



# COMUNE DI SAMASSI

## Provincia del Medio Campidano

# STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

Art. 8 comma 2 delle N.T.A. del PAI.

### IL COMMITTENTE

Amministrazione Comunale di Samassi

### IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Giovanni Leoni

### I PROFESSIONISTI

Ing. Fiorenzo Fiori

Geol. Giancarlo Carboni

Via San Nicolò n°123,  
tel. 070 847 70 63

Selargius (CA)  
fax 1782 786620

c.a.p. 09047  
e.mail: fiorenzo@tiscali.it

### GRUPPO DI LAVORO

Ing. Fiorenzo Fiori

Geol. Giancarlo Carboni

Geol. Elisa Zedda

Geol. Consuelo Nicolo'

Ing. Fabrizio Masia

Relazione idraulica

SCIG.25.R

data: 11/11/2016

1.	Premessa .....	3
2.	Reticolo idrografico .....	4
3.	Modellazione idraulica .....	4
4.	Determinazione dell'equazione del moto idraulico e calcoli idraulici .....	7
5.	Determinazione delle perdite di carico .....	8
6.	Determinazione delle perdite per attrito .....	9
7.	Determinazione delle perdite per contrazione ed espansione .....	10
8.	Ponti ed attraversamenti in sezioni chiuse .....	13
9.	Determinazione del profilo di moto permanente .....	15
10.	Considerazioni generali e struttura fascicoli .....	16



## **1. Premessa**

Nello Studio qui presentato è stata condotta una analisi geologica e geomorfologica di tutto il territorio del Comune di Samassi non perimetrato dal PAI e dal PSFF al fine di individuare i processi ed eventuali criticità in atto o potenziali connesse alla dinamica di scorrimento delle acque superficiali, funzionale alla analisi idrologica-idraulica di dettaglio per la perimetrazione delle aree a pericolosità idrogeologica già individuate dal PAI o di nuova perimetrazione.

Le analisi idrologiche ed idrauliche dei fenomeni di piena sono state condotte per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni come prescritto dal PAI Sardegna.

Dal punto di vista idraulico la propagazione dell'evento estremo ricostruito è stata eseguita tramite un modello idraulico monodimensionale HECRAS.

L'utilizzo di tale modellistica idraulica consente la perimetrazione delle aree di allagamento secondo le 4 classi di pericolosità idraulica: molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1).

Coerentemente con quanto disposto dal PAI quindi, lo Studio di compatibilità idraulica è stato sviluppato non solo per il settore individuato dal PAI, ma per tutto il tratto che da monte arriva fino a valle.

Complessivamente, il territorio del Comune di Samassi è caratterizzato dalla presenza di numerosi corridoi fluviali, i quali per poter essere facilmente individuati nel caso di descrizioni puntuali sono stati classificati con codice univoco, coerentemente con la codifica dei bacini idrografici di appartenenza.

## **2. Reticolo idrografico**

L'organizzazione del reticolo idrografico è fotografata dal cosiddetto pattern del drenaggio, che rappresenta in pianta l'andamento generale delle aste fluviali che contribuiscono a formare l'intero reticolo idrografico del bacino analizzato.

Molti caratteri della rete idrografica, anche in rapporto con l'orografia e la geologia, vengono espressi con termini descrittivi. Alcuni termini sono puramente formali: reticolo parallelo, angoloso, ortogonale, radiale, a pettine, ecc. Altri termini indicano la direzione delle valli rispetto alla direzione dell'orografia o della geologia: valli longitudinali, trasversali, oblique.

Una prima distinzione dei pattern idrografici è basata sulla disposizione delle aste fluviali (Amadesi, 1977). Generalmente, la disposizione dei reticoli fluviali è di tipo convergente. Esso si sviluppa nelle aree in cui prevale nel modellamento del reticolo il processo di erosione (si parla di pattern di erosione).

