

F. Viterbo¹, L. Mancusi¹, R. Bonanno¹, M. Lacavalla¹, G. Braca²

¹ Ricerca Sistema Energetico (RSE) SpA, Milano

² Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Roma

1. Introduzione: motivazione dello studio e metodologia

Il **ME**teorological Reanalysis Italian Dataset (**MERIDA**, Bonanno et al., 2019) è stato sviluppato da RSE per fornire dati meteo ad alta risoluzione spaziale e temporale agli stakeholders del mondo eletto-energetico, offrendo numerose applicazioni per la valutazione di rischi meteorologici alla rete elettrica (wet snow, ondate di calore, venti forti, ecc.) (Figura 1.1). Tuttavia, per altri rischi al suolo, quali la previsione di guasti a cavi interrati, la caduta di alberi sulle linee aeree, allagamenti o innesco di frane a danno di stazioni e cabine elettriche e per lo studio della risorsa idrica in entrata ai principali invasi idroelettrici a scala nazionale, è necessario effettuare delle analisi di tipo idrologico (Figura 1.2). Per questo motivo è stato condotto uno studio della fisica dei processi del dataset di rianalisi MERIDA con particolare focus sulle analisi delle componenti del bilancio idrologico nel Land Surface Model (LSM) (Equazione 1.1).

