



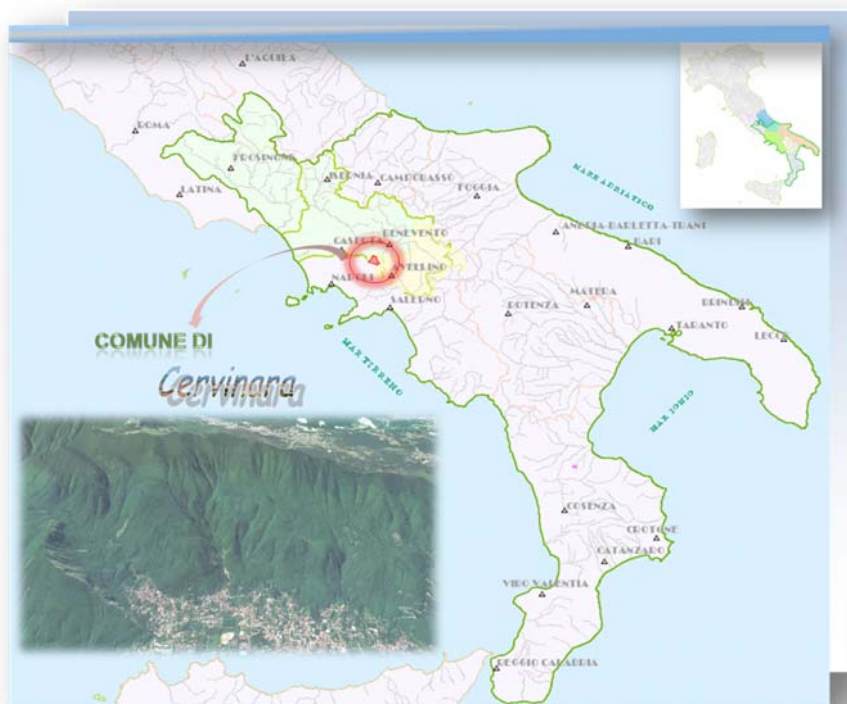
*Autorità di Bacino
dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno*



Comune di Cervinara
Provincia di Avellino

ACCORDO DI PROGRAMMA

*Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno
e
Comune di Cervinara*



MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO AL GOVERNO DEL TERRITORIO

Elaborato:

C.2.4	AZIONI DA PORRE IN ESSERE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO MEDIANTE INTERVENTI STRUTTURALI
Scala	
Data Giugno 2013	

**AUTORITÀ DI BACINO
DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO
I R.U.P.**

Segretario Generale Dott.ssa. Vera Corbelli

Sommario

Premessa	3
1. Tipologie di intervento strutturale per i fenomeni di flusso rapido	3
2. Criteri di scelta degli interventi per la mitigazione del rischio da fenomeni di flusso rapido.....	5
2.1. <i>Individuazione degli interventi nelle aree di innesco</i>	6
2.2. <i>Individuazione degli interventi nelle aree di transito</i>	6
2.3. <i>Individuazione degli interventi nelle aree di deposito</i>	8
3. Individuazione degli interventi di adeguamento delle aste torrentizie nel tratto urbano	8
4. Ubicazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico	9
APPENDICE A - QUADERNO DELLE OPERE TIPO	10
Palificata viva	10
Palizzata	12
Risagomatura e protezione delle sponde.....	13
Gabbionate rinverdite	15
Muro di controripa	16
Briglie selettive (chek dams).....	17
Bacini di espansione	18
APPENDICE B – LINEE DI INTERVENTO PER MIGLIORARE LA SICUREZZA IDRAULICA.....	19
Interventi sui settori di monte dei corsi d’acqua	20
Adeguamento degli attraversamenti nel tratto urbano.....	20
Analisi idraulica condotta per verificare l’efficacia degli interventi sugli attraversamenti.....	29
Adeguamento dei tratti canalizzati nel settore urbanizzato	33
Bibliografia.....	38

Premessa

In ottemperanza alle attività previste nell'Accordo di Programma tra la Fondazione Universitaria dell'Università degli Studi di Salerno e l'Autorità di Bacino dei fiumi "Liri-Garigliano e Volturno" stipulato il 20/05/2011, nella presente relazione sono illustrati i criteri di scelta adottati per l'individuazione (in termini di tipologia e ubicazione) degli interventi strutturali di mitigazione del rischio idrogeologico – da colate rapide di fango, flussi incanalati iperconcentrati e fenomeni alluvionali – a cui è esposto il territorio del Comune di Cervinara (AV).