I reticoli dendritici coprono un ampio spettro di tipologie dove i vincoli lito-strutturali o topografici permettono differenze nell'organizzazione gerarchica del reticolo e per quanto concerne il territorio di Samassi, la disposizione del reticolo fluviale è di tipo dendritico e sub-dendritico per i settori collinari, mentre per i settori più francamente di pianure l'andamento tende ad essere rettilinea con deboli anse, anche in virtù nei notevoli lavori di regimazione idraulica effettuati. Da un punto di vista prettamente evolutivo, i corsi d'acqua risultano piuttosto alterati.

La viabilità comunale, provinciale e statale del territorio di Samassi, per la maggior parte dei casi, taglia trasversalmente i corsi d'acqua, dando luogo ad una serie di attraversamenti, il cui grado di importanza è commisurato alla rilevanza della viabilità.

A riguardo, nei settori montani prevalgono i ponti, mentre nei settori vallivi prevalgono per lo più degli attraversamenti con scatolari in cemento armato e tombini a piccolo diametro, generalmente intorno al metro o poco più.

## **3. Modellazione idraulica**

La modellazione idraulica si sviluppa sulla base delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua o del canale nel caso specifico e delle sue sezioni idrauliche di contorno interessate dalla verifica. Una volta definite le specifiche geometriche delle sezioni idrauliche

interessate dalla verifica, viene applicato il modello matematico per la simulazione delle condizioni di moto della corrente.

A riguardo, il profilo della corrente è stato determinato ipotizzando condizioni di *moto permanente*, dato che le variazioni di portata nel tempo in occasione delle piene naturali non sono così rapide da rendere necessaria un'analisi in condizioni di moto vario.

Il buon inalveamento della corrente, consente altresì di considerare la corrente idraulica con una schematizzazione monodimensionale, essendo assenti esondazioni con componenti del moto ortogonali all'asse del corso d'acqua, e potendo così ricorrere a schemi di calcolo sufficientemente semplici e robusti da non destare problemi numerici e necessità di complesse analisi di sensitività per la validazione del modello stesso.

In particolare, è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua in regime di moto permanente e/o in regime di moto vario.

In ciascuna di queste tipologie di studio il programma è in grado di utilizzare sia le proprietà intrinseche del terreno (in particolare in termini di coefficiente di scabrezza di Manning), sia le proprietà geometriche della sezione del corso d'acqua.

Questa componente del sistema di modellazione è da utilizzare per il calcolo della superficie idrica di correnti gradualmente variate. Il sistema di modellazione può analizzare una rete di canali o un singolo corso d'acqua.

Per l'analisi del moto, HEC RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso), inoltre è necessario definire le condizioni al contorno a monte (che saranno valide per una corrente veloce) e a valle (che saranno valide per una corrente lenta) dei rami unitamente alle caratteristiche delle confluenze.

Il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

- altezza nota del pelo libero;
- passaggio per l'altezza critica;
- altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata);
- scala delle portate.

La procedura di calcolo è basata sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia, in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

É possibile valutare i fenomeni di contrazione e allargamento della corrente tramite opportuni coefficienti di contrazione/espansione allorquando si abbiano variazioni di sezione in corti tratti (è il caso ad esempio in cui si hanno restringimenti dovuti al passaggio tra le pile di un ponte ed il conseguente allargamento).

Nei casi in cui la corrente non dovesse essere gradualmente variata viene utilizzata l'equazione del momento della quantità di moto (automaticamente, con l'opzione "regime misto", nei passaggi da corrente veloce a lenta, o su opzione nelle confluenze).

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (ponti, passaggi all'interno di condotte circolari, a sezione rettangolare e comunque di qualunque forma, chiuse, ma in generale ogni variazione di sezione e/o la sua ostruzione).

In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni che in prima istanza possono essere pensate come la savanella centrale (main channel) e le due aree golenali adiacenti (left overbank e right overbank).

Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse (è il caso, ad esempio, di savanella rivestita ed aree golenali con una certa copertura vegetale), ma con pari energia totale.

Una volta completato l'input geometrico dei dati, occorre fornire i valori di portata da mettere in conto nelle sezioni.

Nei casi di moto permanente il valore della portata  $Q$  è costante nel tempo, e sarà possibile fornire un valore di  $Q$  per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che hanno un cambiamento di portata.