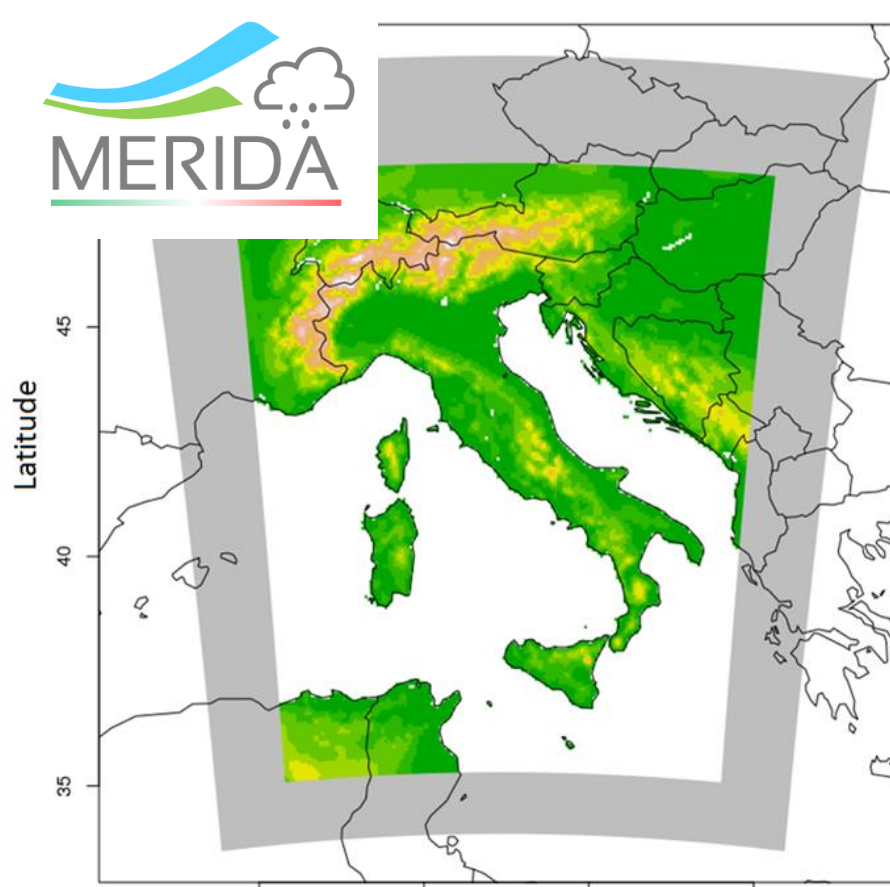


Figura 1.1 Dominio delle rianalisi MERIDA

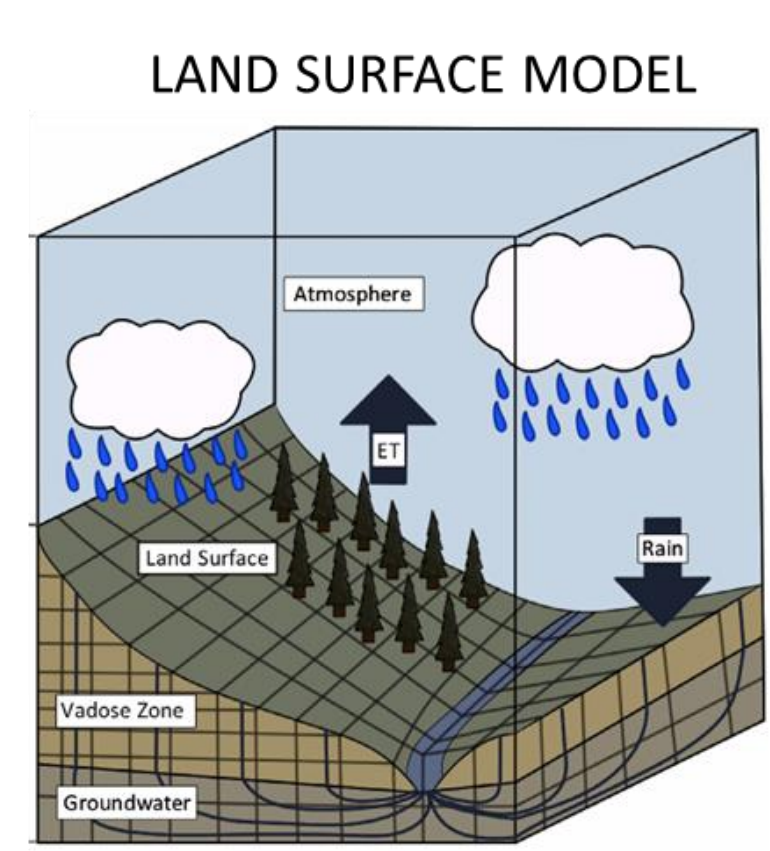


Figura 1.2 Schematizzazione dei processi di land surface, caratteristici degli scambi tra suolo e atmosfera

$$P - E = G + R + \Delta n + \Delta s$$

Eq. 1.1 Equazione del bilancio idrologico, dove P sta per precipitazione, E per evapotraspirazione, G ed R costituiscono il runoff totale, nelle componenti sotterraneo (G) e superficiale (R), Δn e Δs rappresentano l'accumulo in termini di neve e acqua immagazzinata nel suolo, ma sono considerate trascurabili in questo studio, in quanto sul fiume Tevere è un bacino appenninico e il contributo nevoso è trascurabile e l'accumulo sotterraneo può essere considerato trascurabile per analisi a scala di anno idrologico.

Tabella 1.1 Tabella riassuntiva delle configurazioni modellistiche di MERIDA, termini di confronto utilizzati.

Nome configurazione	Forcing meteorologico	OI?	Res.	Res. temp.	LSM	LSM accoppiato?	Dataset suolo	Scopo della valutazione
MERIDA	MERIDA_OI	No	7 km	1h	Noah	Si	STATSGO/FAO	Database esistente, non parte del confronto
MERIDA_OI	MERIDA_OI	Si	4 km	1h	Noah	Si	STATSGO/FAO	Database esistente, non parte del confronto
MERIDA_MP	MERIDA_OI	Si	4 km	1h	Noah-MP	No	STATSGO/FAO	LSM più aggiornato runnato in cascata
MERIDA_MP	MERIDA_OI	Si	4 km	1h	Noah-MP	No	ESDB	LSM più aggiornato e database di suolo europeo
MERIDA_NEWSOIL	MERIDA_OI	No	4 km	1h	Noah-MP	Si	STATSGO/FAO	Diverso setting modellistico e Noah-MP girato accoppiato
MERIDA_HRES	MERIDA_HRES	No	4 km	1h	Noah-MP	Si	STATSGO/FAO	Diverso setting modellistico e Noah-MP girato accoppiato
Termini di confronto								
MODIS		-	500 m	Giornaliero		-	-	Dato satellitare osservato
BIGBANG	Stazioni termo-pluviometriche da centri-funzionali interpolate spazialmente	-	1 km	Mensile	BIGBANG ⁽¹⁾	No	ESDB	Termini di confronto modellistico a scala nazionale sviluppato da ISPRA

Sono stati effettuati degli studi di sensitività delle scelte dei modelli di LSM e dati statici di suolo per i diversi prodotti MERIDA (Tabella 1.1) e confrontati con le osservazioni disponibili e con il modello di **B**ilancio **I**drologico **G**IS **B**ased a scala **N**azionale su **G**riglia regolare (**BIGBANG**) (Braca et al., 2021), recentemente sviluppato da ISPRA. Tali valutazioni sono state effettuate inizialmente su tutta Italia mediante confronti di evapotraspirazione (ET), per poi concentrarsi in maniera più dettagliata su tutte le variabili del ciclo idrologico a scala di bacino nell'area dell'alto fiume Tevere, con sezione di chiusura a Ponte Nuovo (Figura 2.4). In questo modo è stato possibile quantificare la capacità del modello di riprodurre i processi fisici caratterizzanti il sistema suolo-atmosfera e la ripartizione dei diversi contributi a scala di bacino.

