, featuring instruments that communicate wirelessly and transmit data to an internal module for online access. Despite the potential of this monitoring network, literature highlights several challenges. While PMSs offer high spatial and temporal resolution, they are prone to systematic errors, hindering their real-time utility [4]. Critical issues include a lack of information on sensor types, installation methods, and maintenance, diverging from official monitoring network standards [5].

In this work, we conduct a preliminary analysis on the performance of the Netatmo PMSs network in the city of Rome. Specifically, we compare rainfall observations recorded by PMSs with those belonging to the official rain gauges network of the Lazio Civil Protection. To identify PMSs providing reliable and accurate data, we implement (i) a proximity-based approach and (ii) a quality control methodology as proposed in [4]. The results obtained by our analysis indicate the potential of PMSs to offer a compelling avenue for enhancing rainfall monitoring useful for hydrological applications. Indeed PMSs, with their affordability and simplicity, could provide insights even in ungauged or poorly-gauged areas, solely relying on internet connectivity. Furthermore, such an integration could significantly strengthen rainfall monitoring serving various purposes, including filling gaps in the official network, improving spatio-temporal coverage, and supporting early warning systems. In summary, while PMSs offer a promising avenue for meteorological monitoring, addressing technical and procedural challenges is crucial to unlock their full potential for hydrological applications. Further research is needed to refine correction algorithms and validate PMS data across various regions, ensuring their reliability and usability in rainfall monitoring and hydrological modeling.

¹ The Netatmo Weather Map is available at: <https://weathermap.netatmo.com/>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- [1] Moccia, B., Mineo, C., Ridolfi, E., Russo, F., & Napolitano, F. (2021). Probability distributions of daily rainfall extremes in Lazio and Sicily, Italy, and design rainfall inferences. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 33, 100771.
- [2] Kidd, C., Becker, A., Huffman, G.J., Muller, C.L., Joe, P., Skofronick-Jackson, G., Kirschbaum, D.B., "So, how much of the Earth's surface is covered by rain gauges?", *Bulletin of the American Meteorological Society*. 98, 69–78 (2017).
- [3] Fadhel, N., Lombardi, F., Aniello, L., Margheri, A., Sassone, V., "Towards a semantic modelling for threat analysis of IoT applications: A case study on transactive energy", *IET Conference Publications*. 2019, 1–6 (2019).
- [4] de Vos, L.W., Leijnse, H., Overeem, A., Uijlenhoet, R., "Quality Control for Crowdsourced Personal Weather Stations to Enable Operational Rainfall Monitoring", *Geophysical Research Letters*. 46, 8820–8829 (2019).
- [5] Bárdossy, A., Seidel, J., & El Hachem, A. (2020). The use of personal weather station observation for improving precipitation estimation and interpolation. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2020, 1-23.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

PROGRESSI NELLE TECNOLOGIE DI MISURAZIONE DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA: VALUTAZIONE E CONFRONTO DEL NUOVO SCHERMO SOLARE SMART CELLINO

Adriano Fedi¹, Giovanni Ceccarini¹, Stefano Perin¹, Alex Stevanin¹ and Marcellino Salvador²

¹ SIAP+MICROS S.p.A., San Fior (TV). E-mail: sales@siapmicros.com

² OSMER ARPA FVG, Palmanova (UD). E-mail: marcellino.salvador@arpa.fvg.it

Sommario

Misurando la temperatura dell'aria, l'elemento più importante che influenza la qualità dei dati è rappresentato dallo schermo solare. Infatti, gli effetti positivi derivanti dalla scelta di termometri con precisione di 0,1 °C (o più) potrebbero essere vanificati da errori anche > 1 °C, direttamente dipendenti da quel componente dei sensori.

Soddisfacendo la necessità di tecnologie di misurazione evolute per comprendere gli impatti dei cambiamenti climatici, presentiamo un'analisi dei risultati emersi dalla valutazione dello schermo solare SMarT CELLino di Siap+Micros. Questo dispositivo, basato su un'idea innovativa brevettata e sull'utilizzo dei migliori materiali disponibili, si è rivelata, ad oggi, la migliore soluzione per la misurazione della temperatura dell'aria con particolare riferimento alle condizioni meteorologiche e ambientali più difficili (alti livelli di radiazione solare, venti deboli, presenza di neve).

Nel corso del nostro studio, abbiamo confrontato SMarT CELLino con i migliori schermi solari attualmente disponibili sul mercato, esaminandone le prestazioni in diverse condizioni atmosferiche per diversi mesi, in diversi siti caratterizzati da caratteristiche diverse e specifiche. I nostri risultati hanno evidenziato i vantaggi eccezionali offerti da SMarT CELLino, in particolare in condizioni di vento calmo, dove ha performato significativamente meglio rispetto ai modelli a confronto.

L'efficacia di SMarT CELLino nel ridurre fortemente l'effetto interferente delle radiazioni solari (dirette e diffuse) ha importanti implicazioni per tutte le applicazioni legate all'idrologia: la misura della temperatura dell'aria è cruciale in idrologia perché influisce sui tassi di evaporazione e traspirazione, che a loro volta determinano la disponibilità di acqua nel suolo e nei corpi idrici. Inoltre, la temperatura dell'aria influenza i processi di scioglimento della neve e di formazione del ghiaccio, essenziali per la gestione delle risorse idriche.

Questo studio dimostra l'impatto derivante dall'utilizzo di tecnologie innovative e dall'integrazione di approcci avanzati per superare gli attuali limiti dei dispositivi attualmente disponibili sul mercato di riferimento. I risultati mostrati nel nostro lavoro permetteranno di apprezzare senza alcun dubbio i benefici derivanti da un'ampia adozione del nuovo schermo antiradiazioni SMarT CELLino.

Bibliografia

[1] WMO - "Guide to Instruments and Methods of Observation, Volume I -Measurement of Meteorological Variables" CIMO Guide n. 8 - rel. 2021

[2] J. Yang* and Q.Q. Liu, A Temperature Error Correction Method for a Thermometer Screen, ACTA PHYSICA POLONICA A No. 4 Vol. 132-2017

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

L'EFFETTO DELL'OROGRAFIA SULLE PRECIPITAZIONI ALLA LUCE DELLE VARIAZIONI DELLE RETI DI MONITORAGGIO PLUVIOMETRICO

Antonia Longobardi, Giacomo Nicoletti, Maria Francesca Palmiero, Paolo Villani

Dipartimento Ingegneria Civile, Università di Salerno, Fisciano. E-mail: alongobardi@unisa.it

Sommario

La misura di grandezze idrologiche, rappresentative o comunque significative per la interpretazione di un dato fenomeno, viene solitamente estesa soltanto a pochi punti, per ovvie ragioni pratiche e di economia. Tali punti, scelti non sempre in maniera opportuna o rappresentativa del fenomeno, sono distribuiti sul territorio a formare una rete di monitoraggio, generalmente senza alcuna regolarità nello spazio. Per le ragioni più diverse risulta a volte però necessario conoscere la distribuzione spaziale del fenomeno in questione e frequentemente, ad esempio per la necessità di collegare la informazione spaziale a modelli idrologici, risulta importante possedere il dato su una griglia regolare. Le informazioni puntuali disponibili vengono per questo scopo filtrate attraverso tecniche di interpolazione che forniscono come risultato una superficie, di valori interpolati, della grandezza di interesse.

Nella letteratura sono ben descritti numerosi esempi e metodologie di interpolazione spaziale della precipitazione. Si distingue generalmente tra metodi grafici topografici e numerici e tra questi ultimi si ricordano le tecniche geostatistiche (Matheron, 1971). Queste ultime consentono di portare in conto l'influenza della elevazione sul valore della precipitazione, condizione di primaria importanza soprattutto in quelle regioni in cui la presenza di rilievi agisce in maniera determinante nella formazione del fenomeno (Moral, 2010). Proprio per portare in conto l'importanza delle barriere orografiche nella distribuzione spaziale della precipitazione media annua, Longobardi and Villani (2010) avevano proposto, per la regione Campania, un "modello di transetto", con uno studio dettagliato dei valori di piovosità nell'ambito di porzioni limitate del territorio indicate come l'insieme di transetti e relative aree di influenza (Figura 1).

Rispetto alla direzione dei venti dominanti sull'area, orientati nella direzione SW-NE (ortogonali ai transetti), secondo il modello proposto le barriere orografiche producono un allungamento della durata delle precipitazioni con una variabilità lineare, rispetto alla quota, nelle aree sopravvento (h_1) ed esponenziale in quelle sottovento (h_2). Il massimo viene raggiunto in corrispondenza del valore massimo della quota. L'estensione longitudinale delle singole aree in cui il transetto è suddiviso dipende evidentemente dalla consistenza spaziale e temporale della rete di monitoraggio utilizzata per l'occasione, costituita da 154 stazioni gestite dal SIMN nel periodo tra il 1918-1999.