Per la definizione della tipologia degli interventi, sulla base delle informazioni rintracciabili nella letteratura scientifica e in considerazione del livello di conoscenza raggiunto con gli studi svolti, si sono redatti il "Quaderno delle opere tipo" (Appendice A) e le "Linee di intervento per migliorare la sicurezza idraulica" (Appendice B) con riferimento, rispettivamente, alle opere per la riduzione del rischio dovuto a fenomeni di flusso rapido (colate rapide di fango e flussi incanalati iperconcentrati) e a fenomeni alluvionali.

La possibile ubicazione degli interventi individuati è stata, invece, sintetizzata nell'elaborato cartografico C.2.3 redatto a scala 1:10.000. Occorre fin d'ora sottolineare che il Programma d'interventi proposto è da considerarsi, congruentemente con il livello di dettaglio delle informazioni attualmente disponibili, come mero studio di fattibilità. La progettazione di tali interventi richiederà, pertanto, approfondimenti di adeguato dettaglio con riferimento sia agli aspetti geologici e sia a quelli ingegneristici.

Appare utile evidenziare che l'individuazione dei possibili interventi di mitigazione rappresenta solo una parte delle attività tese al perseguimento dell'obiettivo generale di un governo sostenibile del territorio; tali attività, infatti, devono necessariamente contemplare altri aspetti, inclusi quelli più squisitamente sociali che contribuiscono a rendere le persone sempre più consapevoli del rischio a cui sono esposte.

1. Tipologie di intervento strutturale per i fenomeni di flusso rapido

I fenomeni di instabilità (frane di primo distacco e/o erosione) che hanno sede nelle coltri piroclastiche presenti sui versanti del territorio di Cervinara possono dare origine a flussi a cinematica rapida classificabili come "colate rapide di fango" o "flussi iperconcentrati" in accordo con le seguenti definizioni:

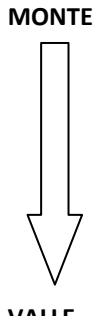
- colate rapide di fango ("debris flows" in Hungr et al. 2001): *flussi, da molto rapidi ad estremamente rapidi, di detriti saturi non plastici, in canali a forte pendenza.*
- flussi iperconcentrati ("hyperconcentrated flows" in Pierson e Costa 1987; "debris floods" in Hungr et al. 2001): *fenomeni estremamente rapidi, associati a flussi idrici connessi ad eventi di piena e caratterizzati da mobilitazione e trasporto di detriti lungo incisioni rapide.*

Secondo quanto riportato da Costa (1988), alle colate rapide di fango competono concentrazioni in volume di sedimento comprese tra il 47% e il 77% ovvero, per i flussi iperconcentrati, tra il 20% e il 47%.

A causa dell'elevato costo degli interventi, la mitigazione del rischio legato ai predetti fenomeni di flusso è preferibilmente attuata con l'obiettivo primario di proteggere aree abitate o infrastrutture di particolare rilevanza. Pertanto, nelle scelte da operare per l'ubicazione delle opere, si dovrà tenere conto della collocazione topografica degli elementi esposti da salvaguardare in relazione al percorso compiuto dal flusso a partire dalla zona di distacco.

A seconda della loro ubicazione, gli interventi strutturali si distinguono in estensivi (da applicarsi nelle aree di potenziale innesco) ed intensivi o puntuali da prevedersi lungo gli impluvi ed in corrispondenza dei conoidi di valle (Tab. I).

Tabella I. Interventi strutturali intensivi ed estensivi per fenomenologie di flusso rapido

	INTERVENTI STRUTTURALI ESTENSIVI	Controllo dell'erosione superficiale Stabilizzazione delle coltri superficiali
	INTERVENTI STRUTTURALI INTENSIVI	Modifica della geometria del pendio Miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni e/o trasferimenti verso strati più resistenti Incanalamento Drenaggio Protezione diretta Deviazione e smorzamento

In particolare, nelle aree di innesco si possono prevedere interventi estensivi di tipo strutturale attivi che mirano a ridurre la probabilità di accadimento dei fenomeni di flusso, tra cui si citano le (Cascini e Sorbino 2003):

- *opere per il controllo dell'erosione superficiale*: rivestimenti antierosivi biodegradabili (biotessili, biostuoie) e/o sintetici (georeti, geocompositi, rivestimenti vegetativi);
- *opere per la stabilizzazione delle coltri superficiali*: piantumazioni, fascinate vive, viminate, palificate vive;
- *opere per la modifica della geometria del pendio*: riprofilatura, ecc.;
- *opere per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni e /o trasferimenti verso strati più resistenti*: opere di sostegno, terre armate, ecc..