2. Risultati: analisi delle componenti di bilancio idrologico

2.1 Confronto a scala nazionale

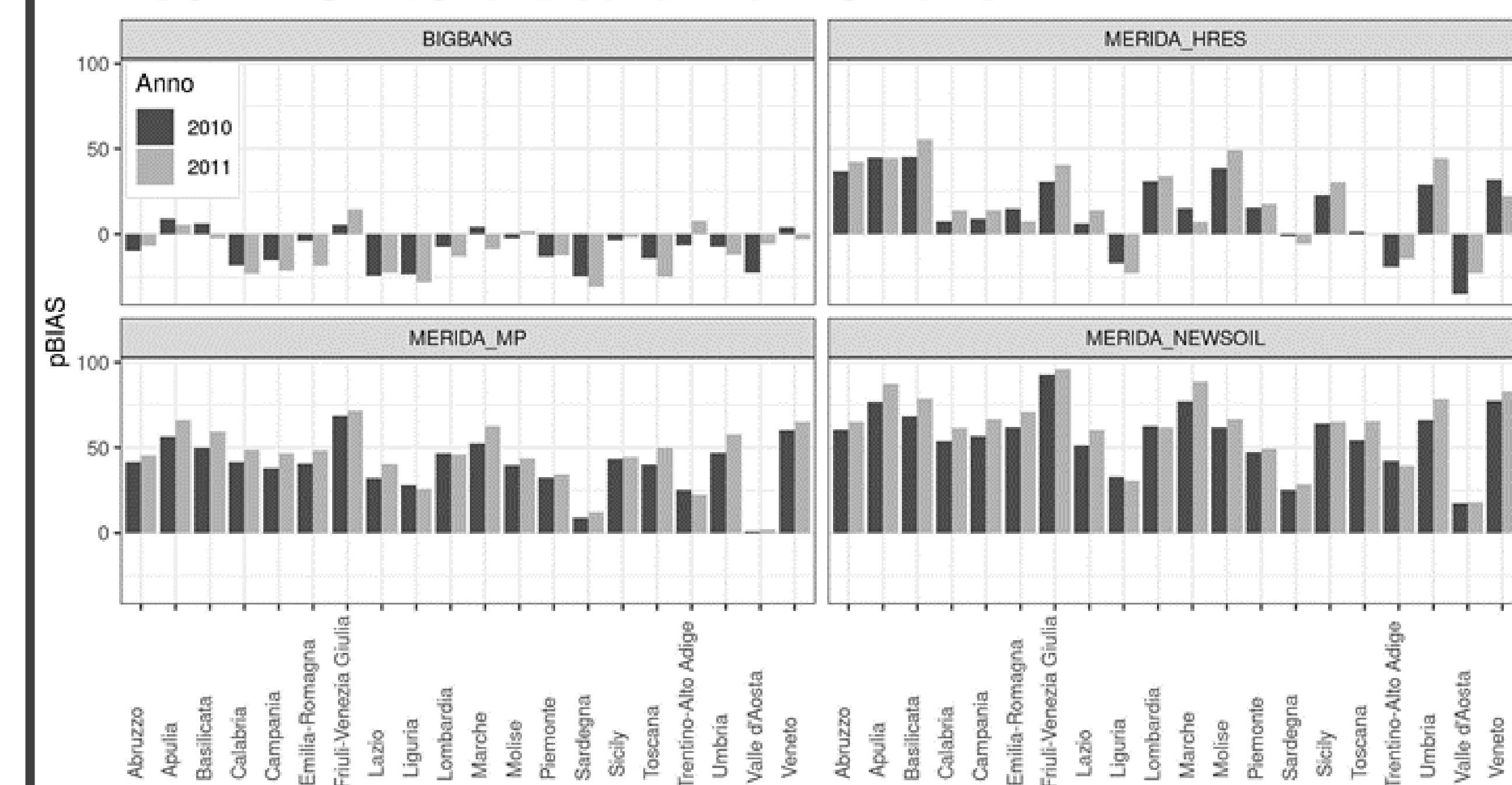


Figura 2.1 Bias percentuale tra l'ET delle configurazioni modellistiche MERIDA_HRES, MERIDA_MP, MERIDA_NEWSOIL, BIGBANG e il prodotto satellitare MODIS per gli anni 2010 e 2011, su tutto il territorio nazionale, suddiviso per regioni.