La ristrutturazione della rete di monitoraggio pluviometrico nella regione Campania, ad opera del Dipartimento di Protezione Civile, ha condotto ad una rete odierna costituita da 186 stazioni con una diversa dislocazione spaziale. Il lavoro presentato illustra proprio l'effetto determinato dalla modifica strutturale di tale rete sul metodo di interpolazione di transetto presentato. A partire da un database ricostruito per un lungo periodo di tempo dal 1918-2020, nato dalla unione delle due precedentemente citate reti, avente una caratteristica di diffusa copertura spaziale e di continuità temporale (Longobardi et al., 2021) è stato possibile validare l'idea concettuale di influenza delle barriere orografiche.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

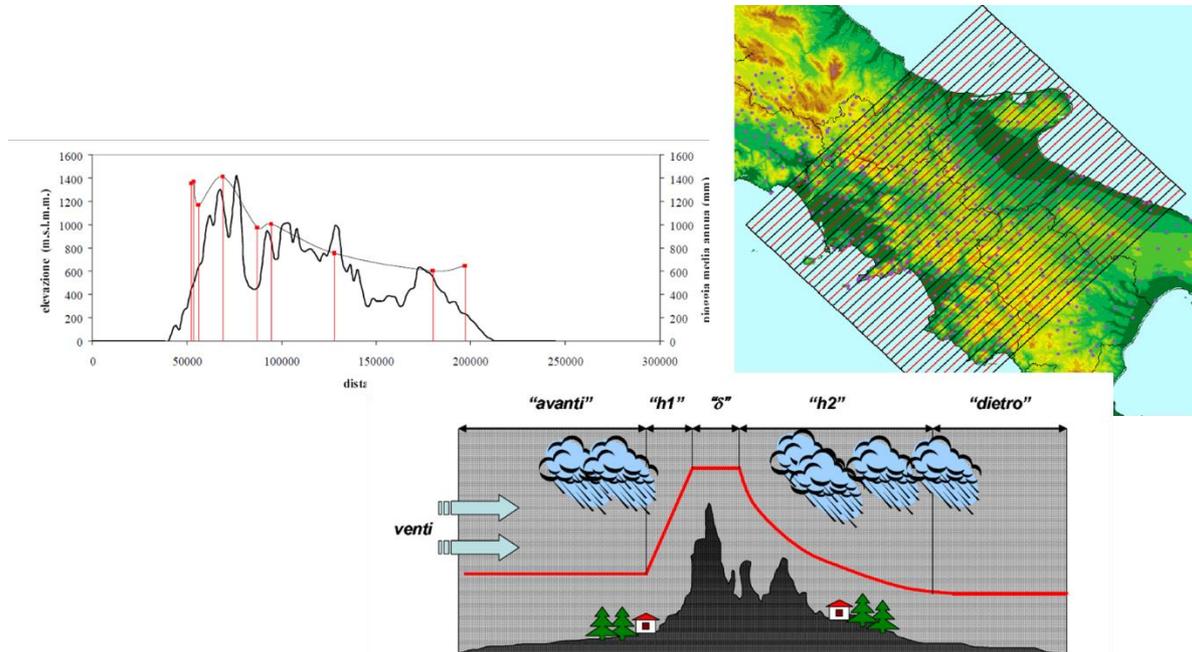


Figura 1. Il modello di transetto per la spazializzazione della pioggia media annua in Campania

Bibliografia

- [1] Matheron, G., 1971. The Theory of Regionalized Variables and Its Applications. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique in Fontainebleau, Paris.
- [3] Moral, F.J., 2010. Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. International Journal of Climatology, 30, pp.620-631.
- [4] Longobardi, A. and Villani, P., 2010. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. International Journal of Climatology, 30(10), pp.1538-1546.
- [5] Longobardi, A., Boulariah, O. and Villani, P., 2021. Assessment of centennial (1918-2019) drought features in the Campania region by historical in situ measurements (southern Italy). Natural Hazards and Earth System Sciences, 21(7), pp.2181-2196.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

BIAS ADJUSTMENT OF INTEGRATED MULTI-SATELLITE RAINFALL ESTIMATES

Niloufar Beikahmadi¹, Dario Treppiedi¹, Caterina Alonzo¹, Antonio Francipane¹, Leonardo V. Noto¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università di Palermo, Palermo. E-mail: niloufar.beikahmadi@unipa.it

Abstract

Satellite precipitation products (SPPs) are increasingly utilized for the high spatio-temporal resolution that can be reached, even though they often exhibit biases compared to ground observations, which hinders accurate local impact assessments. To address this issue, in the last years, various statistical bias adjustment methods have been developed, ranging from simplistic linear scaling to more sophisticated distribution-based adjusting techniques. However, many of these methods assume stationarity in relationships, leading to inaccuracies in regions with significant climate variability. Some alternative approaches, instead, like Equidistant CDF Matching (ECDFM) [1] and Quantile Delta Mapping (QDM) [2], aim to capture non-stationarity in precipitation data. Additionally, one of the most notable problems with these models is dealing with precipitation datasets that exhibit zero-inflation. Traditional approaches to handling the zeros and drizzle effect, such as zero neglecting or applying positive correction, may lead to conditional biases or loss of sample characteristics and consistency. Therefore, in the last few years, some new techniques such as left tail censoring, Singularity Stochastic Removal (SSR) [3], and truncated logistic modelling [4] have been introduced.

In this work, we propose a framework for refining and assessing distribution-based bias adjustment techniques applied to the Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG) satellite rainfall estimates over Sicily (Italy). The island lies in the middle of the Mediterranean seas and is characterized by a semi-arid climate with almost no rain in the summers and precipitation timeseries that exhibits zero-inflation. In particular, we compare and adjust the 3IMERGDF-07 Final run of version 07 of IMERG product with rainfall measurements from the *Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano* (SIAS) for the period 2013-2022 which integrates information from 106 rain gauge stations.

We primarily applied the four mentioned inflation handling methods on the datasets aiming to reduce systematic bias within satellite precipitation estimates. Subsequent, we implemented four distribution-based bias adjusting methods tailored to precipitation characteristics: empirical or parametric Quantile Mapping (QM), QDM, CDF transfer (CDFt) [3], and ECDFM to correct daily precipitation. From the statistical point of view, while QM, QDM and ECDFM are parametric methods, for each of which a hurdle/Gamma distribution is fitted, CDFt and EQM are empirical mapping.

Figure 1 illustrates the percentage bias in daily precipitation before (raw IMERG) and after bias-correction using various methods. As it is possible to observe, raw IMERG data generally overestimates precipitation across higher quantiles and underestimates over the lower quantiles. While correction methods generally reduce uncertainties, except for EQM, their effectiveness varies depending on the metric. Moreover, methods that account for zero inflation effectively reduce bias for dry days, with CDFt and QDM_c emerging as top performers overall.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

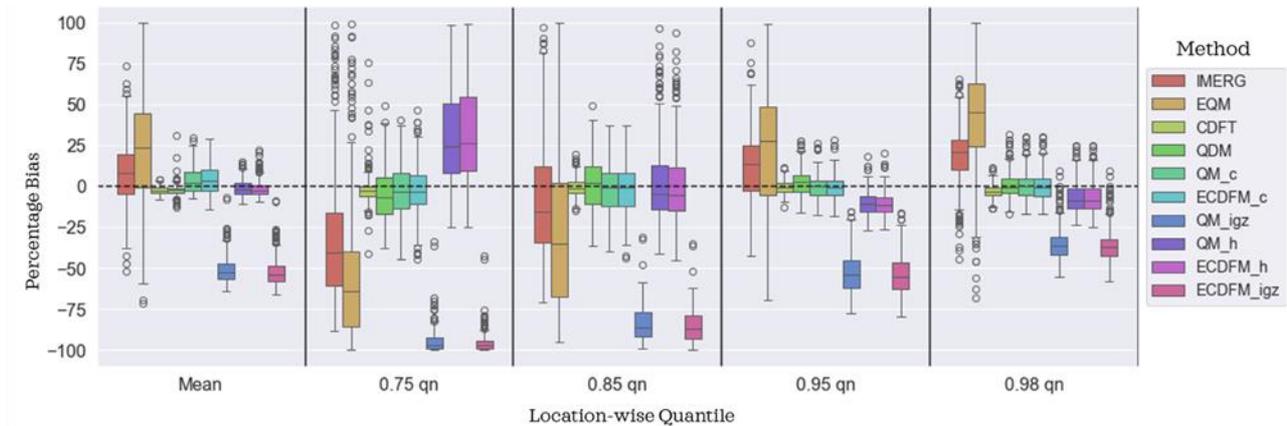


Figure 7. Boxplots comparing percentage bias in daily precipitation before (IMERG) and after bias adjustment using different methods for selected quantiles.

References

- [1] Li, H., J. Sheffield, and E.F. Wood, Bias correction of monthly precipitation and temperature fields from Intergovernmental Panel on Climate Change AR4 models using equidistant quantile matching. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2010. 115(D10).
- [2] Cannon, A.J., S.R. Sobie, and T.Q. Murdock, Bias correction of GCM precipitation by quantile mapping: how well do methods preserve changes in quantiles and extremes? *Journal of Climate*, 2015. 28(17): p. 6938-6959.
- [3] Vrac, M., T. Noël, and R. Vautard, Bias correction of precipitation through Singularity Stochastic Removal: Because occurrences matter. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2016. 121(10): p. 5237-5258.
- [4] Zuur, A.F., et al., Zero-truncated and zero-inflated models for count data. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*, 2009: p. 261-293.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

SULLA RISOLUZIONE TEMPORALE DEI DATI DI PIOGGIA

Renato Morbidelli¹, Carla Saltalippi¹, Alessia Flammini¹, Jacopo Dari¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Via G. Duranti 93, Perugia.
E-mail: renato.morbidelli@unipg.it, carla.saltalippi@unipg.it, alessia.flammini@unipg.it, jacopo.dari@unipg.it

