



# Il dissesto idrogeologico attuale legato al Fiume Calore Irpino

⇒ Salvatore Soreca, Geologo libero (✉ [salvatore.soreca@gmail.com](mailto:salvatore.soreca@gmail.com))

Si riporta lo stato dell'arte sul dissesto idrogeologico del bacino del Fiume Calore con particolare riferimento al rischio di esondazione a seguito di modificazioni d'alveo indotte in modo naturale e antropico all'indomani dell'alluvione del 1949 (Figura 1) adottata come modello di partenza per un evento di ritorno a 100 anni. A tale modello è stata decurtata l'aliquota di portata in alveo sottratta a scopo acquedottistico a partire dalla seconda metà del XX secolo. Si fa riferimento alle correlazioni semiquantitative note in letteratura (*Formula di Giandotti* per il calcolo dei tempi di corrivazione e formule di idraulica per il calcolo di portate, velocità, volumi in transito) per lo studio dell'idrodinamica del bacino. I dati idrologici relativi alle precipitazioni sono desunti dagli annali idrologici e successive pubblicazioni scientifiche.

## Caratteristiche idrografiche

Il Fiume Calore Irpino è con 108 km di lunghezza il principale affluente sinistro del Fiume Volturno e tra i più importanti corsi d'acqua del versante tirrenico dell'Appennino Campano. Il bacino idrografico di 3.058 km<sup>2</sup> si distribuisce su un vasto settore delle province di Avellino e Benevento e in minor misura Campobasso e Foggia attraverso suoi tributari. L'altezza massima del bacino (spartiacque del Monte Accellica, Gruppo del Terminio, Massiccio dei Monti Picentini) è di 1660 m s.l.m.m., quella minima di 55 (confluenza nel Fiume Volturno ad Amorosi, BN), con un dislivello di 1.605 m. Si individuano un corso alto, medio e basso. L'alto corso è compreso tra la sorgente e la confluenza con il Fiume Ufita, quello medio (presso maggiormente in esame qui) fino alla confluenza con il Torrente Jenga e quello basso fino alla confluenza nel Volturno. Il Fiume Calore origina da una serie di sorgenti carsiche d'alta quota poste sul versante orientale del Monte Accellica in località Colle Finestra, a poche centinaia di metri di distanza dalla *Sorgente delle Golve* da cui trae origine il suo principale affluente sinistro, il Sabato. Dalla sorgente a San Francesco a Folloni il corso è inciso in rocce carbonatiche, con forti pendenze d'alveo e frequenti cateratte (presso Varo della Spina e Ponte della Lavandaia in territorio di Montella). Successivamente il corso da meridiano volge a NW con carattere a

step & pool fino alle sorgenti basali di Cassano Irpino, alla base del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro. Questo gruppo sorgivo è caratterizzato da 4 polle: *Pollentina*, *Peschiera*, *Acqua del Prete* e *Bagno della Regina*. Il tratto a regime perenne ha inizio in corrispondenza del contatto con le emergenze sorgive suddette, che ne influenzano anche la successiva morfologia d'alveo. Fino alla confluenza in destra idrografica con il Torrente Frédane il corso presenta step & pool e rari riffles, dopodiché diventa più uniforme, le aste si orizzontalizzano e la pendenza diminuisce (<2%), e nel contempo al greto sassoso subentra un fondo più sabbioso e a tratti limoso con abbondante vegetazione. Questi caratteri si conservano fino alla confluenza in destra idrografica con il Fiume Ufita presso Apice, dopodiché il corso d'acqua entra nello stadio di maturità ed acquista un andamento sinuoso, meandriforme, tipico del tratto alluvionato, sebbene l'indice di sinuosità  $S$  non superi 1.2 in questo tratto, poiché l'evoluzione morfologica risente molto della neotettonica e il fiume è guidato da elementi strutturali forti. Poco oltre la stazione di Paduli, alle porte di Benevento, confluisce in destra idrografica il Fiume Tammaro, dotato di una elevata energia idrodinamica a causa del bacino montano con forti pendenze, e ciò contribuisce a modificare sensibilmente l'assetto del Fiume Calore prima dell'ingresso in città (Soreca & Solla, 2010), dove confluisce il Fiume Sabato, principale tributario in sinistra idrografica. Poco oltre la città confluisce anche il Torrente Jenga, che drena le acque superficiali del Massiccio montuoso del Taburno-Camposauro nel suo versante orientale, dopodiché il Calore entra nel tratto di senilità, attraversando tutta la Valle Telesina con ampi meandri migranti verso il settore meridionale del semigraben (per basculamento tettonico attivo), ricevendo alcuni valloni di recapito prevalentemente in destra (Reventa, Forni, Seneta) e in rari casi in sinistra (V.ne Secco, a regime torrentizio), per confluire nel Fiume Volturno presso la stazione ferroviaria di Amorosi.