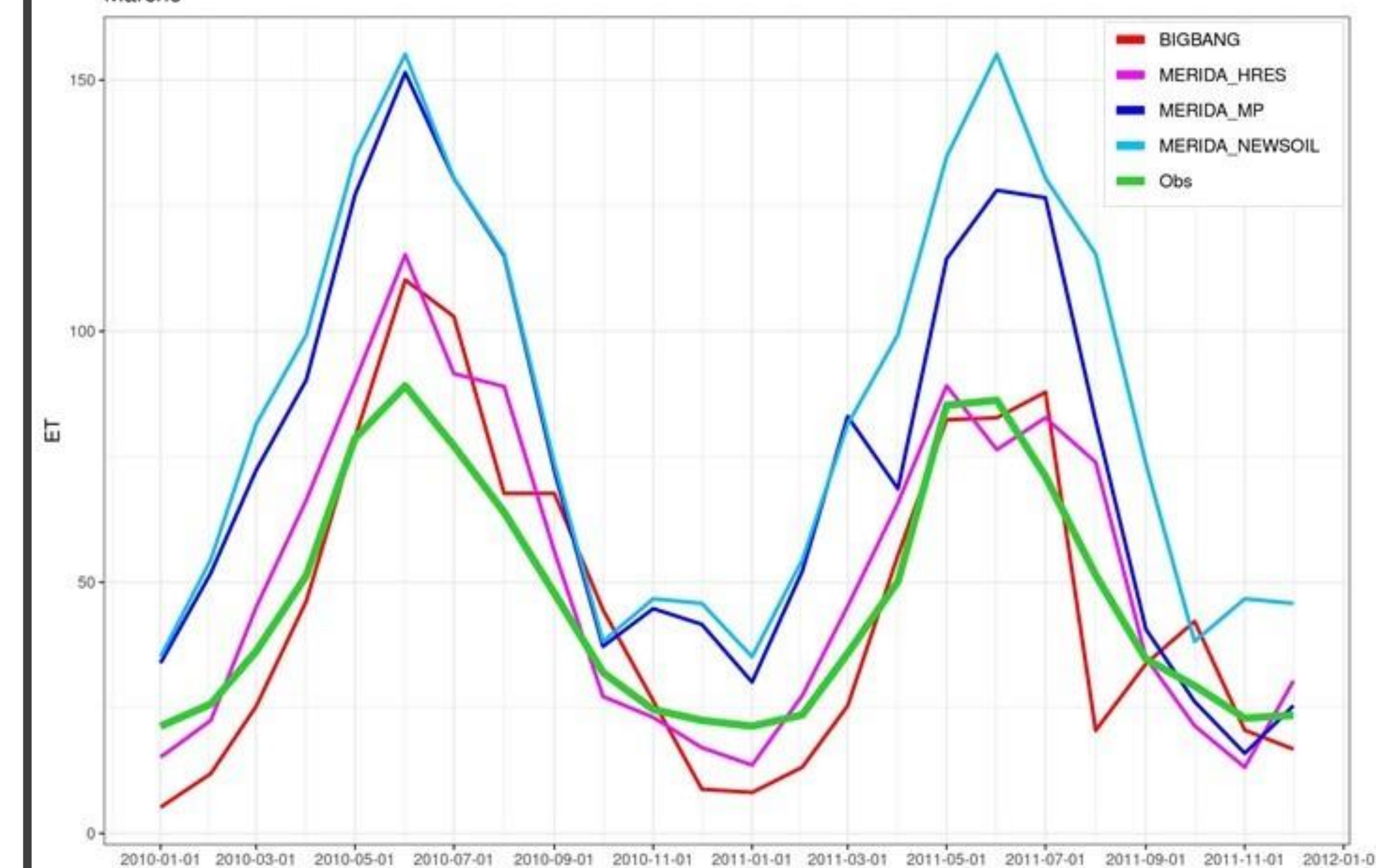


Figura 2.2 Confronto mensile dell'ET tra le diverse configurazioni modellistiche MERIDA_HRES, MERIDA_MP, MERIDA_NEWSOIL, BIGBANG e l'ET osservata da MODIS per gli anni 2010-2011 per la regione Marche.

Il confronto a scala nazionale (Figura 2.1) evidenzia una generale sovrastima dei prodotti MERIDA rispetto a Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e a BIGBANG. Cambiando il modello di suolo di MERIDA_MP con il dataset di suolo europeo ESDB (MERIDA_NEWSOIL) non migliora di molto la performance del modello ma in alcune regioni aumenta la sovrastima. Al contrario, la configurazione MERIDA_HRES, che utilizza il LSM Noah-MP girato in maniera accoppiata e il tipo di suolo uguale a MERIDA_MP, produce una sovrastima minore in quasi tutte le regioni italiane. A livello di fluttuazioni mensili (Figura 2.2), si nota come le maggiori differenze tra MERIDA_MP e MERIDA_NEWSOIL si riscontrano da primavera ad autunno, mentre vi sono minori differenze nel periodo invernale. Infine, la configurazione MERIDA_HRES a livello stagionale produce una minore sovrastima di ET in estate e nel periodo invernale ha valori più simili all'osservato in tutte le regioni.