Sommario

I dati di pioggia sono fondamentali nello sviluppo della maggior parte degli studi idrologici. A seconda del tipo di sensore impiegato nella loro raccolta e dei corrispondenti sistemi di registrazione utilizzati, tali dati risultano poi caratterizzati da diverse risoluzioni temporali, t_a . Le più antiche informazioni pluviometriche venivano annotate manualmente con una risoluzione temporale grossolana, tipicamente giornaliera ma talvolta mensile. A parte poche eccezioni, le registrazioni meccaniche su carta millimetrata sono iniziate nella prima metà del secolo scorso, consentendo a t_a di assumere il valore di 1 ora o di 30 minuti. Le registrazioni digitali sono iniziate solo negli ultimi decenni del XX secolo, rendendo pertanto impossibili quelle indagini che richiedono lunghe serie temporali di dati pluviometrici sub-giornalieri, come ad esempio le analisi degli effetti dei cambiamenti climatici sulle precipitazioni intense di durata sub-oraria. Inoltre, è stato ampiamente dimostrato che l'utilizzo di dati pluviometrici caratterizzati da risoluzioni temporali grossolane può condurre a significative sottostime degli spessori di pioggia massimi annuali (Morbidelli et al., 2017), con conseguenti errori nel loro successivo utilizzo (ad esempio nella determinazione delle piogge di progetto). In Morbidelli et al. (2020) è stata presentata un'analisi storica dell'evoluzione temporale di t_a basata su un ampio database di reti pluviometriche operative in molte aree di studio. Sono stati raccolti dati di t_a relativi a 25.423 stazioni pluviometriche localizzate in 32 aree geografiche, con contributi maggiori provenienti da Australia, Stati Uniti, Italia e Spagna. Come mostrato nella Figura 1, attualmente solo il 50% delle stazioni fornisce dati pluviometrici che possono essere caratterizzati da risoluzione temporale qualsiasi (cui corrisponde convenzionalmente un $t_a=1$ min). Si evince che la conoscenza della storia delle stazioni pluviometriche consente di comprendere quali analisi siano possibili, quali lo siano con il rischio di significative approssimazioni e quale invece siano materialmente impossibili.

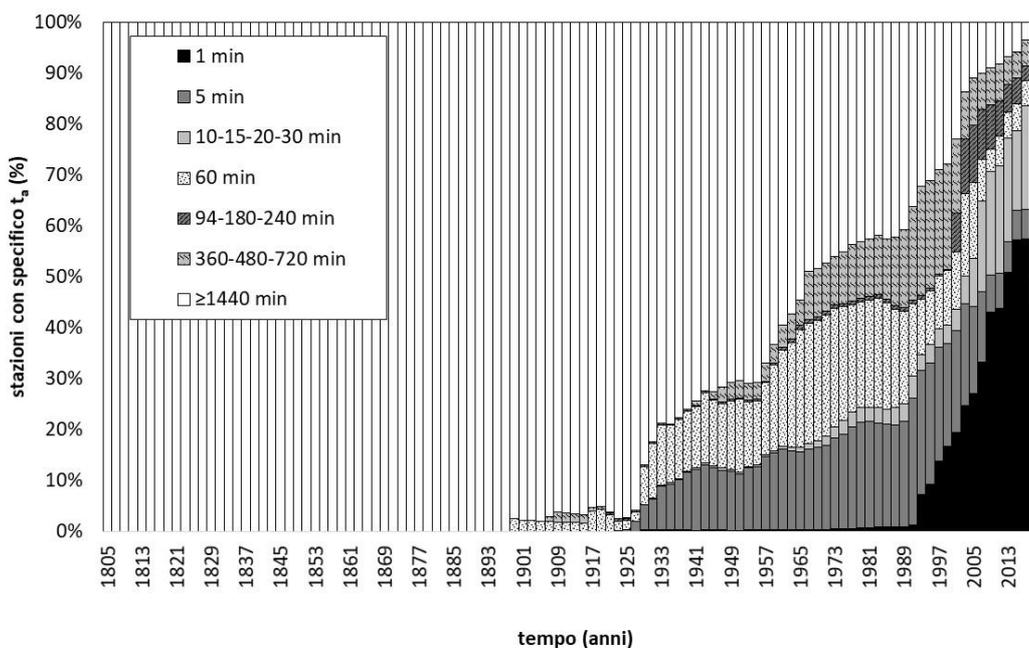


Figura 1. Percentuale di stazioni pluviometriche contenute nel database di Morbidelli et al. (2020) caratterizzate da specifica risoluzione temporale dei dati, t_a .

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Il principale obiettivo di questo lavoro consiste nell'integrare il database di Morbidelli et al. (2020), attraverso un appello esteso a chiunque sia in possesso di metadati di una o più stazioni pluviometriche. Particolare attenzione sarà prestata a quelle regioni italiane e a quelle aree geografiche del mondo i cui pluviometri non sono ancora presenti nel database (Figura 2).

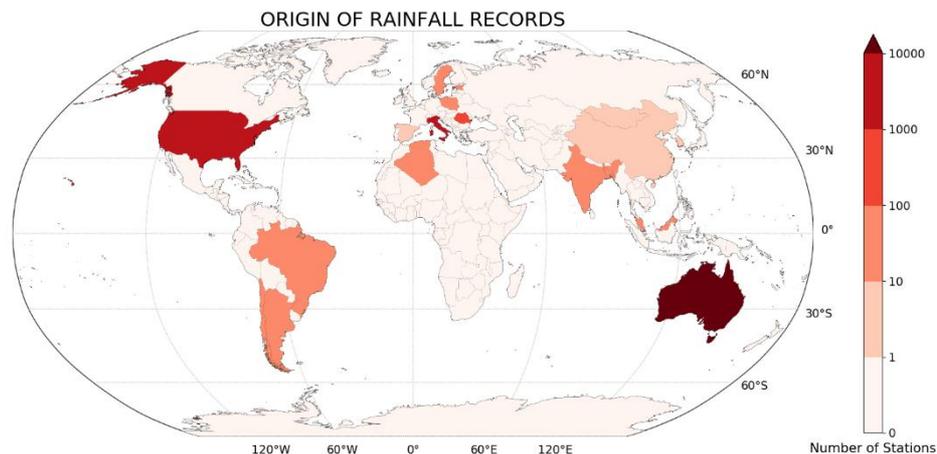


Figura 2. Posizione geografica delle stazioni pluviometriche considerate in Morbidelli et al. (2020). (fonte: Morbidelli et al., 2020).

Bibliografia

[1] Morbidelli, R.; García-Marín, A.P.; Al Mamun, A.; Atiqur, R.M.; Ayuso-Muñoz, J.L.; Bachir Taouti, M.; Baranowski, P.; Bellocchi, G.; Sangüesa-Pool, C.; Bennett, B.; Oyunmunkh, B.; Bonaccorso, B.; Brocca, L.; Caloiero, T.; Caporali, E.; Caracciolo, D.; Casas-Castillo, M.C.; Catalini, C.G.; Chettih, M.; Chowdhury, A.F.M.K.; Chowdhury, R.; Corradini, C.; Custò, J.; Dari, J.; Diodato, N.; Doesken, N.; Dumitrescu, A.; Estévez, J.; Flammini, A.; Fowler, H.J.; Freni, G.; Fusto, F.; García-Barrón, L.; Manea, A.; Goenster-Jordan, S.; Hinson, S.; Kanecka-Geszke, E.; Kanti Kar, K.; Kasperska-Wołowicz, W.; Krabbi, M.; Krzyszczak, J.; Llabrés-Brustenga, A.; Ledesma, J.L.J.; Liu, T.; Lompi, M.; Marsico, L.; Mascaro, G.; Moramarco, T.; Newman, N.; Orzan, A.; Pampaloni, M.; Pizarro-Tapia, R.; Puentes Torres, A.; Rashid, M.M.; Rodríguez-Solà, R.; Sepulveda Manzor, M.; Siwek, K.; Sousa, A.; Timbadiya, P.V.; Filippou, T.; Vilcea, M.G.; Viterbo, F.; Yoo, C.; Zeri, M.; Zittis, G.; Saltalippi, C. The history of rainfall data time-resolution in different geographical areas of the world. *J. Hydrol.* 2020, 590, 125258, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125258>.

[2] Morbidelli, R.; Saltalippi, C.; Flammini, A.; Cifrodelli, M.; Picciafuoco, T.; Corradini, C.; Casas-Castillo, M.C.; Fowler, H.J.; Wilkinson, S.M. Effect of temporal aggregation on the estimate of annual maximum rainfall depths for the design of hydraulic infrastructure systems, *J. Hydrol.* 2017, 554, 710-720, DOI: [10.1016/j.jhydrol.2017.09.050](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.050).

ANALISI DI COERENZA IDROLOGICA DI DIVERSI DATASE CLIMATICI NELL'ARCO ALPINO ITALIANO

Filippo Di Marco¹, Andrea Galletti^{1,2}, Diego Avesani¹, Alberto Bellin¹ & Bruno Majone¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica (DICAM), Università degli Studi di Trento, Trento.
E-mail: dicam@unitn.it

² Center for Climate Change and Transformation, EURAC Research, Bolzano, E-mail: info@eurac.edu

Sommario

La modellazione idrologica su vasta scala è fondamentale per comprendere gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e per gestirle in modo ottimale, soprattutto nella regione alpina, considerata il "serbatoio d'acqua d'Europa". Questo studio si propone di valutare l'accuratezza di sette dataset di forzanti meteorologiche di pioggia e di cinque dataset di forzanti meteorologiche di temperatura nell'ambito della regione alpina. Dopo aver calibrato il modello idrologico HYPERstreamHS (Avesani et al., 2021), un modello idrologico distribuito appositamente sviluppato per la modellazione su vasta scala, si confronta la "capacità" nel riprodurre le portate osservate in 91 idrometri per ciascuna combinazione di dataset di forzanti meteo (precipitazione e temperatura). Tale procedura prende il nome di Test di Coerenza Idrologica (HyCoT) (Laiti et al., 2018). Il test si basa su un approccio orientato per individuare i dataset che non si allineano con le osservazioni idrologiche. La coerenza idrologica è valutata attraverso l'indice KGE, ampiamente utilizzato in idrologia per valutare la bontà di una simulazione. Infine, si valuta il contributo dell'incertezza delle forzanti di pioggia e temperatura all'incertezza idrologica tramite una scomposizione della varianza.

