

Regione Umbria

Centro Funzionale Decentrato



**Evento Alluvionale del Bacino dell'Alto
e Medio Tevere,
31 Dicembre 2009 – 11 Gennaio 2010**

Rapporto d'evento

N. Berni, C. Pandolfo, F. Ponziani,
M. Stelluti, R. Zauri,
F. Governatori Leonardi, A. Viterbo

Giugno 2010

Indice

1. Introduzione	1
2. Inquadramento	1
3. Analisi Meteorologica	4
4. Analisi Pluviometrica	10
5. Analisi Idrometrica	27
5.1. Effetto degli sbarramenti artificiali sull'evoluzione della piena	34
5.2. Effetto delle casse d'espansione sul Fiume Chiani	38
6. Effetti al suolo.....	39
6.1. Frane/Smottamenti	39
6.2. Allagamenti	39
6.3. Perimetrazione Aree Allagate	40
7. Rassegna Stampa	43
8. Gestione Evento.....	46
8.1. Confronto Aree Allagate Osservate – Simulate	55
9. Conclusioni	59
Bibliografia	61

1. INTRODUZIONE

Nei giorni 31 Dicembre 2009 – 11 Gennaio 2010 la Regione Umbria è stata interessata da un evento alluvionale che ha causato ingenti danni all'agricoltura e a beni privati, pur non avendo fortunatamente determinato il coinvolgimento diretto di esseri umani, ma tale da portare l'amministrazione regionale a richiedere al Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DPC) lo stato di emergenza, ai sensi dell'art. 5 della Legge 24 febbraio 1992 n. 225.

In circa due giorni, specialmente tra il 5 e il 6 Gennaio, nei territori dell'Alto Tevere e zone occidentali (Trasimeno e Orvietano), sono caduti fino a 202 mm di pioggia in 48 ore (quasi il doppio della media storica dell'intero mese più piovoso, Dicembre, ad Umbertide). Gli effetti al suolo sono stati principalmente: esondazioni diffuse del F. Tevere, del F. Nestore, del T. Caina, del F. Paglia, del T. Genna, ed altri affluenti minori dell'Alto-Medio Tevere sul quadrante occidentale, anche per il verificarsi di alcune rotte arginali (come quella del T. Argento in zona Fabro o del T. Caina nei pressi di Mantignana-Magione), alcuni smottamenti di versanti, anche interferenti tratti stradali. Numerose le chiamate alla Sala Operativa regionale e VVFF.

L'intero Sistema regionale di Protezione Civile, in continuo contatto con il DPC di Roma, ha dimostrato di saper gestire tale tipo di situazioni, con una buona sinergia tra Sala Operativa regionale e Centro Funzionale, ma anche con Prefetture, Province, Consorzi di Bonifica, Comunità Montane e la maggior parte dei Comuni, minimizzando gli effetti sul territorio e soprattutto sulle popolazioni sottoposte a rischio idraulico.

Anche le grandi dighe presenti nel bacino idrografico del F. Tevere hanno garantito la mitigazione degli effetti negativi della concomitanza dei contributi dei vari affluenti del F. Tevere immagazzinando interamente i volumi idrici in arrivo da monte e restituendone una parte con rilasci controllati e compatibili con l'alveo di valle a piena avvenuta.

Il presente rapporto ha lo scopo di analizzare l'eccezionalità dell'evento, ed in particolare dei seguenti aspetti:

- dati idro-meteorologici registrati durante l'evento e caratterizzazione statistica delle precipitazioni e delle portate osservate;
- azione svolta dagli invasi artificiali per la laminazione della piena;
- effetti al suolo verificatisi (esondazioni, frane e smottamenti);
- ruolo del Centro Funzionale Decentrato della Regione Umbria nella gestione dell'evento.

2. INQUADRAMENTO

L'analisi dell'evento meteo-idropluviometrico è stata condotta per il bacino del F. Tevere con sezione di chiusura immediatamente a valle dell'idrometro di Orte, in corrispondenza della confluenza con il F. Nera. Tale bacino ricade nell'Italia centrale ed in particolare tra le latitudini Nord 43°47' e 41°54' e tra le longitudini Est 13°26' e 11°37' (Figura 1). Il bacino in esame ha una superficie di circa 12680 km² e ricopre pressoché interamente il territorio della Regione Umbria, rimane escluso circa il 5% del territorio regionale.

Il F. Tevere nasce presso il Monte Fumaiolo, nell'Appennino Tosco-Emiliano, ad una quota di circa 1268 m s.l.m. e, dopo un rapido dislivello, percorre 4 km in Romagna per poi entrare in Toscana (provincia di Arezzo), dove, attraversato l'abitato di Pieve Santo Stefano, crea l'invaso artificiale di Montedoglio. A valle dell'omonima diga, il Tevere percorre la Val Tiberina in territorio umbro (provincia di Perugia) attraversando, da monte a valle, i centri abitati di Città di Castello, Umbertide, e quindi Ponte Pattoli, Ponte Felcino, Ponte Valleceppi e Ponte San Giovanni nei pressi di Perugia. Subito a valle dell'abitato di Torgiano si ha l'immissione in sinistra idrografica del F. Chiascio e, poco più a valle, verso Marsciano, quella del F. Nestore in destra. Il corso del fiume prosegue poi per Ponte Rio, ai piedi della rupe di Todi, e attraverso la stretta gola del Forello va a formare il lago artificiale di Corbara. Subito a valle dello sbarramento omonimo si incontra la confluenza con il F. Paglia, importante affluente in destra idrografica. Poco più a valle, la presenza di un altro sbarramento artificiale, sebbene di minore entità, determina il Lago di Alviano.

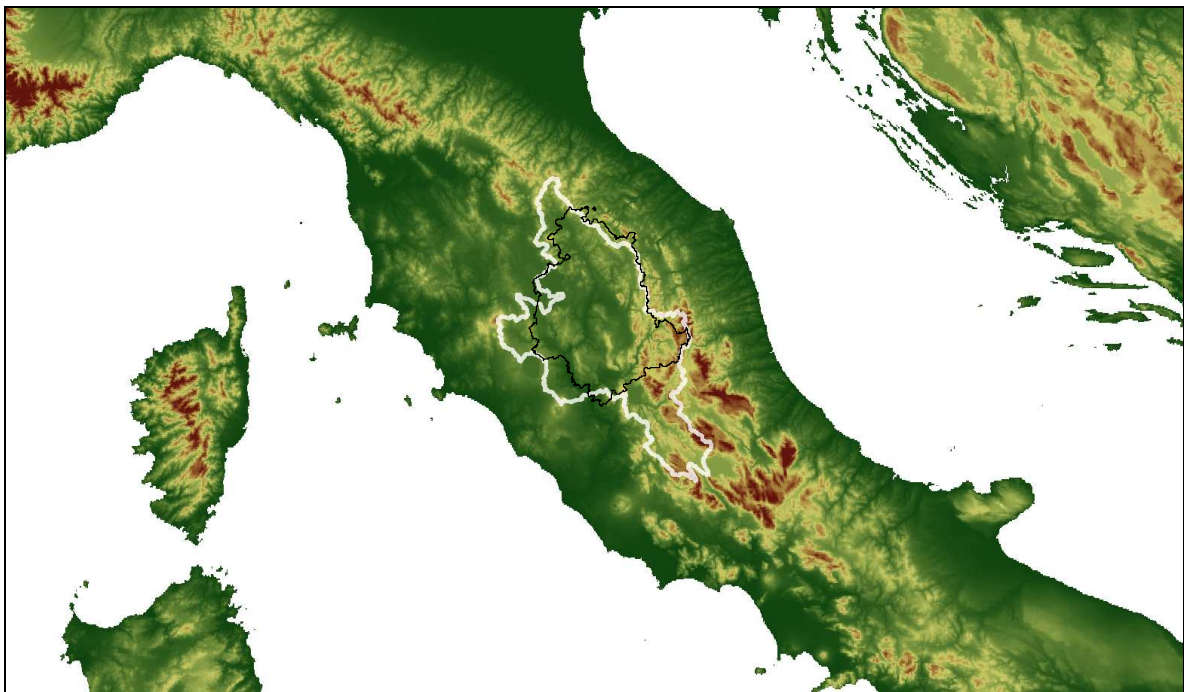


Figura 1 – Inquadramento del bacino di studio (linea bianca) sovrapposto al confine amministrativo della Regione Umbria (linea nera).

Infine, nella valle del Medio Tevere, si ha l'immissione del F. Nera in sinistra idrografica, fiume che determina parte significativa della portata di magra per il Tevere in territorio laziale.

Infatti, il settore settentrionale del bacino (circa 8000 km²), a monte della confluenza con F. Nera, è costituito prevalentemente da rocce poco permeabili, ed il regime delle portate del F. Tevere è molto irregolare, alimentato prevalentemente dalle acque di ruscellamento superficiale ed ipodermico nelle stagioni piovose. Il settore centrale, invece, corrispondente al bacino idrografico del Nera, è caratterizzato da una superficie drenante di circa 4680 km²; la geologia dell'area è fortemente caratterizzata da formazioni carbonatiche di elevata-media permeabilità che condizionano in modo significativo la produzione di deflusso.

Per una descrizione più dettagliata e approfondita dell'area di studio si rimanda a studi specifici del Bacino del F. Tevere, in particolare al rapporto *Tevere, pilot river basin article 5 report* (2005) e al *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico* (2006), entrambi redatti dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ABT).

3. ANALISI METEOROLOGICA

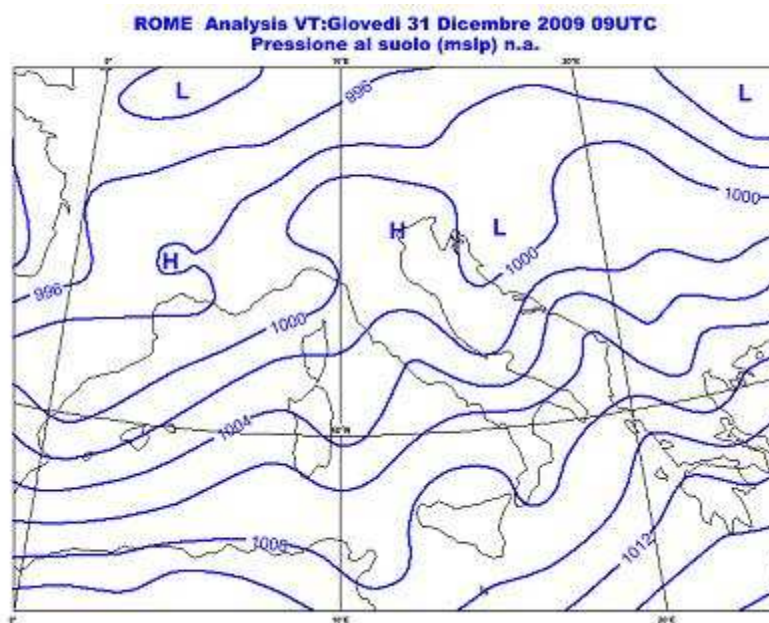
PRIMA FASE

30 DICEMBRE 2009

L'Italia viene interessata, nel corso della giornata da correnti sud-occidentali, ramo ascendente di una saccatura atlantica che si va approfondendo sulle coste occidentali del continente europeo, in movimento verso il Mediterraneo Occidentale, facendo affluire correnti umide ed instabili a carattere caldo.

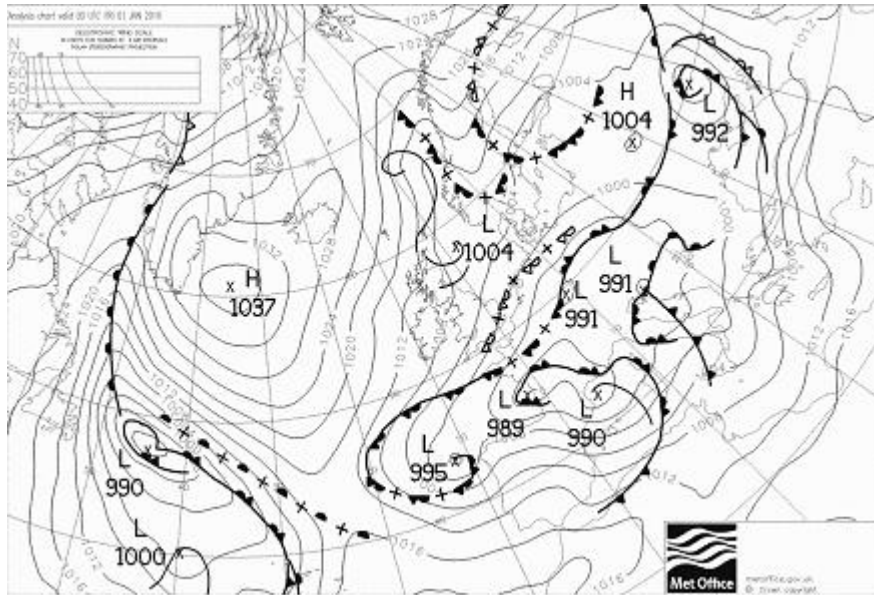
31 DICEMBRE 2009

Sull'Atlantico, a NO della Galizia, si definisce un minimo chiuso in quota in corrispondenza del quale si forma un'area di bassa pressione al suolo sul Nord della Penisola Iberica. Ciò crea sul Mediterraneo correnti perturbate che interessano l'Italia con precipitazioni via via più intense, dapprima sulle coste tirreniche e d in estensione all'entroterra. In Umbria si registrano precipitazioni intense e diffuse a partire dal primo pomeriggio.



1 GENNAIO 2010

Si costituisce una vasta area depressionaria al suolo distesa sull'Europa continentale la cui parte inferiore, su cui si innesta una successione di sistemi frontali, agisce sul Mediterraneo, provoca maltempo persistente, con precipitazioni diffuse ed abbondanti, anche sull'Umbria.



Nel corso della giornata il vertice della saccatura tende ad evolvere assumendo una forma più appuntita e penetrando con decisione sul Mediterraneo Occidentale, portandosi a fine giornata sui Balcani esponendo, in fine, la Penisola a correnti Nord-Occidentali che provocheranno un calo generalizzato delle temperature, ma anche un'attenuazione delle precipitazioni che sulla nostra regione inizierà a partire dal tardo pomeriggio/sera.

2 GENNAIO 2010

La struttura depressionaria si è spostata definitivamente sul Mar Nero, ma resta una residua instabilità per la presenza di un debole fronte, ormai completamente occluso, che determina precipitazioni sparse in via di esaurimento, a carattere nevoso fino a quote collinari sul settore occidentale dell'Umbria.

3 GENNAIO 2010

Rimonta, ma solo momentaneamente, la pressione sulla Penisola. Sull'Umbria le condizioni meteorologiche sono significativamente migliorate con assenza di precipitazioni e cielo poco nuvoloso.

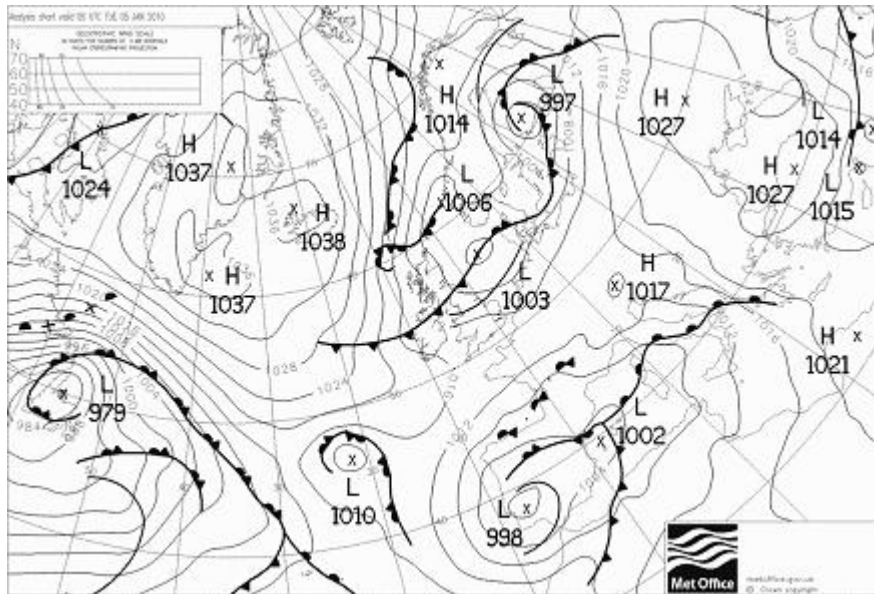
SECONDA FASE

4 GENNAIO 2010

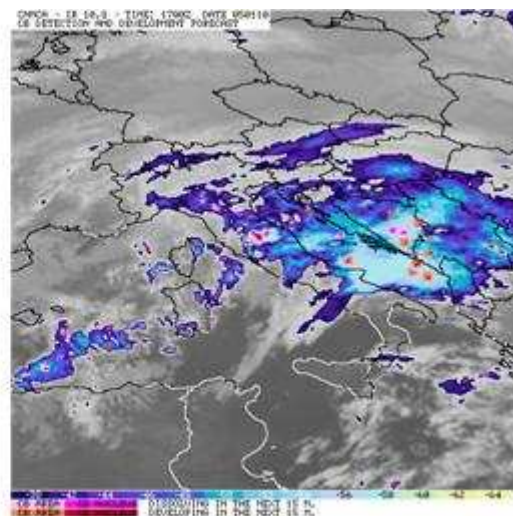
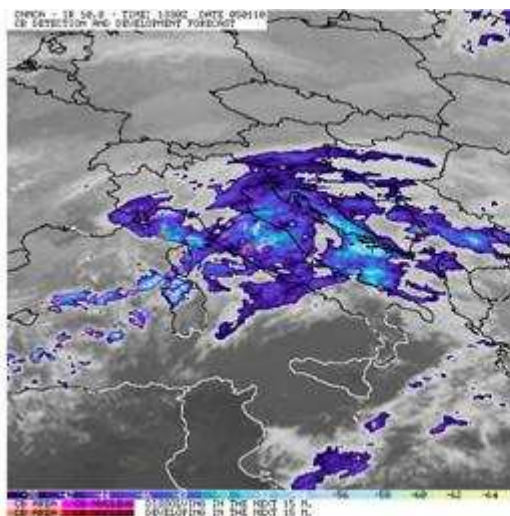
Inizia una nuova fase di maltempo con l'approfondimento di un minimo barico (996 hPa) sull'Atlantico, in prossimità delle coste portoghesi e che provoca, nuovamente, correnti occidentali sul Mediterraneo in seno alle quali si innestano una serie di perturbazioni che nel pomeriggio provocano precipitazioni sparse sull'Umbria. Si verificano, anche, deboli nevicate a quote collinari, per la persistenza di aria fredda nei bassi strati.

5 GENNAIO 2010

Sebbene la saccatura risulti inizialmente molto allungata sul continente europeo, col vertice sulla Penisola Iberica, intensi flussi si sono stabiliti sul Mediterraneo Occidentale, richiamando aria calda, molto umida ed instabile dalle zone meridionali, che, entrando in conflitto con l'intrusione d'aria artico marittima, dà luogo ad un sistema frontale ben strutturato, in rapido movimento verso Levante.



Al mattino abbiamo precipitazioni diffuse e persistenti, per il transito della parte calda del sistema frontale con fenomeni più intensi sull'Alto Tevere ed i settori occidentali. Nel pomeriggio, senza soluzione di continuità a causa di un settore caldo molto perturbato, l'arrivo del fronte freddo dà luogo a fenomeni temporaleschi su tutta la regione con un nucleo molto intenso che dalle 16, alle 19, circa, transita sulla nostra regione interessando la zona del Trasimeno ed Alto Tevere, per poi dirigersi verso le coste marchigiane.



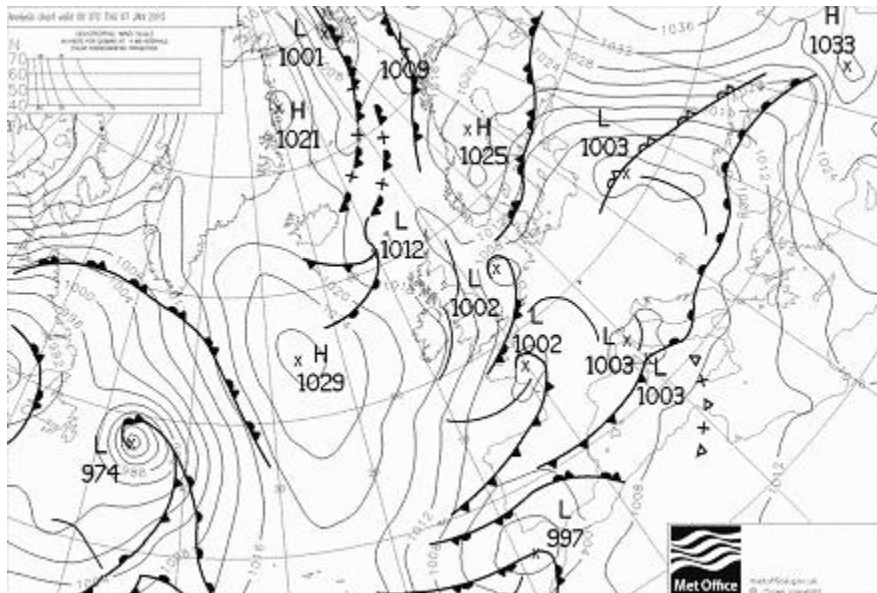
A seguire, persistono correnti sud-occidentali in cui si innestano residui fenomeni temporaleschi a macchia di leopardo nel corso della notte.

6 GENNAIO 2010

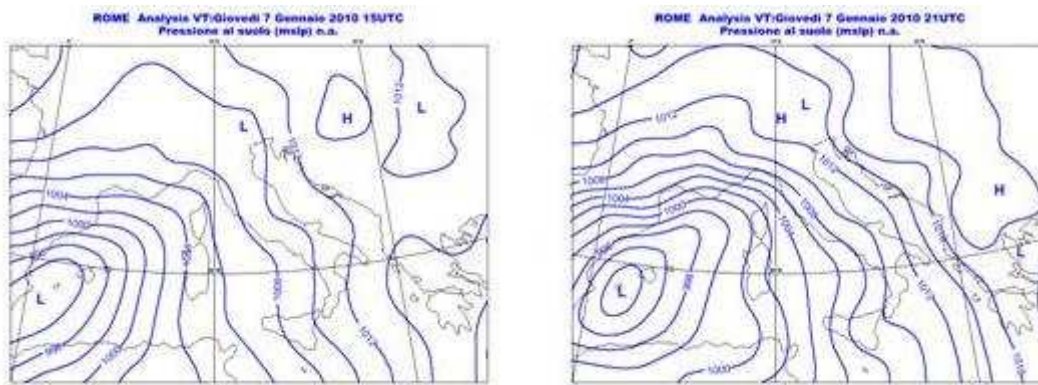
Persistono le correnti sud-occidentali, con avvezione di aria fredda e fenomeni residui al primo mattino sul settore meridionale della regione. Per il resto della giornata i flussi si dispongono prevalentemente occidentali a debole curvatura ciclonica: si ha solo una nuvolosità sparsa ed irregolare e non si verificano altri fenomeni significativi.

7 GENNAIO 2010

La saccatura che insiste sulla Penisola Iberica ed il Mediterraneo accentua la sua curvatura definendo un asse che va dalla Penisola Scandinava alle coste portoghesi meridionali, in lento movimento verso Levante. Sul ramo ascendente dei flussi in quota si innesta, al suolo un'area di bassa pressione con minimo a 1003 hPa sul Golfo di Genova che in mattinata provoca ancora delle precipitazioni, ma non molto intense.

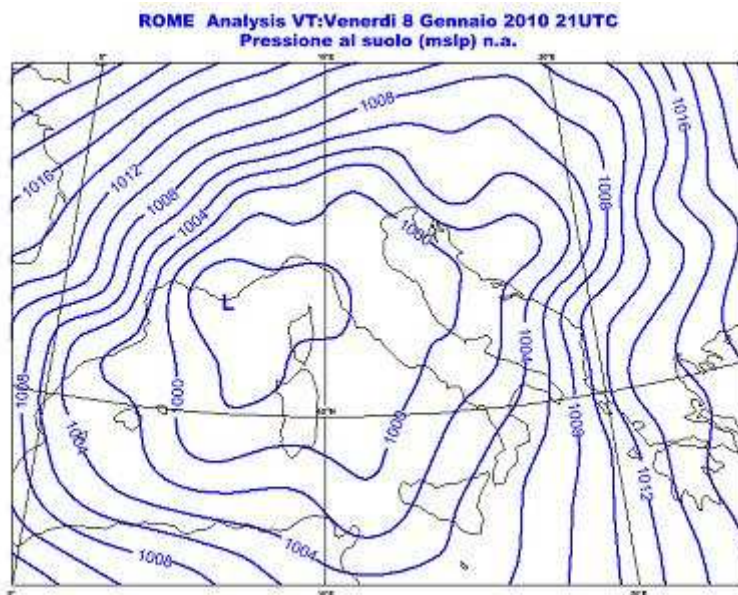


In realtà la struttura più importante si va costituendo sulla Spagna Meridionale in tarda mattinata con un progressivo cut-off della saccatura in quota e la formazione di un minimo chiuso al suolo di 990 hPa che in serata si trova già in prossimità delle Baleari, corredato da un sistema frontale ben organizzato che provoca precipitazioni in nottata.

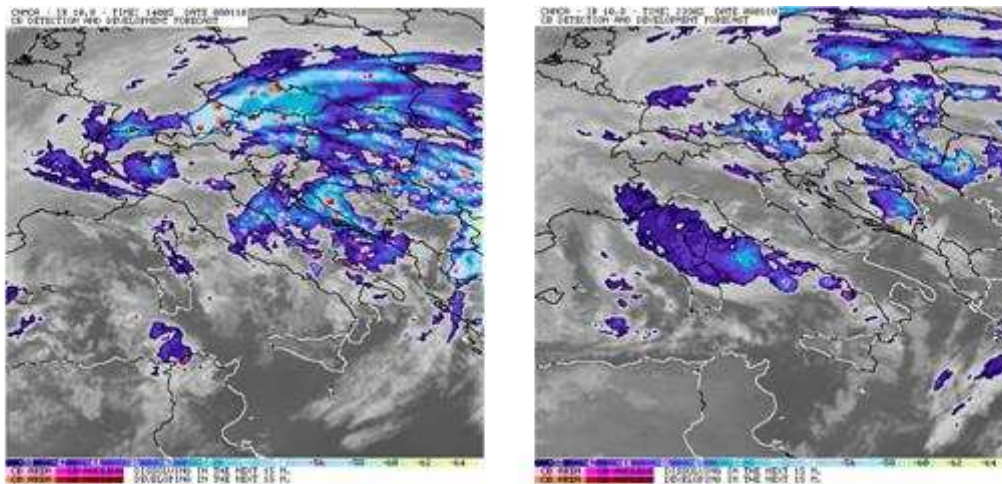


8 GENNAIO 2010

Il vortice depressionario si sposta rapidamente nelle prime ore di venerdì posizionandosi col centro d'azione sul Mar Ligure ed iniziando una fase molto lenta di colmamento che durerà circa due giorni.

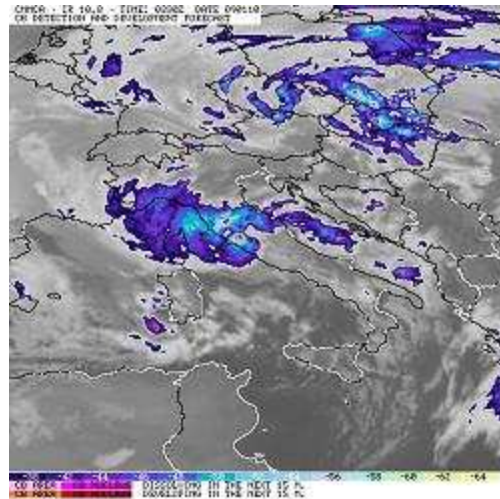
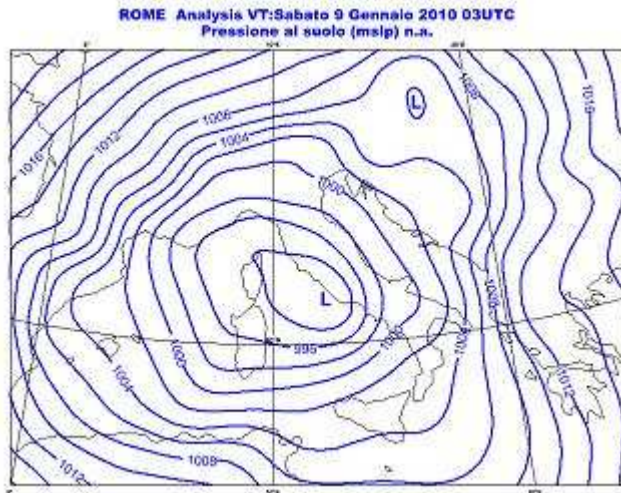


L'Umbria viene interessata da precipitazioni sparse, anche a carattere temporalesco, soprattutto nella seconda parte della giornata ed una generale attenuazione dei fenomeni in nottata.