2.2 Confronto a scala di bacino: risultati sull'alto fiume Tevere

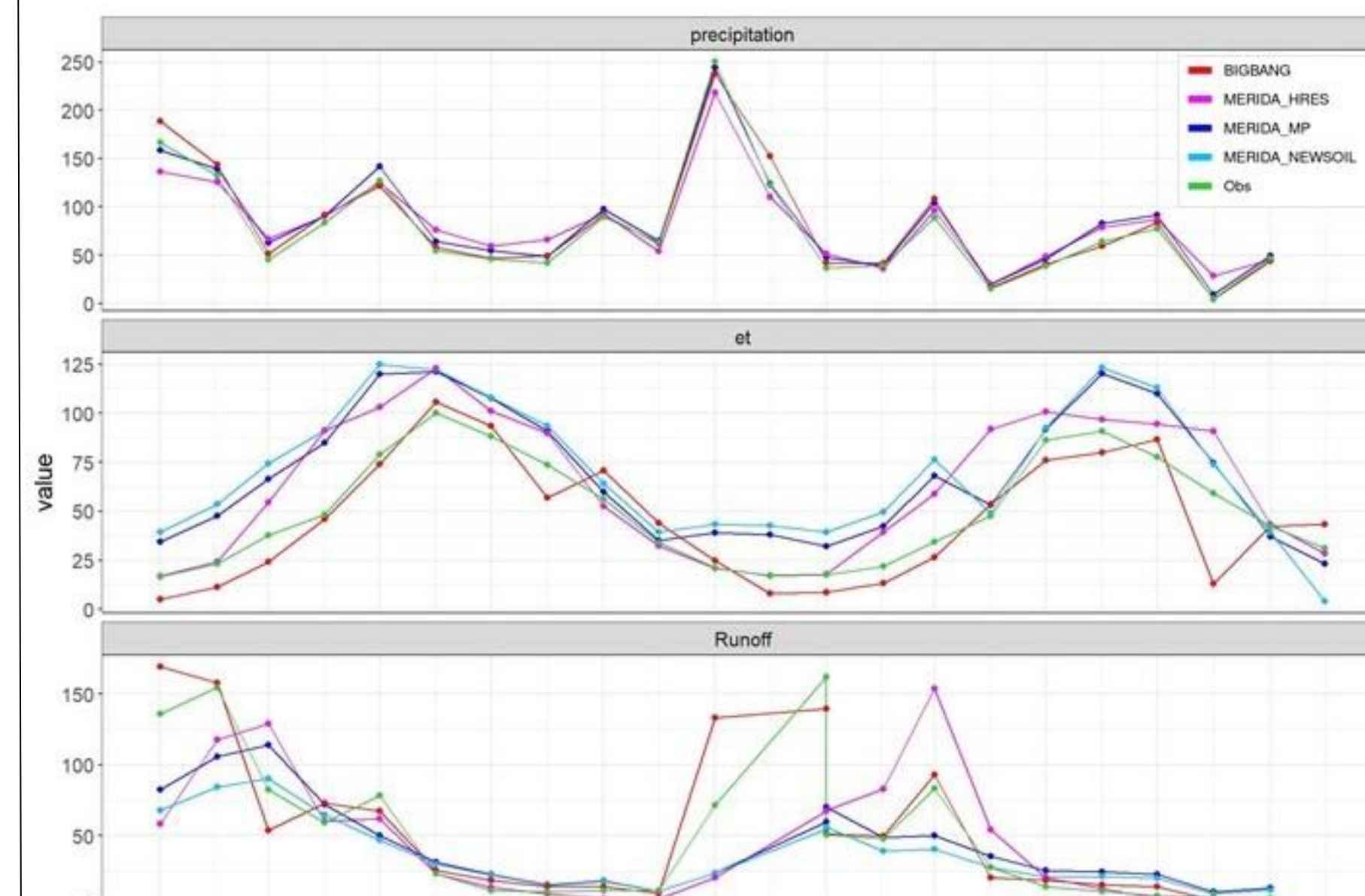


Figura 2.3 Componenti del bilancio idrologico a scala mensile. Il primo pannello raffigura le componenti di precipitazione, il secondo la componente di ET, il terzo la componente di runoff totale, inteso come somma di runoff superficiale e sotterraneo. Le osservazioni in verde sono state rispettivamente fornite da stazioni pluviometriche interpolate dei centri funzionali e protezione civile per la precipitazione, strumento satellitare MODIS per l'ET e portata nella sezione di chiusura di Ponte Nuovo per il runoff totale.

Per fare maggiore chiarezza sui risultati ottenuti in termini di bilancio, è stata aggiunta l'analisi delle componenti del runoff totale, superficiale e sotterraneo (Figura 2.4) utilizzando il metodo HYSEP di USGS (Sloto e Crouse, 1996) per la separazione della portata e l'analisi dell'umidità del suolo nelle stazioni disponibili all'interno del bacino per il periodo 2010-2011. In particolare, si nota come la componente di runoff sotterraneo abbia un ritardo nelle simulazioni MERIDA_MP e MERIDA_NEWSOIL nel raggiungere il massimo stagionale in autunno-inverno e una tendenza a sovrastimare il deflusso estivo. Le analisi di umidità del suolo (Figura 2.5) confermano questa tendenza, poiché il suolo raggiunge la saturazione troppo lentamente nel periodo autunno-inverno e sovrastima l'umidità del suolo nei periodi estivi. Ciò evidenzia una limitata capacità di infiltrazione del suolo per la configurazione MERIDA_MP, che non migliora neppure cambiando il dato statico di suolo in MERIDA_NEWSOIL. MERIDA_HRES, al contrario, sebbene abbia anche essa un leggero ritardo nel ramo ascendente del runoff nel periodo autunnale, riesce meglio a seccare l'umidità del suolo nel periodo estivo e a rappresentare le fluttuazioni di runoff sotterraneo a scala giornaliera di singolo evento, sebbene sovrastimi leggermente la saturazione per l'anno 2011 a fine inverno.



Figura 2.5 Umidità del suolo normalizzata rispetto al valore medio per ciascuna configurazione modellistica (MERIDA_HRES, MERIDA_MP, MERIDA_NEWSOIL), BIGBANG e l'osservato nella stazione di misura Water-Engineering-Experimental-Field 1 per la profondità 0.25 m.

Nell'analisi di bilancio (Figura 2.3) la precipitazione delle configurazioni di MERIDA e di BIGBANG hanno valori molto vicini all'osservato, mentre l'ET di MERIDA è sovrastimata. In particolare, nel periodo autunno-invernale la sovrastima di ET di MERIDA_MP e MERIDA_NEWSOIL corrisponde ad una sottostima di runoff delle simulazioni corrispondenti, in linea con l'equazione di bilancio (vedi Equazione 1.1). Al contrario, nel periodo primavera-estate, si assiste ad una sovrastima dell'ET, associata a una leggera sovrastima del runoff, al contrario di quanto dovrebbe essere in accordo con l'equazione. Infine, la configurazione MERIDA_HRES presenta una minore sovrastima di ET, e una componente del runoff che riesce a produrre un picco nel periodo invernale comparabile all'osservato e a BIGBANG, sebbene con un ritardo di alcuni mesi.