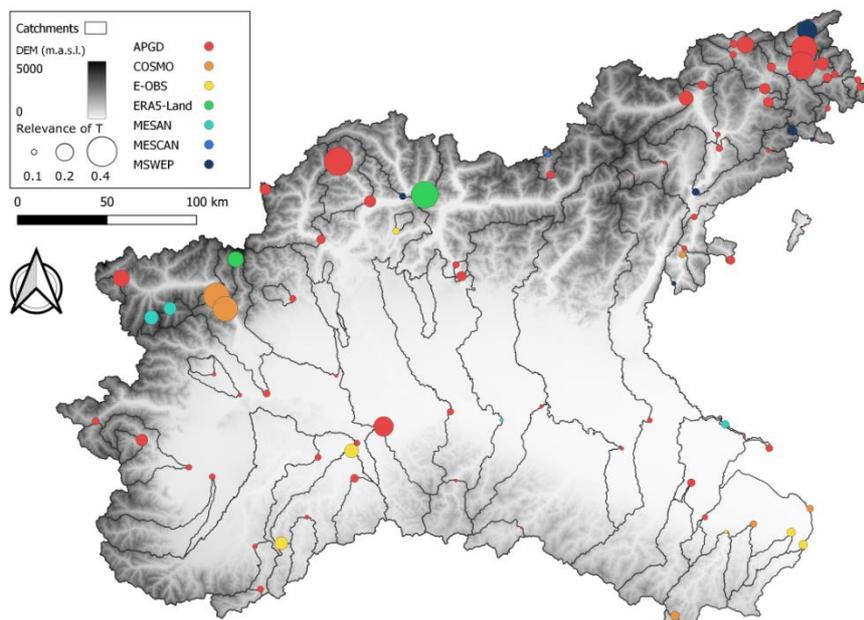


Figura 8. Distribuzione degli idrometri nell'area di studio e classificazione sulla base del dataset con le migliori performance per il relativo bacino. La dimensione è indicativa della rilevanza del ruolo della temperatura nella generazione del deflusso idrologico.

Nella Figura 1 sono presentati i risultati ottenuti a seguito delle simulazioni idrologiche. Gli idrometri analizzati sono rappresentati da punti la cui dimensione è indicativa del contributo relativo della temperatura al deflusso idrologico, mentre il colore rappresenta la combinazione di dataset che meglio performa per il relativo bacino.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

In questo studio sono state condotte delle modellazioni idrologiche su vasta scala, che hanno permesso di identificare i dataset grigliati più efficaci dal punto di vista idrologico nei vari bacini analizzati. Si è constatato che i dataset osservazionali producono risultati migliori rispetto a quelli ottenuti tramite rianalisi, soprattutto nelle aree con una densa rete di sensori. Tra i dataset esaminati, APGD è il più coerente dal punto di vista idrologico, mentre ERA5-Land non si è dimostrato adatto per la regione alpina. Infine, la scomposizione della varianza ha evidenziato che la temperatura gioca un ruolo significativo nella generazione del deflusso, soprattutto nei bacini di alta quota.

Bibliografia

[1] Avesani, D., Galletti, A., Piccolroaz, S., Bellin, A. & Majone, B., 2021. A dual-layer mpi continuous large-scale hydrological model including human systems. *Environmental Modelling & Software* 139, 105003.

[2] Laiti, L., Mallucci, S., Piccolroaz, S., Bellin, A., Zardi, D., Fiori, A., Nikulin, G. & Majone, B., 2018. Testing the hydrological coherence of high-resolution gridded precipitation and temperature data sets. *Water Resources Research* 54,1999–2016

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

RICOSTRUZIONE DI UN ATLANTE DI TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA SICILIA

Calogero Mattina¹, Dario Treppiedi¹, Antonio Francipane¹, Leonardo Valerio Noto¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy. E-mail: calogero.mattina01@unipa.it

Sommario

L'analisi delle possibili 'signature' del cambiamento climatico richiede serie di dati osservati che ricoprano periodi il quanto più possibile estesi. Queste serie storiche, oltre a consentire la ricostruzione del clima passato, sono essenziali per validare i risultati dei modelli climatici, così da esaminare come potrebbe evolvere il clima futuro. Tra tutte le variabili meteo-climatiche, la temperatura è una delle più sensibili e reattive agli impatti dei cambiamenti climatici. Di fatti, a seconda degli scenari futuri di emissione di gas serra, si prevede che la variazione della temperatura globale oscilli tra +1°C (scenario con emissioni ridotte) e +4°C (scenario con emissioni elevate) entro la fine del XXI secolo [1]. Se da un lato i dati satellitari o di rianalisi forniscono delle stime di variabili meteorologiche e climatiche continue nel tempo e nello spazio, dall'altro sono spesso caratterizzati da significativi *bias* [2]. D'altra parte, le stazioni di rilevamento *at-site* vengono spesso sostituite o ricollocate, creando discontinuità spaziali e/o temporali che non ne consentono un uso diretto [3]. Questo è il caso, ad esempio, della Sicilia, che è caratterizzata dalla presenza di due differenti reti di monitoraggio della temperatura dell'aria: la prima, gestita dall'Autorità di Bacino (ex Osservatorio delle Acque – Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque, OA-ARRA), copre il periodo 1980-2012, mentre la seconda, gestita dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS), registra dati in maniera continua dal 2002. A partire da queste reti, caratterizzate da un periodo di sovrapposizione di circa 10 anni, è stato possibile applicare e validare una metodologia basata sull'interpolazione spaziale dei dati di temperatura massima e minima giornaliera. Il fine ultimo dell'analisi è quello di ottenere un dataset spazialmente e temporalmente continuo da dati osservati (T-ATLAS) per il periodo 1980 - 2023, utile per ricostruire la climatologia dell'isola, ma anche per cercare eventuali firme di cambiamenti climatici.

A tal fine, sono state testate due differenti metodologie di interpolazione spaziale; l'Universal Kriging with External Drift (UK-ED), usando l'elevazione come covariata esterna, e la combinazione di Ordinary Kriging e Near Surface Lapse Rate (NSLR-OK), che consente di tener conto dell'effetto della quota nel processo di interpolazione e della sua variazione nel tempo. Il periodo ragionevolmente lungo di sovrapposizione tra le due reti (2002-2012) ha permesso di testare l'accuratezza di entrambe le procedure di ricostruzione del segnale di temperatura attraverso diversi indici di performance; i valori sono stati quindi interpolati mediante NSLR-OK utilizzando una griglia ad alta risoluzione (2x2 km) che copre l'intero territorio siciliano.

Bibliografia

[1] IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115.

[2] Velikou, K.; Lazoglou, G.; Tolika, K.; Anagnostopoulou, C. Reliability of the ERA5 in Replicating Mean and Extreme Temperatures across Europe. *Water* 2022, 14, 543.

[3] Ducre-Robitaille, Jean-François, Lucie A. Vincent, and Gilles Boulet. "Comparison of techniques for detection of discontinuities in temperature series." *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society* 23.9 (2003): 1087-1101.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

TRASFERIMENTO DEI PARAMETRI DI MODELLI AFFLUSSI- DEFLUSSI TRA DIVERSE REGIONI IDRO-CLIMATICHE: UTILIZZO DI BANCHE DATI “CAMELS-TYPE”

Mattia Neri¹, Elena Toth¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università di Bologna, Bologna.
E-mail: mattia.neri5@unibo.it

Sommario

È ben noto come la disponibilità e l'affidabilità delle misure idrometriche vari considerevolmente fra le diverse aree del pianeta. In regioni scarsamente strumentate lo studio dei fenomeni idrologici può trarre benefici significativi dal trasferimento dell'informazione da aree più densamente strumentate. In particolare sul territorio italiano, caratterizzato da una densità idrometrica fortemente disuniforme e da una limitata estensione delle serie temporali di portata osservata, risulta interessante testare se, e in che misura, l'utilizzo di estesi campioni di bacini e di misure idrometriche disponibili in altre regioni europee o in altri continenti, possa contribuire all'affinamento della modellazione afflussi-deflussi in bacini non strumentati. In generale, per questo tipo di applicazioni è di fondamentale importanza stabilire in primo luogo cosa renda idrologicamente simili due bacini idrografici per comprendere le dinamiche che regolano le trasformazioni afflussi-deflussi e per il trasferimento di informazioni idrologiche da un sito strumentato ad uno non strumentato.

Nella regionalizzazione dei parametri dei modelli afflussi-deflussi, il passaggio fondamentale delle tecniche maggiormente consolidate in letteratura, denominate “distance-based” (e.g. [1]), si fonda sull'individuazione di un gruppo di bacini strumentati (detti donatori) idrologicamente simili al bacino target (non strumentato), dai quali trasferire i parametri del modello. Tali bacini donatori sono identificati all'interno di una regione di studio assunta idrologicamente omogenea al target e tipicamente collocata in prossimità dello stesso (e.g. [2]). Tuttavia, non è possibile escludere che migliori donatori possano trovarsi al di fuori della regione di studio individuata.

La recente disponibilità di estesi campioni di bacini per la modellazione afflussi-deflussi (Large Sample Hydrology dataset, vedasi per esempio i dataset CAMELS, e.g. [3]) in differenti regioni idro-climatiche del globo, permette alla comunità scientifica di eseguire esperimenti comparativi al fine di migliorare la conoscenza dei fattori che guidano i processi idrologici.