Per la zona di transito del flusso e per quella di deposito finale si possono considerare i seguenti interventi intensivi (Cascini e Sorbino 2003):

- *opere di incanalamento*: briglie e cunettoni dimensionati per far transitare al proprio interno la colata, resistendo alle sollecitazioni idrodinamiche della stessa;
- *opere di drenaggio*: canali per il drenaggio superficiale piuttosto che dreni sub orizzontali e/o trincee drenati (si segnala che si tratta di interventi strutturali di tipo attivo che mirano ad incrementare la resistenza disponibile);
- *opere di protezione diretta*: strutture dimensionate a resistere al passaggio delle colate quali muri, gallerie sulle vie di comunicazione o opere in c.a. di forma particolare, dislocate

nelle vicinanze delle strutture da proteggere (si segnala che si tratta di interventi di protezione passiva che agiscono diminuendo la probabilità che un dato elemento a rischio venga ad interagire col fenomeno franoso senza, tuttavia, modificare la probabilità di occorrenza di questo);

- *opere di deviazione e smorzamento*: manufatti con dimensioni proporzionate sulla base delle forze d'impatto delle colate, quali terrapieni, rilevati e cumuli di terreno, dislocati lungo il percorso del flusso.

Nei paragrafi seguenti si illustreranno sinteticamente i criteri adottati per l'individuazione e l'ubicazione delle tipologie di intervento da attuare per la mitigazione del rischio da fenomeni di flusso rapido nelle aree oggetto di studio. In particolare, con riferimento alle fenomenologie riconosciute (colate rapide di fango e flussi incanalati iperconcentrati), sono riportate le tipologie di intervento distinte per aree di innesco, di transito e di deposito.

2. Criteri di scelta degli interventi per la mitigazione del rischio da fenomeni di flusso rapido

La scelta degli interventi più adeguati per la mitigazione del rischio da fenomeni di flusso rapido va necessariamente modulata in relazione alle diverse fasi che caratterizzano il movimento di tali fenomeni (Leroueil et al. 1996), ovvero:

- la fase di innesco all'interno di ambiti morfologici o anche su versanti aperti;
- la fase di propagazione verso valle, con continuo incremento dei volumi di terreno coinvolto;
- la fase di espansione su conoidi antiche e recenti, e il deposito, con l'accumulo al piede del versante su aree prevalentemente pianeggianti.

Inoltre, per la corretta individuazione, ubicazione e conseguente progettazione degli interventi occorre portare in conto i seguenti elementi:

- 1) topografia dell'area;
- 2) presenza di urbanizzato;
- 3) frequenza di accadimento;
- 4) intensità (volume nelle aree di innesco; velocità ed altezze del flusso nelle aree di transito) dell'evento di progetto;
- 5) portata di picco e altezza del flusso;
- 6) velocità del flusso;
- 7) granulometria del materiale interessato;
- 8) percorso nella zona di transito ed in quella di accumulo;
- 9) distanza di propagazione;
- 10) angolo di deposizione del materiale a tergo di un ostacolo.

Nell'ambito del presente lavoro, coerentemente con il livello di dettaglio delle informazioni disponibili, l'individuazione e l'ubicazione degli interventi strutturali per la mitigazione del rischio

si è basata sulla conoscenza delle aree di innesco, di propagazione e di deposito dei fenomeni di flusso prevalenti nell'area di studio; tale conoscenza, in particolare, è derivata dall'applicazione delle procedure ampiamente descritte nella relazione dal titolo "Relazione generale sugli studi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici" a cui si rimanda. Come indicato in Premessa, la progettazione degli interventi proposti richiederà ulteriori approfondimenti con riferimento sia agli aspetti geologici e sia a quelli ingegneristici; si dovranno, altresì, considerare anche aspetti riguardanti la conservazione ambientale e paesaggistica nonché di natura socio-economica.