9 GENNAIO 2010

Il vortice depressionario, ormai in fase di colmamento, inizia a muoversi verso NE. La presenza del centro d'azione sulle coste tirreniche potrebbe far presagire nuovi forti fenomeni anche sull'Umbria, in realtà le precipitazioni più intense restano vincolate lungo il litorale, muovendosi verso NO.



Le precipitazioni sull'Umbria assumono carattere sparso ed intensità modeste che non vanno ulteriormente ad aggravare la condizione di stress dei reticoli fluviali.

10 GENNAIO 2010

Il vortice continua a perdere energia e già nel pomeriggio un nucleo residuo si può ancora identificare sull'area balcanica, mentre sull'Italia è completamente scomparsa la struttura ciclonica. La giornata presenta cielo poco o irregolarmente nuvoloso, salvo qualche precipitazione residua sui rilievi occidentali, anche a carattere nevoso per il consistente abbassamento delle temperature che nel corso della notte porteranno a qualche locale gelata a quote collinari.

11 GENNAIO 2010

Il sistema depressionario termina la sua evoluzione, colmandosi, e lasciando solo una residua attività a ridosso dei rilievi, anch'essa in dissolvimento nel corso della mattinata.

4. ANALISI PLUVIOMETRICA

L'evento pluviometrico ha avuto complessivamente una durata di circa 12 giorni, durante i quali si sono succedute due distinte fasi di precipitazione (Figura 2):

- dal 31 Dicembre 2009 al 03 Gennaio 2010
- dal 04 Gennaio 2010 al 11 Dicembre 2010

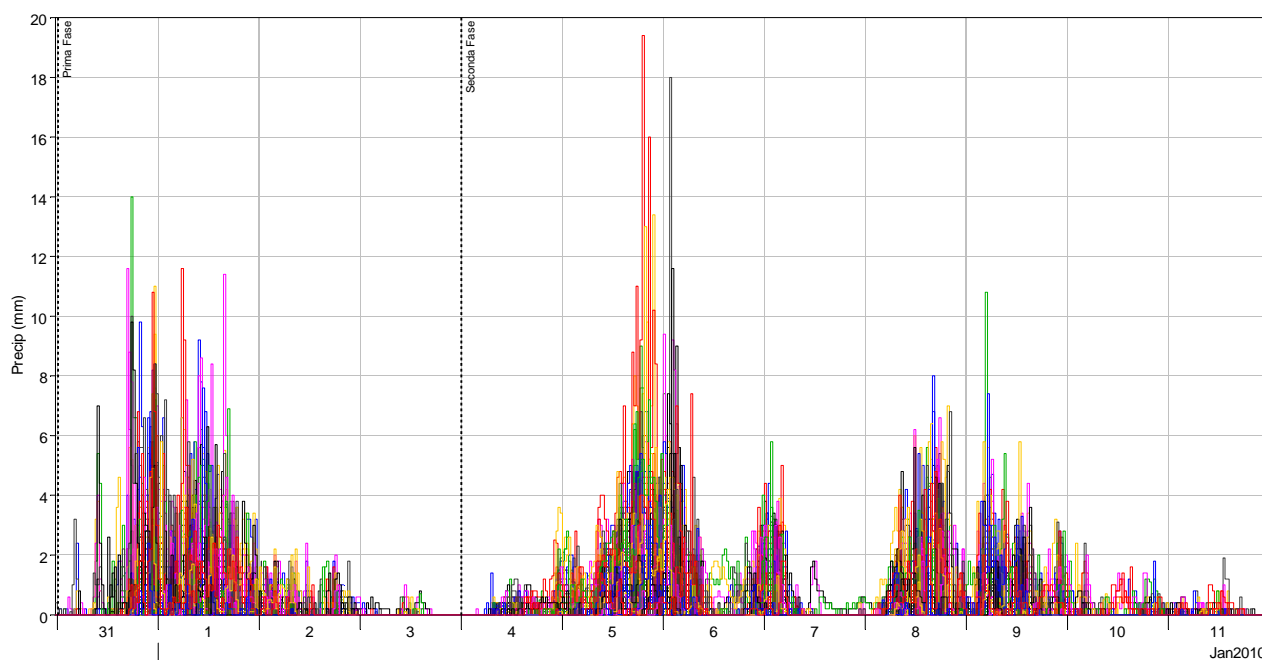


Figura 2 – Precipitazioni semi-orarie registrate dalla rete di monitoraggio operante in tempo reale durante l'evento pluviometrico nel bacino dell'Alto-Medio Tevere.

Di seguito, in Tabella 1 sono sintetizzati i dati di precipitazione cumulata per le due distinte fasi di pioggia, nonché per l'intero evento, per le principali stazioni pluviometriche delle reti di monitoraggio regionale operanti in tempo reale e ricadenti nel bacino dell'Alto-Medio Tevere (bacino del F. Tevere con sezione di chiusura alla sezione idrometrica di Orte).

Per le attività dei Centri Funzionali è possibile consultare in tempo reale i dati di tutte le stazioni idrometeorologiche che ricadono all'interno dei medesimi bacini idrografici, anche se afferenti a reti di regioni limitrofe. L'Umbria, da parte sua, condivide gran parte dei dati della propria rete di monitoraggio con le altre regioni e con il DPC, gestita dal Servizio Risorse Idriche e Rischio Idraulico presso la Direzione Ambiente, Territorio e Infrastrutture (Perugia) ed utilizzata anche per scopi di allertamento dal Centro Funzionale Decentrato di Foligno, collegato alla centrale di Perugia attraverso apposito ponte radio dedicato, oltre ad un canale di backup tramite accesso vpn.

In Figura 3÷Figura 5 sono rappresentate, inoltre, le distribuzioni spaziali delle precipitazioni cumulate rispettivamente per le due fasi di pioggia e per l'intero evento.

Tabella 1 – Precipitazioni cumulate nelle due distinte fasi di pioggia e per l'intero evento registrate nel bacino dell'Alto-Medio Tevere. (*: interruzione funzionamento della stazione di Allerona il 6/01/2010 alle 1:00)

Nome Stazione	I° Fase	II° Fase	Tot.
Abbadia S.Salvatore	106.4	189.2	295.6
Allerona	34.8	47 *	81.8 *
Amelia	23.8	103.4	127.2
Ancaiano	68.6	93	161.6
Antrodoco	85.2	89.8	175
Arezzo	27.6	99.2	126.8
Armenzano	43.6	68.2	111.8
Arrone	35.2	74	109.2
Attigliano	9.6	69.6	79.2
Avigliano Umbro	31.4	93.2	124.6
Azzano	25.7	53.8	79.5
Badia Prataglia	103	155.4	258.4
Bastardo	43.5	68.8	112.3
Bastia Umbra	32.8	75.3	108.1
Bettolle	29.4	97.6	127
Bevagna	44.8	54.2	99
Branca	40.8	120.2	161
Brusciano	55.6	80.2	135.8
Calvi dell'Umbria	31.6	84.8	116.4
Camaldoli	88.2	125.4	213.6
Campogrande	39	143.2	182.2
Cannara	43.5	78.4	121.9
Capezzine	34.6	88.2	122.8
Carestello Meteo	59.4	164.2	223.6
Casa Castalda	43	119.4	162.4
Casanuova	45	110.2	155.2
Cascia	64.6	63.4	128
Casigliano	31.2	76.8	108
Cassa Molino di Bagni	42.8	79.8	122.6
Castagnacupa	60.8	123	183.8
Castel Cellesi	25.2	85	110.2
Castelluccio di Norcia	22.2	55.4	77.6
Castiglione Fiorentino	28.6	82	110.6
Castiglione del Lago	46.6	119	165.6
Cerbara	41.2	123.7	164.9
Citta'di Castello	34.3	116.8	151.1
Collepepe	38	85.7	123.7
Colli sul Velino	48.4	108	156.4
Compignano	40.7	108.5	149.2
Compresso	40.2	140.2	180.4
Corbara	30	78	108
Corciano	27.2	130	157.2

Nome Stazione	I° Fase	II° Fase	Tot.
Cortona	33.6	109.6	143.2
Ficulle	34.6	122	156.6
Foligno	48.4	53.5	101.9
Forsivo	51.9	55.1	107
Gualdo Tadino	37.2	94.6	131.8
Gubbio	46.2	130.6	176.8
La Cima	55.8	141.2	197
La Verna	105.2	131.4	236.6
Leonessa	121.2	131.4	252.6
Lugnano	58.4	117.6	176
Massa Martana	27.6	69	96.6
Melezzole	24.6	109.2	133.8
Moiano	46.2	146	192.2
Monte Cucco	52.1	137.8	189.9
Monte del Lago	36.8	111.6	148.4
Montedoglio	64.6	109.6	174.2
Montefiascone	20.8	98	118.8
Monteleone di Spoleto	89.6	76	165.6
Montelovesco	38.7	123.9	162.6
Montemartano	48.8	101	149.8
Narni Scalo	36	78.8	114.8
Nocera Umbra	42.8	83	125.8
Norcia	53	53.6	106.6
Orte Scalo	18.2	101	119.2
Ortignano	65.4	132.8	198.2
Orvieto	29.8	107.6	137.4
Orvieto Scalo	25.8	100.8	126.6
Passignano Alta	45.2	123.2	168.4
Perugia Santa Giuliana	44.6	115.8	160.4
Perugia Sede	38	111.5	149.5
Petrelle	36.4	126.6	163
Pianello	39	110.8	149.8
Piediluco	55.9	88.1	144
Pierantonio	45.2	146.2	191.4
Pieve di Saggi	33.6	133	166.6
Pistrino	36.6	109	145.6
Poggio Mirteto	25	80.6	105.6
Pollino	92.2	129.4	221.6
Ponte Felcino	39.4	118.6	158
Ponte Felice	22.4	62.2	84.6
Ponte Nuovo di Torgiano	24	86.2	110.2
Ponte S.Maria	42.4	132	174.4
Ponticelli	34.8	123.2	158
Pornello	37	131.4	168.4
Posticcioia	73.4	74.2	147.6

Nome Stazione	I° Fase	II° Fase	Tot.
Prodo	33.6	112.4	146
Rieti Idro	49.8	119.6	169.4
Ripalvella	5.4	37.8	43.2
Rivodutri	59.4	113	172.4
Rocca Respampani	11.4	88.4	99.8
Rocca Sinibalda	90	103.4	193.4
S.Benedetto Vecchio	32.1	131.2	163.3
S.Biagio della Valle	46.3	110.2	156.5
S.Gemini	28.8	78.8	107.6
S.Savino	41	126	167
S.Silvestro	30.1	71.7	101.8
Salutio	93.6	157	250.6
San Martino	90.4	83.8	174.2
Scheggia	40.7	45.6	86.3
Sellano	39	62	101
Sorano Meteo	55	250	305
Spoleto	44.8	73.4	118.2
Strada Prov.302	35.8	94.4	130.2
Terni	38.6	60.2	98.8
Todi	27.2	68	95.2
Torre dell'Olmo	56.8	127	183.8
Tresa	43.6	123.2	166.8
Trestina	33.2	134.6	167.8
Umbertide	41.2	160.8	202
Vallo di Nera	66.6	72.8	139.4
Viterbo	14.4	78.8	93.2

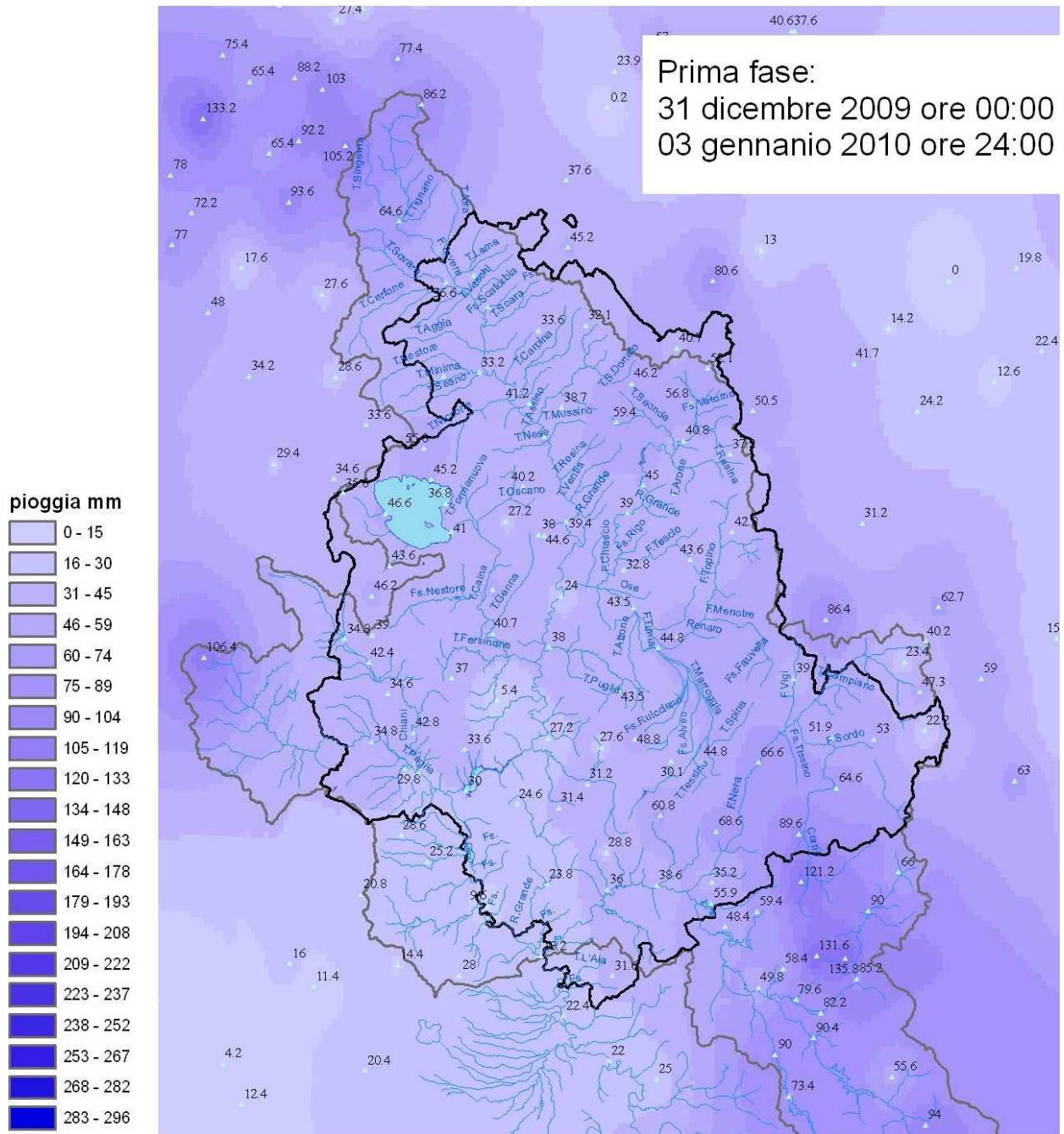


Figura 3 – Distribuzione spaziale delle piogge durante la I° Fase di precipitazione.

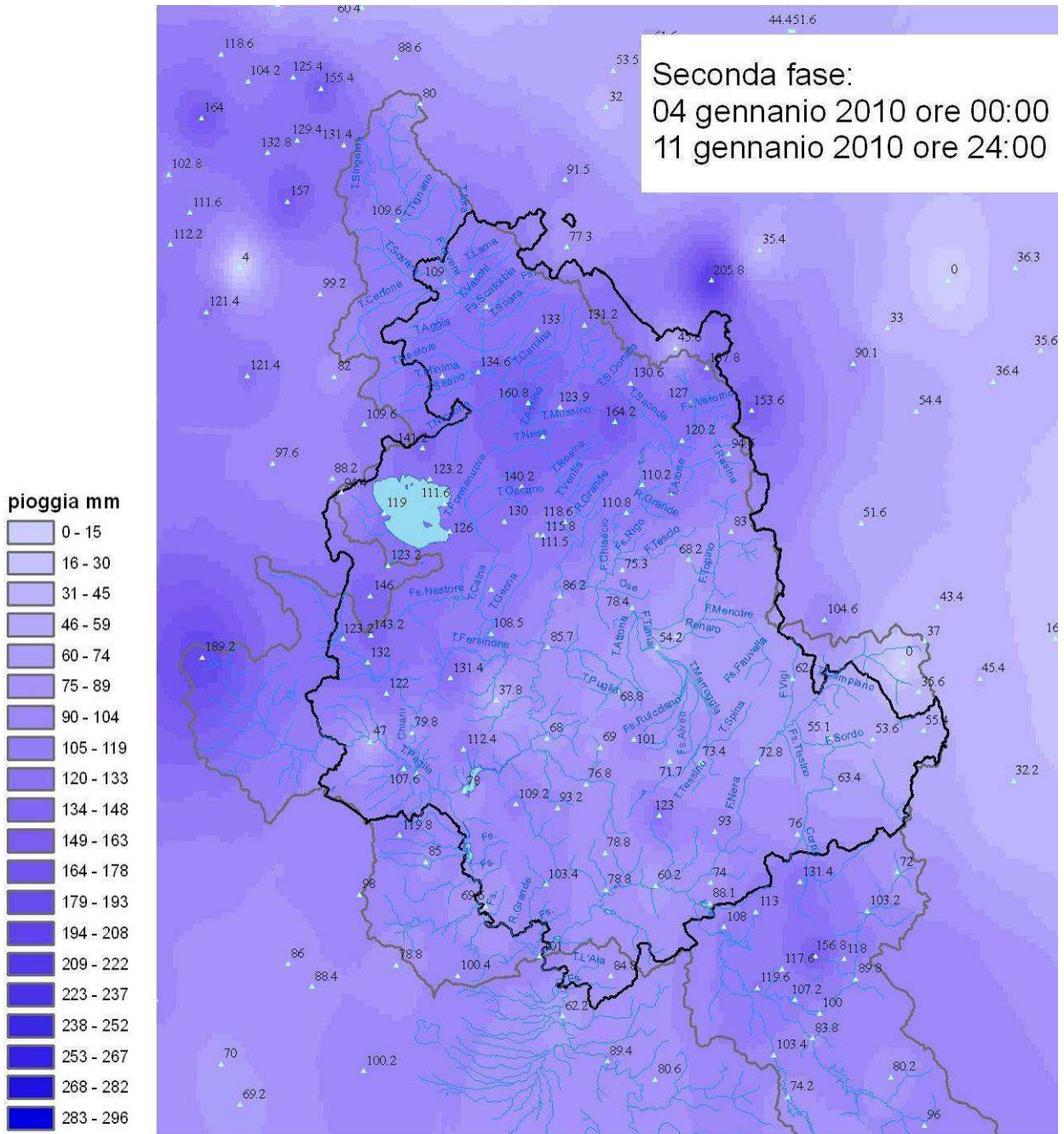


Figura 4 – Distribuzione spaziale delle piogge durante la II° Fase di precipitazione.

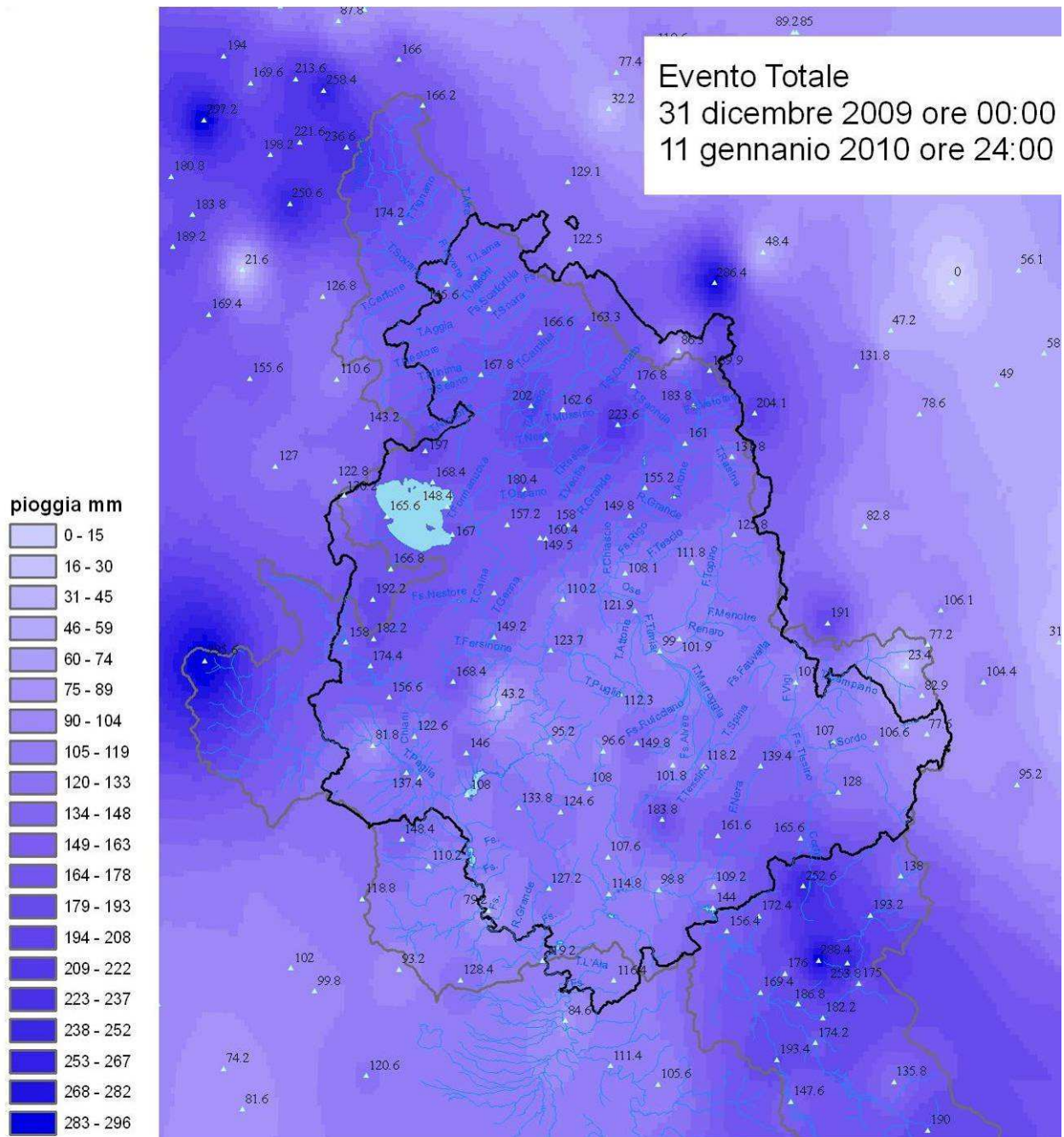


Figura 5 – Distribuzione spaziale delle piogge durante l'intero evento.

Per analizzare in modo più accurato l'evento pluviometrico è stata effettuata una stima dei tempi di ritorno che hanno caratterizzato le precipitazioni cumulate per diverse finestre temporali sul territorio regionale. In particolare, sono stati calcolati i tempi di ritorno delle piogge cumulate per durate pari a 1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 ore mediante la procedura sviluppata nel progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia sviluppato dal GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) per il Compartimento Bologna-Pisa-Roma. In Tabella 2 e in Tabella 3 sono sintetizzati i risultati ottenuti per le due distinte fasi di precipitazione; in particolare, per ciascun pluviometro sono riportati i valori di pioggia cumulata massimi registrati per ciascuna durata nella finestra temporale considerata e l'associato tempo di ritorno. Il tempo di ritorno più elevato è stato dell'ordine dei 14 anni e si è verificato per la stazione pluviometrica di Umbertide per durate pari a 24 ore. In Figura 6 è invece mostrata la distribuzione spaziale dei diversi tempi di ritorno (T_r) associati secondo la procedura VAPI (Compartimento Compartimento Bologna-Pisa-Roma) ai valori massimi della pioggia cumulata per durata pari a 24 e 48 ore registrata durante l'intero evento.

Tabella 2 – Pioggia cumulata per durate pari a 1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 ore registrata durante la I^o Fase di precipitazione dell'evento di Dicembre 2009-Gennaio 2010: valori massimi (P) e tempi di ritorno (Tr) associati secondo la procedura VAPI Compartimento Compartimento Bologna-Pisa-Roma (in grassetto è indicato per ciascuna durata il valore per cui si è osservato il massimo di Tr).

Pluviometro	d=1 ora		d=3 ore		d=6 ore		d=12 ore		d=24 ore		d=36 ore		d=48 ore	
	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)
Allerona	5.60	0.02	13.20	0.10	18.20	0.14	24.80	0.19	32.40	0.24	34.80	0.21	34.80	0.16
Amelia	3.80	0.00	5.00	0.00	8.80	0.00	15.00	0.01	20.80	0.02	22.40	0.02	22.40	0.01
Armenzano	6.00	0.01	11.80	0.03	17.80	0.07	29.60	0.21	40.20	0.31	43.60	0.27	43.60	0.20
Arrone	7.40	0.02	8.80	0.01	16.00	0.04	20.20	0.04	-	-	-	-	-	-
Attigliano	3.20	0.00	4.00	0.00	4.60	0.00	6.80	0.00	-	-	-	-	-	-
Azzano	3.00	0.00	5.50	0.00	7.80	0.00	13.30	0.01	20.40	0.03	24.70	0.03	25.20	0.03
Bastardo	7.80	0.02	14.50	0.07	16.20	0.05	29.70	0.24	41.00	0.40	43.30	0.33	43.40	0.25
Bastia Umbra	4.70	0.00	9.90	0.02	15.10	0.04	23.80	0.11	29.10	0.11	32.30	0.11	32.80	0.09
Bevagna	7.20	0.02	19.00	0.19	22.80	0.18	35.60	0.48	42.00	0.44	42.20	0.29	42.20	0.22
Calvi Dell'umbria	9.80	0.10	13.20	0.09	17.00	0.10	19.60	0.08	-	-	-	-	-	-
Cannara	5.50	0.01	13.40	0.05	21.60	0.15	33.60	0.38	40.30	0.37	40.50	0.25	40.50	0.19
Carestello Meteo	7.40	0.02	17.20	0.15	28.00	0.44	39.40	0.73	54.20	1.12	57.40	0.89	58.00	0.68
Casa Castalda	5.40	0.01	11.90	0.03	22.30	0.14	33.50	0.28	39.00	0.22	41.40	0.17	42.90	0.14
Cascia	6.80	0.03	13.60	0.11	23.80	0.43	33.60	0.76	49.00	1.52	54.40	1.48	54.40	1.11
Casigliano	6.80	0.01	10.50	0.02	12.70	0.01	19.00	0.03	30.20	0.07	31.20	0.05	31.20	0.04
Castel Cellesi	5.40	0.02	7.00	0.01	12.20	0.04	18.80	0.07	24.60	0.09	25.00	0.06	25.20	0.05
Cerbara	5.40	0.01	9.00	0.01	16.30	0.06	19.20	0.05	35.20	0.23	37.60	0.18	39.70	0.16
Citta'di Castello	5.40	0.01	11.70	0.04	20.60	0.14	21.40	0.08	30.80	0.14	32.40	0.11	33.70	0.09
Collepepe	6.00	0.02	12.70	0.10	17.70	0.15	29.50	0.41	34.80	0.39	37.50	0.36	37.90	0.30
Compignano	6.70	0.04	12.10	0.09	18.10	0.17	32.50	0.56	36.10	0.44	39.60	0.42	40.40	0.35
Compresso	5.80	0.01	11.20	0.05	20.40	0.17	28.80	0.28	36.00	0.31	39.20	0.28	40.20	0.23
Corbara	15.00	0.36	16.80	0.20	20.00	0.18	23.40	0.16	27.40	0.14	30.00	0.13	30.00	0.11
Corciano	3.80	0.00	8.00	0.01	12.20	0.02	17.80	0.04	-	-	-	-	-	-
Ficulle	9.00	0.08	14.00	0.12	20.60	0.21	29.20	0.34	32.20	0.25	33.20	0.20	-	-
Foligno	8.60	0.03	21.00	0.28	24.50	0.24	38.90	0.67	44.60	0.54	48.30	0.48	48.40	0.36
Forsivo	4.40	0.00	11.40	0.05	16.30	0.10	22.50	0.17	38.00	0.59	48.50	0.99	50.40	0.86
Gualdo Tadino	4.80	0.00	9.60	0.01	18.40	0.07	26.00	0.10	32.80	0.10	34.60	0.07	35.80	0.06
Gubbio	7.60	0.03	11.80	0.04	17.20	0.07	23.40	0.09	40.40	0.31	43.60	0.26	45.60	0.22