## Inquadramento geomorfologico e idrogeologico

Il Fiume Calore attraversa nel suo percorso differenti unità litologiche, che si rispecchiano in altrettanti contesti geomorfologici contraddistinti da tipologie e intensità di dissesto idrogeologico piuttosto



Figura 1 - La tragica alluvione del Fiume Calore avvenuta all'alba del 02 ottobre 1949 a Benevento.

diversificate. La pericolosità geomorfologica cresce in modo non lineare dalla sorgente alla confluenza e presenta un massimo nella piana di Benevento, in corrispondenza del contributo idraulico e sedimentario proveniente dai tre grandi affluenti Ufita, Tammaro e Sabato. Il tratto montano, dal Monte Accellica alla piana di Montella, presenta pendenze superiori al 5%, elevata energia potenziale e carattere fortemente inciso nei litotipi calcareo-dolomitici e calcareo-marnosi del rilievo carbonatico; la frazione in sospensione è bassa rispetto al carico di fondo; le classi granulometriche presenti in alveo, costituite fondamentalmente da calcari e marne, spaziano da ghiaia grossa ( $\varnothing > 16$  mm) ai blocchi ( $\varnothing > 256$  mm) *sensu Wentworth*, e risultano immerse in matrice sciolta limoso-argillosa tipica dei substrati di terra rossa e bruna calcarea dilavata. Il Fiume incontra vari salti di quota costituiti da gradini ripidi dell'altezza di qualche metro, in corrispondenza dei principali assi tettonici (faglie normali) trasversali all'asse della valle, anch'esso strutturale. Dalla piana di Montella fino alla confluenza con il Fiume Ufita il letto del fiume è maggiormente diversificato e risente dei litotipi flysciodi attraversati in questo settore. La componente in sospensione aumenta notevolmente a partire da Ponte Romito, in corrispondenza del contatto tra calcari e Flysch di Castelvetere, e il carico sul fondo è costituito essenzialmente da calcari, marne, argillifici, e in subordine inclusi ignei basici e metamorfici, arenarie e calcareniti, di granulometria molto variabile, spazianta da sabbia grossa ( $\varnothing > 0.2$  mm) a ghiaia grossa ( $\varnothing \leq 32$  mm) *sensu Wentworth*, in matrice limoso-argillosa. Point bars di dimensioni crescenti verso valle si incontrano a partire dalla confluenza del Torrente Fredane, grazie anche al contributo in sabbie fornito da questo tributario. Tra Castelfranci e Paternopoli il Fiume erode al piede una roto-colata di vaste dimensioni posta in destra idrografica in località Chianiello. In parte il problema è stato bypassato attraverso la costruzione di un breve tratto in galleria in corrispondenza del cumulo di frana a seguito della formazione di un modesto lago di sbarramento naturale avvenuta negli anni 80. Le barre di meandro sono poco mature in senso morfologico e il loro sviluppo è quasi radente la sponda, con poca penetrazione nel meandro, tuttavia in alcuni casi si osserva la presenza di ghiareti ben strutturati, con tipica clinostratificazione a granulometria decrescente da monte a valle. Fortemente in erosione appaiono invece le sponde esterne dei meandri, che permettono quasi sempre l'osservazione delle sequenze sabbioso-conglomeratiche recenti ed attuali; non rari sono i casi di cedimento per scalzamento al piede. Dalla confluenza con l'Ufita il Fiume Calore acquisisce una maggiore competenza idraulica, ma allo stesso tempo le pendenze minori fanno sì che il corso d'acqua evolva prevalentemente per lunghi tratti ad aste rettilinee di scarsa profondità (1-3 m) secondo un asse fluviale addossato in destra idrografica a strutture tettoniche recenti. Rari meandri presentano raggi di curvatura molto ampi e svasati, e l'indice di sinuosità varia tra 1.1 e 1.2; le granulometrie di fondo sono grossomodo le stesse viste a monte e l'aumento della competenza idraulica è compensata da un alveo localmente approfondito. La confluenza del Tammaro, pochi chilometri a monte di Benevento, fornendo grossi quantitativi di sedimento ghiaioso-sabbioso proveniente dai colli arenacei retrostanti e dai rilievi calcarei del Matese, impone un cambio sia idrodinamico che sedimentologico; da qualche anno l'entrata in funzione della Diga di Campolattaro ha tuttavia regimato le acque in ingresso, ridimensionando sia l'apporto idrico nel Calore che il contributo sedimentario. La presenza di ampie barre ghiaioso-sabbiose sia longitudinali che trasversali, in lenta erosione (Soreca & Solla, 2010) a valle della confluenza, testimonia questo fenomeno. A Benevento il Fiume Calore è arginato in quasi tutto il suo corso, tuttavia all'ingresso della cittadina vi sono ampie tracce del talweg precedente l'ultima piena storica del 1949. La confluenza del Vallone San Nicola non varia l'assetto idrodinamico, importante è invece il contributo del Fiume Sabato in località Pantano, che fornisce portate idriche