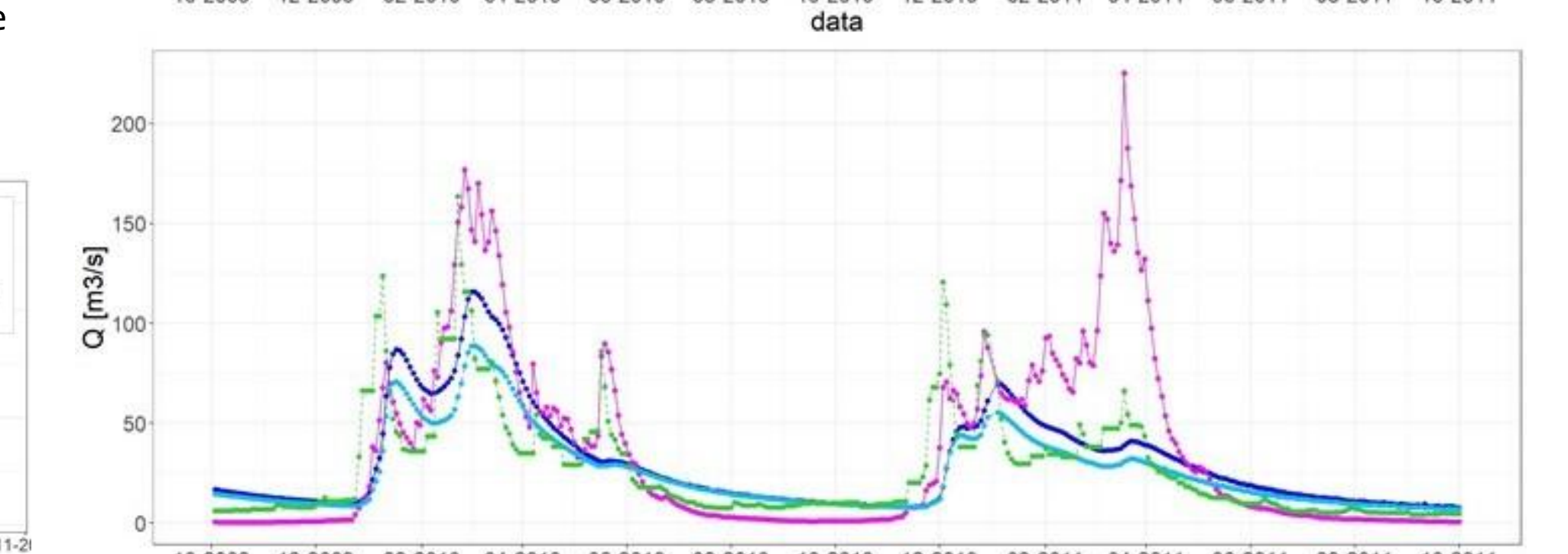
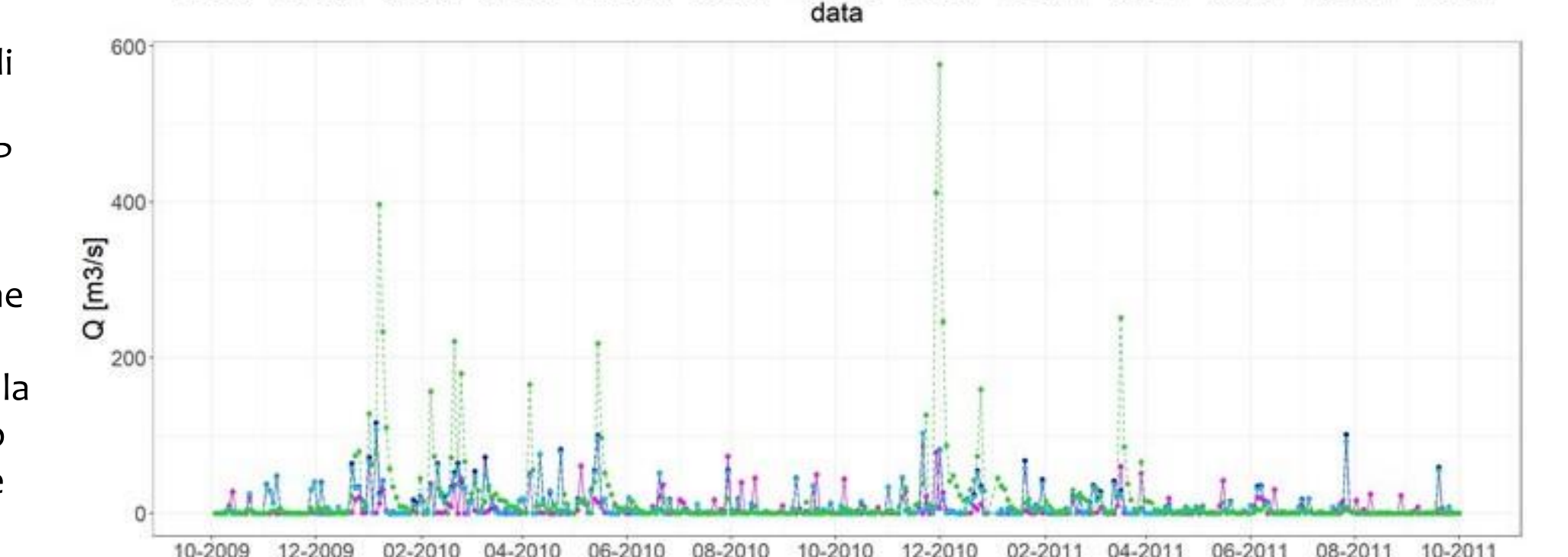
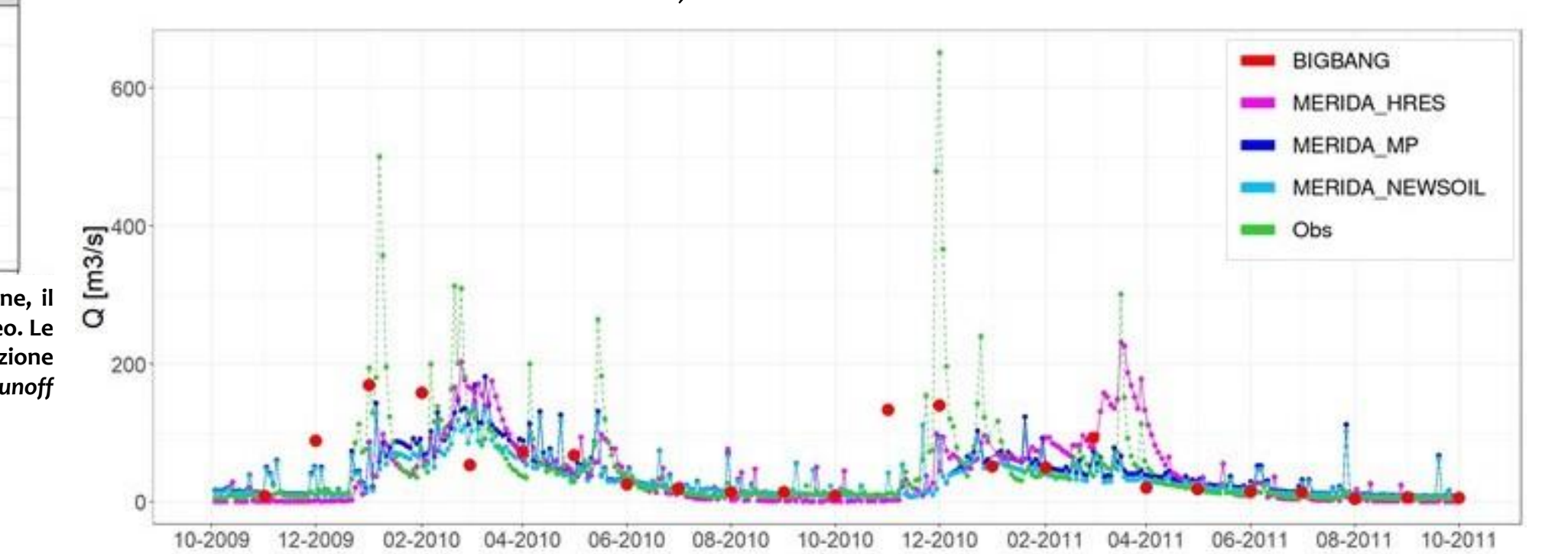