Pluviometro	d=1 ora		d=3 ore		d=6 ore		d=12 ore		d=24 ore		d=36 ore		d=48 ore	
	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)
La Cima	7.00	0.02	11.80	0.04	23.60	0.26	36.00	0.60	49.60	0.96	52.80	0.79	52.80	0.58
Leonessa	11.40	0.11	23.00	0.31	38.80	0.81	60.00	1.51	104.60	4.43	110.40	3.03	110.40	2.01
Massa Martana	4.60	0.00	6.60	0.00	10.80	0.01	16.80	0.02	24.00	0.03	24.60	0.02	24.60	0.01
Moiano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Monte Cucco	7.20	0.02	14.80	0.08	20.90	0.11	22.10	0.06	42.90	0.27	50.30	0.28	51.50	0.21
Monte Del Lago	4.80	0.02	10.00	0.06	15.60	0.13	21.80	0.19	-	-	-	-	-	-
Monteleone Di Spoleto	9.00	0.06	19.20	0.24	33.60	0.83	46.00	1.14	68.60	2.14	87.00	3.15	89.40	2.45
Montelovesco	8.50	0.03	9.90	0.02	16.10	0.05	21.40	0.07	36.00	0.25	36.70	0.17	36.70	0.13
Narni Scalo	8.50	0.07	14.70	0.14	22.40	0.25	27.60	0.24	32.70	0.21	35.90	0.19	36.00	0.14
Nocera Umbra	5.20	0.01	12.30	0.04	19.50	0.10	28.50	0.19	38.00	0.26	41.70	0.24	42.70	0.19
Norcia	4.60	0.01	10.60	0.05	16.80	0.12	23.20	0.20	39.40	0.68	48.60	0.96	51.60	0.89
Orte Scalo	3.40	0.00	7.40	0.00	10.40	0.01	13.60	0.01	16.40	0.01	18.00	0.01	18.20	0.01
Orvieto Scalo	4.00	0.01	6.00	0.01	8.80	0.02	15.00	0.04	23.80	0.10	25.80	0.09	25.80	0.07
Orvieto	6.60	0.03	9.80	0.04	12.00	0.04	17.40	0.07	27.40	0.15	29.60	0.14	29.80	0.11
Passignano Alta	6.80	0.05	10.40	0.07	19.60	0.26	30.20	0.54	37.80	0.59	41.40	0.55	41.40	0.43
Perugia Santa Giuliana	6.40	0.01	15.60	0.09	27.20	0.36	36.00	0.50	40.80	0.39	42.00	0.29	42.00	0.21
Perugia Sede	5.00	0.00	12.00	0.04	21.50	0.15	30.50	0.27	34.80	0.22	37.30	0.18	38.00	0.15
Petrelle	6.00	0.01	9.80	0.02	18.40	0.09	21.30	0.07	34.90	0.22	36.00	0.16	36.30	0.12
Pianello	6.00	0.01	14.00	0.06	23.20	0.18	30.80	0.25	36.20	0.22	38.60	0.18	39.00	0.14
Piediluco	12.40	0.12	15.60	0.07	22.70	0.12	31.00	0.15	46.50	0.29	55.80	0.33	55.90	0.23
Pierantonio	9.40	0.04	12.20	0.04	19.80	0.11	26.60	0.16	42.00	0.44	44.40	0.35	45.20	0.28
Ponte Felcino	5.60	0.01	13.20	0.05	25.60	0.29	31.80	0.32	36.60	0.26	37.60	0.19	37.60	0.14
Ponte Nuovo Di Torgiano	3.60	0.01	8.00	0.03	13.60	0.07	19.00	0.11	21.80	0.10	23.80	0.09	24.00	0.07
Ponte S.Maria	6.40	0.03	15.00	0.15	23.80	0.32	34.60	0.52	39.00	0.40	41.60	0.34	42.40	0.27
Ponticelli	5.00	0.02	10.00	0.04	14.60	0.07	24.00	0.16	33.00	0.22	34.60	0.17	34.80	0.13
Prodo	9.40	0.09	16.20	0.19	16.20	0.11	1.20	0.00	-	-	-	-	-	-
Ripalvella	1.40	0.00	3.70	0.00	5.00	0.00	5.40	0.00	5.40	0.00	5.40	0.00	5.40	0.00
S.Benedetto Vecchio	4.80	0.00	9.10	0.01	14.40	0.03	16.10	0.02	28.70	0.08	31.20	0.07	31.70	0.05
S.Biagio Della Valle	8.30	0.07	17.70	0.28	29.20	0.73	40.00	1.06	44.10	0.80	46.10	0.66	46.30	0.53
S.Gemini	5.80	0.01	9.20	0.01	14.80	0.03	19.00	0.03	25.80	0.04	26.80	0.03	26.80	0.02
S.Savino	5.40	0.02	10.80	0.07	19.00	0.21	27.20	0.34	33.00	0.34	37.40	0.34	40.80	0.35
S.Silvestro	7.70	0.02	11.70	0.03	12.40	0.02	15.90	0.02	26.20	0.05	28.60	0.04	29.00	0.03
Sellano	5.80	0.01	8.80	0.01	10.20	0.01	16.20	0.03	-	-	-	-	-	-
Spoleto	6.20	0.01	11.40	0.03	15.80	0.04	21.60	0.06	40.40	0.28	43.20	0.22	44.00	0.17
Strada Prov.302	4.20	0.00	8.40	0.02	14.40	0.06	23.60	0.20	32.20	0.32	33.60	0.25	33.60	0.19
Terni	6.80	0.01	10.40	0.02	19.20	0.07	27.60	0.12	34.00	0.11	36.00	0.08	36.00	0.06
Todi	5.00	0.01	8.20	0.02	11.50	0.03	17.20	0.06	26.50	0.12	27.00	0.09	27.20	0.07
Umbertide	6.60	0.01	13.80	0.06	19.60	0.11	23.60	0.10	36.60	0.26	37.60	0.19	41.00	0.20
Vallo Di Nera	9.50	0.06	17.70	0.18	24.30	0.26	31.00	0.30	50.10	0.81	61.50	1.11	64.90	0.98
Verghereto	12.60	0.15	27.60	0.64	40.40	1.03	54.00	1.18	70.40	1.23	79.60	1.12	80.40	0.78

Tabella 3 – Pioggia cumulata per durate pari a 1, 3, 6, 12, 24, 36 e 48 ore registrata durante la II° Fase di precipitazione dell'evento di Dicembre 2009-Gennaio 2010: valori massimi (P) e tempi di ritorno (Tr) associati secondo la procedura VAPI Compartimento Compartimento Bologna-Pisa-Roma (in grassetto è indicato per ciascuna durata il valore per cui si è osservato il massimo di Tr).

Pluviometro	d=1 ora		d=3 ore		d=6 ore		d=12 ore		d=24 ore		d=36 ore		d=48 ore	
	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)
Allerona	7.80	0.05	18.80	0.28	27.60	0.48	37.40	0.67	43.60	0.59	44.00	0.43	45.20	0.36
Amelia	10.00	0.04	26.40	0.45	39.40	0.92	46.40	0.77	59.40	0.89	59.60	0.57	69.60	0.74
Armenzano	11.00	0.08	18.20	0.16	28.00	0.37	33.60	0.34	43.40	0.42	43.40	0.27	47.20	0.27
Arrone	7.60	0.02	10.40	0.02	11.20	0.01	15.80	0.02	27.80	0.05	30.20	0.04	36.40	0.06
Attigliano	4.20	0.00	10.80	0.02	16.60	0.04	21.80	0.05	31.40	0.08	31.60	0.06	36.00	0.07
Azzano	6.30	0.01	11.90	0.03	14.60	0.03	19.70	0.05	29.60	0.10	31.60	0.08	33.60	0.08
Bastardo	5.80	0.01	14.00	0.06	20.00	0.11	28.30	0.20	39.60	0.35	39.80	0.24	46.90	0.33
Bastia Umbra	6.10	0.01	13.90	0.06	20.50	0.12	31.30	0.29	47.40	0.68	47.90	0.47	57.40	0.69
Bevagna	3.40	0.00	7.40	0.01	13.00	0.02	22.80	0.09	36.80	0.27	37.40	0.19	40.20	0.18
Calvi Dell'umbria	4.20	0.01	8.20	0.02	13.80	0.05	19.00	0.08	28.40	0.13	28.80	0.10	36.40	0.15
Cannara	5.90	0.01	12.80	0.04	19.00	0.09	34.50	0.42	53.70	1.08	54.30	0.75	60.90	0.86
Carestello Meteo	7.80	0.03	20.20	0.28	35.00	1.01	65.00	4.70	92.00	8.01	100.20	7.06	116.40	9.00
Casa Castalda	6.30	0.01	16.80	0.11	26.20	0.26	42.60	0.69	63.20	1.34	73.20	1.44	83.30	1.66
Cascia	4.00	0.00	9.20	0.03	13.40	0.05	18.20	0.08	35.40	0.45	36.40	0.33	39.80	0.35
Casigliano	6.50	0.01	16.80	0.09	27.20	0.25	33.90	0.25	47.20	0.38	48.30	0.26	51.50	0.23
Castel Cellesi	6.40	0.03	13.60	0.09	19.60	0.15	30.80	0.32	39.60	0.36	40.00	0.26	44.20	0.27
Cerbara	8.90	0.05	13.60	0.07	27.20	0.41	47.00	1.43	73.80	3.53	84.30	3.69	85.50	2.82
Citta'di Castello	6.40	0.01	15.70	0.11	26.30	0.36	47.00	1.43	70.00	2.90	81.00	3.18	83.10	2.54
Collepepe	7.20	0.04	16.40	0.21	23.10	0.34	33.80	0.62	47.20	0.99	47.30	0.72	59.90	1.17
Compignano	9.00	0.09	22.10	0.54	30.60	0.82	46.60	1.66	64.10	2.47	64.40	1.81	81.90	2.96
Compresso	10.60	0.11	22.60	0.46	39.80	1.54	70.00	5.18	84.60	5.09	88.00	3.99	104.60	5.39
Corbara	6.60	0.03	13.20	0.10	20.00	0.18	34.00	0.50	43.40	0.58	44.20	0.43	47.80	0.43
Corciano	8.00	0.02	20.20	0.25	32.00	0.67	58.40	3.04	71.80	3.19	76.40	2.64	93.40	4.13
Ficulle	8.80	0.08	22.40	0.49	32.40	0.83	44.20	1.17	59.80	1.62	61.80	1.27	85.40	2.62
Foligno	4.00	0.00	8.30	0.01	14.30	0.03	21.90	0.08	35.10	0.22	36.10	0.16	38.80	0.16
Forsivo	4.80	0.01	10.50	0.04	13.90	0.05	22.30	0.16	33.50	0.37	34.80	0.29	38.40	0.31
Gualdo Tadino	5.80	0.01	15.40	0.09	24.00	0.18	36.20	0.34	53.80	0.62	59.80	0.54	69.40	0.65
Gubbio	7.20	0.02	18.60	0.20	32.20	0.68	58.40	2.75	77.40	3.47	87.40	3.39	93.60	3.12
La Cima	8.80	0.04	24.00	0.57	37.80	1.49	59.40	3.86	96.60	11.38	100.40	8.59	113.00	9.86
Leonessa	10.80	0.09	24.80	0.41	31.80	0.39	45.40	0.54	75.60	1.33	79.00	0.88	83.40	0.71
Massa Martana	5.40	0.01	11.40	0.02	20.20	0.08	26.20	0.10	37.60	0.16	38.80	0.11	43.20	0.12
Moiano	0.60	0.00	1.00	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	-	-
Monte Cucco	6.00	0.01	16.30	0.11	25.90	0.25	50.10	1.16	72.20	1.84	88.10	2.28	90.50	1.73
Monte Del Lago	10.00	0.16	26.00	1.08	43.40	2.78	69.20	6.21	79.00	5.08	80.00	3.72	87.60	3.82
Monteleone Di Spoleto	3.80	0.00	9.00	0.01	13.40	0.03	22.40	0.08	34.60	0.17	38.00	0.15	40.40	0.13
Montelovesco	8.30	0.03	22.80	0.40	40.40	1.62	67.40	5.22	86.00	6.23	95.60	6.03	98.80	5.03
Narni Scalo	7.40	0.05	15.50	0.16	24.60	0.33	31.40	0.35	43.10	0.47	43.80	0.34	50.30	0.39
Nocera Umbra	5.80	0.01	10.10	0.02	17.10	0.06	30.50	0.25	48.20	0.63	52.50	0.56	58.90	0.62
Norcia	4.20	0.00	7.20	0.01	11.80	0.03	20.60	0.13	34.40	0.41	36.80	0.34	38.80	0.31
Orte Scalo	11.60	0.06	19.80	0.14	32.20	0.41	40.80	0.47	52.00	0.54	52.40	0.36	63.00	0.52
Orvieto Scalo	6.40	0.03	17.20	0.22	24.40	0.35	36.20	0.63	54.20	1.19	54.80	0.88	59.60	0.89
Orvieto	7.20	0.04	18.40	0.26	25.60	0.39	37.00	0.67	54.80	1.21	55.60	0.90	62.60	1.01
Passignano Alta	10.00	0.16	29.40	1.61	45.20	3.26	70.00	6.74	82.40	6.10	84.00	4.58	92.20	4.75
Perugia Santa Giuliana	7.60	0.02	19.00	0.19	29.80	0.51	49.40	1.62	65.20	2.23	69.20	1.84	86.00	3.06
Perugia Sede	7.80	0.02	19.00	0.19	30.20	0.53	50.00	1.69	63.40	2.01	70.00	1.91	84.00	2.80
Petrelle	8.10	0.03	21.10	0.32	32.70	0.77	57.10	2.89	81.50	5.11	89.20	4.60	90.50	3.55
Pianello	6.80	0.01	16.80	0.12	25.40	0.26	44.00	0.95	61.20	1.55	63.60	1.16	82.00	2.20

Pluviometro	d=1 ora		d=3 ore		d=6 ore		d=12 ore		d=24 ore		d=36 ore		d=48 ore	
	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)	P (mm)	Tr (anni)
Piediluco	5.00	0.00	9.40	0.01	13.90	0.02	23.20	0.05	41.90	0.19	42.40	0.12	45.90	0.11
Pierantonio	10.20	0.06	24.20	0.48	45.60	2.45	77.40	8.59	96.00	9.38	104.20	8.38	109.80	7.58
Ponte Felcino	7.20	0.02	17.20	0.13	28.20	0.41	50.60	1.77	66.20	2.36	70.00	1.91	87.20	3.22
Ponte Nuovo Di Torgiano	6.80	0.04	15.00	0.17	21.80	0.30	34.00	0.64	49.20	1.12	49.40	0.82	63.20	1.36
Ponte S.Maria	11.40	0.18	27.60	0.93	40.00	1.52	59.00	2.60	74.00	2.74	74.60	1.94	91.20	2.74
Ponticelli	10.20	0.14	25.40	0.73	40.20	1.49	61.40	2.74	74.00	2.47	75.00	1.74	85.20	1.94
Prodo	6.80	0.03	17.20	0.22	24.00	0.35	38.00	0.80	57.60	1.60	58.20	1.20	67.00	1.45
Ripalvella	5.80	0.02	9.50	0.04	15.60	0.10	21.90	0.17	27.40	0.19	35.40	0.30	37.80	0.30
S.Benedetto Vecchio	7.60	0.03	19.80	0.25	35.40	0.95	56.40	2.34	82.60	4.23	97.00	4.75	97.10	3.39
S.Biagio Della Valle	9.00	0.09	21.60	0.52	32.40	0.99	48.70	1.91	64.00	2.46	65.80	1.92	84.10	3.17
S.Gemini	11.20	0.08	17.20	0.11	26.80	0.24	33.20	0.23	46.00	0.34	46.40	0.22	56.80	0.33
S.Savino	10.60	0.18	26.00	1.01	45.20	2.90	69.20	5.70	80.40	4.89	81.20	3.54	92.80	4.11
S.Silvestro	6.70	0.01	12.10	0.03	19.30	0.08	25.30	0.10	36.90	0.17	38.90	0.13	41.30	0.11
Sellano	5.60	0.01	10.40	0.02	14.40	0.04	20.40	0.07	35.80	0.28	37.80	0.23	42.00	0.25
Spoleto	7.60	0.02	16.00	0.10	23.80	0.20	31.40	0.24	40.20	0.27	41.80	0.20	43.80	0.17
Strada Prov.302	8.00	0.04	19.20	0.35	29.20	0.85	46.80	2.50	57.60	2.77	59.60	2.13	66.20	2.38
Terni	4.80	0.00	8.20	0.01	11.80	0.01	19.20	0.03	23.60	0.03	30.00	0.04	30.20	0.03
Todi	3.80	0.01	9.80	0.04	13.70	0.06	24.50	0.17	35.10	0.28	35.70	0.20	40.30	0.23
Umbertide	9.40	0.04	27.60	0.77	48.20	3.01	77.60	8.67	106.80	13.93	114.40	11.86	123.60	11.76
Vallo Di Nera	6.20	0.01	15.60	0.11	24.30	0.26	33.00	0.38	43.30	0.47	44.50	0.33	49.00	0.34
Verghereto	3.80	0.00	7.80	0.01	13.00	0.01	23.60	0.05	32.40	0.07	39.80	0.08	41.80	0.07

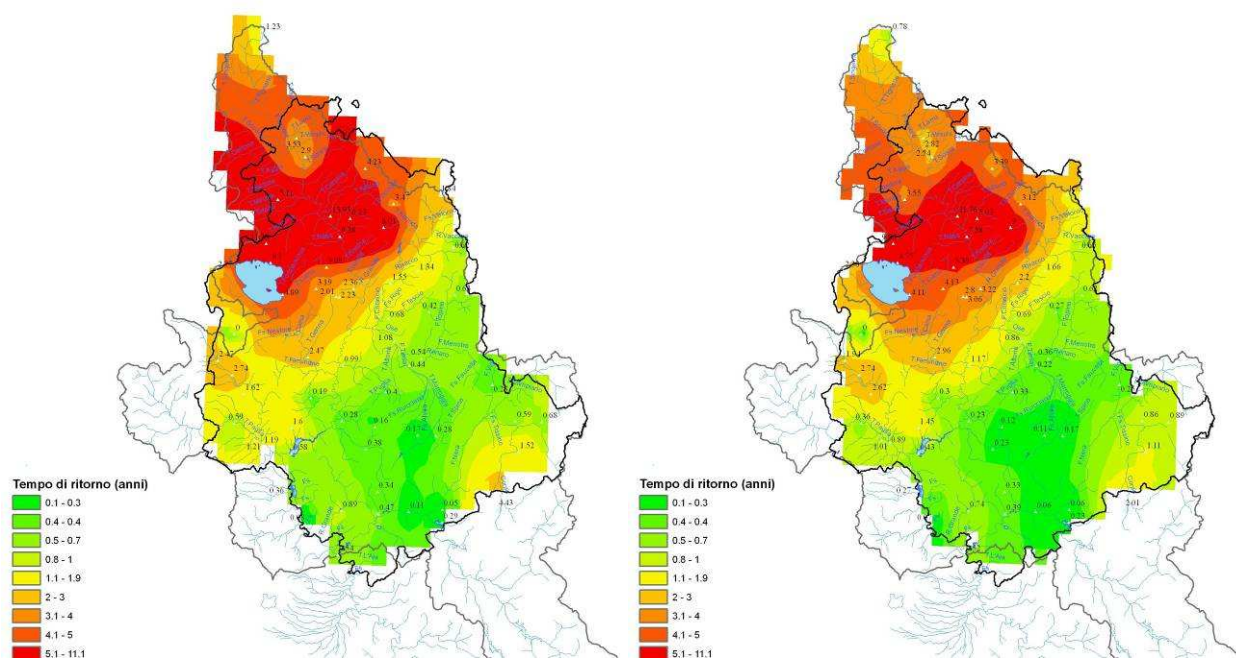


Figura 6 – Distribuzione spaziale dei tempi di ritorno (Tr) associati secondo la procedura VAPI (Compartimento Compartimento Bologna-Pisa-Roma) ai valori massimi della pioggia cumulata per durata pari a 24 (sinistra) e 48 (destra) ore registrata durante l'evento.

In Tabella 4 sono, invece, riportati i valori delle precipitazioni cumulate medie areali per i principali sottobacini dell'Alto-Medio Tevere.

Tabella 4 – Precipitazioni medie areali per i principali sottobacini durante le due distinte fasi.

Corso d'acqua	Sezione di chiusura	Area bacino (km ²)	Pioggia media areale (mm)		
			I° fase	II° fase	Tot.
Tevere	Montedoglio	273	75.6	108.3	183.9
	S. Lucia	933	53.0	112.3	165.3
	Pierantonio	1805	46.2	121.4	167.6
	P. Felcino	2040	45.9	122.4	168.3
	P. Nuovo	4145	45.2	106.6	151.8
	M. Molino	5279	42.9	106.0	148.9
Chiascio	Branca	166	47.7	117.0	164.7
	Barcaccia	463	46.6	119.6	166.2
	Pianello	525	46.2	118.5	164.7
	Petrignano d'Assisi	547	45.9	118.0	163.9
	P. Rosciano	1955	44.9	89.8	134.7
Topino	Valtopina	194	43.5	87.8	131.3
	Bevagna	442	45.9	78.4	124.3
	Cannara	1105	46.0	77.0	123.0
	P. Bettona	1222	45.5	76.9	122.4
Marroggia	Azzano	258	48.4	84.0	132.4
Timia	Cantalupo	549	45.1	71.9	117.0
Chiani	P. Osteria	282	40.0	125.0	165.1
	Morrano	418	38.9	118.9	157.8
Paglia	Allerona	632	53.3	126.7	180.0
	Orvieto Scalo	1339	45.0	118.5	163.5
Corno	Serravalle	439	76.8	82.0	158.7
Nera	Torre Orsina	1454	62.5	70.9	133.4
L. Trasimeno		355	42.7	119.6	162.3
Caina	Monticelli	242	38.2	124.6	162.8
Nestore	Marsciano	726	37.4	115.9	153.3
Astrone	Ponticelli	137	41.0	124.8	165.8

Come è possibile osservare, le precipitazioni cumulate per l'intero evento hanno presentato valori superiori a 120 mm per la totalità del territorio regionale, i massimi valori sono stati registrati nella parte nord-occidentale della regione ed in particolare nell'Alto Tevere e nel bacino del L. Trasimeno, in particolare i valori di pioggia areale cumulata per il bacino del F. Topino risultano essere mediamente inferiori a quelli delle altre zone di circa il 20 ÷ 30%.

Inoltre, dall'analisi della Tabella 4 si osserva come nella seconda fase, quella più critica, si sia registrata una pioggia media areale doppia rispetto a quella osservata nella prima fase.

In Tabella 5 sono, infine, riportati i valori delle precipitazioni cumulate medie areali per le differenti zone d'allerta della Regione Umbria.

Tabella 5 – Precipitazioni medie areali per le sei zone d'allerta umbre durante le due distinte fasi dell'evento occorso tra dicembre 2009 e gennaio 2010.

Zona d'Allerta	Area bacino (km ²)	Pioggia media areale (mm)		
		I° fase	II° fase	Tot.
A – Alto Tevere	1908	38.4	116.5	154.9
B – Medio Tevere	1184	28.2	86.7	115.0
C – Chiascio Topino	2042	45.2	91.7	136.9
D – Nera Corno	1464	54.4	73.3	127.7
E – Trasimeno Nestore	1054	40.7	121.0	161.7
F – Chiani Paglia	804	33.6	102.2	135.8

Le cumulate mettono in evidenza la maggiore piovosità durante la seconda fase dell'evento sulla zona dell'Alto Tevere (A) e del Trasimeno Nestore (B).

Dall'analisi delle precedenti tabelle, si può quindi affermare che da un punto di vista pluviometrico l'evento ha avuto caratteristiche di eccezionalità massima pari a $T_r=15$ anni, sia puntualmente che a scala di bacino per i bacini di medie-grandi dimensioni. Confrontando, infatti, i valori della massima pioggia media areale osservata per diversi intervalli temporali per il bacino del F. Tevere a P. Felcino e M. Molino con le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica areali per il bacino del F. Tevere con chiusura a P. Felcino e Corbara (Autorità di Bacino del F. Tevere, 1998) si osserva un tempo di ritorno di circa 10 anni.

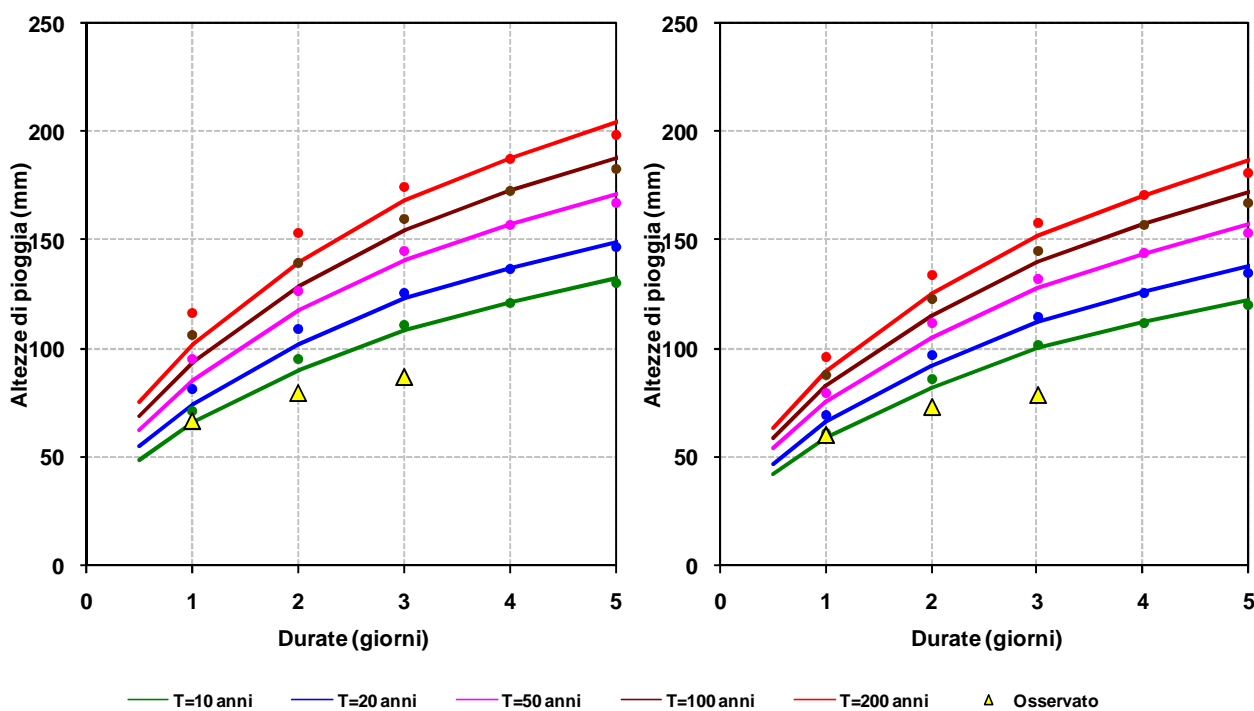


Figura 7 – Curve di possibilità pluviometrica ragguagliate al bacino del F. Tevere a Ponte Felcino (a) e Corbara (b) per diverse durate (Autorità di Bacino del F. Tevere, 1998) confrontate con le precipitazioni cumulate medie areali osservate rispettivamente per il bacino del F. Tevere a Ponte Felcino e Monte Molino.

Inoltre, sono stati calcolati in prima approssimazione i valori di precipitazione media areale cumulata per ciascuna Zona di Allerta individuata e confrontati con le soglie pluviometriche areali per condizioni di suolo saturo adottate presso il Centro Funzionale, al fine di sottoporre quest'ultime a verifica (Figura 8 ÷ Figura 13). In particolare, presso il CFD sono stati definiti per ciascuna Zona di Allerta tre set di soglie pluviometriche areali, corrispondenti a uno stato di Criticità Attenzione, Pre-Allarme e Allarme, per ciascuna durata di interesse (1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 ore). Dall'analisi delle figure è possibile osservare che:

- per durate inferiori o uguali a 6 ore non è stata superata nessuna soglia, ad eccezione della Zona di Allerta E per cui è stata superata la soglia di attenzione;
- per durate pari a 12 ore è stata superata la soglia di attenzione per la Zona A e quella di pre-allarme per la Zona E;
- per durate pari a 24 ore è stata superata la soglia di attenzione per le Zone C e F (valori molto prossimi), e quella di pre-allarme per le Zone A e E;
- per durate pari a 36 ore è stata superata la soglia di attenzione per la Zona E, e quella di pre-allarme per le Zone A e E.
- per durate pari a 48 ore è stata superata la soglia di pre-allarme per le Zone A e E.

Considerando invece le soglie idrometriche e i valori massimi dei livelli idrometrici registrati (v. Paragrafo successivo) è stato osservato:

- Zona A: per tutte le sezioni del F. Tevere è stata superata la soglia idrometrica di esondazione, mentre gli altri corsi almeno quella di attenzione;
- Zona B: per la sezione di M. Molino è stata superata la soglia idrometrica di esondazione;
- Zona C: per la quasi totalità delle sezioni è stata superata la soglia idrometrica di attenzione, ad eccezione delle sezioni di Cannara, Pianello e Petrignano per cui è stata superata la soglia di allarme;
- Zona D: per le sezioni di Torre Orsina e Vallo di Nera è stata superata la soglia idrometrica di attenzione;
- Zona E: per la sezione di Mercatello Palazzetta è stata superata la soglia idrometrica di esondazione;
- Zona F: per tutte le sezioni è stata superata la soglia idrometrica di allarme, ad eccezione della sezione di Morrano per cui è stata quella di attenzione.