importanti durante il corso di tutto l'anno idrologico, tuttavia l'aliquota di sedimento, essenzialmente limoso-argillosa, è piuttosto ridotta perché depositata in massima parte a monte. Il tratto seguente, fino a Ponte. È fortemente incassato tra i rilievi arenacei mio-pliocenici posti ad Ovest di Benevento, e il Fiume Calore ha poca libertà di migrazione laterale, a eccezione della modesta piana di Castelpoto posta fra le confluenze dei torrenti Corvo-Serretelle e Jenga, quest'ultimo di tipo braided, ricco in sedimenti ghiaiosi e ciottolosi di natura calcarea provenienti dal Camposauro. L'ultimo tratto del Fiume, quello che attraversa la Valle Telesina, è anche il più complesso sotto il profilo geomorfologico: il talweg, mediamente meandrante, presenta indici di sinuosità  $S$  compresi tra 1.5 e 1.6 e un forte sviluppo di point bars sabbiose di varia natura mineropetrografica. Inoltre, l'analisi dei sedimenti costituenti le barre di meandro svolta nel presente lavoro, correlata al rilevamento di depositi antichi di point bar in destra idrografica tra i terrazzi sopraelevati e basculati dalla tettonica plioquaternaria (Magliulo *et al.*, 2004; Soreca & Solla, 2009; Soreca & Rinaldo, 2010; Soreca *et al.*, 2011) e al rilevamento in foto aerea di relitti morfologici attribuibili a meandri morti in fase di interramento e obliterazione in destra idrografica (Magliulo *et al.*, 2004), dimostra e conferma la progressiva migrazione verso Ovest del talweg a causa del basculamento tettonico differenziale della valle. Lungo tutta la Valle Telesina il corso d'acqua è prossimo all'equilibrio idraulico, anzi è in regime di sedimentazione a causa della bassa energia idrodinamica; ciò è dovuto alle bassissime pendenze della Valle, inferiori all'1% (che permettono una sinuosità maggiore di 1.5) e alla scarsità di sedimento in sospensione; un importante quantitativo di acque carsiche si attesta con regime costante nella subalvea a causa del travaso idrico sotterraneo da parte dell'idrostruttura carbonatica del Camposauro. Gli ultimi contributi laterali giungono in destra idrografica tra Ponte e Telese Terme, dopodiché il Fiume termina il suo corso confluendo quasi ad angolo retto in sinistra idrografica del Fiume Volturno presso Amorosi.

## Materiali e metodi

Sulla scorta dei dati pluviometrici noti in letteratura e prendendo come modello l'alluvione del 02 ottobre 1949, utilizzando la **Formula di Giandotti (1934)**:

$$t_c = (4 \cdot \text{RADQ}(S) + 1,5L) / (0,8 \cdot \text{RADQ}(y_m - y_0))$$

$S$  = superficie sottesa dal bacino corrispondente alla sezione di chiusura (kmq)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (km)

$y_m$  = quota media tra punto più alto del bacino e sezione di chiusura (m s.l.m.m.)