2.1. Individuazione degli interventi nelle aree di innesco

Gli interventi di mitigazione del rischio di tipo "attivo" da realizzare nelle aree d'innesco di fenomeni di flusso sono specificamente finalizzati alla stabilizzazione delle coltri superficiali e al controllo dei fenomeni di erosione. In considerazione della morfologia delle aree di potenziale innesco dei fenomeni di interesse e della loro interazione con gli elementi antropici (per es., strade), l'individuazione dei predetti interventi attivi può essere utilmente condotta operando una differenziazione tra le :

- aree di innesco di fenomeni di colata rapida in corrispondenza dei versanti aperti (aree di interfluvio) e delle aree sommitali dei versanti;
- aree di innesco ed erosione in corrispondenza degli impluvi;
- aree di innesco attraversate da elementi antropici (strade).

In particolare, in corrispondenza dei versanti aperti (zone di interfluvio) e delle aree sommitali dei versanti si prevedono interventi di stabilizzazione delle coltri superficiali mediante opere che si avvalgono dell'impiego di *pali di acciaio infissi* per battitura e di controllo dell'erosione realizzati con tecniche di Ingegneria Naturalistica quali le *palificate vive* e le *palizzate* (cfr. Appendice A).

Il controllo dell'erosione e dell'innesco di fenomeni gravitativi a carico delle coperture in corrispondenza degli impluvi può, invece, essere perseguito mediante la *risagomatura delle sponde* con stabilizzazione del fondo alveo, protezione (mediante *biostuoie*) e sostegno delle sponde mediante *palificate*, *palizzate* o *gabbionate rinverdite* in funzione delle altezze delle stesse. Con riferimento, infine, alle aree di potenziale innesco attraversate da opere antropiche a sviluppo lineare – quali le strade – si prevede la realizzazione di *muri spondali di controripa* dell'altezza di circa 1,5 m con *opere di drenaggio a tergo* dei muri mediante trincee e/o canalizzazioni delle acque meteoriche e smaltimento verso recapiti a valle.

2.2. Individuazione degli interventi nelle aree di transito

Gli interventi attuabili nelle zone di transito delle fenomenologie di flusso sono finalizzati, essenzialmente, al convogliamento della massa in transito verso le canalizzazioni di valle e al controllo dell'incremento di volume per effetto dell'erosione del materiale presente lungo i valloni. Tali effetti possono essere conseguiti mediante la realizzazione di briglie selettive lungo il percorso di propagazione del flusso; tale intervento, abbinato alla manutenzione ordinaria e

straordinaria dei manufatti già esistenti in loco, potrebbe attenuare la quantità di materiale detritico trasportato verso valle. Le *briglie* assolvono a numerose funzioni tra cui:

- riduzione della pendenza del fondo alveo con conseguente riduzione dell'erosione;
- riduzione della quantità di detrito trasportabile dalla corrente lungo l'alveo;
- consolidamento dei versanti mediante l'accumulo di materiale solido che, in presenza di adeguate condizioni morfologiche, può essere anche molto significativo;
- rallentamento e frangimento della colata, stabilizzazione del fondo alveo;
- convogliamento dei flussi fangosi verso il tratto canalizzato di valle ad evitare che prendano indesiderate direzioni.

Tali opere vanno considerate quali interventi di tipo passivo nelle zone di transito dei fenomeni di flusso.

Adottando, inoltre, ***briglie selettive*** a fessura o a pettine (tipo check dams, Fig. A6) secondo quanto riportato da Versace et al. (2005) *“è possibile anche la selezione granulometrica dei sedimenti trasportati e del materiale fluitato, nonché la laminazione dei flussi fangosi. Tale effetto è tuttavia limitato nel tempo in quanto queste briglie risultano difficilmente autopulenti e si ostruiscono, perciò, rapidamente. L'effetto migliora se si adottano briglie a fessura molto alta, perché il riempimento e l'ostruzione procedono gradualmente dal basso verso l'alto e il funzionamento selettivo è garantito per più tempo. Le briglie di chiusura devono, comunque, reggere, in caso di colata, sollecitazioni dinamiche elevatissime e devono poi sostenere la spinta idrostatica e quella del materiale che si accumula alle spalle.*

L'azione di frangimento e di rallentamento delle colate, prodotto dalle briglie di chiusura, riduce la velocità e la capacità erosiva dei flussi, ma, per le elevate pendenze in gioco, questo effetto si esaurisce in breve tempo. Anche la riduzione delle pendenze che si determina a monte delle briglie chiuse non è permanente ma si attenua con il tempo.