Tale analisi preliminare ha quindi chiaramente messo in evidenza la necessità di sottoporre a correzione (in diminuzione) i valori precedentemente individuati relativi alle soglie pluviometriche areali, in modo da verificarne l'effettiva corrispondenza con gli effetti al suolo riscontrati. L'analisi evidenzia che tale correzione deve essere effettuata in modo differente a seconda della durata considerata.

Risulta quindi evidente la necessità di procedere (attività attualmente in corso presso il CFD) a legare operativamente le soglie con le condizioni iniziali di saturazione dei bacini di interesse.

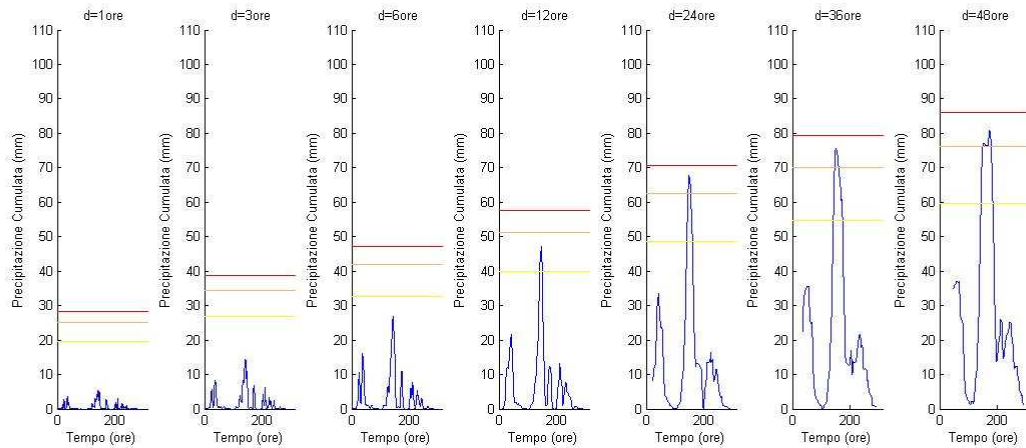


Figura 8 – Zona di Allerta A: confronto tra la precipitazione media areale cumulata durante l'evento e le soglie pluviometriche areali per condizioni di terreno saturo.

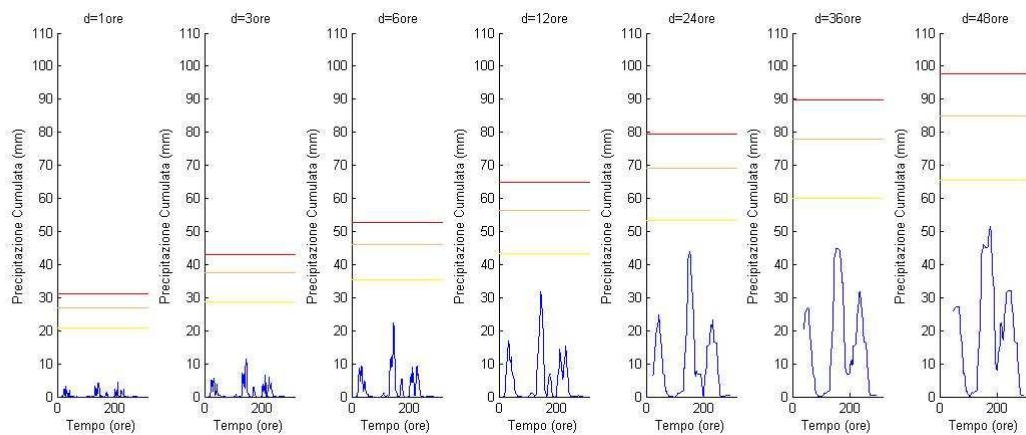


Figura 9 – Zona di Allerta B: confronto tra la precipitazione media areale cumulata durante l'evento e le soglie pluviometriche areali per condizioni di terreno saturo.

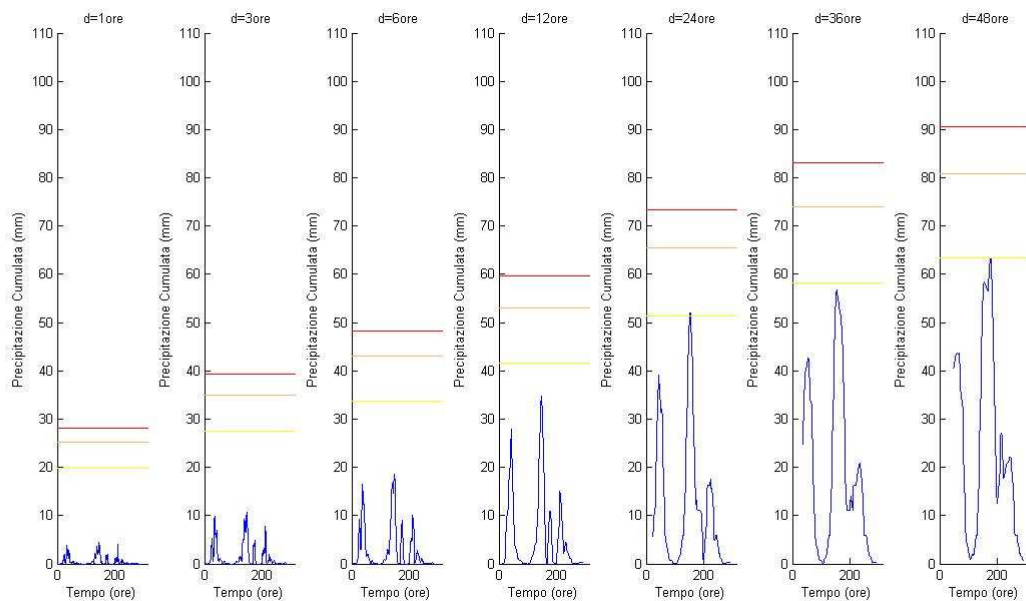


Figura 10 – Zona di Allerta C: confronto tra la precipitazione media areale cumulata durante l'evento e le soglie pluviometriche areali per condizioni di terreno saturo.

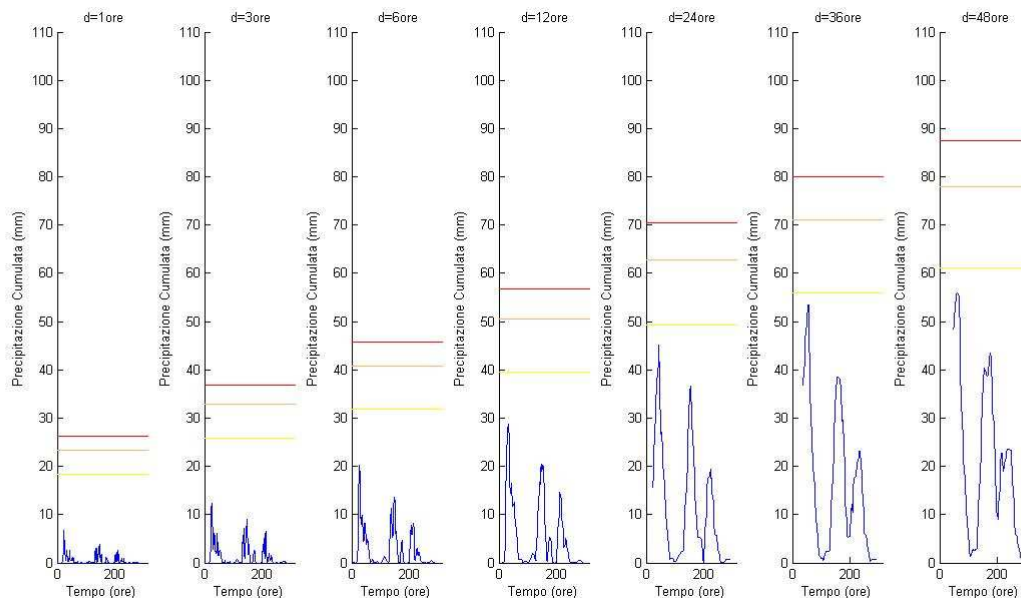


Figura 11 – Zona di Allerta D: confronto tra la precipitazione media areale cumulata durante l'evento e le soglie pluviometriche areali per condizioni di terreno saturo.

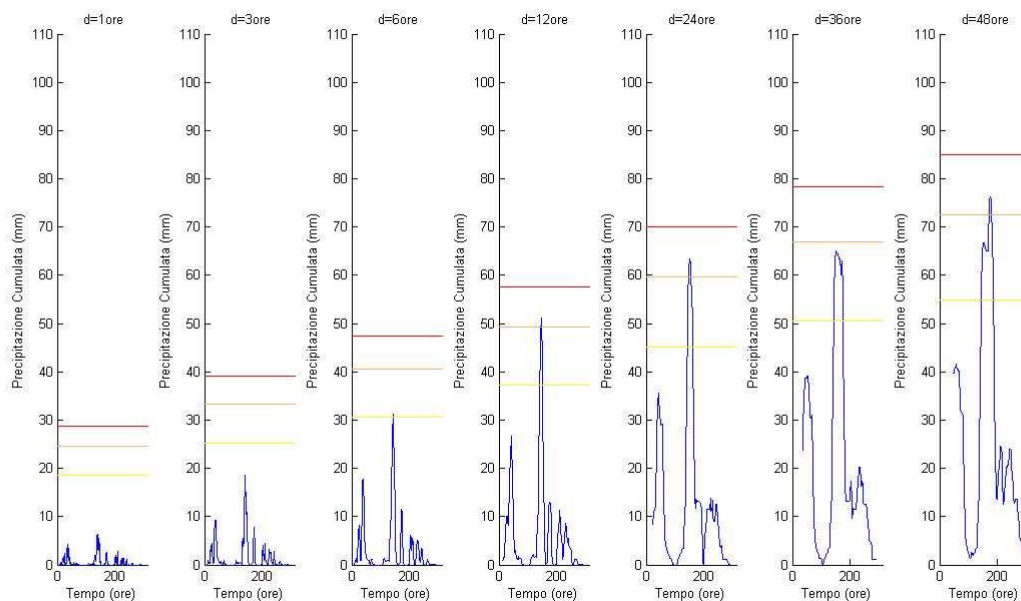


Figura 12 – Zona di Allerta E: confronto tra la precipitazione media areale cumulata durante l'evento e le soglie pluviometriche areali per condizioni di terreno saturo.

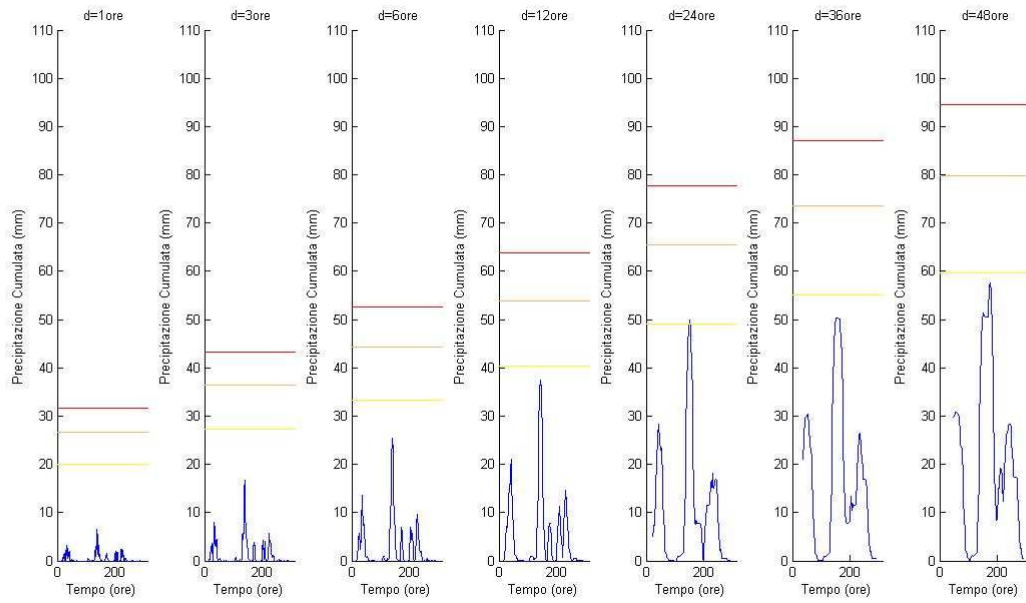


Figura 13 – Zona di Allerta F: confronto tra la precipitazione media areale cumulata durante l'evento e le soglie pluviometriche areali per condizioni di terreno saturo.

5. ANALISI IDROMETRICA

La sollecitazione meteorica verificatasi nel periodo 31 Dicembre 2009 – 11 Gennaio 2010 ha provocato l'innalzamento dei livelli idrometrici della maggior parte dei corsi d'acqua dell'Alto-Medio Tevere causando esondazioni in diverse località.

Nelle figure seguenti (Figura 14 ÷ Figura 21) sono inoltre rappresentati gli andamenti dei livelli e delle portate per i principali corsi d'acqua e le principali sezioni idrometriche del reticolo suddivisi per bacino idrografico. Inoltre, per il F. Tevere sono rappresentati i livelli osservati alle sezioni di Ponte Nuovo e Monte Molino in cui durante l'evento sono state superate tutte le soglie idrometriche adottate presso il CFD (soglia di Attenzione, Pre-Allarme e Allarme, compresa la soglia di Esondazione).

In particolare, in Tabella 6 vengono sintetizzati i livelli idrometrici massimi registrati durante l'evento di piena evidenziando come l'evento abbia interessato la quasi totalità del reticolo idrografico regionale; tali valori vengono confrontati con i massimi annuali registrati dalla rete in telemisura della Regione Umbria dall'inizio di funzionamento di ciascun sensore (mediamente circa 20 anni) e, dove definite, con i valori delle soglie idrometriche adottate presso il CFD.

Dall'analisi di tale tabella è possibile osservare che, in corrispondenza di tutte le sezioni idrometriche per cui sono state definite le soglie idrometriche (in ottemperanza alla Direttiva P.C.M. 27 febbraio 2004 e s. m. e i. quelle relative a bacini con area superiore a 400 km²), i livelli osservati hanno superato il valore della soglia di Attenzione, in particolare per le sezioni lungo le aste dei F. Tevere i livelli hanno superato anche la soglia di Esondazione.

Per valutare l'eccezionalità dell'evento di piena dal punto di vista idrometrico, attività di per sé molto più complessa di una semplice regressione statistica (come per le precipitazioni), per alcune sezioni idrometriche significative sono stati confrontati i valori di picco delle portate con quelli corrispondenti a tempi di ritorno noti. In particolare, sono state considerate l'analisi statistica delle portate di picco sulla base di valori al colmo registrati mediante la distribuzione Lognormale e Gumbel (Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto Ricerca Protezione Idrogeologica, 2007) e i valori delle portate al colmo per assegnato tempo di ritorno, così come sono definite nel Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (Autorità di Bacino del Fiume Tevere, 2002).

Le portate sono state calcolate mediante apposite scale di deflusso, elaborate in collaborazione con il Reparto di Idrologia del CNR-IRPI di Perugia, per la trasformazione analitica livello idrometrico-portata (aggiornate al 2008 e disponibili per oltre 40 sezioni idrometriche umbre). Sono altresì disponibili altri strumenti sperimentali di misura in continuo della portata idrica: sensori Quantum ultrasonico ad immersione a sonde multilivello con asse inclinato in alveo (2 installazioni: sezione teleferica a Ponte Nuovo di Torgiano sul F. Tevere e Ponte dell'Adunata presso Orvieto Scalo sul F. Paglia); sensore radar inclinato per la misura della velocità superficiale della corrente con successiva stima della portata mediante algoritmo entropico (Moramarco et al., 2004) presso la sezione idrometrica di Monte Molino sul F. Tevere.

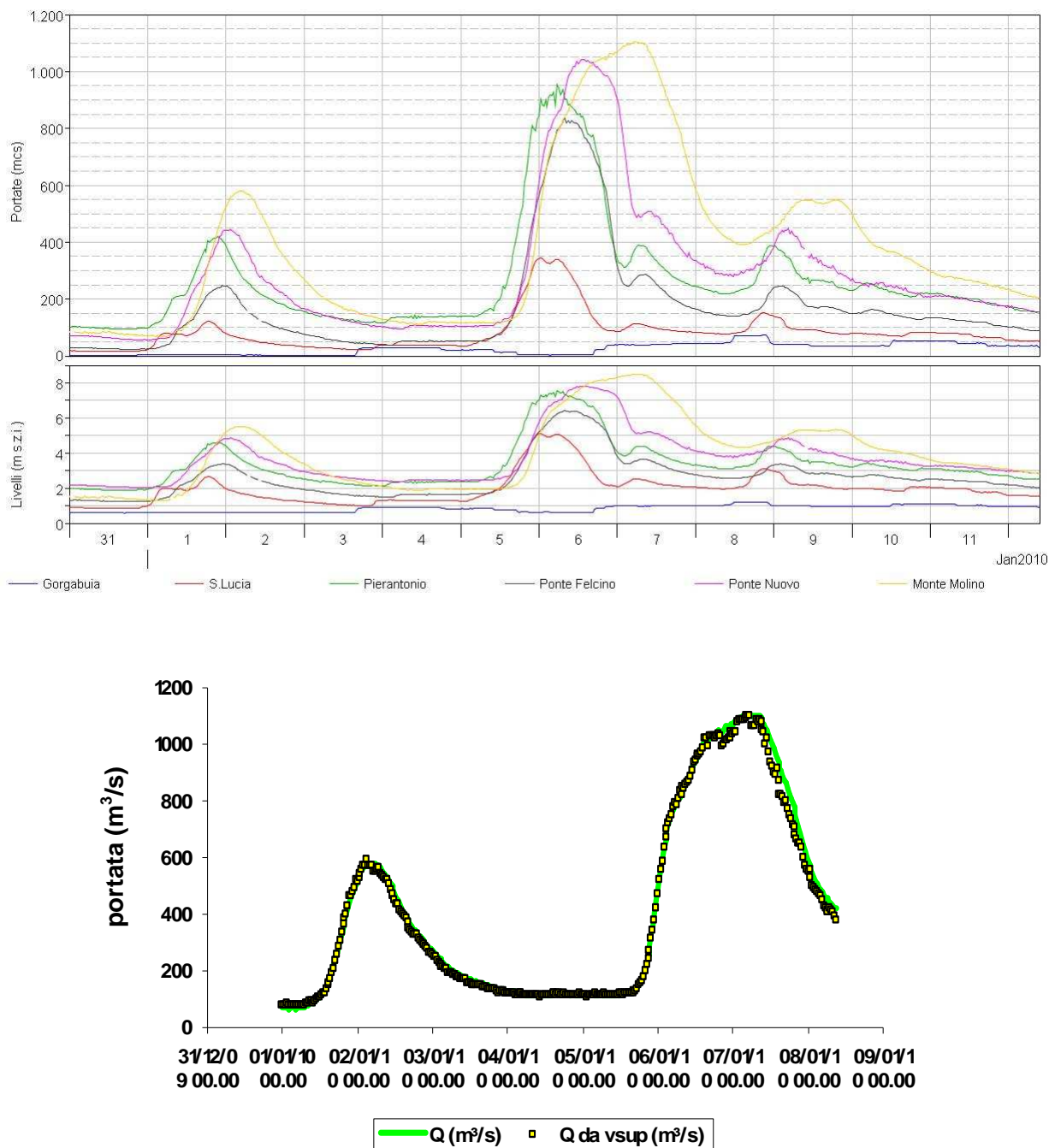


Figura 14 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del F. Tevere durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 – Gennaio 2010 e, in basso, idrogramma delle portate calcolato attraverso algoritmo entropico dal sensore sperimentale di misura delle velocità superficiali della corrente installato a Monte Molino.

In Tabella 7 e in Tabella 8 sono sintetizzati i risultati ottenuti per alcune sezioni idrometriche del F. Tevere e del F. Chiascio-Topino, per cui sono stati calcolati i tempi di ritorno delle portate al picco osservate: i calcoli effettuati mostrano valori di T_r non superiori a 5 ÷ 10 anni, ad eccezione della sezione idrometrica di Ponte Felcino per cui sono stati calcolati T_r dell'ordine dei 15 ÷ 20 anni. Si sottolinea tuttavia che in tale analisi sono state considerate le portate massime effettivamente osservate, trascurando gli effetti di eventuali esondazioni avvenute nei tratti fluviali più a monte della sezione considerata.

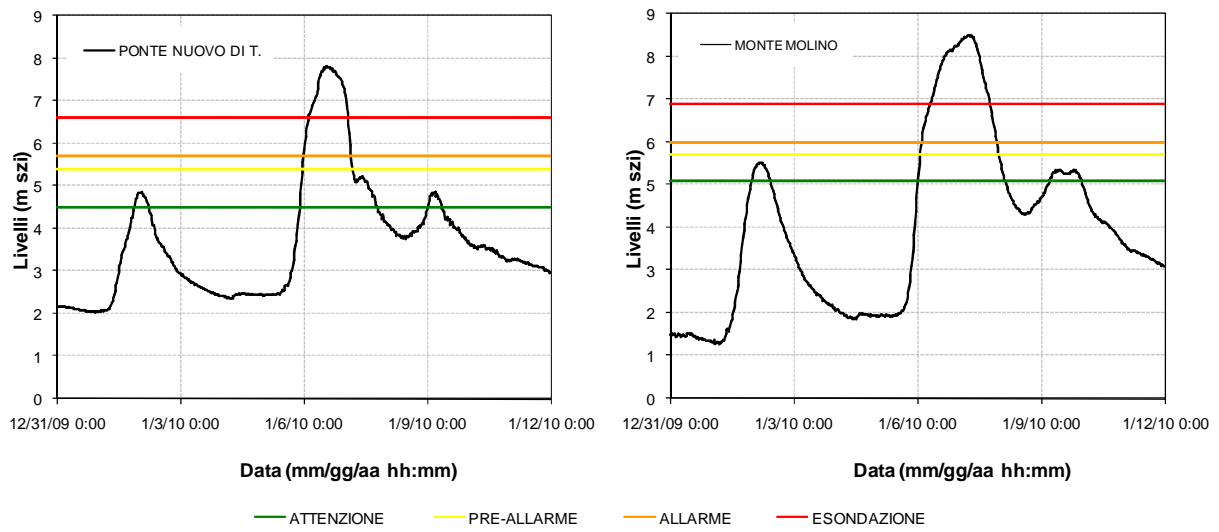


Figura 15 - Andamento dei livelli osservati nelle sezioni idrometriche di P. Nuovo e M. Molino lungo il F. Tevere durante l'evento di piena occorso nel Dicembre 2009-Gennaio 2010.

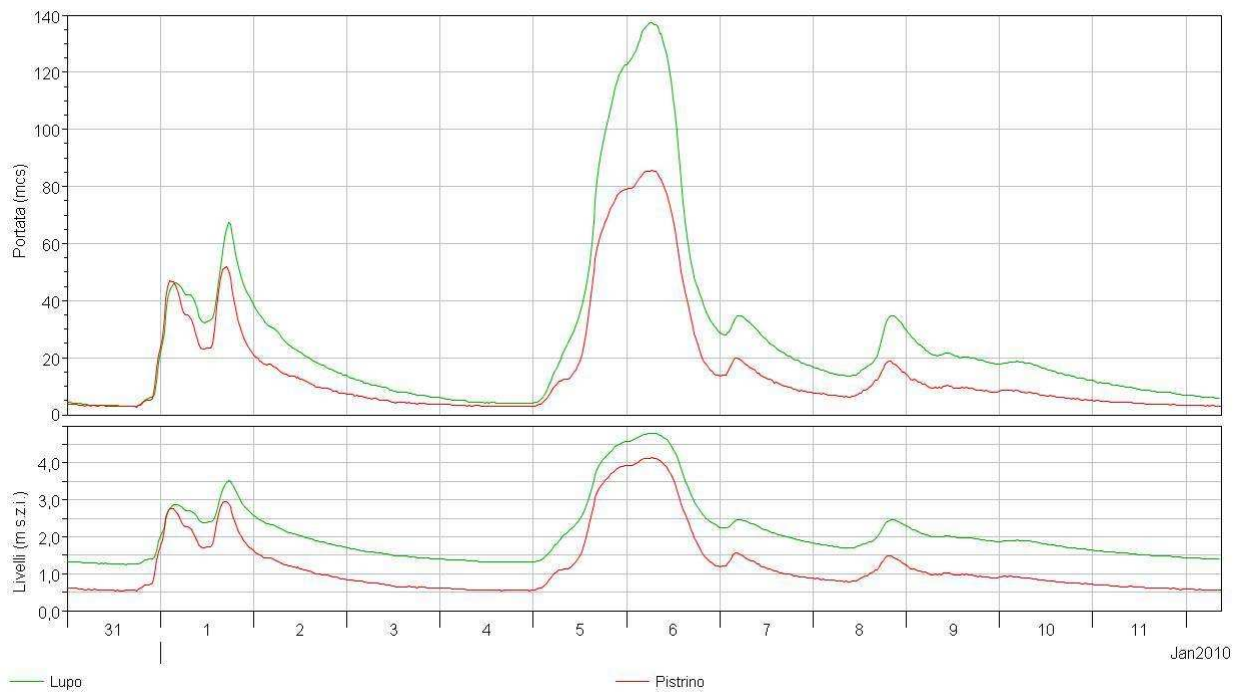


Figura 16 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del F. Sovara durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 – Gennaio 2010.

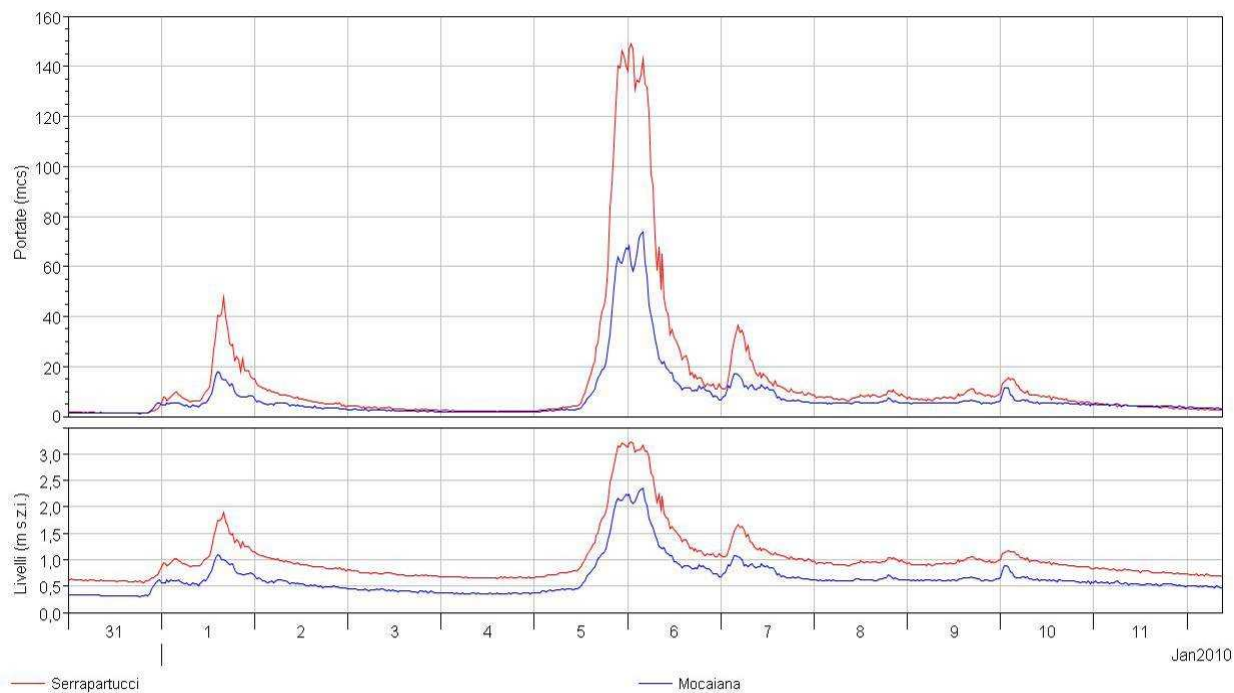


Figura 17 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del F. Assino durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 – Gennaio 2010.