$y_0$  = quota della sezione di chiusura (m s.l.m.m.)

sono stati calcolati i **tempi di corrivazione**  $t_c$  per tre sezioni di chiusura ritenute "strategiche", cioè la confluenza con il Fiume Ufita ( $S_1$ ), quella con il Fiume Tammaro ( $S_2$ ) e quella con il Fiume Sabato ( $S_3$ ) all'uscita dalla città di Benevento, poiché hanno un evidente significato idrodinamico ed è di certo qui che si concentrerebbero i maggiori rischi alla luce di quanto detto (**Figura 2**). Le sezioni scelte sono piuttosto ravvicinate in rapporto all'intera lunghezza del Fiume Calore, infatti il rischio di piena aumenta in modo esponenziale tra la prima e la terza confluenza citata e la città di Benevento è posta proprio in corrispondenza dell'ultima delle tre. L'evento di riferimento prevede una "bomba d'acqua" con ricaduta globale sul bacino di almeno 150 mm di pioggia in 1 h, una concentrazione paragonabile all'evento delle Cinque Terre dell'autunno 2011, evento fortemente probabile alla luce dell'attuale trend climatico italiano. Il mese di riferimento è ottobre, rispetto al quale si sono elaborate le stime meteorologiche.

**Figura 2 - Ubicazione delle tre sezioni di chiusure S1, S2 ed S3 con rispettive confluenza (cfr. testo).**



Il calcolo delle portate di massima piena per ciascun sottobacino è stato desunto attraverso il *Metodo empirico di Pagliaro (1936)*:

$$Q_{max} (mc/s \cdot kmq) = 2900 / (90 + A)$$

A = area del sottobacino (per valori compresi tra 20 e 1000 kmq)

Sul dato in output è stato modellizzato l'idrogramma di piena per le tre sezioni. A vantaggio di sicurezza si è considerato il "non funzionamento" della diga sul Fiume Tammaro, pertanto i valori di deflusso in alveo non sono laminati.

## Risultati e discussioni

Una bomba d'acqua con ricaduta omogenea di 150 mm d'acqua in 1 h (a partire dalle ore 00.00 di un ipotetico giorno di ottobre) provocherebbe l'accumulo di circa 339.300.000 mc d'acqua su una superficie di 2.262 kmq sottesi dalla sezione di valle S3. I calcoli sono stati effettuati in modo separato e cumulato sulle tre sezioni e riportati dettagliatamente in **Tabella 1** e **Grafico 1**, e sono stati estrapolati i tempi di corrivazione con le relative portate di deflusso in alveo attraverso S1, S2 ed S3. Il valore di runoff R non è omogeneo per motivi di ordine idrogeologico, ed è stato considerato (con approssimazione per eccesso a vantaggio di sicurezza) pari al 90% di P per il sottobacino dell'Ufita (impostato in gran parte su termini argilloso-marnoso-sabbiosi poco permeabili) e pari all'85% di P in tutti gli altri sottobacini, per i quali è presumibile una maggiore infiltrazione nei termini litologici carbonatici e sabbioso-conglomeratici presenti. I valori di Infiltrazione I ed Evapotraspirazione potenziale

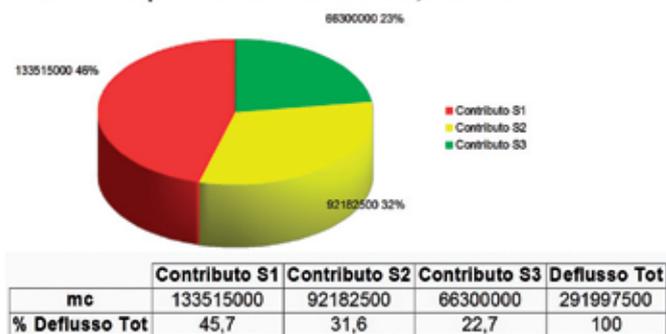
(E) sono considerati ridotti ai minimi termini per saturazione parziale delle falde superficiali, per l'effetto di "fronte saturo improvviso" nei terreni meno permeabili e per il regime climatico previsto nel mese di ottobre. Moltiplicando quindi le aliquote di P per il valore di R% proprio dei vari sottobacini presenti, si è stimato che il deflusso totale attraverso la sezione di valle sia molto prossimo a 291.997.500 mc d'acqua, cioè all'86% (media ponderata) dell'aliquota precipitata. La Formula di Giandotti applicata ai vari sottobacini indica che il picco non è isocrono ma varia molto nelle differenti parti del bacino idrografico, e questo è senza dubbio un riscontro positivo, perché sta a significare che la piena non raggiunge la sezione S3 e quindi la parte bassa di Benevento in modo improvviso, ma secondo deflussi ben distribuiti. Nello specifico, dopo aver convertito in sessagesimali i tempi di corrivazione, il modello analizzato prevede un primo modesto picco di afflusso in S3 alle 02h e 45 m, relativo al deflusso del segmento di bacino del Calore posto tra le confluenze del Tammaro e del Sabato, quindi nello specifico al ruscellamento in atto a Benevento e sulle colline terrigene adiacenti. Un secondo altrettanto trascurabile picco avviene in S2 verso le 03h 02 m ed è imputabile al segmento di bacino del Calore posto tra le confluenze dell'Ufita