Nei casi di moto vario è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato. Nei casi di moto vario è possibile valutare l'efficacia di un'eventuale cassa d'espansione, così come gli effetti di un'idrovora che da tale area di espansione dovesse pompare le acque su un altro corpo idrico etc.

I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, quali ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua,

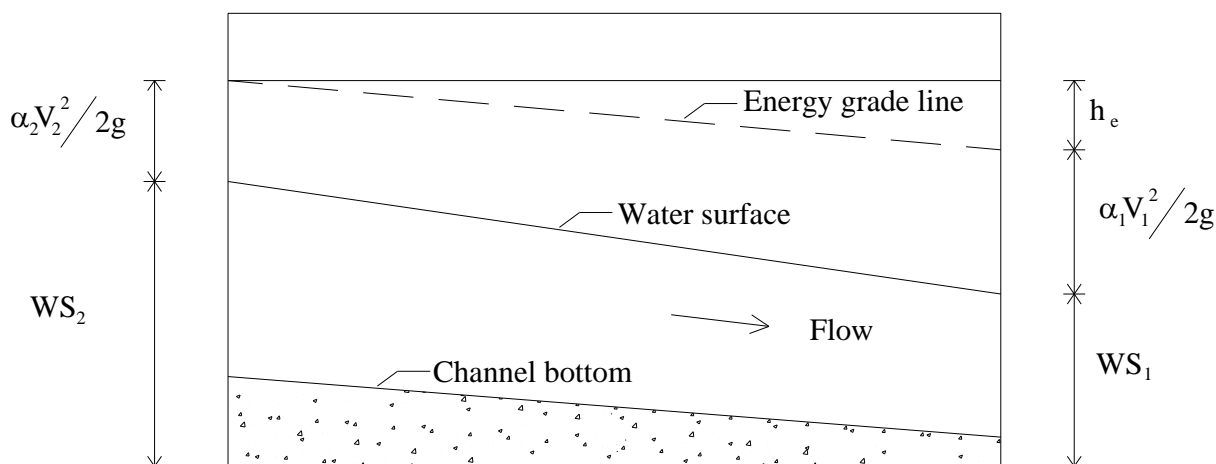
l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto. Ovviamente le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione.

#### 4. Determinazione dell'equazione del moto idraulico e calcoli idraulici

La metodologia utilizzata per la valutazione delle grandezze idrauliche che regolano il moto della corrente è il Metodo II descritto in "Backwater Curves in River Channels" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

Le grandezze idrauliche fondamentali, che intervengono nei processi che determinano il profilo della corrente ed i fenomeni legati al trasporto solido, sono:

- velocità della corrente;
- altezza del pelo libero;
- energia totale ed il suo gradiente.



Carichi idraulici in due sezioni di calcolo consecutive

Nella figura soprastante sono messe in evidenza le grandezze che compaiono nell'equazione (1) (equazione di bilancio dell'energia)

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

in cui si hanno:

g: accelerazione di gravità;

h<sub>e</sub>: perdita di energia;



$V_1, V_2$ : velocità media, riferita all'area della sezione bagnata, e relativa alla portata data;  
 $W_{s1}, W_{s2}$ : quota del pelo libero della corrente (per il dato valore di portata) rispetto uno zero convenzionale;

$\alpha_1, \alpha_2$ : coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche (o coeff. di Coriolis);

## 5. Determinazione delle perdite di carico

L'input della geometria del sistema svolge un ruolo determinante proprio, perché tramite la definizione di questa avviene il calcolo del profilo di corrente.

Occorre quindi fornire al programma le sezioni trasversali del fiume e le distanze relative tra queste.

Come già scritto le perdite per attrito sono calcolate tramite il Metodo II descritto in "Backwater Curves in River Channels" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

$$h_e = h_f + h_o \quad (2)$$

Come riportato nell'equazione 2), la perdita di carico " $h_e$ " è data dalla somma di due componenti:

- $h_f$ : perdita di energia per attrito
- $h_o$ : perdita di energia legata alla forma della sezione

Le perdite dovute alla contrazione o all'allargamento della sezione sono valutate nel termine  $h_o$ .

