Società Idrologica Italiana
Italian Hydrological Society

Le Giornate dell'Idrologia 2025

Bari, 8-10 Settembre

Politecnico di Bari

Introduzione del Cosmic Ray Neutron Sensing nel monitoraggio di un pendio con instabilità

G. Cracco[1], S. Ferraris[2], M. Cauduro[3], S. Gianessi[1], and E. Gazzola[1]

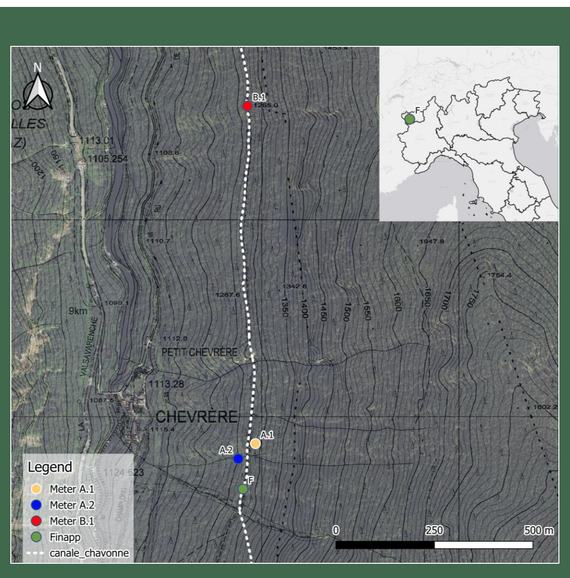
[1]*Finapp S.r.l., via del Commercio 27, Montegrotto Terme (PD), email: cracco@finapptech.com, gazzola@finapptech.com;*
[2]*Dipartimento interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico e Università di Torino, email: stefano.ferraris@unito.it;*
[3]*Compagnia Valdostana delle Acque (CVA), Via Stazione 31, Châtillon, email: cauduro.marco@cvaspa.it*

life from cosmos finapp · Politecnico di Torino · Università di Torino · CVA Rinnovabili da sempre

INTRODUZIONE

Il **contenuto idrico del suolo (VWC)** è fondamentale per valutare **rischi ambientali** (frane, incendi, alluvioni), ma la sua **variabilità spaziale** ne rende difficile la stima. Le **sonde puntuali** sono locali e di difficile installazione, i **satelliti** hanno risoluzione limitata e i **modelli idrologici** richiedono continua **validazione**. Il metodo **CRNS** (Cosmic Ray Neutron Sensing) offre una stima non invasiva del VWC su ampi volumi con **buona risoluzione** temporale. In questo studio presentiamo un **sito a rischio smottamenti**, monitorato da sonde, modelli e sistemi di allerta, dove da due anni è operativa una sonda CRNS. Confrontiamo i diversi approcci, sottolineando l'importanza della **validazione** in campo.

MATERIALI E METODI



IL SITO

- Gestione: CVA SpA (**Compagnia Valdostana delle Acque)**
- **Canale di derivazione** di un impianto idroelettrico, tracciato lungo un **pendio** acclive soggetto a **instabilità** che aumentano in caso di **precipitazioni intense.**
- Località **Chevrere**, Comune di Introd (Valle d'Aosta).

STRUMENTAZIONE

- Installata in collaborazione con: **Università e Politecnico di Torino**
- **Sonde puntuali Meter Teros 11** e **21** posizionate in **3 punti** lungo un tratto di ~1 km del canale. misurano a **3 profondità** (10, 20 e 40 cm) e includono **misura capacitiva del VWC**, della temperatura e del potenziale matriciale del suolo.
- **Sonda CRNS Finapp F3**: stima il **VWC** mediato su un **ampio volume di suolo** (footprint: raggio >150 m, profondità fino a 50 cm) basandosi sul conteggio dei neutroni prodotti dai raggi cosmici e moderati dall'idrogeno presente nell'acqua del suolo.