Sezione	S1		S2		S3	
	Calore	Ufita	Calore	Tammaro	Calore	Sabato
S (kmq)	540	479	50	673	38	482
L (km)	51,000	49,000	9,330	78,000	9,690	50,000
y <sub>m</sub> (m s.l.m.m.)	905	620	430	793	430	886
y <sub>0</sub> (m s.l.m.m.)	150	150	125	125	112	112
t <sub>c</sub> (decimale)	07,71	09,29	03,03	10,68	02,75	07,31
<b>t<sub>c</sub> (h, m)</b>	<b>07h 43m</b>	<b>09h 17m</b>	<b>03h 02m</b>	<b>10h 41m</b>	<b>02h45m</b>	<b>07h 19m</b>
P (mm/h)*1h	150	150	150	150	150	150
P*S (mc*10 <sup>6</sup> )	81,0000	71,8500	7,5000	100,9500	5,7000	72,3000
<b>R = 85% P*S,</b> <b>90% P*S Ufita</b> <b>(mc*10<sup>6</sup>)</b>	<b>68,8500</b>	<b>64,6650</b>	<b>6,3750</b>	<b>85,8075</b>	<b>4,8450</b>	<b>61,4550</b>

**Tabella 1 - Tempo di corrivazione t<sub>c</sub> (in ore e minuti) e deflusso R relativi ai vari contributi presi in esame.**

e del Tammaro. Il fatto che questi picchi avvengano nel tempo da valle a monte è sicuramente positivo, perché consentono un primo smaltimento delle acque ruscellanti direttamente nel Fiume nei segmenti di bacino posti tra le sezioni d'interesse. Il vero problema in termini di portate idriche avviene successivamente. L'onda di piena ipotizzata per il bacino del Fiume Sabato in S3 transita con ritardo rispetto ai primi due picchi, cioè circa alle 07h e 19 m, quando in gran parte il segmento beneventano del Calore ha smaltito l'ora di pioggia nel suo segmento cittadino, pertanto non dovrebbero esserci situazioni veramente drammatiche all'arrivo di questo picco (che ovviamente giunge modulato nel tempo e non come una onda unica). Il successivo picco avviene in S1 alle 07h 43m (quindi circa mezz'ora dopo) ad opera del deflusso proveniente dal tratto giovanile del Fiume Calore. In questo caso si tratta di un notevolissimo volume (81 milioni di mc) che conserva una elevata energia idrodinamica in transito, seguito alle 09h 17 m dall'onda di picco dell'Ufita ancora in S1 (quasi 65 milioni di mc) e alle 10h 41 m da quella ancora più rilevante del Tammaro in S2 (quasi 86 milioni di mc se la diga non dovesse funzionare). Si presume che, sebbene con precipitazioni più diluite nel tempo (circa 2 gg), sia stata proprio l'interazione fra queste tre onde di piena a provocare i massimi disagi all'alba del 02 ottobre 1949 durante l'alluvione di Benevento, mentre meno rilevante sarebbe il ruolo giocato dal Fiume Sabato sulle zone di alveo e subalveo del Calore a monte della loro confluenza. Ovviamente si presume che la Diga di Campolattaro, in condizioni di buon funzionamento, aiuti a moderare l'onda di piena del Fiume Tammaro già sul nascere, dimezzandone almeno la portata, ma questa condizione non è assicurata. Ricapitolando, nel giro di circa 3 ore defluirebbero nella città di Benevento circa 232 milioni di mc d'acqua attraverso il solo Fiume Calore sulla base dell'evento meteorico prospettato. Questo significa che in un tempo di "evento alluvionale" T prevedibile circa in due volte il tempo di corrivazione massimo (10h 41 m ultimo picco calcolato in S2 + il tc da S2 a S3 pari a 2h 45 m = 13h 26 m) entro la sezione di valle S3 più il tempo di pioggia (cioè grossomodo  $2 \cdot 13h 26 m + 1 h$ ) = 27h 52 m, quindi in circa 1 giorno e 4 ore, devono transitare in totale 291.997.500 mc d'acqua in esubero. Se calcoliamo come condizione in ingresso una portata fluviale medio-bassa (fine della stagione di magra) che su tutto il bacino si attesterebbe sui 20 mc/sec in accordo con i dati noti in letteratura e con misure svolte autonomamente presso S3 nel mese di ottobre per 5 anni successivi 2007-2011, notiamo subito che in 27h 52 min (100.320 s) il volume di base transitante in alveo è pari a 2.006.400 mc. Ciò significa che l'evento in esame sarebbe in grado di provocare, anche se per un solo giorno, un incremento di deflusso di 145 volte rispetto alle condizioni abituali. È ovvio che questi dati descrivono una piena secolare, tuttavia i recenti eventi pluviali in Italia non consentono di escludere il verificarsi, anche remoto, di