L'obiettivo del presente studio è analizzare la posizione dei migliori bacini donatori rispetto al target, in diverse aree geografiche. A tale scopo, si sono utilizzati cinque campioni di bacini situati in differenti regioni idro-climatiche del globo: i) quattro dataset di tipo CAMELS [3,4,5,6], per i quali sono disponibili dati giornalieri di forzanti meteorologiche e di portata osservata alle sezioni di chiusura dei bacini su una finestra temporale uniforme di circa 30 anni, per un totale di circa 1500 bacini, e ii) un campione di circa 150 bacini nell'Italia settentrionale. Quest'ultimo, sebbene sia caratterizzato da una più disuniforme estensione delle serie di portata osservata (fra 6 e 30 anni), risulta di particolare interesse nel contesto del partenariato esteso Return che, fra i vari obiettivi del progetto, aspira al consolidamento delle banche dati italiane per gli studi idrologici (e.g. [7]). La posizione dei bacini utilizzati nei diversi dataset è mostrata in Figura 1.

A tale scopo, il modello concettuale GR4J [8] è calibrato a scala giornaliera separatamente per ciascun bacino dei diversi casi studio utilizzando un protocollo omogeneo. Successivamente, ciascun bacino è a turno assunto come target (non strumentato) e il modello afflussi-deflussi viene applicato con ciascuno dei set dei parametri calibrati per ognuno degli altri bacini (potenziali donatori), calcolando le performance delle simulazioni ottenute. Fra tutti i potenziali bacini donatori, si definiscono “idonei” quei bacini il cui set di parametri, quando utilizzato per la simulazione del bacino target, fornisce le migliori performance. La similarità idrologica è quindi espressa in termini di trasferibilità del set dei parametri nella modellazione afflussi-deflussi.

Al termine della procedura descritta, si ottiene un set di bacini donatori “idonei” per ciascun target ed è possibile analizzarne la posizione reciproca. L'esperimento è condotto sia a scala nazionale che a scala globale. La ricerca dei donatori è inizialmente limitata al dataset nazionale, verificando se gli abbinamenti target/donatore

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

rispecchino le regioni idrologiche identificate in studi precedenti; successivamente, la ricerca dei donatori più idonei è invece estesa agli altri dataset nazionali, verificando la presenza di migliori candidati in altre aree geografiche del pianeta.

I risultati ottenuti permetteranno di valutare se la modellazione afflussi-deflussi nei diversi dataset considerati possa trarre beneficio dall'informazione idrologica contenuta in altre regioni idro-climatiche. In futuro, oltre ad estendere le analisi ad altre regioni italiane, a valle della messa a disposizione di nuove banche dati che è prevista tra le attività interspoke del partenariato, si prevede di includere i descrittori di bacino nell'analisi, cercando di comprendere la natura della similarità idrologica fra target e donatori idonei, in termini di caratteristiche geo-morfologiche e climatiche.

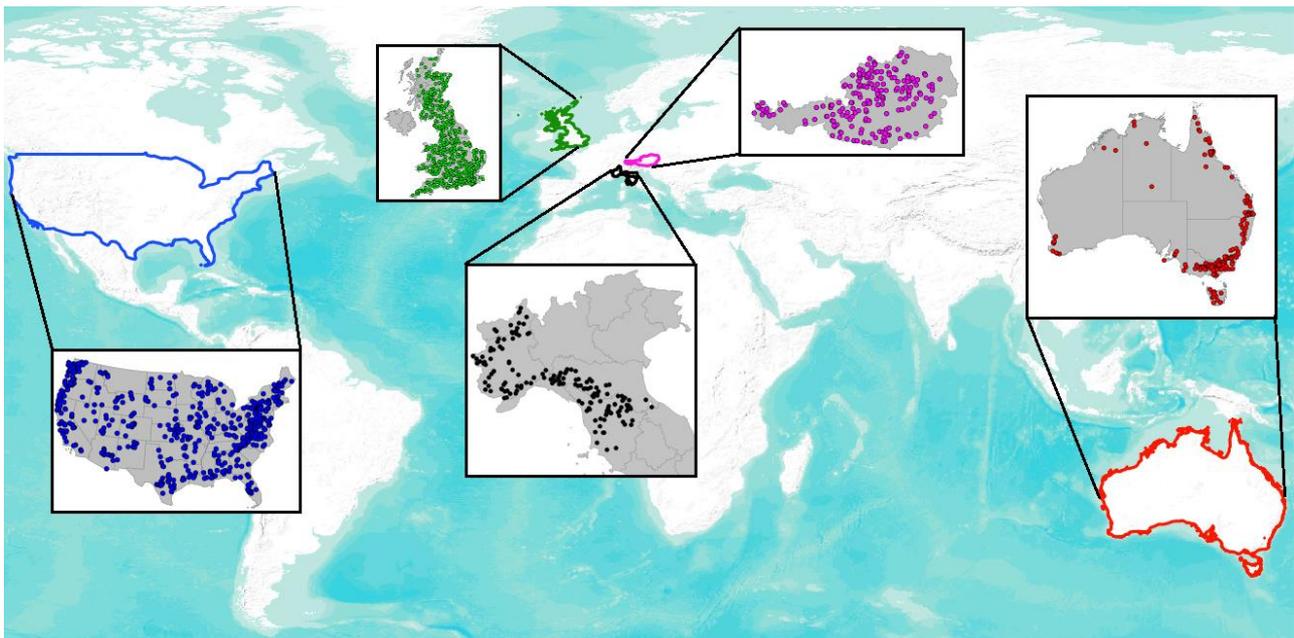


Figura 1. Bacini idrografici inclusi nei cinque diversi dataset oggetto di studio (i punti si riferiscono alle sezioni di chiusura).

Lo studio è condotto nell'ambito del Partenariato Esteso RETURN, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – PNRR, Missione 4 Componente 2, Investimento 1.3 - D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] Pool, S., Vis, M., Seibert, J., 2021. Regionalization for Ungauged Catchments — Lessons Learned From a Comparative Large-Sample Study. *Water Resour. Res.* 57, e2021WR030437.
- [2] Parajka, J., Viglione, A., Rogger, M., Salinas, J.L., Sivapalan, M., Blöschl, G., 2013. Comparative assessment of predictions in ungauged basins-Part 1: Runoff-hydrograph studies. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, pp. 1783–1795.
- [3] Addor, N., Newman, A.J., Mizukami, N., Clark, M.P., 2017. The CAMELS data set: Catchment attributes and meteorology for large-sample studies. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, pp. 5293–5313.
- [4] Coxon, G., Addor, N., Bloomfield, J.P., Freer, J., Fry, M., Hannaford, J., Howden, N.J.K., Lane, R., Lewis, M., Robinson, E.L., Wagener, T., Woods, R., 2020. CAMELS-GB: hydrometeorological time series and landscape attributes for 671 catchments in Great Britain. *Earth Syst. Sci. Data* 12, pp. 2459–2483.
- [5] Fowler, K.J.A., Acharya, S.C., Addor, N., Chou, C., Peel, M.C., 2021. CAMELS-AUS: hydrometeorological time series and landscape attributes for 222 catchments in Australia. *Earth Syst. Sci. Data* 13, pp. 3847–3867.
- [6] Neri, M., Parajka, J., Toth, E., 2020. Importance of the informative content in the study area when regionalising rainfall-runoff model parameters: the role of nested catchments and gauging station density. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 24, pp. 5149–5171.
- [7] Claps, P., Evangelista, G., Ganora, D., Mazzoglio, P., Monforte, I., 2024. FOCA: a new quality-controlled database of floods and catchment descriptors in Italy. *Earth Syst. Sci. Data* 16, pp. 1503–1522.
- [8] Perrin, C., Michel, C., Andréassian, V., 2003. Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *J. Hydrol.* 279, pp. 275–289.

COMPARISON OF GRIDDED METEOROLOGICAL PRODUCTS FOR HYDROLOGICAL MODELLING AND DROUGHT ANALYSIS IN NORTHERN ITALY

Gokhan Sarigil¹, Mattia Neri¹, Elena Toth¹

¹ Department of Civil, Chemical, Environmental, and Materials Engineering, University of Bologna, Bologna.
E-mail: gokhan.sarigil2@unibo.it

Abstract

The recent availability of a number of gridded meteorological products offers spatially distributed meteorological forcings across national and international scales, enabling hydrological modelling in diverse geographic settings and large-scale investigations. These products are also critical in areas where ground-based meteorological observations are sparse or in large-scale hydrological analyses. However, significant variations exist in the accuracy of these datasets. Understanding the strengths and limitations of specific gridded meteorological products is crucial for making informed choices in hydrological applications.

This study evaluates the accuracy of six gridded meteorological products for hydrological applications across over 150 catchments within Emilia-Romagna, Tuscany, and Piemonte. Figure 1.a summarizes the key characteristics of the validated products. The primary objective is to support the hydrological community by offering insights into the selection of reliable meteorological products through a systematic validation process employing both direct and indirect methods.