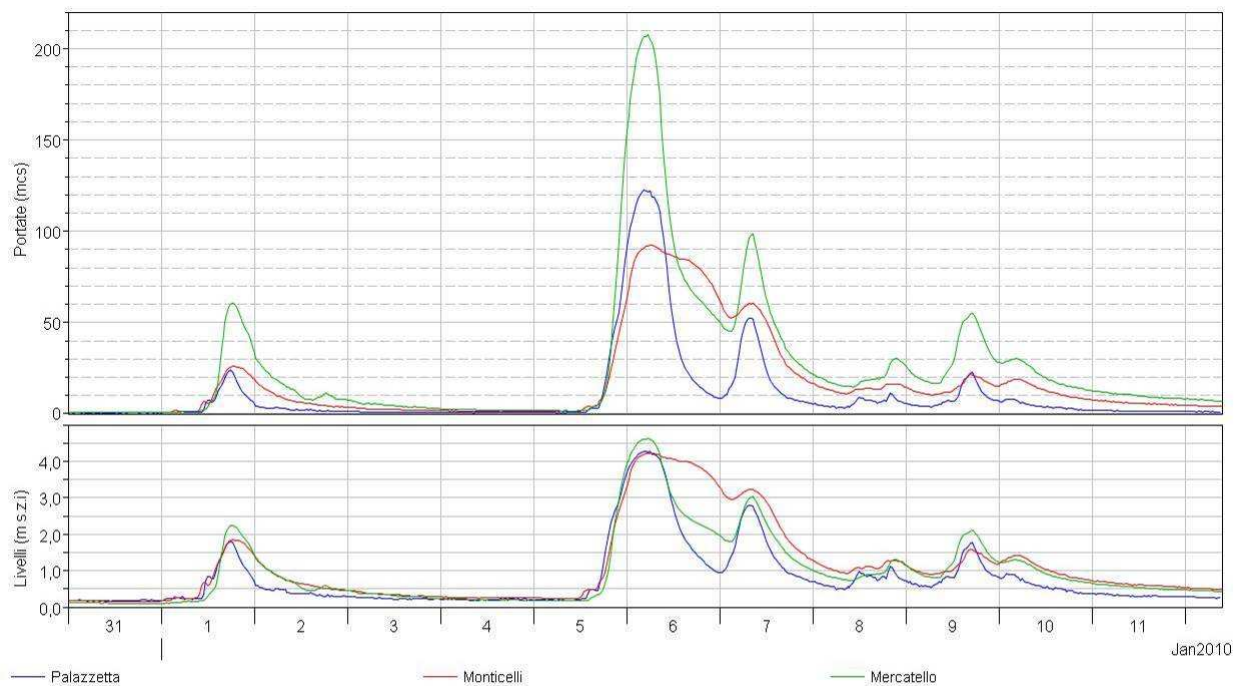


Figura 18 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del F. Nestore e dei suoi affluenti principali durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 – Gennaio 2010.

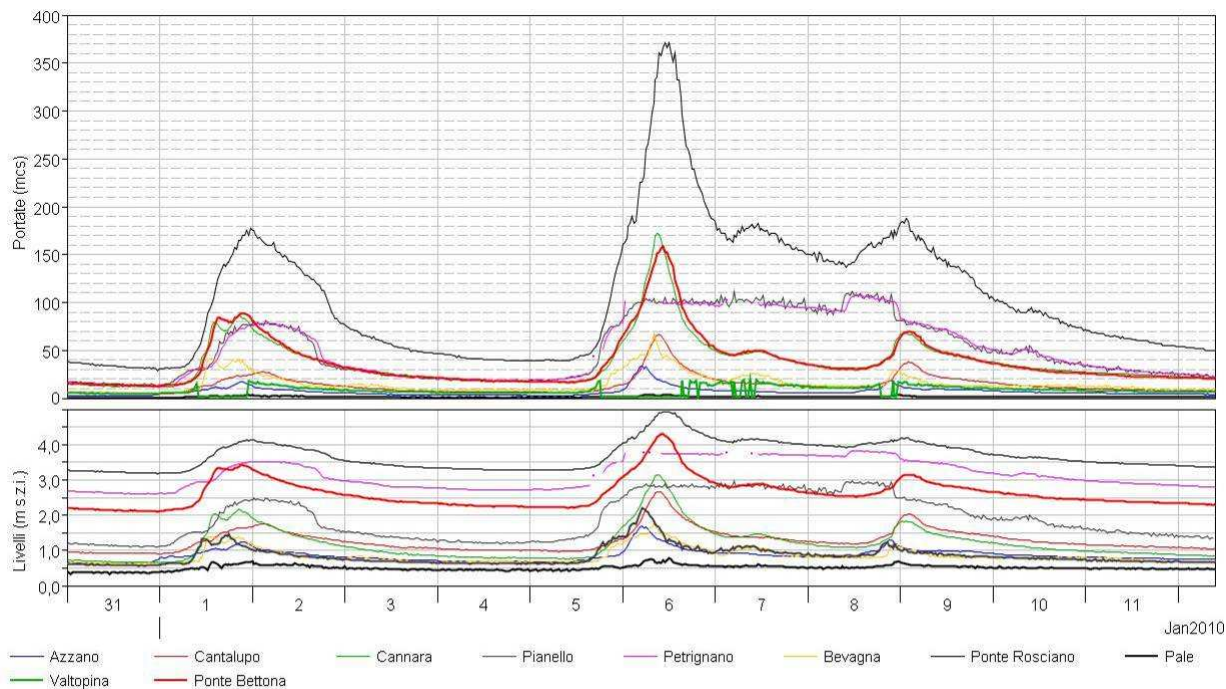


Figura 19 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del Bacino dei Fiumi Chiascio-Topino durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 - Gennaio 2010.

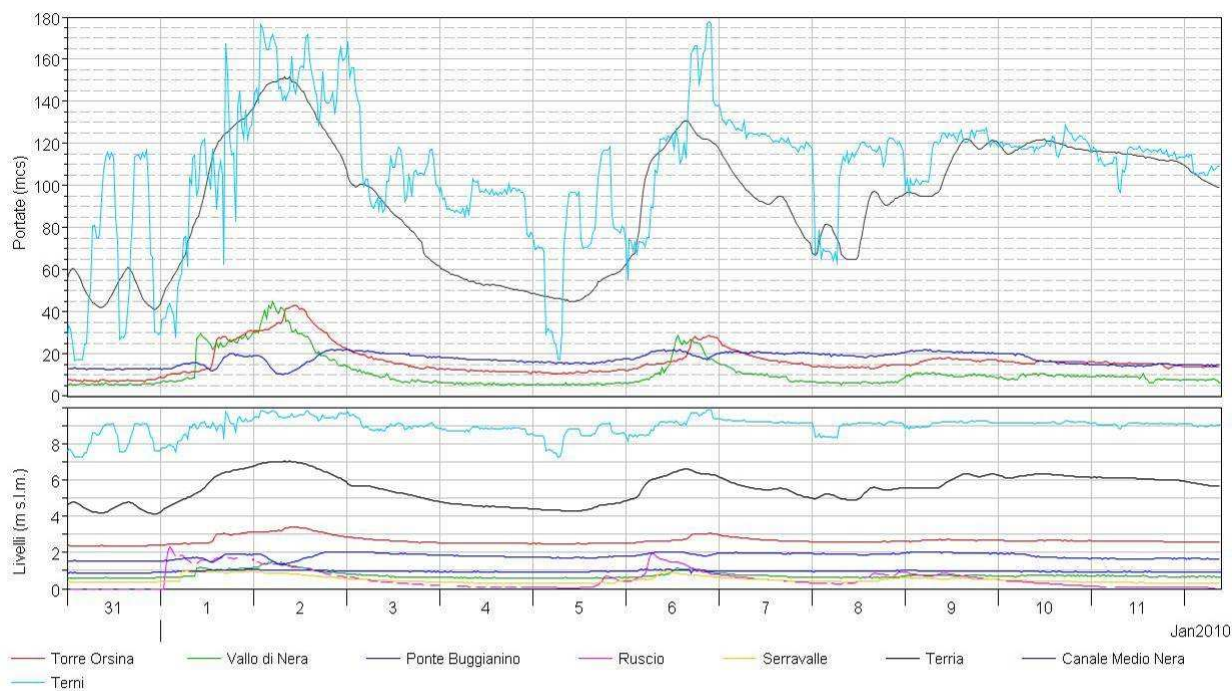


Figura 20 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del Bacino del F. Nera durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 - Gennaio 2010.

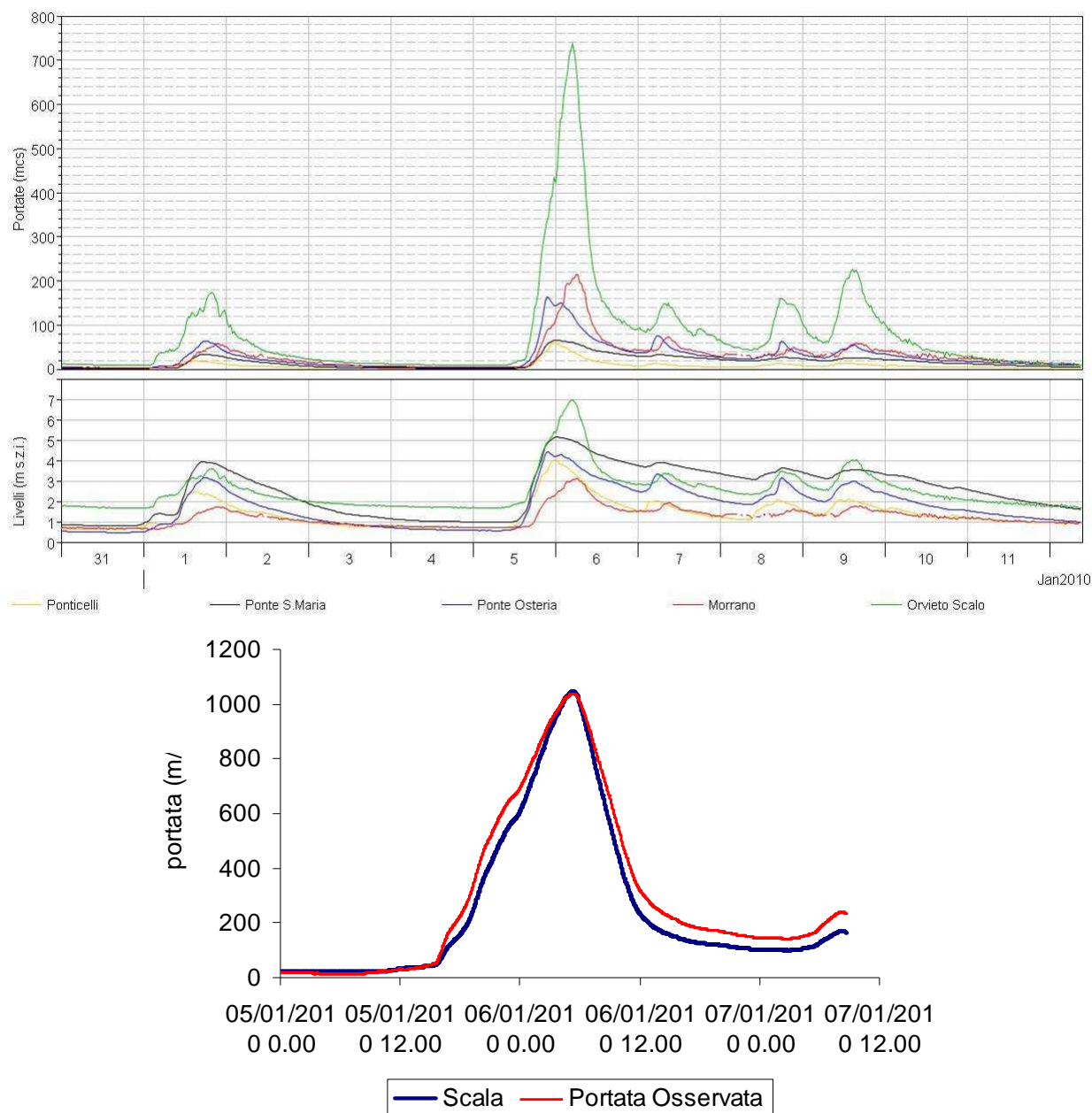


Figura 21 - Andamento dei livelli e delle portate osservate nelle sezioni idrometriche del Bacino dei Fiumi Chiani-Paglia durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009 – Gennaio 2010 e registrazione del sensore sperimentale di portata in continuo installato a valle del Ponte di Orvieto Scalo sul Paglia (Q picco oltre $1000 \text{ m}^3/\text{s}$).

In definitiva possiamo asserire che, come è possibile evincere anche dalle tabelle successive, **a fronte di una pluviometria associabile al massimo a tempi di ritorno di circa 10-15 anni**, soprattutto a causa di effetti locali di concomitanza dei contributi di alcuni corsi d'acqua del reticolo secondario, si sono riscontrati **effetti al suolo in termini idrometrici anche maggiori a tale tempo di ritorno** (ad esempio nell'Alto Tevere zona Pierantonio) **ma comunque sempre al di sotto del valore associabile a Tr 50 anni**.

Va puntualizzato, comunque, che stime di questo tipo sono inficiate dal verificarsi di esondazioni diffuse in alcuni tratti del reticolo idrografico.

Tabella 6 – Confronto tra i massimi livelli di piena osservati durante l'evento di piena (Dicembre 2009 – Gennaio 2010) e durante tutto il periodo precedente di funzionamento della rete idrometrica della Regione Umbria, dove definite sono inoltre riportati i valori delle soglie idrometriche adottate presso il CFD.

Corso d'acqua	Sezione Idrometrica	Zona Allerta	H max (m)	Q max (m ³ /s)	Massimo precedente		Soglia				Anni di osservazione
					Livello	Anno	Attenzione	Pre-Allarme	Allarme	Esondazione	
<i>Tevere</i>	S. Lucia	A	5.10	343.9	5.61	2005	2.50	3.30	3.70	4.90	22
<i>Tevere</i>	Pierantonio	A	7.58	954.9	6.70	2005	4.00	4.60	5.10	6.60	13
<i>Tevere</i>	P. Felcino	A	6.53	836.5	6.92	2005	3.20	4.00	4.40	5.60	22
<i>Tevere</i>	P. Nuovo di T.	A	7.81	1042.9	8.19	2005	4.50	5.40	5.70	6.60	21
<i>Tevere</i>	Monte Molino	B	8.50	1105.1	9.00	2005	5.10	5.70	6.00	6.90	12
<i>Tevere</i>	P. Felice	-	9.35	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tevere</i>	Orte Scalo	B	7.63	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chiascio</i>	Pianello	C	2.98	111.8	4.39	1990	2.00	2.60	2.80	3.40	24
<i>Chiascio</i>	Petrignano	C	3.83	108.9	5.22	1990	2.80	2.90	3.20	4.10	24
<i>Chiascio</i>	P.Rosciano	A	4.94	371.5	5.56	2005	4.20	4.90	5.10	5.70	22
<i>Caldognola</i>	Nocera Scalo	C	2.14	-	2.51	1990	2.00	3.80	4.30	4.80	19
<i>Menotre</i>	Pale	C	0.77	4.2	1.40	1999	0.70	0.90	1.30	1.70	15
<i>Topino</i>	Valtopina	C	2.20	18.9	3.15	1998	1.80	2.00	2.30	3.20	13
<i>Topino</i>	Bevagna	C	1.78	67.6	2.68	1990	1.50	2.40	2.60	3.20	24
<i>Topino</i>	Cannara	C	3.15	172.7	4.36	1992	2.20	2.70	3.00	3.90	17
<i>Topino</i>	P.Bettona	C	4.31	158.4	5.80	1999	3.60	4.30	4.50	5.10	22
<i>Assino</i>	Mocaiana	A	2.34	73.7	2.86	2005	1.20	3.50	4.00	5.50	17
<i>Assino</i>	Serrapartucci	A	3.23	148.8	3.67	2005	2.00	3.50	4.50	5.50	21
<i>Cerfone</i>	Lupo	A	4.80	137.2	5.51	2005	3.50	4.70	5.60	6.50	17
<i>Sovara</i>	Pistrino	A	4.14	85.7	4.17	2008	2.50	2.90	3.70	4.50	13
<i>Marroggia</i>	Azzano	C	1.69	33.8	3.40	1992	1.50	2.60	2.80	3.40	24
<i>Timia</i>	Cantalupo	C	2.67	66.2	4.60	1992	2.40	3.70	3.90	4.50	24
<i>Carpina</i>	Montone	A	2.99	130.1	3.80	2005	-	-	-	-	15
<i>Niccone</i>	Migianella	A	3.28	78.0	3.35	2005	1.50	2.80	3.40	4.00	16
<i>Caina</i>	Monticelli	E	4.23	92.4	3.99	2005	2.00	4.30	4.90	5.50	13
<i>Genna</i>	Palazzetta	E	4.27	122.9	4.23	1986	2.10	2.30	3.10	3.90	24
<i>Nestore</i>	Mercatello	E	4.62	207.4	4.60	2005	2.00	2.40	3.20	4.00	5
<i>Nestore</i>	Marsciano	A	3.47	269.5	4.03	2005	1.90	2.00	2.30	3.20	24
<i>Naia</i>	Todi Naia	B	2.01	87.0	2.71	1992	1.50	2.30	2.90	3.50	21
<i>Astrone</i>	Ponticelli	F	4.07	60.7	3.68	2005	2.00	2.60	3.00	4.20	18
<i>Chiani</i>	Morrano	F	3.11	213.6	3.97	1991	1.50	3.20	3.50	4.40	21
<i>Chiani</i>	P. Osteria	F	4.42	163.6	4.18	1991	3.20	4.10	4.40	5.30	20
<i>Chiani</i>	P. S. Maria	F	5.17	65.9	5.19	2005	2.50	3.80	4.30	5.80	21
<i>Paglia</i>	Orvieto Scalo	F	6.98	735.9	6.85	2005	3.60	5.20	5.70	7.20	21
<i>Corno</i>	Serravalle	D	1.01	-	2.24	1999	-	-	-	-	11
<i>Nera</i>	Torre Orsina	D	3.40	43.3	5.49	1999	3.10	3.80	4.10	5.00	13
<i>Nera</i>	Vallo di Nera	D	1.50	45.0	2.43	1996	1.10	1.60	2.00	3.20	13

Tabella 7 – Valore delle portate di picco (m^3/s) per assegnato tempo di ritorno, Tr , per alcune sezioni idrometriche del F. Tevere e del F. Chiascio, calcolate attraverso la distribuzione Lognormale e Gumbel (ABT – CNR-IRPI, 2007) e così come definite nel PAI (ABT, 2002).

Corso d'acqua	Sezione Idrometrica	Q max (m^3/s)	Tr Distr. Lognormale (anni)	Tr Distr. Gumbel (anni)
<i>Tevere</i>	S. Lucia	344	4.5	5.4
	P. Felcino	837	14.2	20.9
	P. Nuovo di T.	1043	6.2	8.5
<i>Chiascio</i>	Petrignano	109	2.1	2.0
	Rosciano	372	3.0	2.7
<i>Topino</i>	Bettona	158	2.6	2.4

Tabella 8 – Valore delle portate di picco (m^3/s) per assegnato tempo di ritorno, Tr , per alcune sezioni idrometriche del F. Tevere e del F. Chiascio, calcolate attraverso la distribuzione Lognormale e Gumbel (ABT – CNR-IRPI, 2007) e così come definite nel PAI (ABT, 2002).

Corso d'acqua	Tevere			Chiascio	
	Sezione Idrometrica	S. Lucia	P. Felcino	P. Nuovo di T.	Petrignano
Portata max. osservata	344	837	1043	109	372
Distr. Lognormale $Tr = 2$ anni	240	413	698	107	294
Distr. Lognormale $Tr = 5$ anni	358	618	984	160	462
Distr. Lognormale $Tr = 10$ anni	443	763	1178	198	586
Distr. Gumbel $Tr = 2$ anni	246	424	707	110	307
Distr. Gumbel $Tr = 5$ anni	336	600	930	156	479
Distr. Gumbel $Tr = 10$ anni	397	717	1077	186	593
P.A.I. $Tr = 50$ anni	490	1018	1650	-	950
P.A.I. $Tr = 100$ anni	550	1182	1905	-	1100

5.1. Effetto degli sbarramenti artificiali sull'evoluzione della piena

Il bacino dell'Alto-Medio Tevere è caratterizzato dalla presenza di alcuni importanti invasi artificiali, il cui comportamento può notevolmente influire sull'evoluzione dell'onda di piena e il trasferimento dei deflussi lungo il reticolo idrografico, almeno per eventi caratterizzati da tempi di ritorno dell'ordine massimo dei 50 anni. Tali sbarramenti sono le dighe di Montedoglio e Corbara sul F. Tevere, e Casanuova sul F. Chiascio.

Il serbatoio di Montedoglio sottende un bacino idrografico di 267 km^2 , l'invaso si sviluppa dalla stretta di Montedoglio per una lunghezza di 7.5 km e il volume totale di acqua invasata, fra la quota di massimo invaso (396.3 m s.l.m.) e la quota minima del terreno naturale (346.50 m s.l.m.) è di 168 milioni di m^3 , di cui 145.5 milioni di m^3 di regolazione, fra la quota di massimo invaso di regolazione a 394.6 m s.l.m. e il minimo invaso di regolazione a 362.20 m s.l.m. , e 15 milioni di m^3 di laminazione, fra il massimo invaso assoluto e quello di regolazione.

La diga di Corbara, che sottende un bacino idrografico di 6075 Km^2 , ha una capacità utile di 135 milioni di m^3 e una capacità complessiva di 190 milioni di m^3 .

La diga di Casanuova (Valfabbrica) sul F. Chiascio, sottende un bacino idrografico di 471 Km²; il volume totale di acqua accumulabile, fra la quota di massimo invaso (332.50 m s.l.m.) e la quota minima del terreno naturale (346.50 m s.l.m.) è di 224 milioni di m³.

Per ottemperare a quanto previsto in Direttiva P.C.M. 27 febbraio 2004 e s.m. e i., in sede di ABT a Roma, con partecipazione attiva da parte del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, RID, Regioni, Province, gestori coinvolti, è stato redatto nel 2005 il documento “Ipotesi di Regolazione dei Deflussi ai Fini del Governo delle Piene nel Bacino del Tevere”, approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 1102 del 28/06/2006 dall’Umbria e preso comunque, ancorché non pienamente vigente, a riferimento tecnico-operativo.

Durante l’evento alluvionale la diga di Montedoglio ha invasato la maggior parte degli afflussi provenienti dal bacino idrografico di monte; in particolare il comportamento della diga è caratterizzato da due fasi di invaso seguite rispettivamente da due fasi di svaso:

- I° fase di invaso dall’inizio dell’evento fino al 3/01/2010 alle 15:00 circa
 - livello iniziale invaso 389.97 m s.l.m.
 - livello finale invaso 393.32 m s.l.m.
 - volume invasato 23.2 10⁶ m³
- I° fase di svaso dal 3/01/2010 alle 15:00 circa fino al 5/01/2010 alle 12:00 circa
 - livello iniziale svaso 393.32 m s.l.m.
 - livello finale svaso 392.17 m s.l.m.
- II° fase di invaso dal 5/01/2010 alle 12:00 circa fino al 6/01/2010 alle 18:00 circa
 - livello iniziale invaso 392.17 m s.l.m.
 - livello finale invaso 393.59 m s.l.m.
 - volume invasato 10.2 10⁶ m³
- II° fase di svaso dal 6/01/2010 alle 18:00 circa fino alla fine dell’evento
 - livello iniziale svaso 393.59 m s.l.m.
 - livello finale svaso 393.20 m s.l.m. (in diminuzione).

Complessivamente, quindi, la diga ha invasato oltre 30 milioni di m³. In Figura 22 è mostrato l’andamento delle portate in ingresso all’invaso di Montedoglio ricostruite a partire dai dati di livello dell’invaso, anch’essi mostrati in figura insieme alle portate osservate alla sezione idrometrica di Gorgabuia e di S. Lucia, poste rispettivamente immediatamente e a circa 30 km a valle della diga.

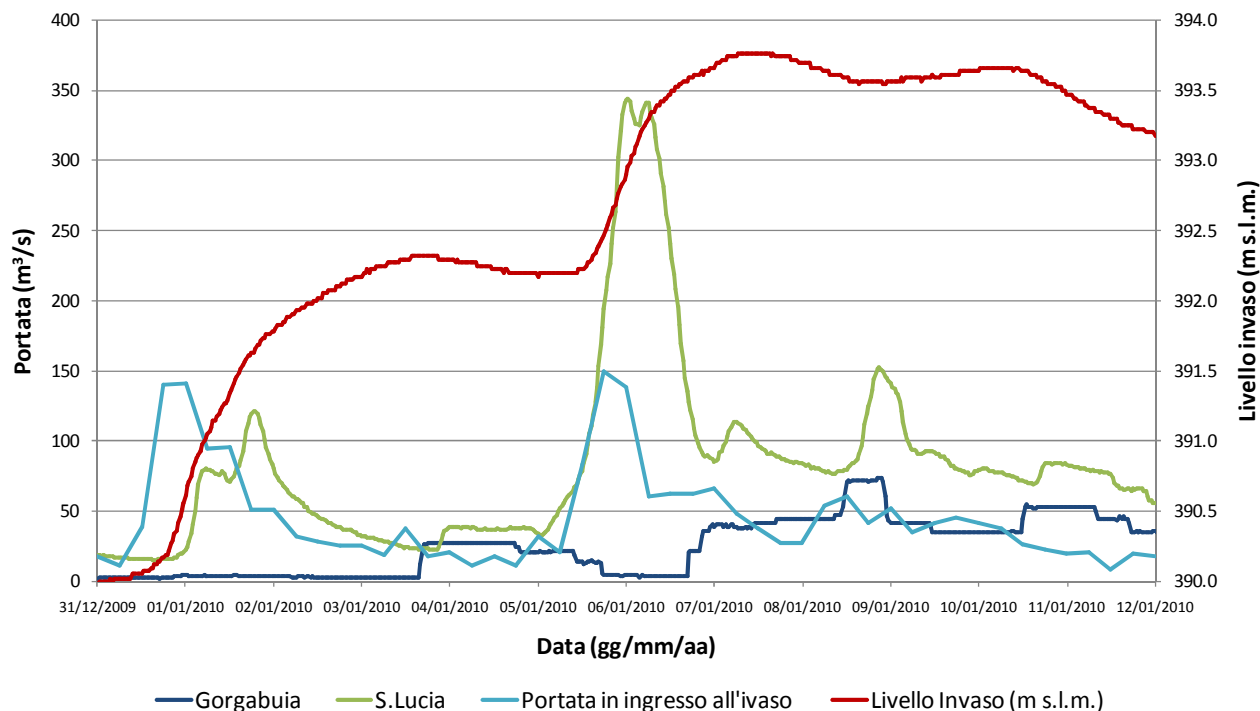


Figura 22 - Andamento delle portate osservate alle sezioni idrometriche di Gorgabuia e S. Lucia sul F. Tevere, della portata affluita all'invaso e del livello durante l'evento di piena occorso nel Dicembre 2009-Gennaio 2010.

Per quanto riguarda, invece, la diga di Casanuova sul F. Chiascio, ancora non in esercizio, l'organo di regolazione dello scarico di fondo ha comunque consentito una parziale regolazione dei deflussi, in particolare nella fase di svaso della diga il deflusso non ha mai superato i $100\div 110\text{ m}^3/\text{s}$, portate compatibili con la ricettività dell'alveo di valle. In Figura 23 sono rappresentati gli andamenti delle portate defluite alle sezioni di Branca e Pianello poste rispettivamente a monte e a valle della Diga di Casanuova.

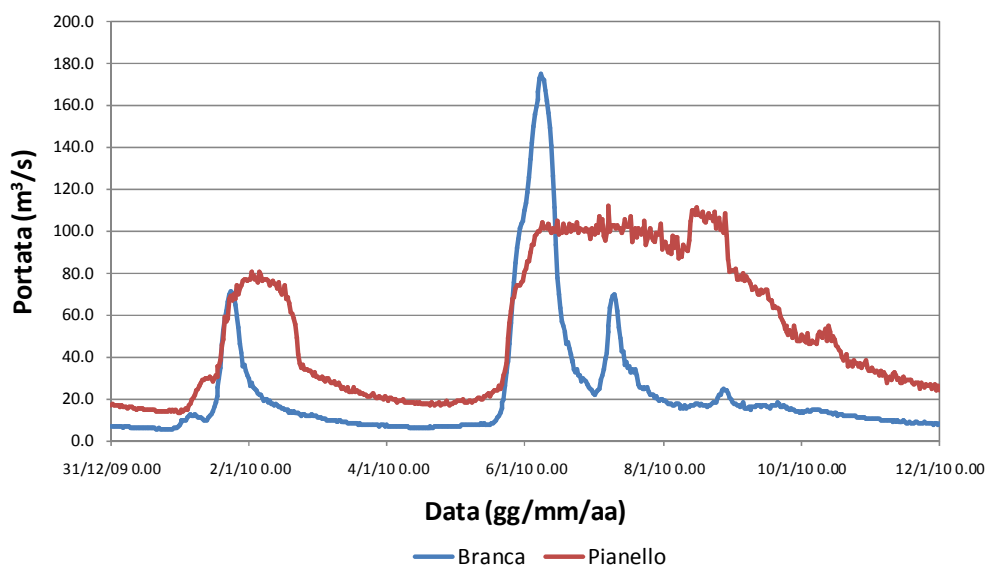


Figura 23 - Andamento delle portate nelle sezioni idrometriche di Branca e Pianello sul F. Chiascio (a monte e a valle della Diga di Casanuova) durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009-Gennaio 2010.