## 6. Determinazione delle perdite per attrito

Come già scritto, la sezione trasversale è suddivisa in porzioni aventi analoghe proprietà idrauliche nella direzione del flusso, ciascuna di queste è suddivisa in sub-sezioni ed in ciascuna di esse le perdite per attrito sono calcolate tramite la relazione:

$$h_f = (Q/K)^2 \quad (3)$$

in cui:

$$K = \sum_{j=1, \text{NSS}} [(A_{2j} + A_{1j})/2 ((R_{2j} + R_{1j})/2)^{2/3}] / [n_j L_j^{0.5}] \quad (4)$$

$A_{1j}$ ,  $A_{2j}$ : aree delle sezioni, normali al flusso, rispettivamente di valle e di monte;

NSS: numero totale di sub-sezioni in cui è suddivisa una sezione;

K: total conveyance del tratto compreso tra le due sezioni

$L_j$ : distanza tra le  $j$  esime sub-sezioni;

$n_j$ : coeff. di scabrezza di Manning tra le  $j$  esime sub-sezioni;

Q: portata;

$R_{1j}$ ,  $R_{2j}$ : raggi idraulici delle corrispondenti sezioni.

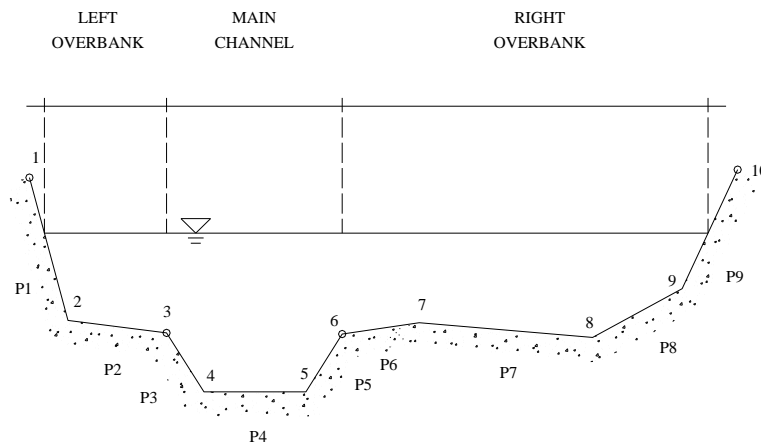
## 7. Determinazione delle perdite per contrazione ed espansione

Le perdite per contrazione ed espansione della corrente sono valutate tramite l'equazione 5) riportata di seguito:

$$h_o = CL [A_2 V_2^2 / 2g - A_1 V_1^2 / 2g] \quad (5)$$

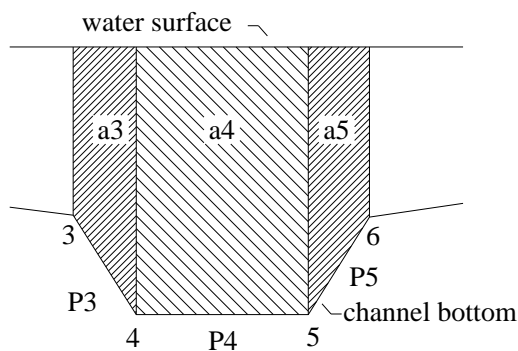
in cui CL è il coefficiente di contrazione (positivo) o espansione (negativo).

Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa, come già detto in precedenza in tre "porzioni" (left overbank, main channel, right overbank), come illustrato in Figura



Suddivisione della sezione trasversale del corso d'acqua in porzioni

Ogni porzione è ulteriormente suddivisa in sub-section, come illustrato in Figura



Scomposizione di una componente della sezione in sub-sezioni

Ad esempio l'area corrispondente al main channel è data dalla sommatoria delle aree delle sub-section che la compongono secondo quanto riportato in Figura:

$$A_j = a_3 + a_4 + a_5 \quad (6)$$

così come

$$P_j = p_3 + p_4 + p_5 \quad (7)$$

in cui P è il contorno bagnato della sezione.