**Contributi parziali dei sottobacini in S1, S2 ed S3**



**Grafico 1 - Contributi parziali in termini di ruscellamento e deflusso in alveo per le 3 sezioni considerate.**

simili condizioni. Il punto più delicato del corso d'acqua è rappresentato attualmente dal restringimento del Ponte Vanvitelli a Benevento che agisce da stramazzo, la cui somma delle luci è pari a una sezione di poco inferiore a 1000 mq, quindi in condizioni di portata ordinaria le acque transitano senza problemi alla velocità di circa 0,02 m/s. Nel caso in esame una portata che si può definire "media" (ma che di medio ha poco in termini fenomenologici) è prossima a:  $291.997.500 \text{ mc} / 100.320 \text{ s} = 2910,66 \text{ mc/s}$ . Una simile portata attraverserebbe le luci del ponte (in linea del tutto teorica senza tener conto dell'attrito e degli ostacoli) alla velocità di 2,91 m/s (circa 10,5 km/h), tuttavia la stima è imprecisa per due ragioni: in realtà la portata non è mai "media" ma sale in modo quasi esponenziale poco prima dell'onda di piena per poi scaricarsi gradualmente nelle ore successive, quindi le massime portate prevedibili e le associate velocità sono almeno doppie rispetto a quelle riportate, cioè rispettivamente 6000 mc/s e 6 m/s; d'altra parte i fenomeni attritivi del fluido e delle pareti e ostacoli tende a rallentare di molto il flusso; di sicuro una portata di picco di 6000 mc/s provocherebbe un sovrizzo del Fiume in grado di danneggiare gravemente il ponte in esame e forse anche di scavalcarlo, inondando il quartiere ferrovia come nel 1949. In **Tabella 2** sono riportati i calcoli di portata di massima piena  $Q_{max}$  (in  $\text{mc/s} \cdot \text{km}^2$ ) per i vari sottobacini applicando l'approccio empirico di Pagliaro, descritto precedentemente.

### Limiti del modello descritto

Premesso che la presente trattazione non vuole rappresentare il punto di arrivo di questo studio, si è giunti all'interessante quantificazione, in termini di portate e tempi, di un presunto drammatico evento che prima o poi dovrà interessare il bacino del Fiume Calore. I normali eventi meteorici autunnali si caratterizzano per una piovosità più diluita nel tempo, dell'ordine dei 100 mm in 24 h, ma il trend

Sezione	S1		S2		S3	
	Calore	Ufita	Calore	Tammaro	Calore	Sabato
S (km <sup>2</sup> )	540	479	50	673	38	482
$Q_{max}$ (Pagliaro) (mc/s*km <sup>2</sup> )	4,603	5,097	20,714	3,801	22,656	5,070
$Q_{max}$ totale (mc/s)	2485,620	2441,463	1035,700	2558,073	860,928	2443,740
tc (Giandotti)	07h 43m	09h 17m	03h 02m	10h 41m	02h45m	07h 19m
R (mc*10 <sup>6</sup> )	68,8500	64,6650	6,3750	85,8075	4,8450	61,4550