Figura 2.4 Analisi di runoff totale (primo pannello), runoff superficiale (secondo pannello) e runoff sotterraneo (terzo pannello) per le diverse configurazioni modellistiche (MERIDA_HRES, MERIDA_MP, MERIDA_NEWSOIL), BIGBANG e all'osservato ricostruito alla sezione di Ponte Nuovo.

3. Conclusioni e sviluppi futuri

3.1 Conclusioni:

In conclusione, gli studi hanno evidenziato una generale buona capacità dei prodotti MERIDA di riprodurre non solo la fisica dei processi atmosferici, ma anche la fisica dei processi di scambio tra suolo e atmosfera, evidenziando tuttavia alcune peculiarità:

- × A scala nazionale si è evidenziata una generale tendenza alla sovrastima di ET dei prodotti MERIDA rispetto all'osservato di MODIS, con una minore sottostima di MERIDA_HRES per molte regioni italiane.
- × Per il bacino del fiume Tevere è stata evidenziata una certa criticità di MERIDA_MP nel riprodurre i processi di infiltrazione, con una capacità ritardata del suolo nel raggiungere la saturazione nel periodo invernale e una tendenza a non seccare abbastanza il suolo durante il periodo estivo.
- × Contrariamente a quanto ipotizzato, l'utilizzo di un diverso dataset di suolo anziché globale ma europeo (come in MERIDA_NEWSOIL) non ha contribuito a migliorare significativamente la performance.
- ✓ Al contrario, si è riscontrato sia a scala nazionale che a scala di bacino una performance piuttosto soddisfacente di MERIDA_HRES, che utilizza una configurazione di modellistica atmosferica potenziata nella parte radiativa e vento e una modellazione accoppiata con il LSM Noah-MP.

Inoltre, lo studio ha evidenziato il potenziale di utilizzare i due prodotti BIGBANG e MERIDA in maniera complementare per lo studio del bilancio idrologico a scala nazionale:

- ✓ BIGBANG performa in maniera molto soddisfacente per studiare il bilancio a scala mensile
- ✓ Il prodotto di rianalisi MERIDA offre la possibilità di avere una migliore risoluzione temporale a scala giornaliera e sub-giornaliera che può essere molto utile per studi di previsione a scala di evento, come ad esempio lo studio dell'umidità collegata ai guasti dei cavi interrati a seguito di ondate di calore, oltre a numerose applicazioni a livello idrologico a scala di bacino per eventi estremi e rischi ad esso collegati (allagamenti, alluvioni, caduta di alberi sulle linee, etc.).
- ✓ Ulteriori calibrizioni e setting della parte modellistica di MERIDA possono apportare ulteriori miglioramenti per le variabili di suolo.