Un idrometro a registrazione locale installato sperimentalmente dal CNR-IRPI di Perugia nei pressi del nuovo scarico di fondo realizzato ha consentito inoltre di registrare il livello massimo dell'invaso che è stato di circa m s.l.m. 287 pari a circa ⁽¹⁾ 8 milioni di m³ di acqua invasati.

Il comportamento della diga di Corbara è invece caratterizzato dalla presenza di due fasi di invaso alternate da due fasi di svasso, anche significativo in termini di velocità, come mostra la Figura 24 dove, oltre all'andamento del livello del lago è rappresentato l'andamento dei livelli alla sezione idrometrica di Castiglione in Teverina, posta immediatamente a valle della diga, insieme ai livelli registrati alle sezioni idrometriche di Monte Molino e di Orvieto Scalo, poste più a monte dell'invaso rispettivamente sul F. Tevere e sul F. Paglia.

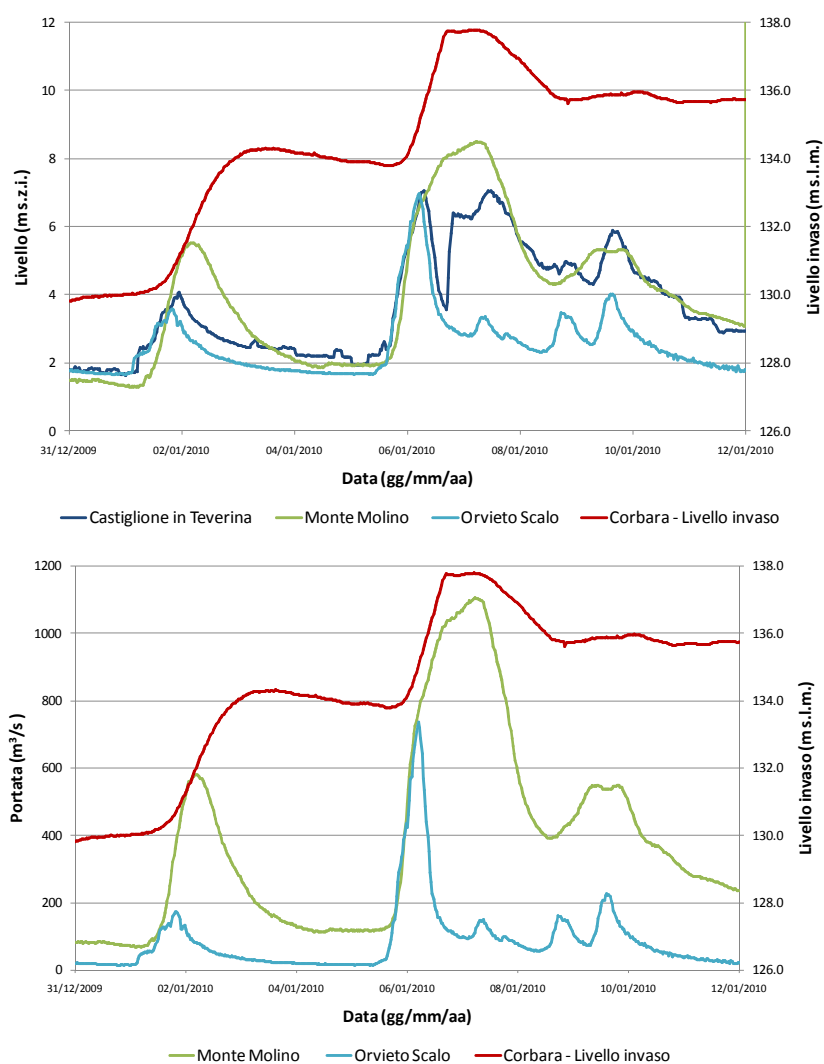


Figura 24- Andamento dei livelli e delle portate osservati alla sezione idrometrica di Orvieto Scalo sul F. Paglia, M. Molino e Castiglione in Teverina sul F. Tevere (per cui non è disponibile la scala di deflusso) e del volume invasato dalla Diga di Corbara durante gli eventi di piena occorsi nel Dicembre 2009-Gennaio 2010.

¹ Livello massimo ricostruito perché, durante la fase acuta della piena in arrivo da monte, è stato raggiunta l'altezza cieca del sensore ad ultrasuoni, tuttavia senza (fortunatamente) compromettere il sensore stesso o il datalogger.

5.2. Effetto delle casse d'espansione sul Fiume Chiani

Di seguito si sintetizzano i dati relativi al comportamento della cassa di espansione, rimandando per maggiori dettagli alla Nota Tecnica '*Eventi Meteorici del 5-6 Gennaio 2010*' redatta dal Consorzio per la Bonifica della Val di Chiana Romana e Val di Paglia.

Durante l'evento meteorico, ed in particolare nei giorni 5-6 Gennaio 2010, lungo il F. Chiani si sono verificati livelli idrometrici tali da determinare l'entrata in funzione della cassa di espansione di Molino di Bagni, permettendo di mitigare gli effetti dell'onda di piena sui territori posti più a valle ed in particolare dell'abitato di Ciconia, contribuendo, inoltre, a contenere entro margini di sicurezza i livelli idrici raggiunti in corrispondenza del Ponte dell'Adunata in conseguenza della concomitante piena del F. Paglia.

La cassa di espansione è entrata in funzione tra il 5 e il 6 Gennaio 2010 per una durata di circa 24 ore, con un volume invasato di circa 610000 m³ e il massimo livello dell'acqua nella cassa pari a circa 155.74 m s.l.m.; considerate le caratteristiche dell'onda di piena in arrivo, l'ingresso dell'acqua in cassa è avvenuto sempre in condizioni di sfioro non rigurgitato; lo scarico dei volumi invasati è iniziato quando era ancora in corso l'ingresso dell'acqua in cassa.

6. EFFETTI AL SUOLO

6.1. Frane/Smottamenti

A causa di un'importante frana è stata chiusa la strada regionale 73 bis “di Bocca Trabaria”, che collega San Giustino con le Marche attraverso il valico appenninico, passando per Urbino e Fossombrone, in direzione Fano. Il movimento franoso che ha colpito l'infrastruttura al km 14,850, sul versante umbro, si è rivelato serio e profondo già durante i primissimi sopralluoghi del personale ANAS, quando le piogge erano ancora in corso. Le precipitazioni hanno determinato il cedimento di quattro metri della scarpata di valle del corpo strada, per una lunghezza di circa 50 metri, rendendo necessaria l'immediata chiusura al traffico per la salvaguardia dell'incolumità degli utenti. Il Compartimento ANAS dell'Umbria ha stimato in 500 mila euro l'ammontare dei lavori per il ripristino della stabilità del pendio e della transitabilità su quel tratto, attribuendo a tale intervento carattere di assoluta urgenza. I tempi di esecuzione dei lavori potranno comunque prolungarsi. Oltre a questa situazione non sono pervenute segnalazioni di altre frane/smottamenti significativi al CFD della Regione Umbria né da parte di EE.LL. che dalla Sala Operativa di Protezione Civile.

6.2. Allagamenti

Come documentato dalle attività dei presidi e testimoniato dalla cronaca locale, durante l'evento sono state soggette a fenomeni di allagamento diverse aree del territorio regionale umbro. I principali effetti al suolo riscontrati in tale ambito, come accennato in premessa, sono stati principalmente: esondazioni diffuse del F. Tevere, del F. Nestore, del T. Caina, del F. Paglia, del T. Genna, ed altri affluenti minori dell'Alto-Medio Tevere sul quadrante occidentale, anche per il verificarsi di alcune rotte arginali (come quella del T. Argento in zona Fabro o del T. Caina nei pressi di Mantignana-Magione). Non ci sono state, fortunatamente, vittime ma i danni economici riscontrati si stimano intorno a 140 milioni di euro a fronte di oltre mille richieste di intervento pervenute.

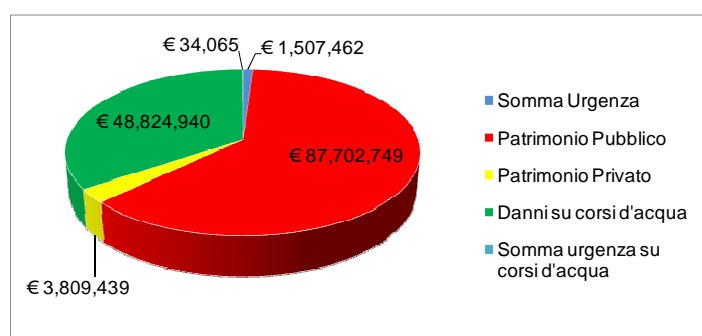


Figura 25- Stima dei danni causati dalle alluvioni durante l'evento.

Da parte del CFD sono state, inoltre, svolte le seguenti attività:

- Perimetrazione delle aree allagate con Strumenti Geografici Informativi (GIS) sulla base di un filmato e di documentazione fotografica acquisiti da funzionari del CFD durante un volo in elicottero, messo a disposizione dai VV.FF., il giorno 6 Gennaio 2010.

- b) Ricognizione puntuale dei riscontri diretti sul territorio effettuati dai presidi territoriali individuati e altri soggetti che, analogamente all'evento di Dicembre 2008, hanno svolto un prezioso ruolo, durante tutte le fasi dell'emergenza, di segnalazione, presidio diretto nelle zone più a rischio e, se del caso, di pronto intervento per l'immediata mitigazione del rischio residuo.

6.3. Perimetrazione Aree Allagate

Sulla base del filmato e della documentazione fotografica acquisiti durante un volo in elicottero, messo a disposizione dal Comando dei Vigili del Fuoco di Perugia, il 6 gennaio 2010, dalle ore 10:00 alle ore 12:00 circa, è stato possibile individuare i perimetri delle aree soggette ad esondazione. Tali aree sono state restituite in formato vettoriale (shp file) basandosi sull'analisi dei singoli fotogrammi del filmato ed utilizzando come base cartografica le ortofoto del 2008 messe a disposizione dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare attraverso Internet Services denominati Web Feature Service (WFS). Qui di seguito vengono mostrati alcuni fotogrammi del filmato utilizzato per la perimetrazione, Figura 24, e le aree allagate individuate, facendo una distinzione tra aree completamente allagate (riportate, in Figura 25, con un colore rosso) ed aree parzialmente allagate (riportate con colore blu).

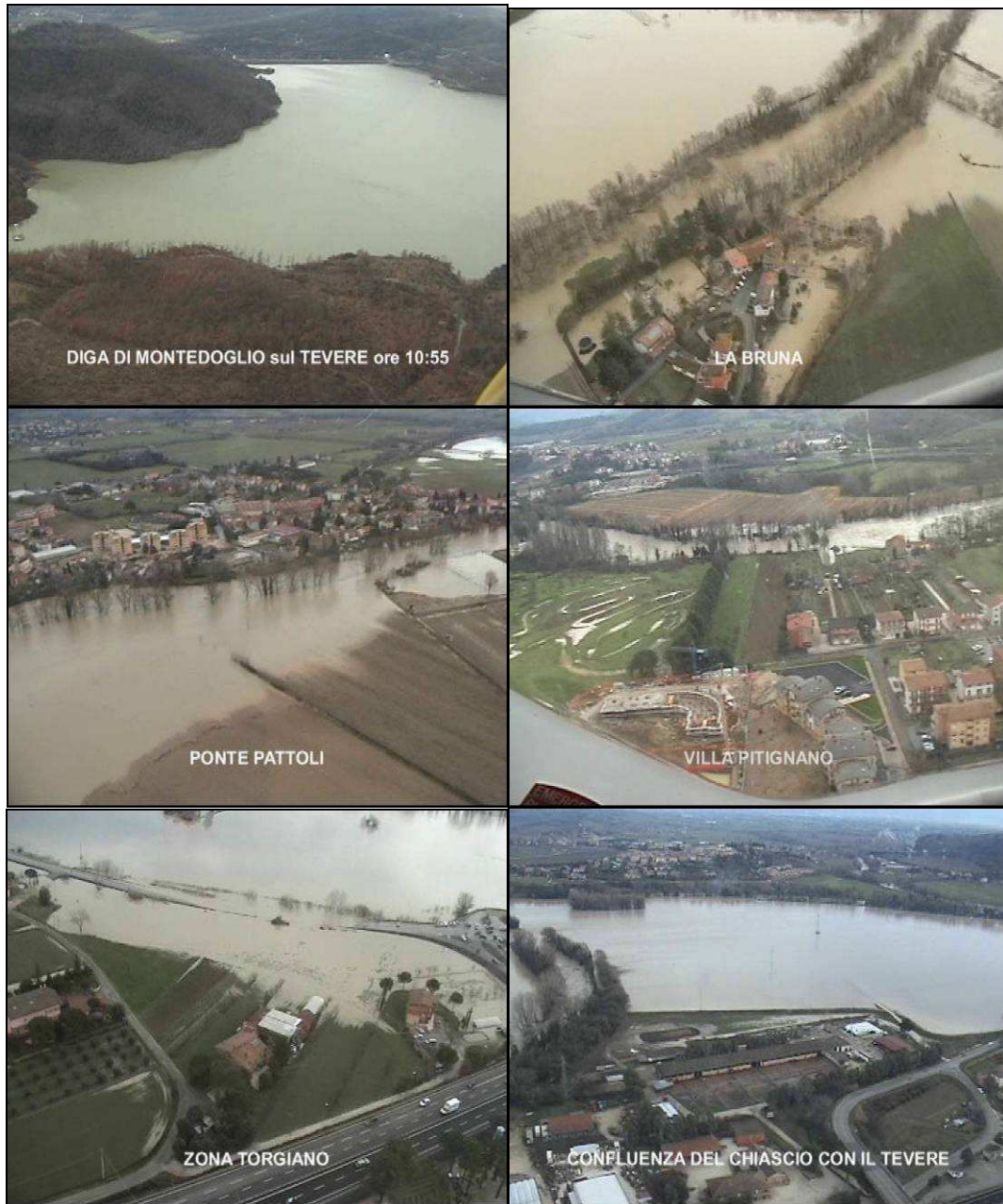


Figura 26 - Esempi di fotogrammi del filmato utilizzato per la perimetrazione delle zone allagate. Le riprese sono state rese possibili grazie alla collaborazione con il Comando dei Vigili del Fuoco di Perugia che ha messo a disposizione del CFD della Regione Umbria un elicottero.

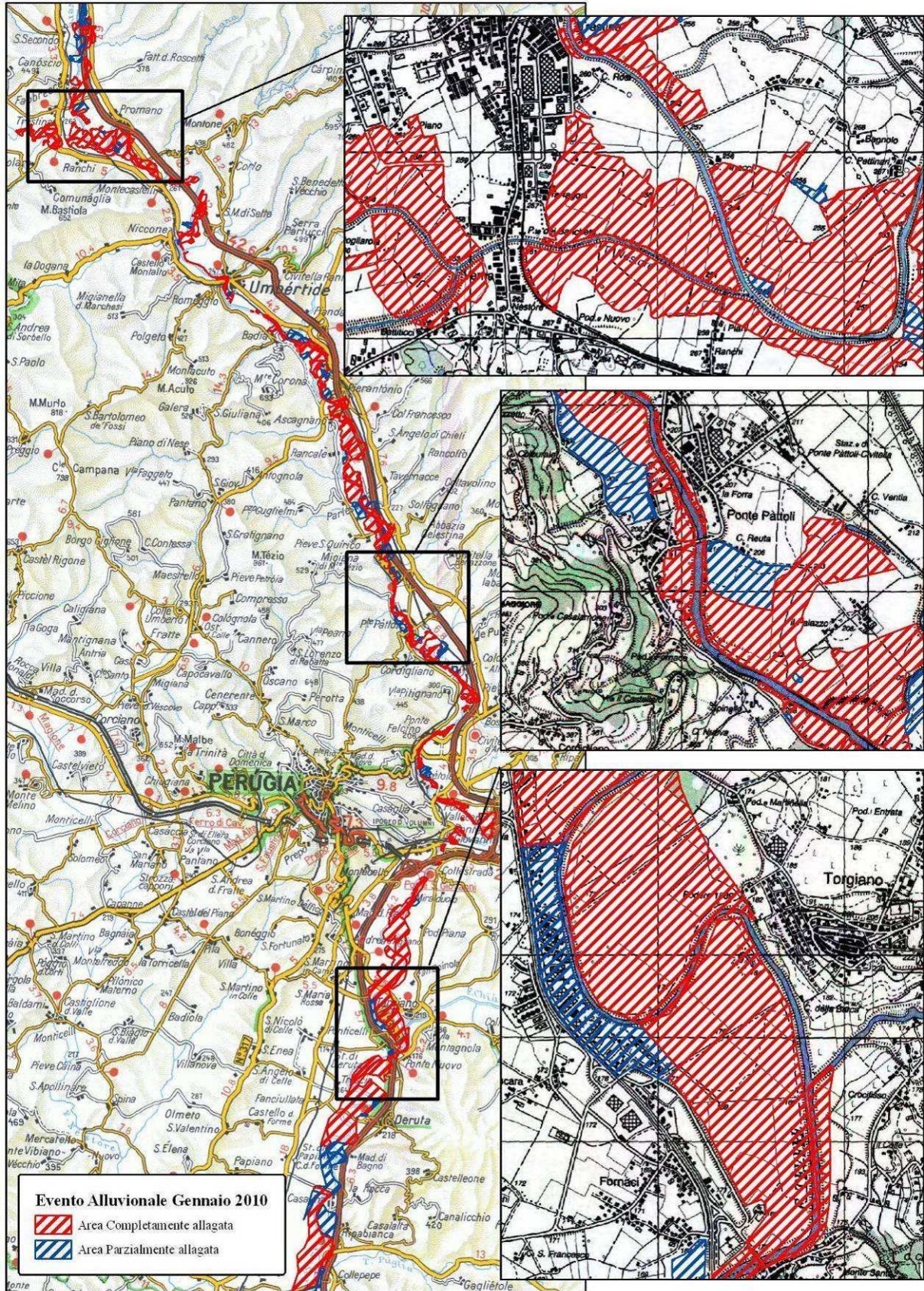


Figura 27 – Evento alluvionale del Gennaio 2010 in Umbria: individuazione delle aree completamente allagate (in rosso) e quelle parzialmente allagate (in blu).

7. RASSEGNA STAMPA

Nelle pagine seguenti sono riportate solo alcune delle notizie apparse sulla cronaca locale relative all'evento alluvionale.

06 Gennaio 2010

Allagamenti e frane. Straripa il Nestore: salvate 3 persone, 40 bloccate nel pub. Isolata frazione di Castiglione

Pioggie, allerta per il Tevere

E' esondato in vari punti, la Protezione civile pronta ad intervenire

PERUGIA - Straripamenti, smottamenti, allagamenti di campagne e sottopassaggi per il maltempo. Il Tevere, nell'urna, ha cominciato a esondare nella zona di Umbertide, a due passi, a Perugia. Numerosi gli interventi in tutto il territorio. A San Maria Ferris due vigili del fuoco, colpiti da un'onda in transito. A Tevere, il Nestore ha straripato. Salvata una famiglia, rimasta nell'auto parcheggiata nel giardino del fondo. All'interno di quest'ultima, bloccato all'ingresso, isolata una frazione di Castiglione nel Lago.

CASARETO/PERUGIA/MAZZOLA PERUGIA



19 Primavera
Ancora precipitazioni fino a sera

Pioggia in tutto il territorio. Il servizio del Lago di Trasimeno è stato allertato. Tre dei vigili del fuoco, rimasti fuori servizio.

Pioggia ed esondazioni, allerta per il Tevere

A Tevere straripa il Nestore: salvata famiglia proprietaria dell'auto, in 40 bloccati nel pub

Interventi per soccorsi a briglie

Ponte della Pietra, cimitero semi allagato

07 Gennaio 2010

REGIONE UMBRIA



In 24 ore 140 millimetri di pioggia. Esondano Tevere, Chiascio, Nestore e Galle

Disastrosa alluvione, milioni di danni

Giovani salvati con loro genitori a Sarnano. Case, strade, aziende e campi allagati

Chiascio la variante per la E-45

Paura per un cacciatore ternano disperso

Il sindaco: "Non c'è pericolo". Ma nei prossimi giorni si attendono altre piogge. Piani per le piscine dei Mondiali

Allarme Tevere, arriva la piena

Nella notte raggiunti gli 11 metri. Sgomberati i senzatetto dagli argini

IL DOPO LORENZETTI RICHIEDE DACCINQUE

"Con il fiume a un metro da casa"

Campi allagati, case circondare, decine di persone messe in salvo. Anche oggi tratti col filo sospeso

Tevere, 200 chilometri di paura

L'esperto «Montedoglio può ancora ricevere acqua. Dipende dalla nuova perturbazione»



08 Gennaio 2010



Il Caina, quando un torrente

Una notte di furia distruttiva: abitazioni e aziende invase

ELISA VIGNETTI

IL TORRENTE Caina è un paese di 1.200 abitanti, in provincia di Terni. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.

qui la furia è forte e, una volta presa una certa situazione, lo straripare di acqua è ineluttabile, almeno a quei tempi. Sono entrato così l'acqua alle case, nelle, nel breve tempo di pochi minuti la prima mi è arrivata fino sopra il ginocchio, dentro l'edificio. L'acqua era colorata, era torbida e aveva un odore sgradevole. Non c'era il tempo di scendere in strada e di correre verso il rifugio. L'acqua era colorata, era torbida e aveva un odore sgradevole. Non c'era il tempo di scendere in strada e di correre verso il rifugio.

servizi delle abitazioni della "Fagnanera Anonima" fatti a terra, quel che resta di giorni e giorni di lavoro speso qui e là per la superficie del capannone. Avevano fatto un lavoro molto serio di prodotti da spedire stamattina (ieri, oggi e domani) invece oggi, disingolato dall'acqua, direi, non c'è più lavoro. Anonima Anonima, invece, mostra la perdita di un lavoro di un anno. A dispetto della pioggia, il proprietario, preoccupato, ha chiesto la cancellazione della "Fagnanera Anonima" e l'edificio è stato demolito. È un lavoro di un anno, un lavoro di un anno, un lavoro di un anno.

colte a guardare prima di poterli abbattere. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita.



CHE PAURA «Una notte di furia distruttiva: abitazioni e aziende invase». È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.

che la furia è forte e, una volta presa una certa situazione, lo straripare di acqua è ineluttabile, almeno a quei tempi. Sono entrato così l'acqua alle case, nelle, nel breve tempo di pochi minuti la prima mi è arrivata fino sopra il ginocchio, dentro l'edificio. L'acqua era colorata, era torbida e aveva un odore sgradevole. Non c'era il tempo di scendere in strada e di correre verso il rifugio.

servizi delle abitazioni della "Fagnanera Anonima" fatti a terra, quel che resta di giorni e giorni di lavoro speso qui e là per la superficie del capannone. Avevano fatto un lavoro molto serio di prodotti da spedire stamattina (ieri, oggi e domani) invece oggi, disingolato dall'acqua, direi, non c'è più lavoro. Anonima Anonima, invece, mostra la perdita di un lavoro di un anno. A dispetto della pioggia, il proprietario, preoccupato, ha chiesto la cancellazione della "Fagnanera Anonima" e l'edificio è stato demolito.

colte a guardare prima di poterli abbattere. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita.



Agricoltura, danni per milioni

Allagamenti, l'allarme della Cia: sistema in ginocchio. Le verifiche della Regione

di ELISA VIGNETTI

PERUGIA - Il settore agricolo è in allarme. I danni per i coltivatori sono in crescita. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.



La terra che non può essere coltivata a causa dell'alluvione. In alto: un campo allagato.

che la furia è forte e, una volta presa una certa situazione, lo straripare di acqua è ineluttabile, almeno a quei tempi. Sono entrato così l'acqua alle case, nelle, nel breve tempo di pochi minuti la prima mi è arrivata fino sopra il ginocchio, dentro l'edificio. L'acqua era colorata, era torbida e aveva un odore sgradevole. Non c'era il tempo di scendere in strada e di correre verso il rifugio.

servizi delle abitazioni della "Fagnanera Anonima" fatti a terra, quel che resta di giorni e giorni di lavoro speso qui e là per la superficie del capannone. Avevano fatto un lavoro molto serio di prodotti da spedire stamattina (ieri, oggi e domani) invece oggi, disingolato dall'acqua, direi, non c'è più lavoro. Anonima Anonima, invece, mostra la perdita di un lavoro di un anno. A dispetto della pioggia, il proprietario, preoccupato, ha chiesto la cancellazione della "Fagnanera Anonima" e l'edificio è stato demolito.

colte a guardare prima di poterli abbattere. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita.

NUOVI TEMPORALI in arrivo. Il settore agricolo è in allarme. I danni per i coltivatori sono in crescita. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.

A Città della Pieve cento utenze senza gas

Esondazioni e paura, le testimonianze

Orvieto: rischio frane

di ELISA VIGNETTI

PERUGIA - Un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.

CHIESA BOCCA TRABARIA - Un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.



Chiesa Bocca Trabaria, in provincia di Terni.

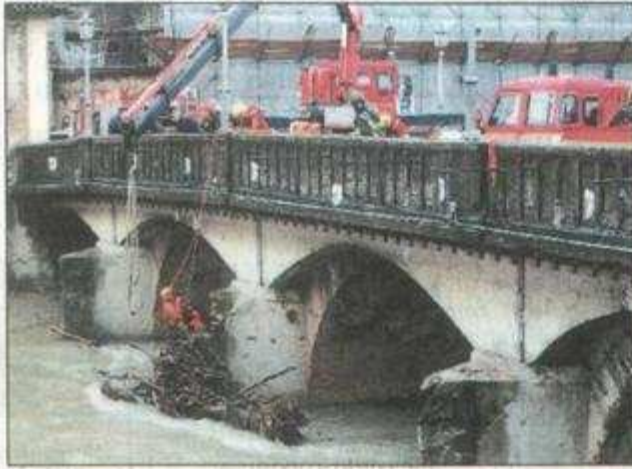
che la furia è forte e, una volta presa una certa situazione, lo straripare di acqua è ineluttabile, almeno a quei tempi. Sono entrato così l'acqua alle case, nelle, nel breve tempo di pochi minuti la prima mi è arrivata fino sopra il ginocchio, dentro l'edificio. L'acqua era colorata, era torbida e aveva un odore sgradevole. Non c'era il tempo di scendere in strada e di correre verso il rifugio.

servizi delle abitazioni della "Fagnanera Anonima" fatti a terra, quel che resta di giorni e giorni di lavoro speso qui e là per la superficie del capannone. Avevano fatto un lavoro molto serio di prodotti da spedire stamattina (ieri, oggi e domani) invece oggi, disingolato dall'acqua, direi, non c'è più lavoro. Anonima Anonima, invece, mostra la perdita di un lavoro di un anno. A dispetto della pioggia, il proprietario, preoccupato, ha chiesto la cancellazione della "Fagnanera Anonima" e l'edificio è stato demolito.

colte a guardare prima di poterli abbattere. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita. In un caso, invece, una casa di viale Salaria, a Roma, è stata demolita.

PERUGIA - Un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione. È un paese di collina, pianeggiante, con un terreno argilloso, disegnatosi durante il periodo dell'ultima glaciazione.

09 Gennaio 2010



Topino, alto il rischio di piena



Ponte di Porta Firenze bloccato da vigili del fuoco, squadra volante del commissariato, polizia municipale e Consorzio Bonifica, tutti giunti in massa per "liberare" il fiume. E' durato più di due ore l'intervento di rimozione dei tronchi, che ha coinvolto anche gli specialisti della Saf del 115, che si erano arenati sul frangiflutto centrale del ponte creando pericoli in caso di nuova ondata di piena.

8. GESTIONE EVENTO

La D.G.R. n. 2312/2007 individua le disposizioni e le procedure operative per la prima attuazione della Dir.P.C.M. 27 Febbraio 2004 e s. m. e i. e, in particolare, le procedure per la definizione delle modalità operative per la gestione del sistema di allertamento regionale da parte del CFD della Regione Umbria. La D.G.R. n. 2312/2007 prescrive che qualora le previsioni meteo individuino un peggioramento della situazione meteorologica, tali da far presagire condizioni di potenziale pericolo, il Servizio Meteo del Dipartimento della Protezione Civile provvederà ad emettere, di concerto con il Centro Funzionale Decentrato (CFD) della Regione Umbria, l'Avviso Meteo. I fenomeni meteorologici significativi previsti sono quotidianamente individuati con il supporto del Centro Funzionale Centrale (CFC) del Dipartimento di Protezione Civile; sulla base di tali previsioni vengono valutati i possibili scenari ed i relativi effetti al suolo attesi. Conseguentemente viene individuata, sia sulla base della probabilità di superamento di specifiche soglie idro-pluviometriche approvate con D.G.R. n. 2313/2007, sia sulla base delle condizioni di vulnerabilità territoriale riscontrate per le varie Zone di Allerta, la criticità corrispondente. Ove gli effetti previsti sulla popolazione e sui beni esposti possono raggiungere e superare livelli di criticità moderata o elevata, il CFD provvede a predisporre e trasmettere alla Sala Operativa del Servizio di Protezione Civile regionale l'Avviso di Criticità Regionale per la successiva adozione formale. Al tempo dell'evento alluvionale, essendo ancora il CFD della Regione Umbria non formalmente attivo, la responsabilità dell'emissione dell'Avviso di Criticità è rimasta in capo al CFC, il quale lo ha trasmesso al CFD e non appena adottato dal Presidente di Giunta, trasmesso a mezzo fax a tutti i soggetti previsti dall'art. 16 della citata D.G.R..