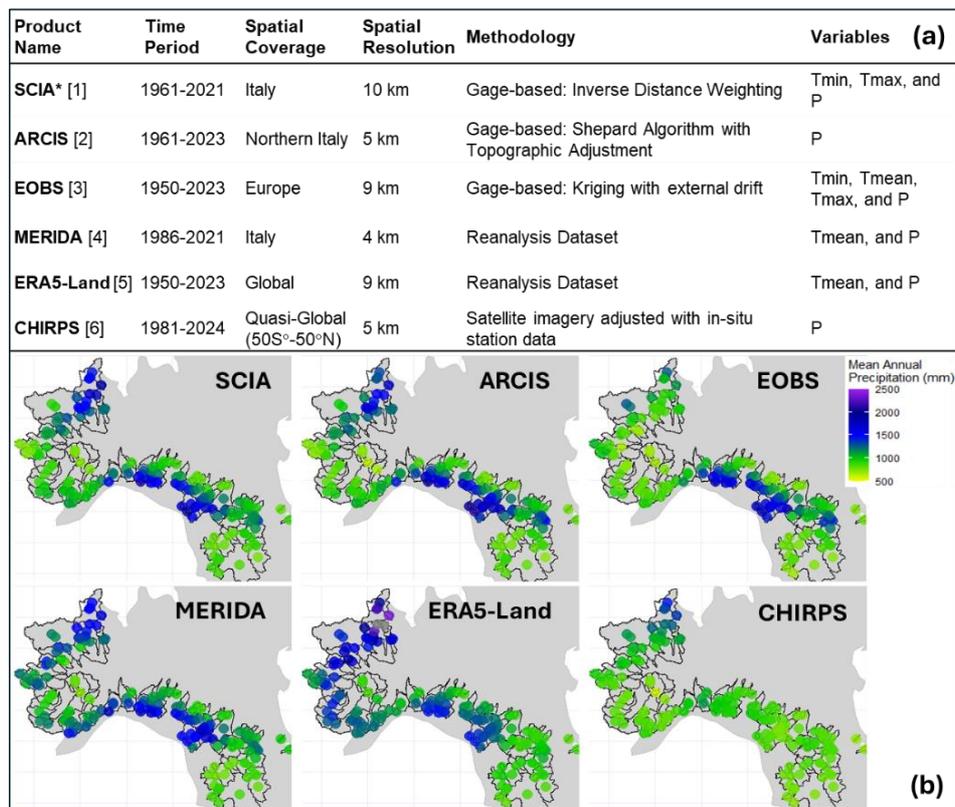


Figure 1. Differences between gridded products (a) characteristics and data availability (for temperature and precipitation data) (b) mean annual precipitation estimates with all products.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Daily streamflow data from the period 1986-2022 were obtained from three regional agencies responsible for managing hydroclimatic data. These data underwent manual validation to ensure their quality. Upstream watersheds corresponding to each gauging station were delineated. Then, six distinct meteorological forcings at catchment scale were derived, including daily time series of mean areal precipitation, temperature, and potential evapotranspiration. Figure 1.b shows the mean annual precipitation estimates for each product that emphasizes the difference of the precipitation estimates.

Our approach begins with a direct comparison of areal-averaged meteorological forcings across the study catchments. The precipitation and temperature estimates are compared against the reference dataset SCIA from ISPRA, which features a dense network of ground stations across study regions. The Kling-Gupta Efficiency (KGE) [7], along with its associated error metrics, is utilized to quantify the discrepancies in precipitation estimates between the gridded products and the reference dataset.

Subsequently, we employ an indirect validation method, assessing the ability of each product to reproduce streamflow when used as input for a conceptual hydrological model. The rainfall-runoff model used is the CemaNeige-GR6J [8], a daily lumped and continuously simulating model. The KGE of the streamflow simulations is again used to assess the reliability of the gridded products across the region, focusing also on how errors including biases and timing discrepancies in precipitation estimates are transferred into hydrological model simulations.

Furthermore, the study examines the ability of each product to represent meteorological and hydrological droughts through the calculation of standardized indices like the Standardized Precipitation Index (SPI) [9] and the Standardized Streamflow Index (SSI) [10]. This analysis aims to determine whether these indices, derived from different gridded meteorological products, can accurately characterize drought events within the study area. We investigate how variations in precipitation-based indices (SPI) translate into differences in simulated streamflow-derived indices (SSI), offering a multifaceted assessment of error propagation across different components of the hydrological system. This investigation provides valuable insights into the strengths and limitations of meteorological products for practical applications in drought risk assessment and water management practices.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

References

- [1] Desiato, F., Lena, F. and Toreti, A., 2007. SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 48(3), pp.351-358.
- [2] Pavan, V., Antolini, G., Barbiero, R., Berni, N., Brunier, F., Cacciamani, C., Cagnati, A., Cazzuli, O., Cicogna, A., De Luigi, C. and Di Carlo, E., 2019. High resolution climate precipitation analysis for north-central Italy, 1961–2015. *Climate Dynamics*, 52, pp.3435-3453.
- [3] Cornes, R.C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E.J. and Jones, P.D., 2018. An ensemble version of the E-OBS temperature and precipitation data sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(17), pp.9391-9409.
- [4] Bonanno, R., Lacavalla, M. and Sperati, S., 2019. A new high-resolution meteorological reanalysis Italian dataset: MERIDA. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 145(721), pp.1756-1779.
- [5] Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H. and Martens, B., 2021. ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth system science data*, 13(9), pp.4349-4383.
- [6] Funk, C.C., Peterson, P.J., Landsfeld, M.F., Pedreros, D.H., Verdin, J.P., Rowland, J.D., Romero, B.E., Husak, G.J., Michaelsen, J.C. and Verdin, A.P., 2014. *A quasi-global precipitation time series for drought monitoring* (No. 832). US Geological Survey.
- [7] Gupta, H.V., Kling, H., Yilmaz, K.K. and Martinez, G.F., 2009. Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of hydrology*, 377(1-2), pp.80-91.
- [8] Coron, L., Delaigue, O., Thirel, G., Dorchies, D., Perrin, C. and Michel, C., 2023. airGR: Suite of GR Hydrological Models for Precipitation-Runoff Modelling. Manual of the R package version 1.7. 6.
- [9] McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J., 1993, January. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).
- [10] Modarres, R., 2007. Streamflow drought time series forecasting. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21, pp.223-233.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

VERSO UNA STIMA DEL DEFLUSSO SU SCALA GLOBALE ATTRAVERSO OSSERVAZIONI SATELLITARI: IL MODELLO STREAM

Francesco Leopardi^{1,2*}, Luca Brocca¹, Carla Saltalippi², Jacopo Dari^{2,1}, Karina Nielsen³, Nico Sneeuw⁴,
Mohammad J. Tourian⁴, Marco Restano⁵, Jérôme Benveniste⁶, Espen Volden⁶ and Stefania Camici¹

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Perugia, Italia

² Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Perugia, via G. Duranti 93, 06125 Perugia, Italia (francesco.leopardi@studenti.unipg.it)

³ Division of Geodesy, National Space Institute, Technical University of Denmark

⁴ Institute of Geodesy, University of Stuttgart, Geschwister-Scholl-Straße 24D, 70174 Stuttgart, Germany

⁵ SERCO, ESA-ESRIN, Largo Galileo Galilei, Frascati, 00044, Italia

⁶ European Space Agency, ESA-ESRIN, Largo Galileo Galilei, Frascati, 00044, Italia

Sommario

Il monitoraggio della portata fluviale è critico per molte attività, dalla gestione delle risorse idriche alla riduzione del rischio di alluvioni. A causa delle limitazioni delle stazioni in situ (ad esempio copertura spazio-temporale incompleta e ritardi nell'accesso ai dati), la portata fluviale non è sempre monitorata in modo continuo nel tempo e nello spazio. Ciò ha portato i ricercatori e le agenzie spaziali, tra gli altri, a sviluppare nuovi metodi basati su osservazioni satellitari per stimare la portata fluviale.

Negli ultimi anni, l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ha finanziato il progetto SaTellite-based Runoff Evaluation And Mapping (STREAM), che propone di utilizzare osservazioni satellitari di precipitazione, umidità del suolo e stoccaggio dell'acqua terrestre all'interno di un modello semplice e concettualmente accurato, STREAM, per stimare il deflusso superficiale. Il modello, applicato a cinque grandi bacini nel mondo (bacino del Mississippi-Missouri, bacino dell'Amazon, bacino del Danubio, bacino del Murray-Darling e bacino del Niger), ha mostrato una notevole capacità di stimare il deflusso superficiale e la portata fluviale sia in bacini naturali che in quelli con un elevato impatto antropico (cioè in bacini in cui il flusso è regolato dalla presenza di dighe, invasi o pianure alluvionali lungo il fiume; o in aree fortemente irrigate). In particolare, i buoni risultati ottenuti hanno aperto la strada all'applicazione dell'approccio STREAM su scala globale. A questo scopo, il modello STREAM verrà generalizzato per renderlo applicabile a bacini con caratteristiche topografiche e antropiche diverse. Osservazioni satellitari aggiuntive, come le altezze d'acqua ottenute da altimetri satellitari, verranno utilizzate per stimare l'acqua immagazzinata nei serbatoi mentre i dati gravimetrici con diverse risoluzioni spaziali/temporali verranno esplorati per indagare l'impatto di questi dati sui risultati del modello. Infine, verrà sviluppata una procedura di calibrazione e un approccio di regionalizzazione per rendere il modello STREAM applicabile a bacini non calibrati. Il modello verrà applicato a più di quaranta bacini in tutto il mondo che, a seconda della disponibilità di dati di portata in situ, verranno raggruppati in cluster di calibrazione e validazione. Lo scopo sarà utilizzare i bacini nel cluster di calibrazione per settare i parametri del modello STREAM che verranno regionalizzati. I bacini del cluster di validazione verranno utilizzati per valutare l'accuratezza del modello STREAM con parametri regionalizzati. Una volta validato, il modello STREAM verrà utilizzato per stimare il deflusso superficiale a scala globale.

Qui presentiamo alcuni risultati preliminari relativi alla generalizzazione del modello STREAM. Saranno selezionati diversi bacini con differenti condizioni climatiche, topografiche e diversi livelli di antropizzazione per dimostrare l'idoneità dell'approccio per un'applicazione su scala globale.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

L'INFLUENZA DELLE TECNICHE DI MIGLIORAMENTO GRAFICO NELLE PERFORMANCE DELLE TECNICHE OTTICHE

Francesco Alongi¹, Silvano Dal Sasso², Robert Ljubičić³, Caterina Alonzo¹, Dario Pumo¹, Leonardo Valerio Noto¹

¹ Dipartimento di Ingegneria, Università degli studi di Palermo, Palermo, Italia. E-mail: francesco.alongi01@unipa.it

² Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo: Architettura, Ambiente, Patrimoni culturali, Università degli studi della Basilicata, Matera, Italia.

³ Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale, Università di Belgrado, Belgrado, Serbia.

Sommario

Negli ultimi decenni, l'interesse nell'utilizzo di tecniche basate su immagini per il monitoraggio dei corsi d'acqua naturali e artificiali è aumentato progressivamente grazie agli evidenti vantaggi rispetto ad approcci tradizionali. I metodi ottici sono in grado di consentire misure accurate delle portate fluviali mediante strumentazioni economiche anche in condizioni ambientali avverse come, ad esempio, durante i fenomeni di piena. La non intrusività caratteristica delle tecniche ottiche inoltre garantisce condizioni di sicurezza sia per gli strumenti impiegati che per gli operatori coinvolti.

Le tecniche ottiche consentono una stima dei campi di velocità superficiale mediante il rilevamento dello spostamento nel tempo di elementi traccianti, come schiuma e materiali galleggianti naturalmente presenti sulla superficie del corso d'acqua o artificialmente introdotti. L'accuratezza delle misure ottiche è influenzata da diversi fattori, come ad esempio le condizioni ambientali, le caratteristiche idrauliche della corrente, i protocolli operativi di campo, i software di elaborazione adottati e la loro parametrizzazione [1][2][3]. Nel tradizionale *workflow* adottato per le tecniche ottiche è prevista una fase di pre-elaborazione che comprende, oltre la stabilizzazione e l'ortorettifica delle immagini costituenti le sequenze video, il miglioramento grafico dei frame (*graphical enhancement*). Tale fase è finalizzata a massimizzare il contrasto tra il tracciante e lo sfondo su cui esso si muove, migliorando quindi le capacità dei software di rilevare e seguire il movimento del tracciante.

Il presente lavoro mira ad indagare l'influenza dei metodi di miglioramento grafico sui risultati delle analisi ottiche, confrontando algoritmi tradizionali, come l'*intensity capping*, l'*highpass equalization* e l'*histogram equalization*, con altre tecniche meno comuni, come la *colorspace transformation*. Le analisi sono state condotte utilizzando un ampio dataset di video acquisiti da piattaforme aeree (UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*) e fisse durante un'estensiva campagna di misure di portata su diversi fiumi della Sicilia, condotta anche impiegando, come misure di *benchmark*, metodi tradizionali di misura, come l'ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Per ciascun caso studio, sono stati applicati diversi algoritmi di trasformazione grafica e le sequenze video risultanti sono state elaborate con due diversi pacchetti software, ossia il PIVlab [4] e il SSIMS-Flow [5]. I risultati sono stati espressi in termini di errori relativi alla stima della velocità superficiale e della corrispondente portata rispetto alle relative misure effettuate mediante ADCP.

I risultati ottenuti forniscono interessanti spunti sull'importanza di selezionare opportunamente i metodi di miglioramento grafico delle immagini fra le varie opzioni disponibili, in funzione del tipo di software impiegato e delle condizioni in pieno campo confermando, al contempo, il grande potenziale delle tecniche basate sulle immagini per il monitoraggio dei corsi d'acqua.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Bibliografia

- [1] Alongi, F., Pumo, D., Nasello, C., Nizza, S., Ciraolo, G., Noto, L.V., 2023. An automatic ANN-based procedure for detecting optimal image sequences supporting LS-PIV applications for rivers monitoring. *Journal of Hydrology* 626, 130233. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130233>
- [2] Pumo, D., Alongi, F., Ciraolo, G., Noto, L., 2021. Optical Methods for River Monitoring: A Simulation-Based Approach to Explore Optimal Experimental Setup for LSPIV. *Water* 13, 247. <https://doi.org/10.3390/w13030247>
- [3] Dal Sasso, S.F., Pizarro, A., Samela, C., Mita, L., Manfreda, S., 2018. Exploring the optimal experimental setup for surface flow velocity measurements using PTV. *Environ Monit Assess* 190, 460. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6848-3>
- [4] Thielicke, W., Stamhuis, E.J., 2014. PIVlab – Towards User-friendly, Affordable and Accurate Digital Particle Image Velocimetry in MATLAB. *Journal of Open Research Software* 2. <https://doi.org/10.5334/jors.bl>
- [5] Ljubičić, R., Dal Sasso, S.F., Zindović, B., 2024. SSIMS-Flow: Image velocimetry workbench for open-channel flow rate estimation. *Environmental Modelling & Software* 173, 105938. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105938>

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

IL SISTEMA DI DIFFUSIONE DEI DATI DI MONITORAGGIO IDRO-PLUVIO-TERMOMETRICI DELLA REGIONE UMBRIA E IL NUOVO STRUMENTO OPERATIVO PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLE MISURE CORRENTOMETRICHE IN TEMPO REALE

Marco Stelluti¹, Marco Dionigi², Silvia Barbetta³, Christian Massari⁴, Monica Bruschini⁵, Marco Trollini⁶,
Sandro Costantini⁷

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

E-mail: marcostelluti@regione.umbria.it

2 Istituto di Ricerca per la Protezione Idro-geologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), 06128 Perugia.

Email: marcodionigi@cnr.it

3 Istituto di Ricerca per la Protezione Idro-geologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), 06128 Perugia.

Email: silvia.barbetta@cnr.it

4 Istituto di Ricerca per la Protezione Idro-geologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), 06128 Perugia.

Email: christian.massari@cnr.it

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

E-mail: mbruschini@regione.umbria.it

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

E-mail: mtrollini@regione.umbria.it

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

E-mail: scostantini@regione.umbria.it

Sommario

Dalla data della sua istituzione il 29/07/1985, in seguito alla L. 319/1976 che obbligava le Regioni ad effettuare il rilevamento delle caratteristiche quantitative dei corpi idrici superficiali, il Servizio Idrografico della Regione Umbria (SI-Umbria) ha sviluppato un sistema di monitoraggio in telemisura in tempo reale che acquisisce ogni 5 minuti le misurazioni idro-meteorologiche in stazioni strumentate dislocate sul territorio regionale. Il sistema è stato continuamente incrementato, si è passati dalle 15 stazioni del 1985 alle attuali 156.

L'acquisizione, elaborazione e successiva pubblicazione ed utilizzazione dei dati idro-meteorologici risulta fondamentale per numerose applicazioni. Pertanto, la Regione Umbria ha realizzato una piattaforma, accessibile al link <https://servizioidrografico.regione.umbria.it/>, che è in grado di fornire in formato "open data" i dati di pioggia, temperatura, livello idrometrico e portata, raccolti dal 1925.

I valori di portata forniti dal sistema sono stimati sulla base di scale di deflusso che vengono continuamente verificate e aggiornate sulla base di nuove misure correntometriche.

La verifica delle scale di deflusso, soprattutto dei rami estrapolati, necessita di misure di portata per livelli medio-alti. Notoriamente, la possibilità di eseguire tali misure si presenta durante eventi di piena con valori di livello elevati spesso concomitanti in numerose sezioni.

In tale contesto, per ottimizzare le misure, particolarmente durante eventi estremi, è stato sviluppato un **sistema automatizzato**, collegato alla rete di acquisizione in tempo reale, **in grado di supportare i tecnici incaricati nella pianificazione dell'esecuzione delle misure di portata**.

Questo sistema si basa su un codice suddiviso in due parti:

1) CAE_Datascape_NRT: parte di codice integrata nel sistema di acquisizione regionale in tempo reale, necessaria a fornire indicazioni su quando effettuare la misura di portata in funzione di una soglia prestabilita del livello idrometrico, raggiunto in una data stazione, oltre la quale si riscontra carenza o assenza di misure;

2) CAE_Datascape_DR: contenente la parte di codice che estrae i picchi di portata massimi annuali sulla base delle scale di deflusso inserite e calcola la probabilità di distribuzione generalizzata dei valori estremi (generalized extreme value distribution, in sigla GEV) per associare a ciascuna portata il tempo di ritorno, Tr. Il valore di portata identificato viene convertito in valore di livello idrometrico attraverso la scala di deflusso aggiornata. Questo valore di livello viene utilizzato dal codice per determinare la priorità di esecuzione delle misure nelle diverse stazioni sulla base di un valore di Tr=2 anni.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

Il sistema CAE_Datascape_DR viene aggiornato annualmente, quando si aggiunge un nuovo dato al campione da analizzare.

Il sistema CAE_Datascape_NRT opera in continuo aggiornando la priorità delle sezioni ogni 30 minuti; tuttavia, nel sistema operativo (figura 1) l'aggiornamento avviene ogni 6 ore. In figura 1, il 'valore unità' indica la priorità delle stazioni: il valore più elevato identifica la sezione dove si deve procedere alla prima misura, il secondo valore più elevato identifica la seconda stazione in termini di priorità e così via. Il valore nullo indica che nella stazione non è necessario eseguire la misura.

STATO	ID	NOME STAZIONE	NOME	VALORE UNITA	TREND	ORARIO
▲	86229	Allerona	Priorità Mis Portata	9		2024-04-04 08:00
▲	86230	Anguillara	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86231	Azzano	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86232	Bevagna	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86233	Branca	Priorità Mis Portata	7		2024-04-04 08:00
▲	86234	Bruna	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86235	Canale Medio Nera	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86236	Cannara	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86237	Cantalupo	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86238	Citurno a Bovara	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86239	Collepepe	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86240	Gorgabala	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86241	Lupo	Priorità Mis Portata	8		2024-04-04 08:00
▲	86242	Marsciano	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86243	Mercatello	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86244	Miglianella	Priorità Mis Portata	5		2024-04-04 08:00
▲	86245	Mocciama	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86246	Monte Molino	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86247	Monticelli	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86248	Montone	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00
▲	86249	Morrano	Priorità Mis Portata	0		2024-04-04 08:00

Figura 1. Sistema di priorità per l'esecuzione delle misure di portata (Regione Umbria).