Posizione e vista della sonda CRNS Finapp nella sua scatola

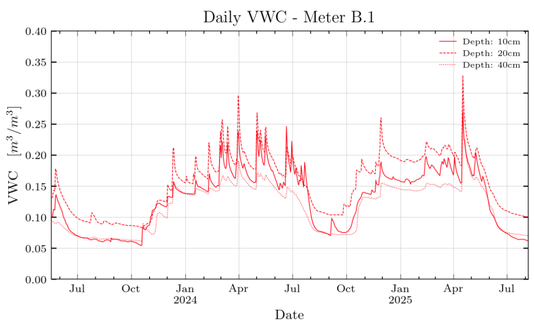
MODELLIZZAZIONE IDROLOGICA

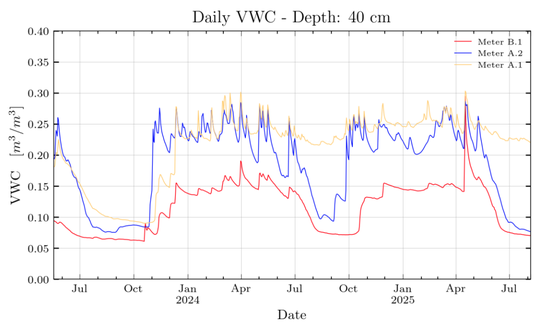
- Svolta da CIMA Research Foundation con ***Continuum***, **modello idrologico** distribuito usato in Italia dalla Protezione Civile per la **previsione delle piene**.
- **Continuum** utilizza **dati meteorologici orari** da centraline e calcola il bilancio di massa ed energia per stimare l'evoluzione del **VWC** e di altre variabili idrologiche [2].
- Un **sistema multiparametrico** di **soglie di allerta** integra il VWC modellato con temperatura, quota dello zero termico e precipitazioni.

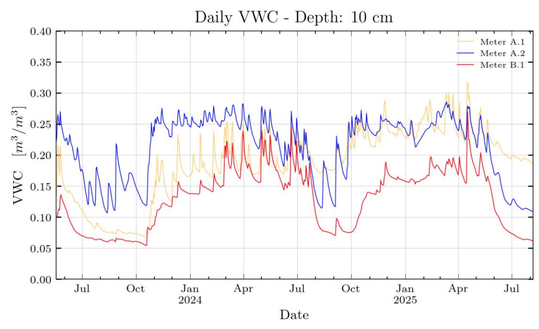
RISULTATI

MISURE CON SONDE PUNTUALI

- **Coerenza verticale:** all'interno di ciascun punto di misura, gli andamenti temporali a 10, 20 e 40 cm risultano tra loro coerenti (es. **Meter B.1**).
- **Variabilità orizzontale:** confrontando le sonde alla stessa profondità in punti diversi emerge invece una marcata eterogeneità.
- Laboriose da installare e mantenere.