Il 30 Dicembre 2009, infatti, il DPC ha emesso un Avviso Meteo e conseguentemente l'Avviso di Criticità adottato dal Presidente di Giunta.

Per il giorno 5 Gennaio 2010, invece, le analisi meteorologiche in previsione trasmesse dall'Area Meteo ufficiale del CFD, ovvero l'Area Meteo del DPCN, così come dalla consultazione di tutti i principali modelli LAM, riportavano spessori cumulati di precipitazione sottostimati per la giornata del 5 Gennaio 2010. Tali previsioni, nei run successivi mostravano invece valori via via crescenti (Figura 28). Questa situazione, operativamente a cavallo delle configurazioni di criticità ordinaria e moderata, ha comportato, concordatamente con il CFC, l'Ordinaria criticità per l'Umbria in stato di "pre-allerta" (Figura 29), con segnalazione di possibili evoluzioni più critiche del fenomeno alla SO regionale di Protezione Civile e i Presidi Territoriali rinforzo della vigilanza in tempo reale per eventuale passaggio "in corso d'evento" a "stato di pre-allarme": tale evenienza, che effettivamente si è verificata, è ben caratterizzata nelle procedure del CFD umbro di cui alla D.G.R. n. 2312/07 (Figura 30).

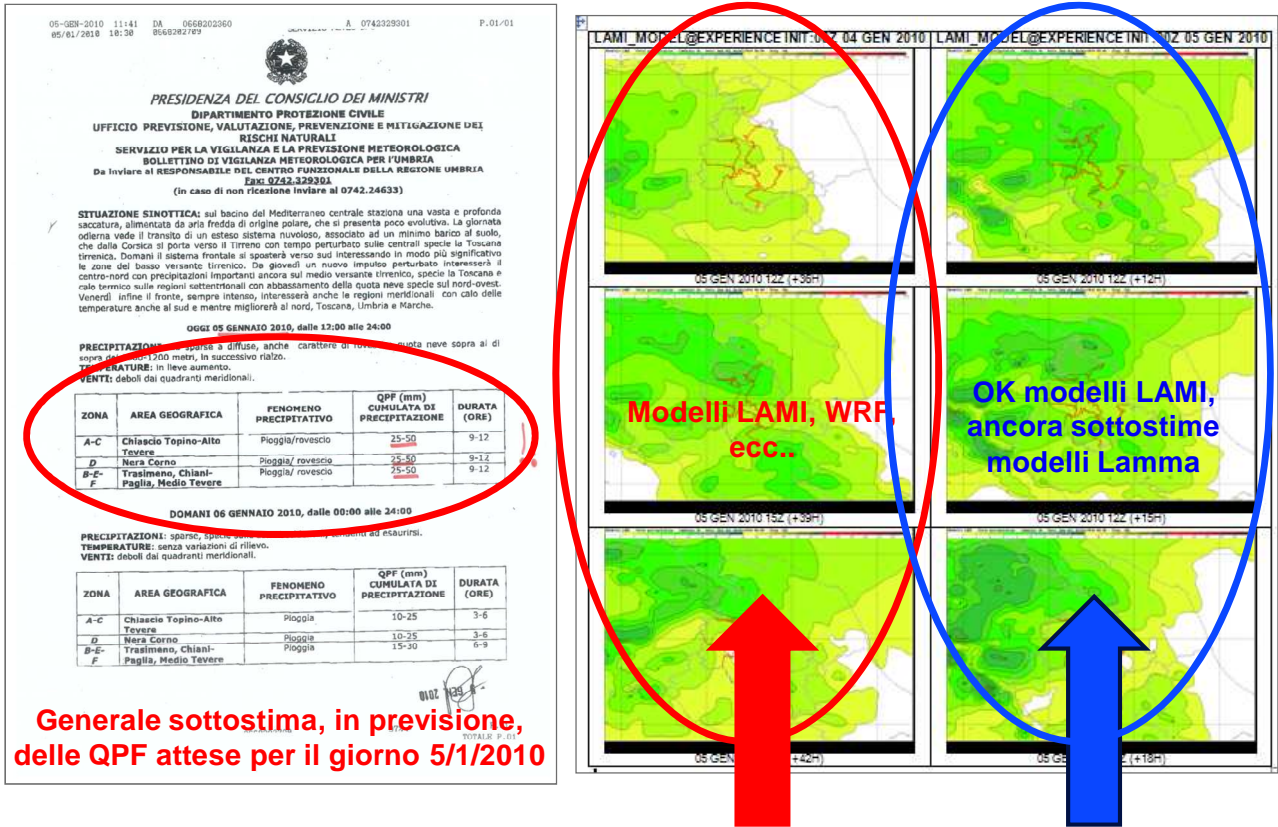


Figura 28 – Bollettino Meteo per l’Umbria emesso dal DPC il 5 Gennaio 2010 e immagini relative alle previsioni meteorologiche fornite dai modelli meteo tipo LAM.

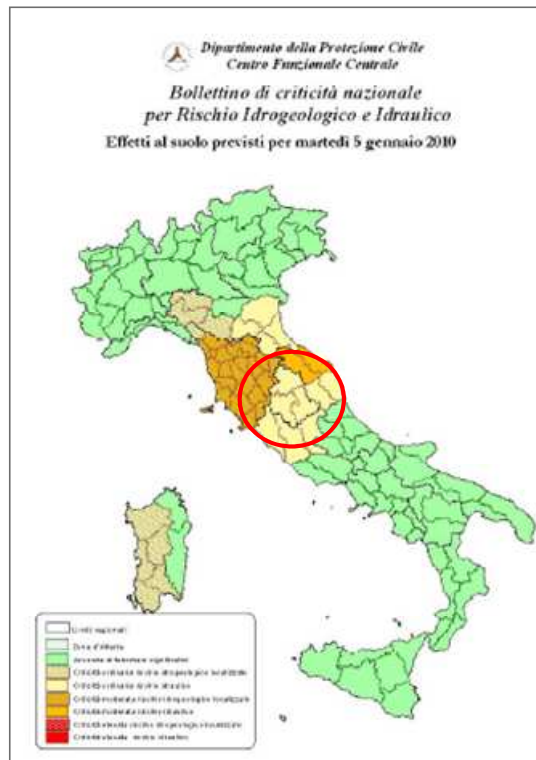


Figura 29 – Bollettino di criticità nazionale per il 5 Gennaio 2010 emesso dal DPC il giorno stesso (aggiornato successivamente in corso d’evento).

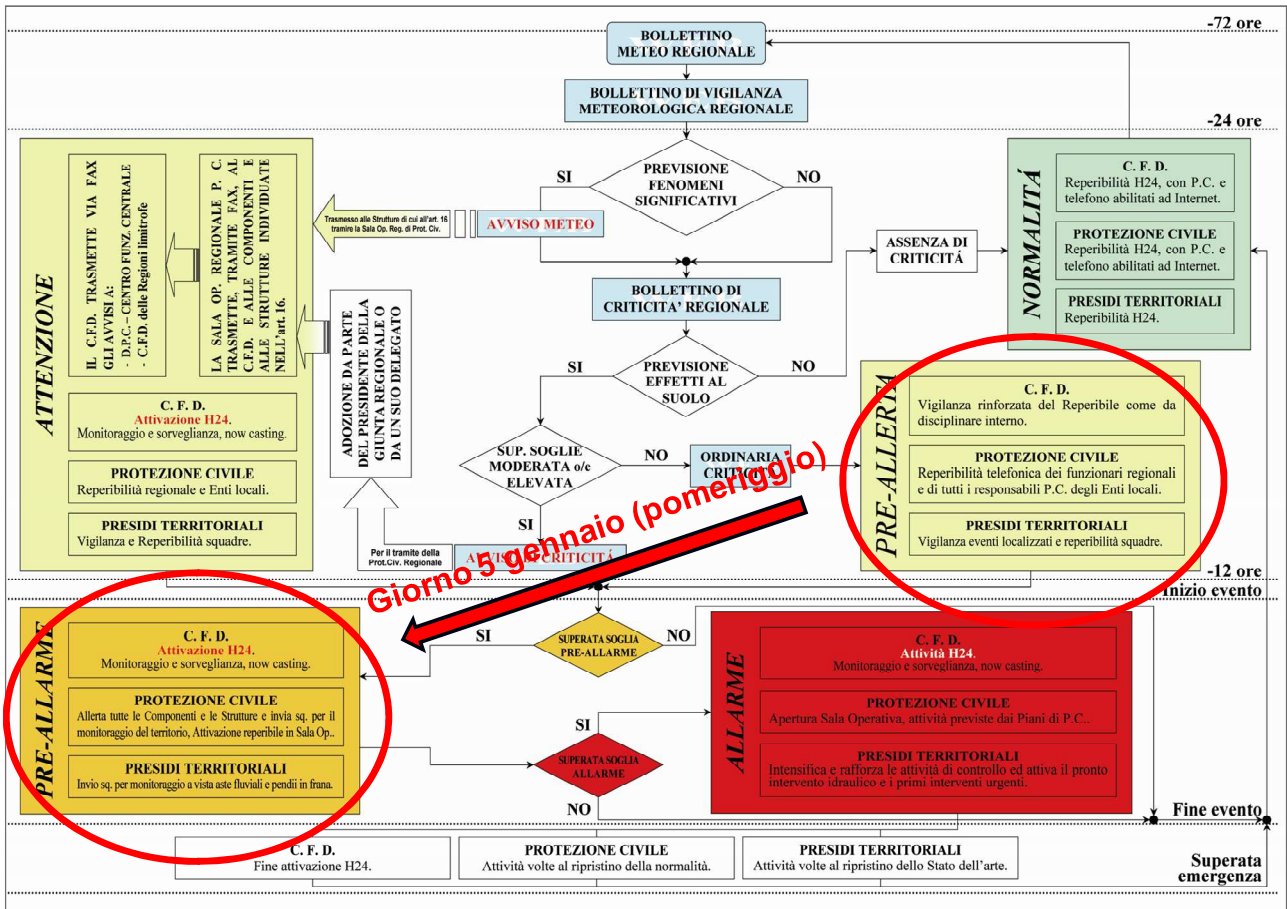


Figura 30 – Schema delle procedure del CFD umbro (D.G.R. n. 2312/2007) in cui è evidenziato il passaggio dallo stato di Pre-Allerta a quello di Pre-Allarme avvenuto il giorno 5 Gennaio 2010.

In conformità di tali procedure, durante l'evento sono stati emessi una serie di Avvisi Meteo, Avvisi di Criticità e relative Ordinanze della Giunta Regionale, brevemente di seguito sintetizzati.

**AVVISI DI CRITICITA' EMESSI DAL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE
E ORDINANZE DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE DI ADOZIONE
DEGLI AVVISI DI CRITICITA' DAL 30.12.2009 al 10.01.2010**

**AVVISI DI CONDIZIONI METEO AVVERSE EMESSI DAL DIPARTIMENTO DELLA
PROTEZIONE CIVILE DAL 30.12.2009 AL 09/01/2010**

Avviso di condizioni meteorologiche avverse n. 9131 prot. n. DPC/VATO/80599 del 30/12/2009

Avviso di condizioni meteorologiche avverse n. 10002 prot. n. DPC/VATO/80 del 03/01/2010

Avviso di condizioni meteorologiche avverse n. 10003 prot. n. DPC/VATO/220 del 04/01/2010

Avviso di condizioni meteorologiche avverse n. 10005 prot. n. DPC/VATO/779 del 07/01/2010

Seguito Avviso di condizioni meteo avverse n. 10006 prot. n. DPC/VATO/1067 del 08/01/2010

**AVVISI DI CRITICITA' EMESSI DAL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE
DAL 30.12.2009 AL 09/01/2010**

Avviso di criticità n. 94 prot. n. DPC/VATO/80601 del 30/12/2009

Avviso di criticità n. 1 prot. n. DPC/VATO/455 del 05/01/2010

Avviso di criticità seguito per la Regione Umbria n. 2 prot. n. DPC/VATO/475 del 06/01/2010

Avviso di criticità n. 3 prot. n. DPC/VATO/792 del 07/01/2010

Avviso di criticità n. 5 prot. n. DPC/VATO/1097 del 08/01/2010

**ORDINANZE DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE DI ADOZIONE
AVVISI DI CRITICITA'**

Ordinanza P.G.R. del 30 Dicembre 2009, n. 238

Ordinanza P.G.R. del 05 Gennaio 2010, n. 1 (nota prot. 1249 del 05/01/2010 di STATO DI PRE-ALLARME da parte del CFD regionale)

Ordinanza P.G.R. del 06 Gennaio 2010, n. 2

Ordinanza P.G.R. del 07 Gennaio 2010, n. 3

Ordinanza P.G.R. del 08 Gennaio 2010, n. 4

Sebbene non ancora formalmente attivo, il CFD dell'Umbria ha fornito nelle fasi più critiche dell'evento supporto H24 (dal 31 Dicembre 2009 al 1 Gennaio 2010 e dal 5 al 9 Gennaio 2010) a tutti gli enti e le strutture coinvolte, in particolare attraverso il sito internet www.cfumbria.it dove è stato possibile consultare i dati acquisiti in tempo reale dalla rete di monitoraggio (Figura 31), i Bollettini Meteo, di Criticità e gli Avvisi di Criticità emessi, la sezione Monitoraggio evento è stata costantemente aggiornata per un immediato riscontro dei commenti tecnici per gli addetti ai lavori sull'evolversi della situazione.

Il sito internet ha confermato la propria utilità di disseminazione delle informazioni, permettendo anche di visualizzare, per i soggetti ammessi (CFC, CFD limitrofi, Presidi Territoriali, PC regionale, ecc..) i risultati di alcuni modelli implementati.

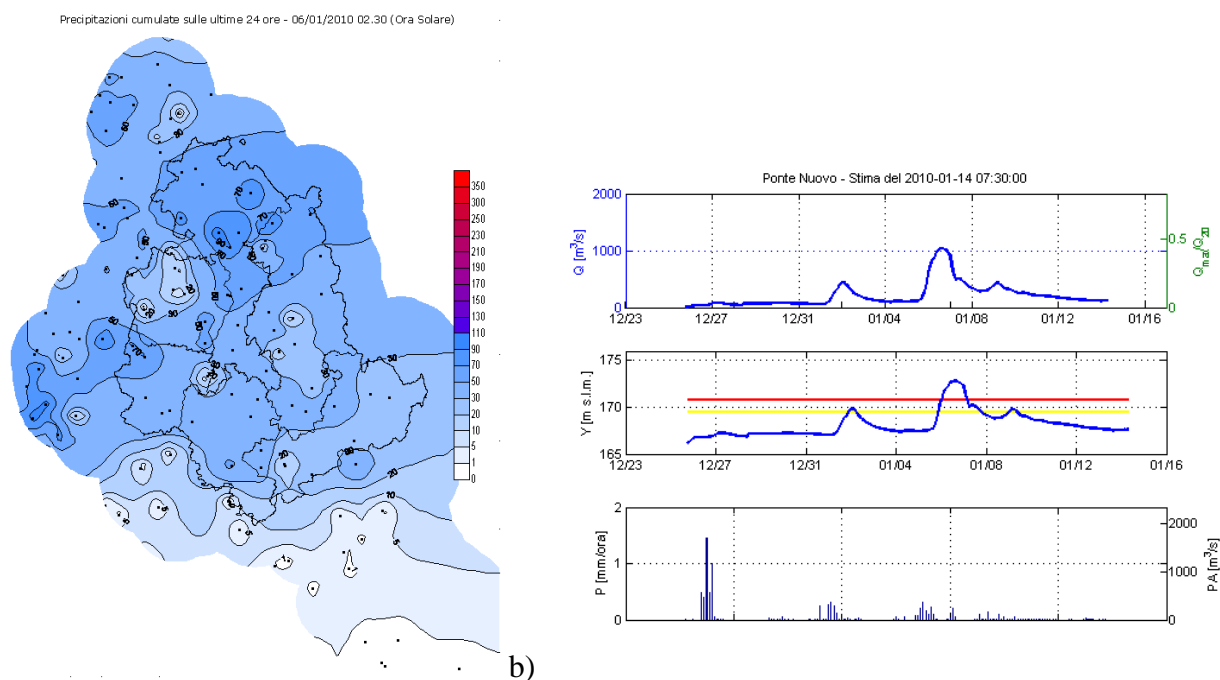


Figura 31 – Sito Internet www.cfumbria.it: esempio di visualizzazione delle isoiete di precipitazione e degli idrogrammi delle portate calcolate tramite scala di deflusso e dei livelli sovrapposti ai valori di soglia.

A differenza del caso di Dicembre 2008, presso il CFD umbro erano operativi e tarati, ancorché non tutti messi in linea con i dati acquisiti in tempo reale sul sito www.cfumbria.it, più modelli idrologico-idraulici di previsione delle piene e in particolare:

- idrologici: MISDc (sviluppato dal CNR-IRPI reparto di Idrologia di Perugia), MOBIDIC (sviluppato dall'Università degli Studi di Firenze in collaborazione dell'Autorità di bacino del Fiume Arno e del CF toscano), STAFOM (sviluppato dal CNR-IRPI reparto di Idrologia di Perugia), HEC-HMS (sviluppato dall'USACE e implementato dal CFD umbro), X-Nash e Mike-Drift (DHI);
- idraulici: HEC-RAS (sviluppato dall'USACE e implementato dal CFD umbro) e Mike-11(DHI).

Di seguito sono riportati alcuni grafici relativi alle prestazioni di questi modelli durante l'evento in oggetto. In Figura 32 sono mostrati i risultati del modello MISDc alla sezione di M. Molino sul F.

Tevere (poco a monte della diga di Corbara) dove è evidente un apparente sovrastima della portata defluita. In realtà tale fenomeno è dovuto alla presenza di fenomeni di esondazione lungo l'asta fluviale a monte; infatti, considerando gli idrogrammi simulati dal modello idrologico come dati di input per un modello idraulico (Mike-11) le prestazioni migliorano notevolmente (Figura 33).

Presso il CFD umbro è inoltre implementato, in linea con i dati provenienti in tempo reale dalla rete di monitoraggio idrometrico, il modello idrologico di trasferimento dell'onda di piena STAFOM che simula i livelli idrometrici per le principali sezioni del F. Tevere (P. Felcino, Pierantonio, P. Nuovo e M. Molino). In Figura 34 sono illustrate le previsioni fornite dal modello alla sezione idrometrica di P. Nuovo a partire dalle osservazioni effettuate a Pierantonio con un anticipo di 4 ore, in Figura 35 le previsioni alla sezione idrometrica di M. Molino a partire dalle osservazioni effettuate a P. Nuovo con un anticipo di 4 ore e in Figura 36 le previsioni alla sezione idrometrica di M. Molino a partire dalle osservazioni effettuate a Pierantonio con un anticipo di 9 ore.

In corso d'evento sono stati, inoltre, applicati i modelli idrologico HEC-HMS e idraulico HEC-RAS accoppiati al fine di prevedere i livelli/portate alla sezione idrometrica di M. Molino. In Figura 37 sono rappresentati le previsioni ottenute con la simulazione effettuata il 6 Gennaio 2010 alle ore 12:00 con un orizzonte temporale di circa 12 ore. I risultati così ottenuti sono stati utilizzati per effettuare una perimetrazione di massima delle aree potenzialmente allagate mediante tools di interpolazione spaziale (GeoHEC-RAS).

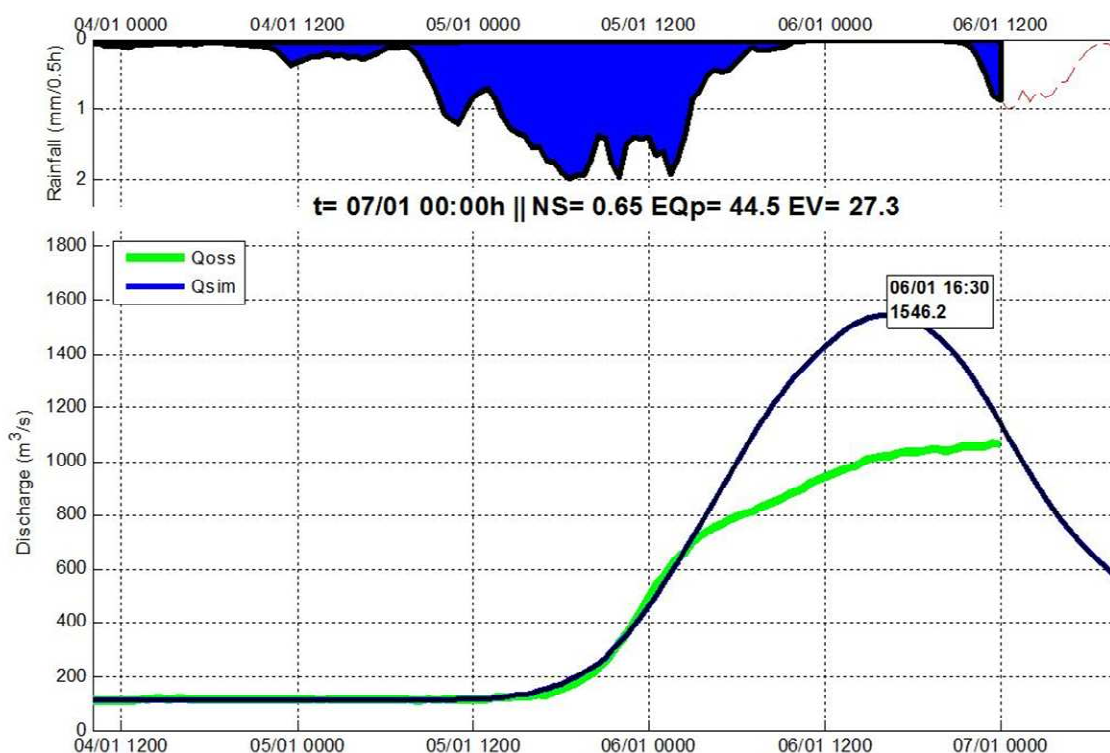


Figura 32 – Confronto tra gli idrogrammi osservato e simulato dal modello idrologico MISDc alla sezione di M. Molino.

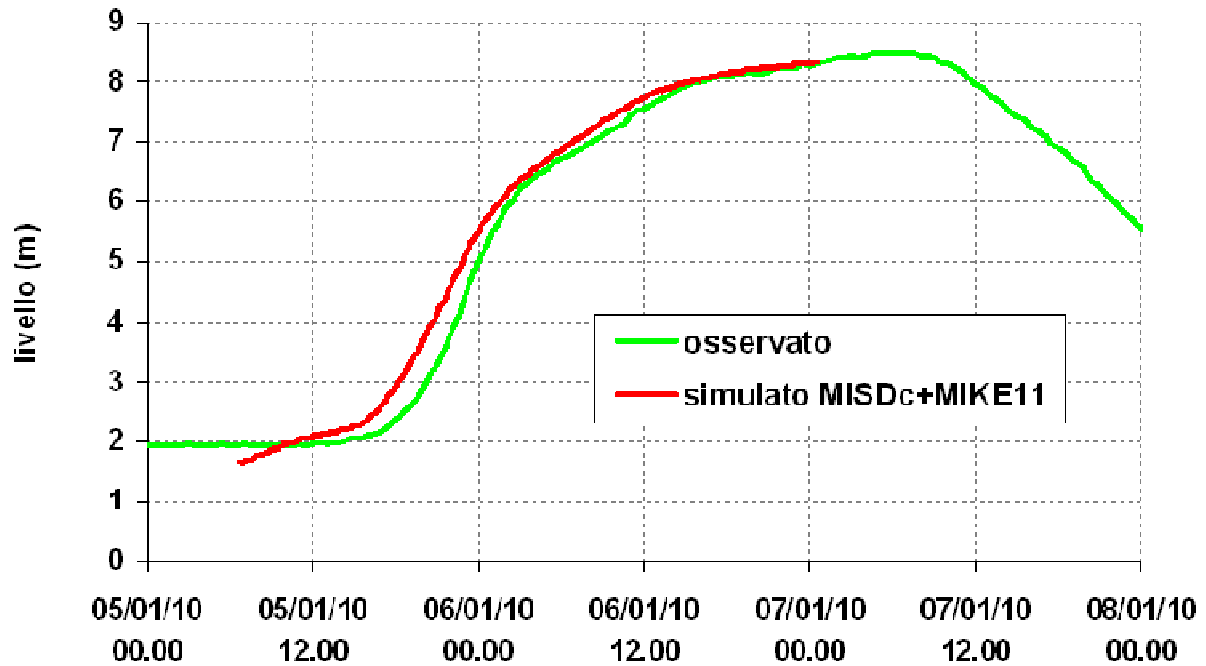


Figura 33 – Confronto tra gli idrogrammi osservato e simulato dai modelli idrologico MISDc e idraulico Mike-11 accoppiati alla sezione di M. Molino.

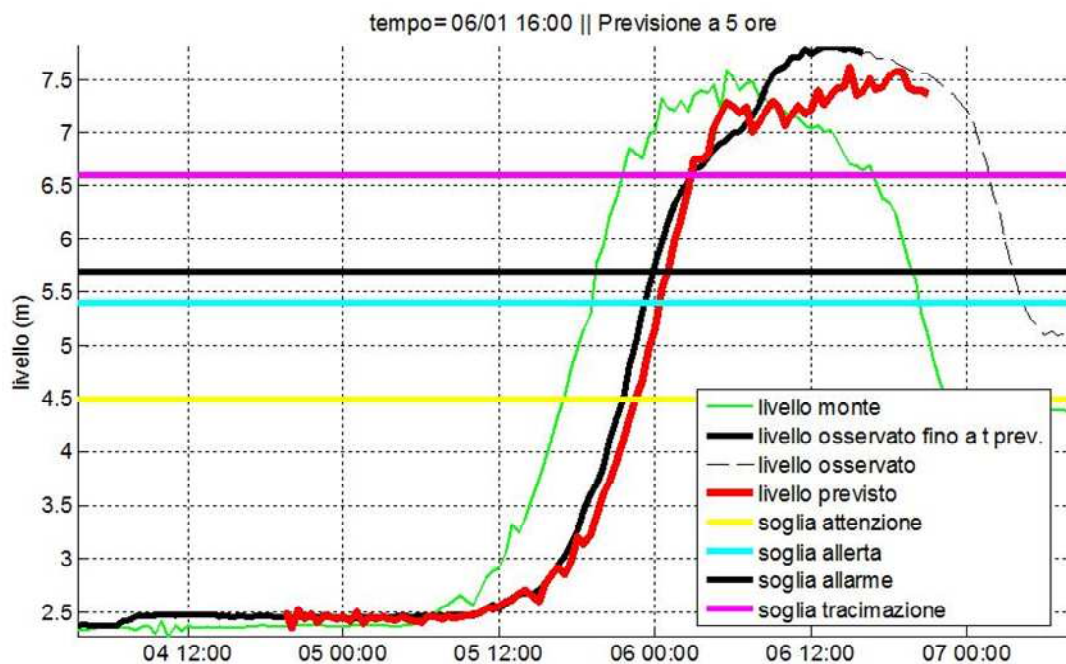


Figura 34 – Confronto tra gli idrogrammi osservato e simulato dal modello idrologico STAFOM alla sezione di P. Nuovo a partire dalle osservazioni osservate nella sezione di monte di Pierantonio con un preavviso di 5 ore.

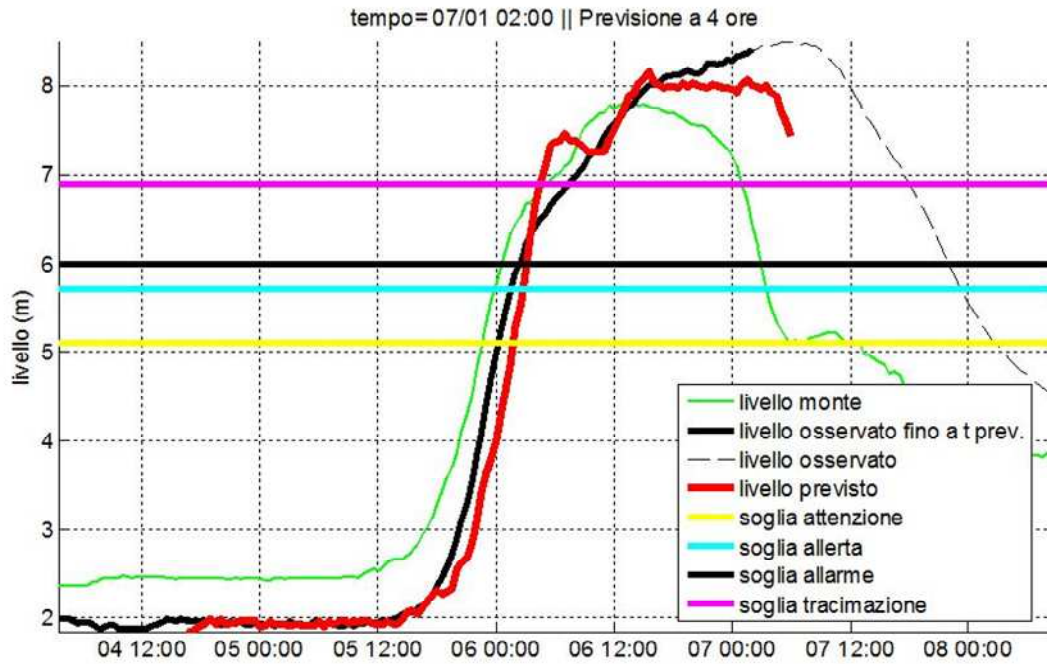


Figura 35 – Confronto tra gli idrogrammi osservato e simulato dal modello idrologico STAFOM alla sezione di M. Molino a partire dalle osservazioni osservate nella sezione di monte di P. Nuovo con un preavviso di 4 ore.