Il raggio idraulico del main channel è calcolato come rapporto tra le somme delle aree  $A_k$  e la somma dei contorni bagnati  $P_k$  delle singole sub-section tramite la relazione:

$$R_j = (A_j/P_j) = (\sum A_k / \sum P_k) \quad (8)$$

dove  $A_j$ ,  $P_j$  ed  $R_j$  sono rispettivamente l'area, il contorno bagnato ed il raggio idraulico della j-esima sub-section.

Il coefficiente di Coriolis  $\alpha$  che tiene conto della distribuzione della distribuzione della velocità all'interno della sezione trasversale, viene calcolato tramite la relazione:

$$\alpha = [\sum_{j=1, NSS} (K_j^3/A_j^2)] / (K^3/A^2) \quad (9)$$

#### Creazione di Sezioni interpolate

Talvolta è necessario interpolare le sezioni per un tratto in cui la definizione della geometria non sia stata sufficientemente dettagliata. Questo accade soprattutto per evitare che venga valutata ad esempio una forte perdita di energia per un allargamento e/o restringimento che nella realtà è graduale e non istantaneo come può accadere tra due sezioni non interpolate.

#### Formazione di Giunzioni di Canali

Le connessioni tra due o più rami di un canale è denominata "giunzione" nella quale un ramo di valle viene connesso con altri che ovviamente stanno a monte.

Questa particolare situazione può essere risolta in due modi, come già accennato, ovvero mediante:

EQUAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE. Equilibrio delle energie totali delle correnti nelle sezioni immediatamente a monte della confluenza ed immediatamente a valle di questa (Può

accadere che una delle correnti di monte risulti avere una energia inferiore alla corrente di valle) (metodologia da preferire nei casi in cui non si hanno particolari dissipazioni di energia tra le sezioni di monte e di valle);

EQUAZIONE DEL MOMENTO. Equilibrio dei momenti delle quantità di moto tra le stesse sezioni di cui sopra (situazione questa da preferire quando l'angolo di incidenza del canale di monte è tale da provocare considerevoli perdite di energia).

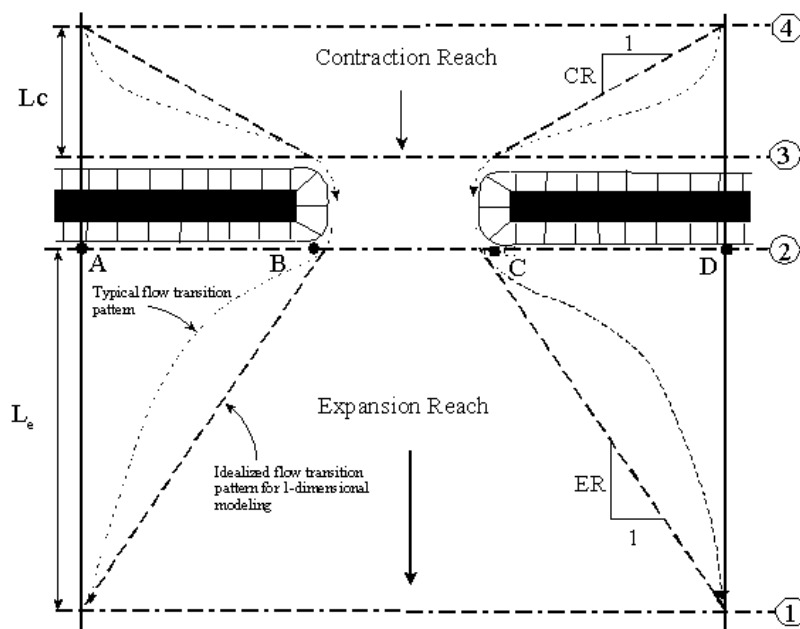
## 8. Ponti ed attraversamenti in sezioni chiuse

Particolare attenzione merita la presenza di eventuali ponti e/o attraversamenti all'interno di sezioni chiuse (scatolari, circolari, ovoidali etc.).

Per ciò che riguarda la perdita di energia, questa viene suddivisa in tre componenti:

- nella sezione di valle si ha perdita di energia per "brusco allargamento" della corrente fluida;
- nella sezione intermedia, la quale può essere modellata in maniera da ridurre i fenomeni turbolenti;
- nella sezione di monte in cui viene ad aversi una contrazione della corrente e la conseguente formazione di moti vorticosi.