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

INCERTEZZA NELLA STIMA DELLE RELAZIONI TIRANTE- DEFLUSSO E IMPLICAZIONI SULLA DISTRIBUZIONE DEL DEFLUSSO

Francesco Viola¹, Domenico Caracciolo², Paolo Corongiu¹, Roberto Deidda¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università degli Studi di Cagliari.

² Dipartimento Geologico - Servizio Idrogeologico e Idrografico, ARPA Sardegna.

Sommario

Questa memoria propone un'analisi sull'incertezza relativa alle relazioni tirante-deflusso evidenziando le implicazioni sulla distribuzione del deflusso. Tale incertezza può includere diversi fattori, fra i quali: errori nelle misure del tirante idrico e della portata, nell'interpolazione della curva, la presenza di condizioni di moto non stazionario e le variazioni stagionali della vegetazione e del fondo alveo (*Di Baldassarre & Montanari, 2009*).

Dal 2016 l'ARPA Sardegna (ARPAS) ha ripreso le attività di redazione delle relazioni tirante idrico e portata (**h-Q**) conducendo campagne di misura sistematiche nelle sezioni dei corsi d'acqua della Sardegna monitorati dalla propria rete idrometrica, con mezzi e personale del Servizio Idrogeologico e Idrografico, e dal 2019 anche attraverso servizi in appalto, effettuando mediamente oltre 150 misure dirette di portata all'anno.

Da una serie di coppie di misure di portate e dei corrispondenti tiranti idrici relative ad una sezione trasversale di un corso d'acqua, è possibile, come noto, derivare la scala di deflusso utilizzando una relazione che generalmente può essere ben rappresentata con funzioni di potenza a due parametri (*Braca, 2008*).

L'analisi di incertezza, oggetto del presente studio, viene condotta con tecniche Monte Carlo "Leave-p-Out", utilizzando sottoinsiemi di misure di tirante e portata, escludendo casualmente p coppie tra quelle disponibili (nel caso esaminato si è scelto di escludere rispettivamente $p=5$ e $p=10$ coppie, su un totale di 31 misure disponibili), per stimare ripetutamente i due parametri della relazione **h-Q**; successivamente, le serie temporali di tiranti vengono trasformate nelle corrispondenti portate. Infine, le distribuzioni empiriche di frequenza delle portate calcolate consentono la valutazione dell'influenza di tale incertezza sulla distribuzione delle portate.

Una ulteriore analisi è stata condotta per ottenere indicazioni relative alla stabilizzazione della relazione tirante-portata all'aumentare del numero di campionamenti. Nello specifico è stato applicato un approccio simile a quello descritto (ovvero, stima della relazione **h-Q** con un sottoinsieme di misure e successiva determinazione della distribuzione delle portate utilizzando la relazione **h-Q** di volta in volta determinata), ma di tipo deterministico, seguendo esattamente l'ordine cronologico delle misure in campo, considerando inizialmente le prime 15 coppie (delle 31 disponibili), ed aggiungendo iterativamente la misura successiva sino ad utilizzare tutte quelle disponibili.

Quanto descritto è stato applicato al caso della sezione del Flumineddu ad Allai (Sardegna), con la disponibilità, come anticipato, di 31 coppie di misure di tirante e corrispondente portata, eseguite con rilievi in campo in diverse condizioni tra novembre 2019 e febbraio 2024. È stata altresì rilevata con continuità nella medesima sezione, la serie temporale dei tiranti con una frequenza di campionamento di 10/15/30 minuti nel periodo dal dicembre 2005 al marzo 2024.

Nella Figura 1 vengono riassunti i risultati degli esperimenti Monte Carlo, quelli relativi all'analisi deterministica e le distribuzioni cumulate di probabilità ottenute nei tre esperimenti, utilizzando come confronto la distribuzione delle portate derivate dalla serie temporale dei tiranti, trasformati con una relazione **h-Q** ottenuta utilizzando tutte le misure tirante – portata disponibili.

Le Giornate dell'Idrologia della Società Idrologica Italiana 2024

Udine, 24-26 Giugno 2024

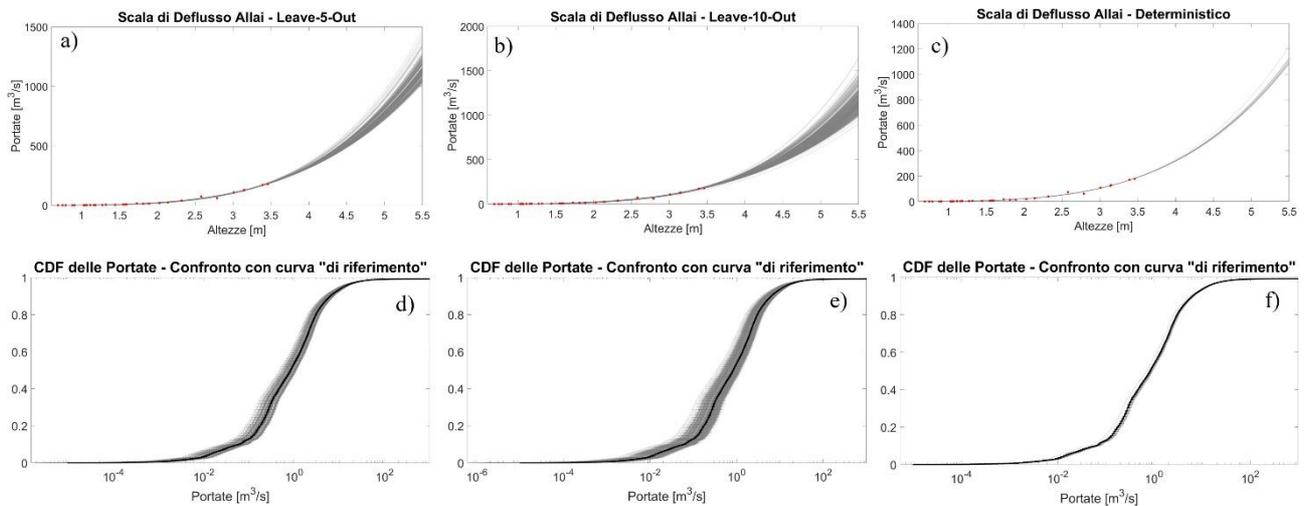


Figura 3. Nel pannello (a) è riportata la scala di deflusso della sezione di Allai con il criterio “Leave – 5 – Out”, il pannello (b) illustra la scala di deflusso della sezione di Allai con il criterio “Leave – 10 – Out”, il pannello (c) rappresenta la scala di deflusso della sezione di Allai aggiungendo una misurazione per volta a partire dalla quindicesima in ordine cronologico. Nel pannello (d) è rappresentata la distribuzione cumulata di probabilità delle portate ottenute mediante le scale di deflusso del pannello (a) e un confronto con la curva ottenuta includendo tutte le 31 misurazioni, o curva di riferimento (linea nera in grassetto), il pannello (e) raffigura la distribuzione cumulata di probabilità delle portate ottenute mediante le scale di deflusso del pannello (b) e un confronto con la curva di riferimento, il pannello (f) mostra la distribuzione cumulata di probabilità delle portate ottenute mediante le scale di deflusso del pannello (c) e un confronto con la curva di riferimento.

La scala di deflusso presenta una certa stabilità per le portate di magra, dovuta alla presenza di numerose misure, e un'incertezza crescente con il valore dell'altezza idrometrica (Kuczera, 1996), per via di un insufficiente numero di misure. L'incertezza cresce nel pannello (b) per il fatto di considerare cinque misure in meno rispetto al pannello (a). Nel pannello (c) si osserva come la scala di deflusso evolva aggiungendo un valore per volta da nuove misurazioni a partire dalle prime quindici. Dagli ultimi tre pannelli si può quantificare l'effetto dell'incertezza indotto dalle misure sulla distribuzione delle portate.

I risultati mostrano l'importanza di migliorare le tecniche di misurazione e modellazione per ridurre l'incertezza nelle relazioni tirante – deflusso (Beven & Binley, 1992). Questo ha importanti implicazioni nella progettazione delle infrastrutture idrauliche e nella gestione delle risorse idriche, nonché nelle attività di Protezione Civile e nella pianificazione territoriale.

Si sottolinea quindi la necessità di aggiornare regolarmente le relazioni tirante – deflusso in base alle nuove informazioni e ai cambiamenti osservati nel corso d'acqua, e in questo l'ARPAS è costantemente impegnata.

È intenzione degli autori estendere tale metodologia a tutte le stazioni con disponibilità sufficiente di misure tirante – portata, integrando metodologie statistiche per supportare l'ARPAS nella determinazione della portata nei corsi d'acqua sardi.

Bibliografia

[1] Di Baldassarre, G. & Montanari, A., Uncertainty in river discharge observations: A quantitative analysis, *Hydrology and Earth System Sciences*, 13(6), pp. 913-921, 2009.

[2] Braca, G., *Stage-Discharge relationships in open channels: Practices and problems*, Agency for Environmental Protection and Technical Services, Rome, Italy, 2008.

[3] Kuczera, G., Correlated rating curve error in flood frequency inference, *Water Resources Research*, (1996), 32(7), pp. 2119–2127.

[4] Beven, K. J. & Binley, A. M., The future of distributed models - model calibration and uncertainty prediction, *Hydrological Processes* (1992), 6(3), pp.279–298.

Si ringraziano



SOCIETÀ DEL GRES
GRUPPO STEINZEUG-KERAMO