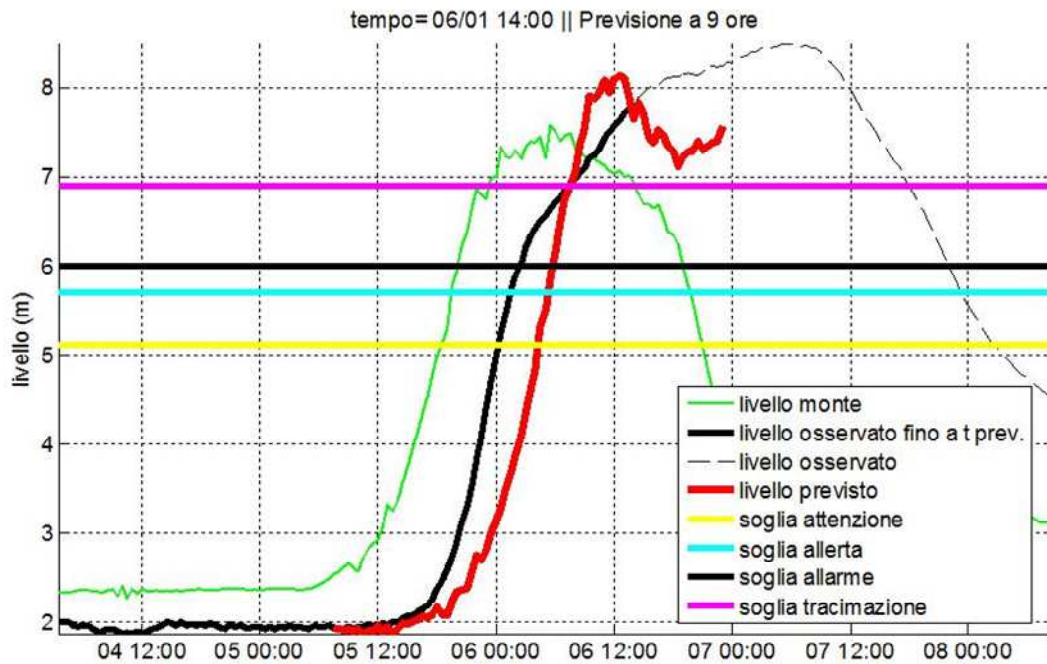


Figura 36 – Confronto tra gli idrogrammi osservato e simulato dal modello idrologico STAFOM alla sezione di M. Molino a partire dalle osservazioni osservate nella sezione di monte di Pierantonio con un preavviso di 9 ore.

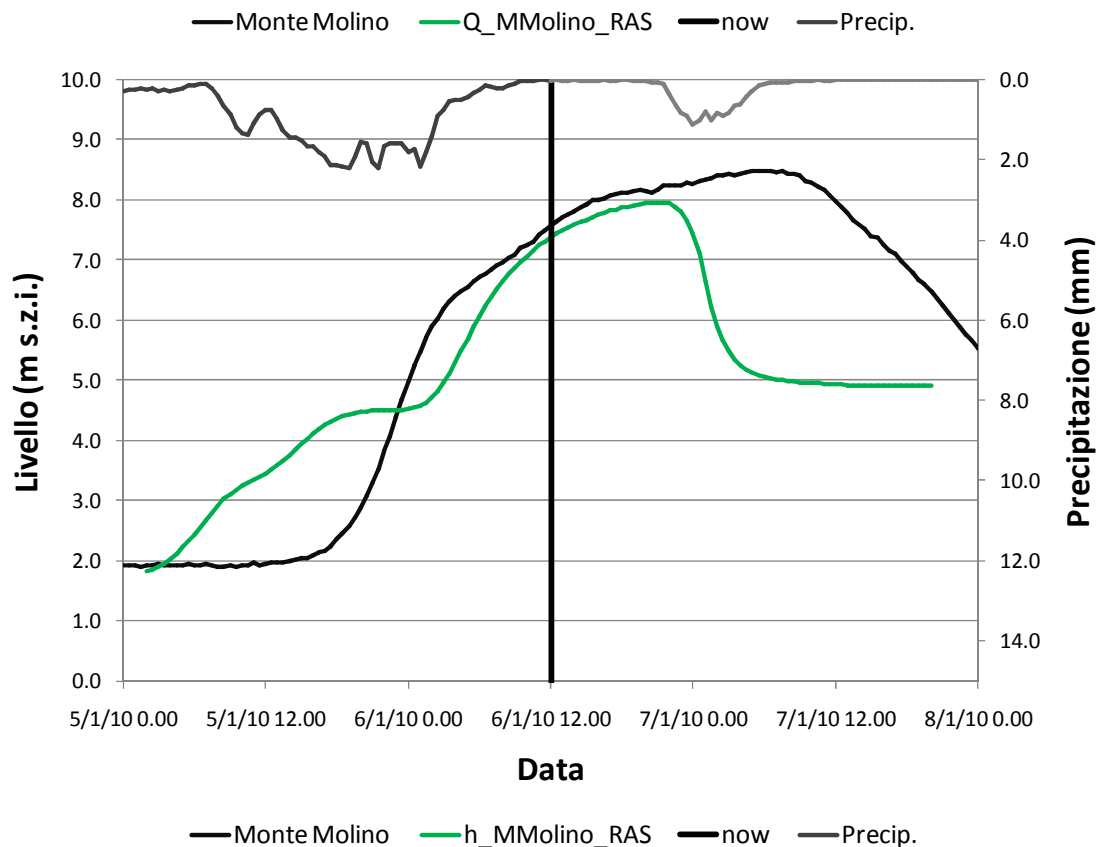
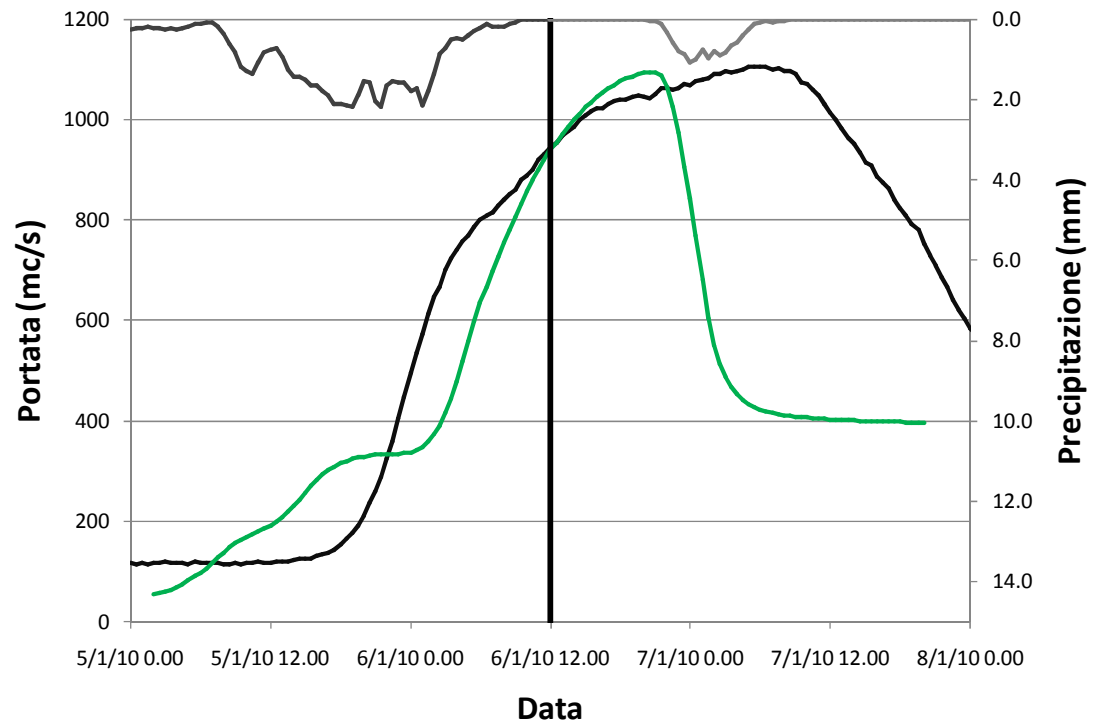


Figura 37 – Simulazione del 6 Gennaio 2010 alle ore 12:00: andamento della portata (sopra) e dei livelli idrometrici (sotto) osservati, simulati dal modello idraulico Hec-RAS per la sezione del F. Tevere a Monte Molino.

8.1. Confronto Aree Allagate Osservate – Simulate

Successivamente all'individuazione delle aree effettivamente allagate, determinate per l'asta principale del F. Tevere nel tratto che va dalla Diga di Montedoglio sino a valle di Monte Molino, è stato effettuato un confronto tra queste e le aree allagate simulate mediante l'utilizzo di software liberi sviluppati dall'USACE (United States Army Corps of Engineers).

Innanzitutto è stato applicato un modello idrologico di tipo afflussi-deflussi semidistribuito ad evento (HEC-HMS) (Figura 38), che ha permesso di stimare gli idrogrammi delle portate sia di tipo concentrato (per i principali affluenti del F. Tevere) che di tipo distribuito (per le aree direttamente drenanti lungo l'asta principale). La simulazione è stata effettuata considerando uno stato dei suoli antecedente l'evento corrispondente a condizioni sature (ipotesi avvalorata dai sensori di umidità del suolo disponibili e da relazioni empiriche di bilancio).

Tali idrogrammi sono stati utilizzati come input per un modello idraulico (HEC-RAS) implementato in moto vario ed ottimizzato per l'utilizzo in tempo reale.

Tali strumenti hanno permesso di simulare il trasferimento dell'onda di piena (Figura 39) lungo i tratti idraulici di interesse. Infine, l'uso di differenti modelli e procedure di tipo GIS, hanno permesso di perimetrare le aree bagnate.

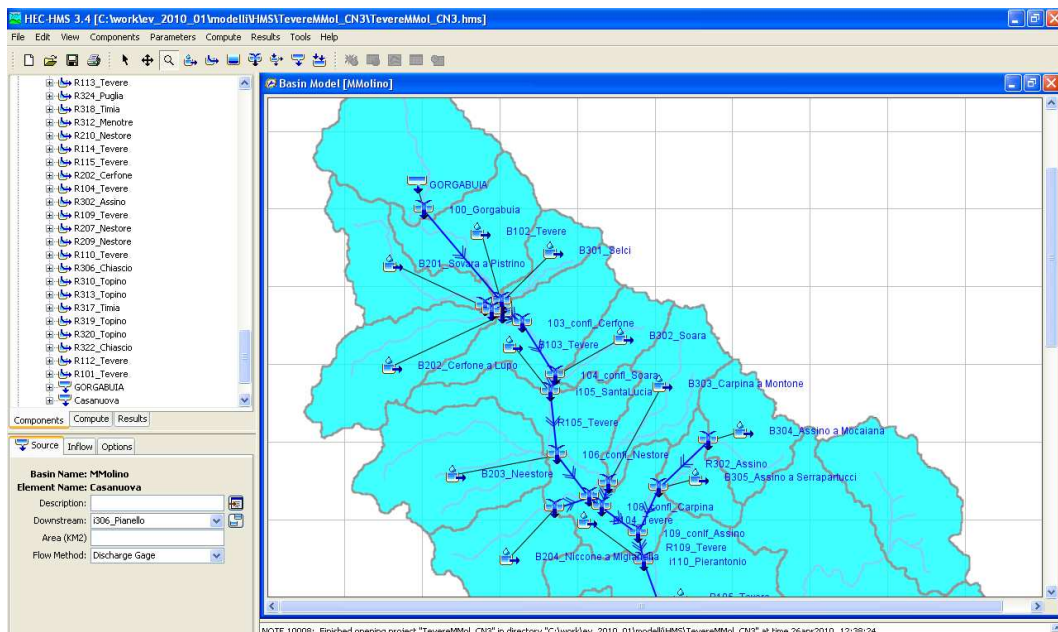


Figura 38 – Schematizzazione del bacino del F. Tevere, parte di monte, tramite il modello idrologico afflussi-deflussi HEC-HMS .

In Tabella 9 viene mostrato il confronto tra la portata di picco, Q_p , osservata e quella simulata tramite il codice HEC-HMS, ed il confronto tra il livello di picco, H_p , osservato e quello simulato tramite il modello idraulico HEC-RAS implementato in moto vario e ottimizzato per l'utilizzo in tempo reale.

Come si può osservare il modello idrologico tende a sottostimare le portate di picco nelle sezioni di monte dell'asta fluviale e a sovrastimarle nelle sezioni di valle, mantenendo comunque un errore assoluto medio complessivamente pari al 6%. Per quanto riguarda invece il modello idraulico,

questo tende a sottostimare il valore di picco dei livelli (ad eccezione della sezione idrometrica di Ponte Felcino), presentando comunque, anche in questo caso, un errore assoluto medio inferiore al 10%.

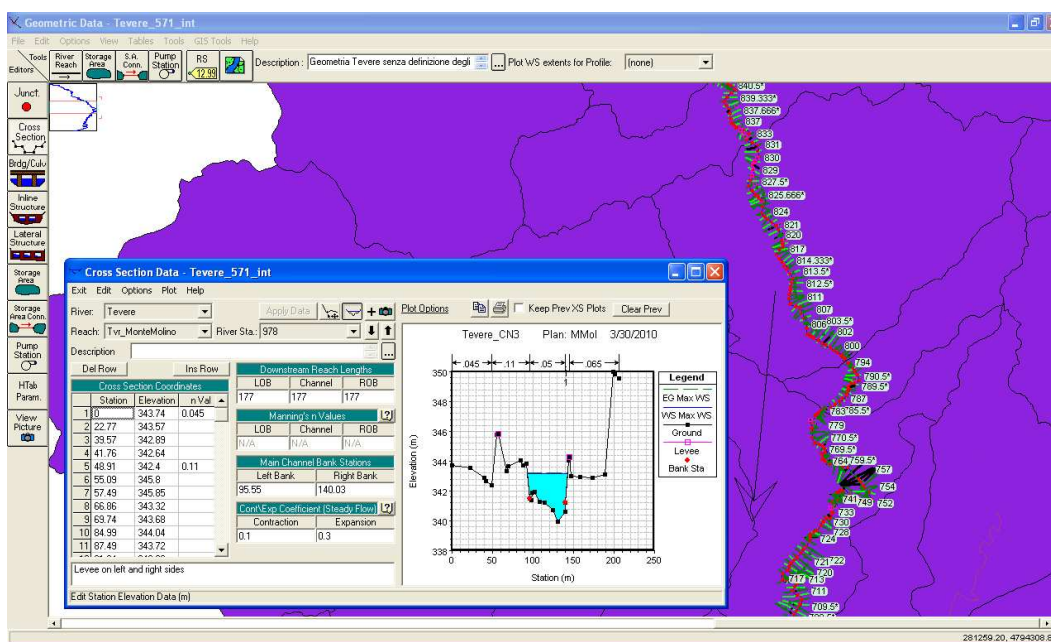


Figura 39 – Schematizzazione del F. Tevere tramite il modello idraulico HEC-RAS: planimetria delle sezioni trasversali ed esempio di una sezione utilizzata.

Nella Figura 40 sono riportate le aree allagate osservate confrontate con quelle simulate tramite l'uso del tool geografico, sviluppato dall'USACE, HEC-GeoRAS, che attraverso l'ausilio di sistemi informativi territoriali permette di ottenere, partendo dai risultati del modello idraulico, le aree allagate. Nel caso specifico sono state utilizzate le "Water Surface Extents": è stato cioè ottenuto il poligono delle aree allagate unendo i punti georiferiti di cui al massimo livello idrometrico simulato per ciascuna sezione trasversale.

Tabella 9 – Confronto tra i valori delle portate di picco, Q_p , osservate e simulate tramite il modello idrologico HEC-HMS per le principali sezioni idrometriche del F. Tevere e tra i livelli di picco, H_p , osservati e simulati tramite il modello idraulico HEC-RAS.

	Modello Idrologico HEC-HMS (CN3)			Modello Idraulico HEC-RAS				
	Q_p Modello (m ³ /s)	Q_p Osservato (m ³ /s)	Diff (%)	H_p Modello (m s.l.m.)	Z idro (m s.l.m.)	H_p Modello (m s.z.i.)	H_p Osservato (m s.z.i.)	Diff (%)
<i>Santa Lucia</i>	273	344	-21	265.82	261.1	4.72	5.1	-7
<i>Pierantonio</i>	678	955	-29	225.43	219.32	6.11	7.58	-19
<i>Ponte Felcino</i>	883	837	6	195.45	188.55	6.9	6.53	6
<i>Ponte Nuovo</i>	1113	1043	7	169.1	162.04	7.06	7.81	-10
<i>Monte Molino</i>	1204	1105	9	143.15	135.73	7.42	8.5	-13

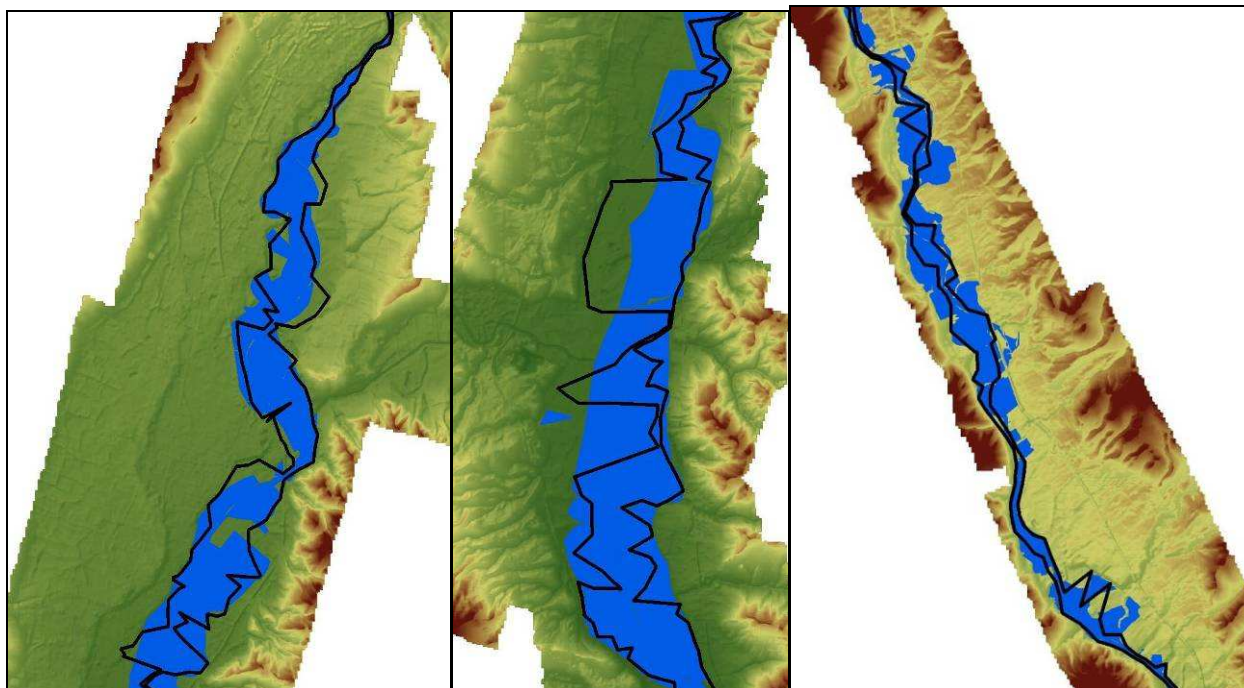


Figura 40 – Confronto tra le aree allagate osservate (in blu) e quelle simulate (in nero) ottenute con il tool geografico HEC-GeoRAS utilizzando le “Water Surface Extents”, unendo cioè i punti di ogni sezione trasversale riferiti al livello idrometrico massimo simulato.

Al fine di valutare le performances dei modelli, in termini di accuratezza delle aree allagate perimetrale, sono stati calcolati i parametri F_1 ed F_2 (Horritt et al. 2007, Baldassarre et al 2009, Berni et al. 2009), così definiti:

$$F_1 = \frac{A}{A + B + C}$$

$$F_2 = \frac{A - B}{A + B + C}$$

Dove le quantità A, B, C e D rappresentano l'estensione delle aree così come definite in Tabella 10.

Tabella 10 – A e D rappresentano le aree bagnate e asciutte sia osservate che simulate, C e B rappresentano invece le aree in cui le due perimetrazioni danno informazioni tra loro discordi.

	Area bagnata simulata	Area asciutta simulata
Area bagnata osservata	A	C
Area asciutta osservata	B	D

I risultati ottenuti, sintetizzati in Tabella 11, mostrano, per gli scopi del CFD, un sufficiente grado di approssimazione.

Tabella 11 – Confronto tra le aree allagate osservate e simulate nel bacino dell'Alto e Medio Tevere durante l'alluvione di gennaio 2010: valori determinati per i parametri A, B, C e D e i parametri F_1 ed F_2 .

Confronto tra le aree allagate osservate e simulate	
A	301871
B	96549
C	223332
D	29627122
F1	48.6%
F2	33.0%

9. CONCLUSIONI

Nei giorni 31 Dicembre 2009 – 11 Gennaio 2010 il bacino idrografico del F. Tevere nel territorio della Regione Umbria è stato interessato da un evento alluvionale che ha causato ingenti danni all'agricoltura e a beni privati, pur non avendo fortunatamente determinato perdita di vite umane.

Le analisi effettuate consentono di affermare:

- La non ordinarietà dell'evento legata soprattutto al valore di precipitazione cumulata per l'intero evento che ha presentato valori superiori a 120 mm per la quasi totalità del territorio regionale, con i massimi valori registrati nella parte nord-occidentale della regione ed in particolare nell'Alto Tevere e nel bacino del L. Trasimeno. L'evento pluviometrico ha avuto caratteristiche di eccezionalità massima assimilabile a $T_r=15$ anni, sia puntualmente che a scala di bacino medio-grande.
- In termini di livelli idrometrici si sono registrati valori associabili a T_r superiori a quelli relativi alle precipitazioni, ma comunque sempre al di sotto del valore relativo a T_r 50 anni (anche se stime di questo tipo sono inficiate in caso di esondazioni diffuse). In corrispondenza di tutte le sezioni idrometriche per cui sono state definite le soglie idrometriche, i livelli osservati hanno superato il valore della soglia di Attenzione: in particolare, per le sezioni idrografiche di controllo lungo l'asta del F. Tevere, i livelli hanno superato anche la soglia di Esondazione (le esondazioni sono effettivamente avvenute, quindi i valori delle soglie sono stati confermati).
- Durante l'evento di piena i grandi invasi presenti nel bacino (Dighe di Montedoglio e Corbara sul F. Tevere e Diga di Casanuova sul F. Chiascio) nonché le casse di espansione poste lungo il F. Chiani, come per le piene del 2005 e del 2008, hanno influenzato in modo determinante l'evoluzione dell'onda di piena e il trasferimento dei deflussi lungo il reticolo idrografico ai fini della salvaguardia delle aree perfluviali poste a valle.
- Per quanto riguarda gli effetti al suolo, è pervenuta al CFD una sola segnalazione di movimento franoso che ha colpito la strada regionale 73 bis "di Bocca Trabaria" causando l'immediata chiusura della strada e danni per un ammontare di 500 mila euro. Numerose sono state, invece, le segnalazioni di allagamento, in particolare: esondazioni diffuse del F. Tevere, del F. Nestore, del T. Caina, del F. Paglia, del T. Genna, ed altri affluenti minori dell'Alto-Medio Tevere sul quadrante occidentale, anche per il verificarsi di alcune rotte arginali (come quella del T. Argento in zona Fabro o del T. Caina nei pressi di Mantignana-Magione). Come accennato in precedenza, a causa delle esondazioni non ci sono state vittime ma comunque danni economici ingenti.
- Sebbene non ancora formalmente attivo (la formale attivazione è avvenuta con Decreto n. 26 del 26 Febbraio 2010 a decorrere dal 12 Febbraio 2010 a seguito del nulla osta ufficiale del DPC) il CFD dell'Umbria ha fornito nelle fasi più critiche dell'evento (dal 31 Dicembre 2009 al 1 Gennaio 2010 e dal 5 al 9 Gennaio 2010) supporto H24 a tutti gli enti e le strutture coinvolte (anche attraverso il sito internet www.cfumbria.it che ha confermato la propria utilità di sistema di disseminazione delle informazioni e supporto alle decisioni.



- Le soglie pluviometriche puntuali e le soglie idrometriche (specialmente quelle di esondazione) hanno fornito ottimi riscontri con le osservazioni dirette da parte dei Presidi Idraulici individuati.
- I diversi modelli idrologici-idraulici implementati hanno fornito risultati più che soddisfacenti, anche in termini di perimetrazione di massima delle aree potenzialmente allagabili in tempo reale (finalità è pervenire quanto prima alla definizione di scenari dinamici di rischio idraulico).
- Sono in corso attività per migliorare la conoscenza della vulnerabilità arginale in ambito di bonifica, aspetto che si è dimostrato di grande importanza lungo il T. Caina e e nelle zone di bonifica della Valle Umbra e Val di Chiana Romana.

BIBLIOGRAFIA

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ABT), *Piano Direttore di Bacino del Fiume Tevere*, 2002.

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ABT), *Tevere, pilot river basin article 5 report*, Gangemi Editore, Roma, 2005.

Autorità di Bacino del Fiume Tevere (ABT), *Piano Stralcio di Assetto*, 2006.

Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto Ricerca Protezione Idrogeologica, *Evento Idro-Pluviometrico del 25-28 Novembre 2005 sul Bacino dell'Alto-Medio Tevere*, 2007.

Baldassarre, G.D., Schumann, G., Bates, P.D., *A technique for the calibration of hydraulic models using uncertain satellite observations of flood extent*, Journal of Hydrology (2009), 367, pp.276-282.

Berni, N., A. Viterbo, C. Pandolfo, M. Stelluti, S. Barbetta and L. Brocca, *Effects of rainfall and soil/land use spatial distribution on hydrological response at different scales* - Proceeding of iEMSs 4° biennial meeting: International and Environmental Modeling and Software, 470-477.

Berni N., L. Brocca, L.Giustarini, C. Pandolfo, M. Stelluti, F. Melone and T. Moramarco, *Coupling hydrological and hydraulic modeling for a reliable flood risk mitigation activities in the Upper-Medium Tiber River basin* - EGU2009 ref. num. 9498 – Poster session HS2.4.

Berni N., A. Viterbo, C. Pandolfo, M. Stelluti, S. Barbetta & L. Brocca, *Effetti della distribuzione spaziale della pioggia e dell'uso del suolo sulla risposta idrologica a differente scala nell'Alta Valle del Fiume Tevere* - 31 Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – Perugia 9-12 Settembre 2008.

Berni N., Pandolfo C., Ponziani F., Stelluti M., Governatori Leonardi F., Zauri R., Viterbo A., *Evento Meteoro-Idropluviometrico Bacino Alto-Medio Tevere 4 - 16 Dicembre 2008*, Rapporto d'evento del Centro Funzionale Decentrato della Regione Umbria, Settembre 2009.

Horritt, M.S., Di Baldassarre, G., Bates, P.D., Brath A., *Comparing the performance of 2-D finite element and finite volume models of floodplain inundation using airborne SAR imagery*, Hydrological Processes (2007), 21, pp- 2745-2759.

Moramarco T., Saltalippi C., Singh V.P., *Estimating the cross-sectional mean velocity in natural channels using Chiu's velocity distribution*, Journal of Hydrologic Engineering ASCE (2004), 9(1), 42-50.

Morandi R., *Eventi Meteorici del 5-6 Gennaio 2010*, Nota Tecnica del Consorzio per la Bonifica della Val di Chiana Romana e Val di Paglia – Chiusi Stazione (SI).

Ponziani F., Pandolfo C., Stelluti M., Berni N., and Brocca L., *Test and calibration of rainfall thresholds for use in a regional civil defense emergency management system*, Geophysical Research Abstracts vol. 11, European Geosciences Union General Assembly 2009, Vienna, Austria, 19–24 April 2009, 2009.