Per rendere definito il problema occorre fornire 4 sezioni, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (sezioni 4 e 1 della figura sottostante), le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3), in queste è necessario imporre un'area inefficace.



Geometria di un passaggio ristretto

Le metodologie utilizzate per attribuire i valori ad  $L_c$  ed  $L_e$  sono diffusamente dibattute in "Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis" (RD-42 HEC, 1995).

HEC RAS offre diverse possibilità di risolvere il problema richiamate di volta in volta dall'utente, per i casi più frequenti nella pratica sono da preferirsi l'equazione di bilancio dell'energia, l'equazione di bilancio del momento della quantità di moto e talvolta l'equazione di Yarnell.

## 9. Determinazione del profilo di moto permanente

Il calcolo è stato effettuato sulla base dei seguenti elementi:

il profilo della corrente è stato valutato considerando un moto permanente per tronchi omogenei chiusi alle sezioni di interesse. Rispetto alle reali condizioni del moto, che in generale presenta variazioni di portata nel tempo, si avranno delle differenze, tuttavia, l'involuppo dei massimi livelli idrici riscontrabili in un transitorio di portata variabile non sono, in generale, superiori dei livelli idrici riscontrabili in moto permanente, ovviamente per la data portata assunta;

la portata considerata è stata considerata costante lungo i diversi tratti omogenei degli alvei studiati, con incrementi al variare dei sottobacini;

le perdite di carico sono state valutate con la consueta espressione di Chezy e valutazione del coefficiente  $\chi$  mediante la formula di Manning, ponendo generalmente il coefficiente  $n = 0.045$  sulle sponde e  $0.05$  sull'alveo dei tratti naturali e generalmente ricche di vegetazione o scarsa manutenzione e  $n = 0.015$  nei tratti rivestiti in cls; tratti meno ostruiti dalla vegetazione sono stati elaborati con valori minori e comunque mai inferiori a  $0.035$  sulle sponde e  $0.04$  in alveo, fa eccezione la parte in prossimità della foce del rio Santa Caterina, in corrispondenza dei ponti, che risulta priva di vegetazione e con un buon grado di manutenzione nonchè parzialmente rivestita e pertanto in tale tratto è stato attribuito un valore di  $0.03$  sia sulle sponde che sull'alveo (dalla sezione 316.15 alla sezione 71.50).



## 10. Considerazioni generali e struttura fascicoli

E' stato eseguito uno studio di compatibilità idraulica esteso al tutto il territorio del Comune di Samassi, nel quale sono stati analizzati complessivamente i corsi d'acqua utilizzando metodiche su base GIS, abbinando il modello digitale del terreno (DTM 1) all'utilizzo di un software di modellazione idraulica (HecRas 4.1).

Nello studio, sono stati analizzati inoltre 54 attraversamenti fluviali che insistono sul reticolo idrografico principale e secondario del Comune di Samassi, verificando l'effettiva capacità di smaltimento così come stabilito dalla direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti, così come approvata dalla delibera del C.I. n° 1 del 20.05.2015.

Complessivamente sono state individuate nuove zone di pericolosità idraulica su tutto il territorio comunale, più di compluvi piuttosto che di corsi d'acqua veri e propri.

Le criticità sono segnalate nella schedatura che seguono per singolo corso d'acqua.

In generale è necessario porre in essere azioni che consentono nel breve termine di porre rimedio ai punti di maggiore criticità, sintetizzabili in:

1. ripristinare, ove possibile, il tracciato originario dei corsi d'acqua e, ove non possibile, individuare percorsi preferenziali dei flussi di piena con adeguate opere dimensionate per eventi estremi (ad esempio vasche di laminazione);
2. definire adeguate fasce di rispetto dei compluvi, una loro periodica manutenzione, pulizia e conservazione;
3. rimuovere gli ostacoli al flusso a causa dell'accumulo di terre e detriti negli attraversamenti;
4. definire regole d'uso e di comportamento in emergenza nelle zone suscettibili di allagamento.