**Tabella 2 - Valori di portata di massima piena  $Q_{max}$  in relazione a tc ed R per i vari sottobacini.**



pluviometrico verificato anche in Campania consente di dire che il fenomeno delle "bombe d'acqua" sia destinato a verificarsi ancora o ad intensificarsi. Sono ben noti gli effetti della vegetazione in alveo o al rallentamento del flusso, ma questi non sono parte integrante del presente lavoro, sebbene si stia lavorando in questa direzione per quantificare meglio l'impatto che gli alberi e i cespugli presenti lungo le sponde possano soffrire nel caso di una piena paragonabile a quella descritta. Si rammenta come a valle della confluenza del Tammaro, fino all'inizio del tratto arginato all'ingresso di Benevento, sia ancora presente il vecchio alveo antecedente l'alluvione del 1949. Questo è ancora integro e comunicante con l'alveo attuale in località Ponte Valentino e lo stato pietoso del degrado vegetazionale visibile lungo il greto abbandonato rappresenterebbe una ulteriore problematica di rilievo in caso di riattivazione. Una semplice misura di prevenzione in questo caso consisterebbe in un isolamento, almeno preventivo, del vecchio alveo rispetto a quello odierno e in una successiva bonifica ambientale del sito.

## Conclusioni

I risultati sopra discussi mostrano chiaramente che, essendo circa dimezzata la pericolosità e raddoppiata l'antropizzazione nelle aree coinvolte dal presente studio, il Rischio idrogeologico da alluvione nel medio-basso corso del Fiume Calore Irpino è rimasto circa immutato dal 1949, sono soltanto cambiate le condizioni al contorno. Si individuano fattori di riduzione e di accrescimento del Rischio, che si bilanciano a vicenda. Tra i primi: la diminuzione drastica delle portate in alveo del Fiume Calore a valle di Ponte Romito e la maggiore uniformità delle portate del Fiume Tammaro grazie alla presenza della Diga di Campolattaro; la diminuzione globale delle aliquote di precipitazione durante la fase di morbida che si riflette su una portata di morbida meno consistente; i maggiori prelievi in alveo a scopo irriguo; le coerenti opere di arginatura fluviale nei centri abitati danneggiati dalla piena del 1949 e la ricostruzione dei ponti secondo criteri progettuali più conservativi e tesi a limitare i fenomeni di occlusione e interferenza (cfr. nuovo Ponte Vanvitelli di Benevento). Tra i secondi: lo sviluppo sempre più frequente di "bombe d'acqua" brevi e intense, che provocano un quasi totale trasferimento da precipitazioni a ruscellamento superficiale in alveo (che il bacino ha difficoltà a smaltire), l'antropizzazione incontrollata e non sempre rispettosa delle fasce di perimetrazione della pericolosità da parte dell'AdB competente (ex Liri-Garigliano-Volturno), la presenza di ponti costruiti non sempre secondo criteri adeguati, una scarsa o non adeguata pulizia d'alveo e subalveo, con rimozione della vegetazione infestante inadeguata o poco pertinente, e in ultimo (ma non meno importante) una scarsa informazione scientifica alla cittadinanza sul possibile manifestarsi di eventi alluvionali di una certa ricaduta e sulle misure di salvaguardia e prevenzione che è necessario adottare per minimizzare il Rischio potenziale.

## Bibliografia

(1) *Alto Calore Sservizi spa – Avellino (2002): Schema di condizionamento e prova di portata Campo Pozzi di Solopaca (BN). Progetto per il potenziamento ed interconnessione degli schemi "Alto Calore" (143) – "Fizzo" (100) – "Grotte" (54) con la falda profonda del Camposauro. Responsabile Area Idrogeologica: Dr. Geol. Sabino Aquino.*  
(2) *Branaccio L., Pescatore T., Sgrossi I., Scarpa R. (1984): Geologia regionale. Univ. Studi di Napoli.*  
(3) *Casmez (1979): Utilizzazione degli schemi idrici intersettoriali del Lazio meridionale, Tronto, Abruzzo, Molise e Campania – Indagini preliminari conoscitive delle risorse idriche dell'area d'intervento del Progetto Speciale n° 29, Roma. Memorie CASMEZ 1979.*  
(4) *Celico P. (1978): Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale. Mem. e note Ist. Geol. Appl., 14, Napoli, 1-97.*  
(5) *Celico F., Esposito L., Piscopo V., Aquino S. (1996): la vulnerabilità*

*all'inquinamento degli acquiferi, indotta dall'infiltrazione di acque superficiali: l'esempio del Monte Camposauro e della Piana del Calore Irpino (Campania). GNDICI, CNR, Pubbl. n° 1368 (memoria), U.O. 4.21N (Resp. Prof. P. Celico).*