3.2 Sviluppi futuri:

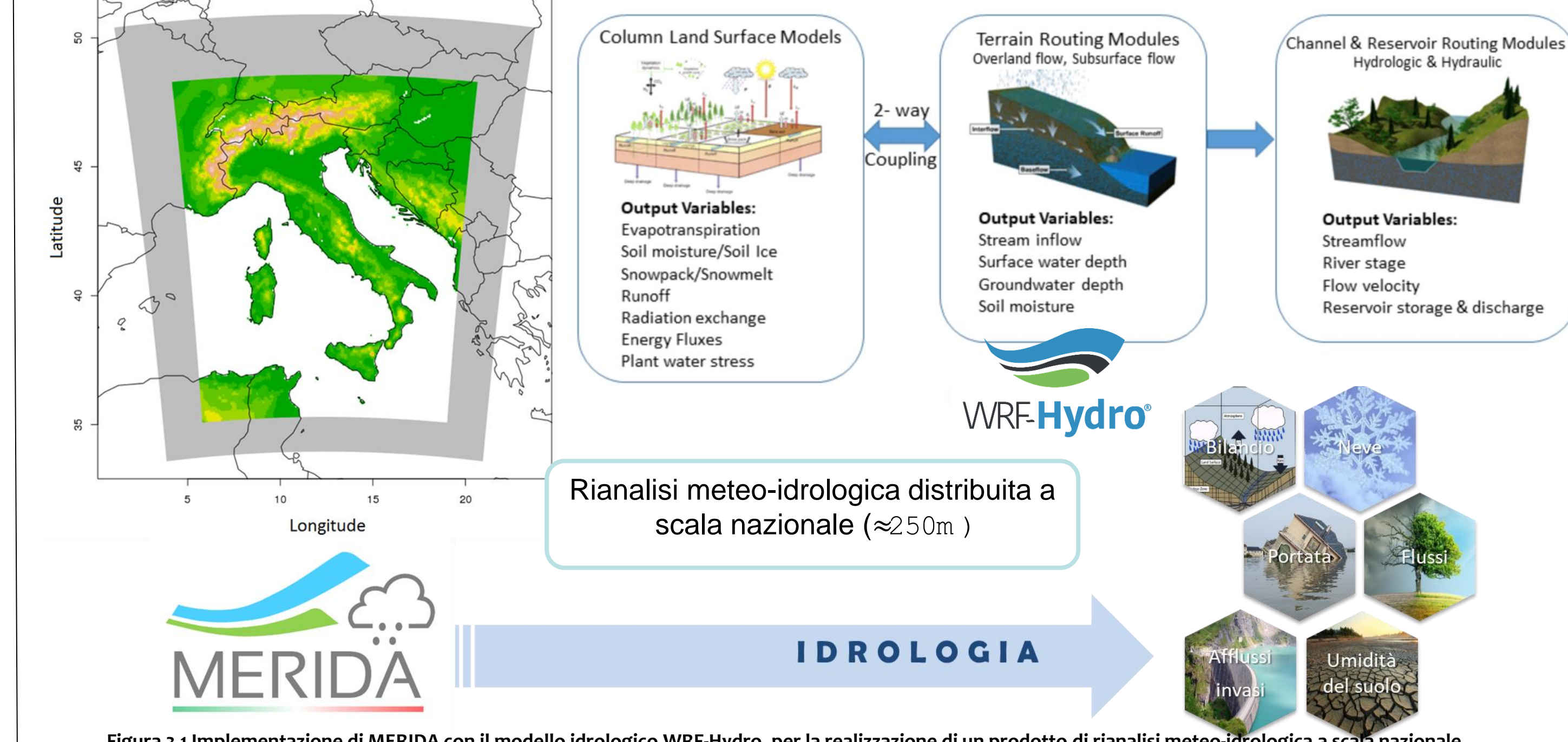


Figura 3.1 Implementazione di MERIDA con il modello idrologico WRF-Hydro, per la realizzazione di un prodotto di rianalisi meteo-idrologica a scala nazionale.

BIBLIOGRAFIA:
 Bonanno R, Lacavalla M, Sperati S. A new high-resolution Meteorological Reanalysis Italian Dataset: MERIDA. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2019 Apr;145(721):1756-79.
 G. Braca, M. Bussetini, B. Lastera, S. Mariani e F. Piva, «Il Bilancio Idrologico GIS Based a scala Nazionale su Griglia regolare - BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica», Roma, 2021.
 D. Gochis, M. Barlage, R. Cabell, M. Casali, A. Dugger, K. FitzGerald, M. McAllister, J. McCreight, A. RafeefNasab, L. Read, K. Sampson, D. Yates e Y. Zhang, «The WRF-Hydro® modeling system technical description, (Version 5.1.1)», NCAR Technical Note, Boulder, 2020.
 R. A. Sloto e M. V. Crouse, «HYSEP: A Computer Program for Streamflow Analysis», Lemoyne, Pennsylvania, 1996.