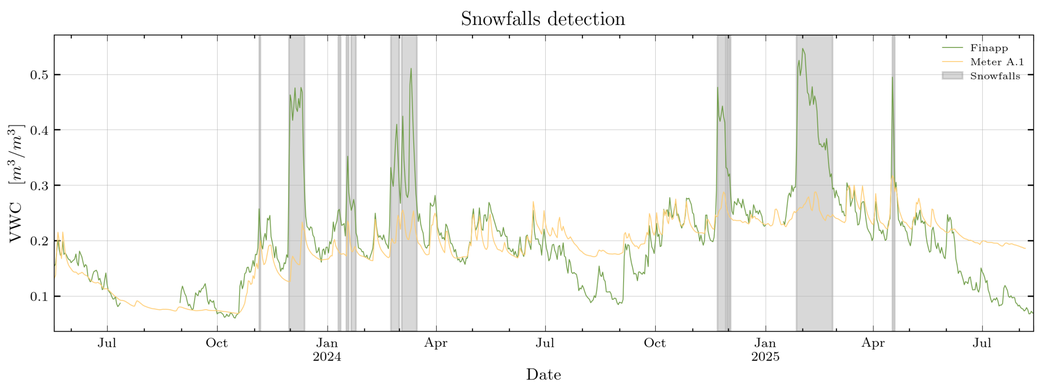


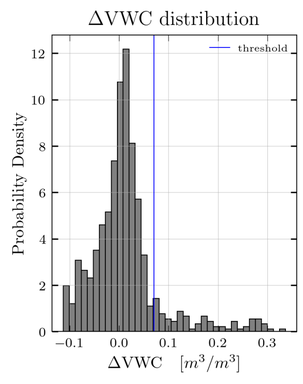




MISURE CON SONDA CRNS

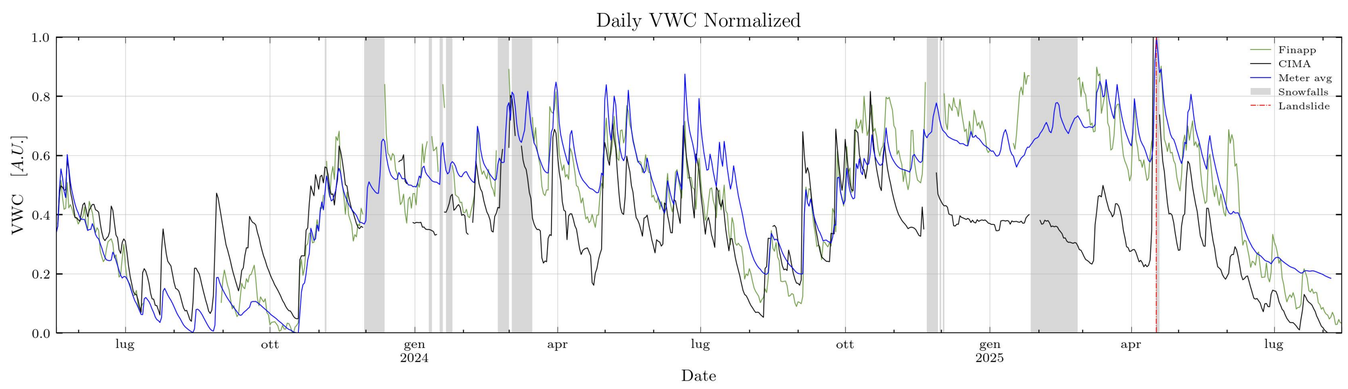
- La conversione da conteggi neutronici a VWC non è valida in presenza di **neve** al suolo → **picchi irrealistici**.
- Per individuare automaticamente questi periodi, il segnale **CRNS** è stato confrontato con la sonda **Meter A.1** (10 cm).
- La distribuzione dei dati mostra una componente **gaussiana** (condizioni normali) e una **coda** (copertura nevosa).
- Un taglio al **quantile 0.89** permette una classificazione efficace dei **periodi nevosi**.





CONFRONTO TRA MISURE E MODELLO

- Confronto tra **CRNS Finapp** (senza neve), **Continuum** e la **media delle sonde Meter** (10 cm), su una scala normalizzata per rappresentare il **livello di saturazione**.
- Tutte le serie mostrano il massimo durante il **16–17 aprile 2025**, unico episodio caratterizzato da un numero significativo di dissesti registrati nel periodo di monitoraggio.
- **Risultati principali:**
  - Buona **coerenza** generale nelle dinamiche.
  - Continuum più vicino al CRNS che alle misure puntuali, ma con marcata **sottostima nella seconda stagione invernale**.



CONCLUSIONI

- Monitoraggio e simulazione della **saturazione del suolo** sono fondamentali per la **prevenzione dei dissesti**.
- L'ambito **forestale** è impegnativo a causa della **complessità orografica**, la **variabilità spaziale** e la **copertura vegetale**. Nonostante questo, si è ottenuto un **accordo** generalmente soddisfacente tra dati e modello.
- Le **sonde puntuali** mostrano forte **variabilità spaziale** orizzontale, mentre le sonde **CRNS** forniscono dati medi comparabili con più profili.
- Una postazione **CRNS** combinata con un **sonda puntuale** è una soluzione operativa **efficace** e di più semplice gestione, permette l'isolamento di eventi spuri come nevicate e un **confronto continuo** con i modelli di simulazione.

Si ringrazia Simone Gabellani di CIMA Research Foundation per il contributo fornito nello sviluppo del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

[1] S. Gianessi et al., *Testing a novel sensor design to jointly measure cosmic-ray neutrons, muons and gamma rays for Contact non-invasive soil moisture estimation*. Geosci. Instrum. Method. Data Syst. **13** (2024), 9–25.
[2] F. Silvestro et al., *Exploiting remote sensing land surface temperature in distributed hydrological modelling: the example of the Continuum model.* Hydrol. Earth Syst. Sci. **17** (2013), 39–62.