(6) *Esposito L., Celico P., Guadagno F.M., Aquino S. (2003): Aspetti idrogeologici del territorio sannita. Con saggio cartografico alla scala 1:100.000. Techne ed. Napoli.*

(7) *Geolab Onlus: La qualità biologica dell'acqua del fiume. <http://www.geolab-onlus.org/html/pdf/Metodiche03.pdf>*

(8) *Landi S., Baroncelli P. (2004): L'acqua irrigua: campionamento, analisi chimico-fisiche e interpretazione dei risultati. Quaderno ARSIA 5/2004.*

(9) *Magliulo P., Russo F., Pignone M. (2004): Evidenze geomorfologiche di faglie simicamente attive nella bassa valle del Calore beneventano (Appennino campano). GNGTS – Atti del 23° Convegno Nazionale / 07.16.*

(10) *Magliulo P., Russo F., Pignone M. (2004): Studio geomorfologico e sismologico di faglie attive nella Valle Telesina (Appennino campano). Atti 8° Conferenza Nazionale ASITA, vol. II, 1389-1394; ISBN: 88-900943-6-2.*

(11) *Solla G., Di Lisio A., Russo F. (2008): Le Unità di Paesaggio nella media-alta valle del Fiume Calore. III Riun. Naz. GIT, Rendiconti online Soc. Geol. It.*

(12) *Solla G., Soreca S. (2009): L'Aglianico del Taburno e l'Aglianico del Vulture: due importanti terroir vitivinicoli italiani messi a confronto – Fattori geomorfologici, petrologici ed ecopedologici alla base della produzione". *Geologi, Periodico Ord. Geol. Campania*, 27 (dicembre 2009), 28-41.*

(13) *Soreca S. (2009): Tra geoturismo ed energie alternative. Le nuove tendenze della Provincia di Benevento. *L'Ambiente*, 6 (novembre-dicembre 2009), Ranieri Edit., 40-43.*

(14) *Soreca S., Solla G. (2010): Evidenze di evoluzione recente del Fiume Calore tra le confluenze dei Fiumi Tammaro e Sabato, ottenute mediante approccio GIS - Applicazione di mash up cartografico tra Google Earth e GIS di ArcView 9.3 ESRI per l'ottenimento di un modello cartografico più realistico. V Conv. Naz. GIT (Geology and Information Technology Group), Grottaminarda (AV), 14-15-16/06/2010.*

(15) *Soreca S., Rinaldo N. (2010): Modello neotettonico per la Valle Telesina Occidentale (Appennino Campano). 29° Convegno GNGTS, Prato, 26-28 ottobre 2010, extended abstract e poster, Riassunti Estesi delle Comunicazioni, pp. 87-91.*

(16) *Soreca S. (2010): L'idrostruttura del Monte Camposauro (Appennino Campano) – Nuovi dati sulla reale potenzialità complessiva dell'acquifero. *Acque Sotterranee ANIPA Pozzi*, n°121 (09.2010), pp. 19-28.*

(17) *Soreca S. (2011): Monitoring of a slow earth flow at San Mango Piemonte (SA) and mapping of local geomorphological and hydrogeological hazard. Extended abstract and poster session, 1° international workshop on Methods And Technologies For Environmental Monitoring And Modelling: Landslides And Ground Water Dynamics; University of Basilicata, 29.09/03.10 2011.*

(18) *Soreca S., Rinaldo N., Nisco A. (2011): Pleisto-holocenic transtensive faulting in the closure sector of the western Telesina Valley (Campanian Apennines). 30° Convegno GNGTS, Trieste, 14-17 novembre 2011, extended abstract e poster, Riassunti Estesi delle Comunicazioni, in corso di stampa.*

(19) *Soreca S. (2011): Dissesto idrogeologico. Quali pericoli corre il Sannio. Il Quaderno (quotidiano di Benevento), 11.11.2011 - <http://www.ilquaderno.it/dissesto-idrogeologico-quali-pericoli-corre-sannio--65311.html>.*

(20) *Soreca S. (2012): PROIDRO Project (Professionisti del Monitoraggio Ambientale e la Sicurezza Idrogeologica). Experience of the internship at the Autorità di Bacino Regionale in Destra Sele. International workshop on Flash flood and Debris flow Risk Management in Mediterranean areas. Università degli Studi di Salerno, Fisciano, 26 gennaio 2012, extended abstract e poster.*