Pertanto per limitare l'azione erosiva della corrente e stabilizzare il fondo alveo, impedendo così l'incremento dei volumi fangosi sono necessarie altre briglie più a valle. Rispetto a quella di chiusura esse possono avere caratteristiche meno impegnative man mano che, proseguendo verso valle, le pendenze si attenuano. Per incanalare il deflusso liquido o fangoso verso il sistema di opere più a valle, e tenerli lontani dalle sponde, la savanella deve essere larga e molto più bassa rispetto alle ali. Lo svuotamento delle briglie specie dopo l'evento di colata deve essere garantito, prevedendo piste di servizio che rendano accessibili le aree a tergo. Tuttavia l'opportunità dello svuotamento deve essere valutata caso per caso, tenendo in debito conto l'effetto di stabilizzazione sui versanti prodotto dal materiale che si accumula a tergo e l'effetto destabilizzante che la sua rimozione potrebbe, invece, comportare. In sede progettuale devono essere dimensionati, nel programma di manutenzione, l'entità e le modalità dello svuotamento da effettuare quando la briglia risulta parzialmente o totalmente riempita.”

2.3. Individuazione degli interventi nelle aree di deposito

Per le aree di deposito al piede dei versanti si prevedono interventi di deviazione e dissipazione dell'energia posseduta dal materiale in frana ed interventi di tipo passivo, tra cui le opere di protezione diretta degli elementi esposti ovvero di incremento di resistenza degli elementi esposti. Appartengono al primo gruppo le opere di diversione e quelle laterali, generalmente impiegate nel caso di colate detritiche (Van Dine 1996). Le prime sono costituite da muri e rilevati posizionati in modo tale da canalizzare il percorso del flusso di materiale instabile. Sono collocati il più vicino possibile al confine estremo della naturale area di deposizione del flusso in modo da massimizzarne l'estensione.

Devono essere progettati in modo tale da non essere scavalcati dal flusso e da sopportare l'impatto dinamico. I muri laterali ed i cunettoni vengono realizzati, oltre che per canalizzare il flusso entrante o uscente dai bacini di deposizione, anche per consentire il transito del flusso incanalato attraverso centri abitati qualora, per motivi di spazio, non sia possibile trattenere la colata a monte. Dati gli elevati sforzi tangenziali cui sono sottoposti, le pareti di questi canali vengono usualmente rivestite di calcestruzzo (cls) o pietrame.

Piuttosto numerosi sono gli interventi di protezione passiva volti ad una diminuzione dell'energia posseduta dal materiale instabile. In relazione ai fenomeni di colata, al fine di dissipare l'energia posseduta vengono realizzati interventi che favoriscono la deposizione finale del materiale mobilitato quali i rilevati e le barriere terminali ed i bacini di deposizione (Fig. A7). Questi ultimi sono ottenuti dalla combinazione delle opere di diversione e dei rilevati terminali ma possono anche derivare da scavi predisposti per accogliere tutto o parte del materiale in frana. All'interno di questi bacini ed in corrispondenza del canale centrale sono posizionate briglie selettive aventi lo scopo di intercettare e trattenere il materiale più grossolano, separandolo dalla fase liquida. L'effetto dissipativo può essere notevolmente incrementato facendo uso di strutture di impedimento al flusso quali "*baffles*" e "*cell dams*".

3. Individuazione degli interventi di adeguamento delle aste torrentizie nel tratto urbano

La diffusa antropizzazione dell'area di pianura del Comune di Cervinara a valle dello sbocco montano delle aste ha, nel corso del tempo, progressivamente ristretto le aree di pertinenza dei corsi d'acqua riducendoli, nella maggior parte dei casi, a canali rettilinei di sezione rettangolare, completamente rivestiti in calcestruzzo o muratura e pietrame, di larghezza limitata ad alcuni metri.

Alcuni tratti di corsi d'acqua (T. Castello, T. Conca e T. Pirozza, in particolare) sono stati oggetto di tombamenti per decine di metri di sviluppo, con sezioni idrauliche insufficienti; così pure successivi interventi di rivestimento del fondo alveo, avvenuti senza ripristinare il profilo originario, hanno ulteriormente ridotto la sezione originaria delle sezioni e degli attraversamenti, rendendoli inadeguati dal punto di vista idraulico. Anche la presenza di sottoservizi passanti, che ingombrano

le sezioni libere di alcuni attraversamenti, aumentano il rischio di accumulo di materiale flottante e di intasamento delle opere in condizioni di piena.

Tali osservazioni pongono le basi per analisi di dettaglio, ampiamente illustrate in Appendice B cui si rimanda, mirate all'individuazione degli interventi sugli attraversamenti e sui tratti canalizzati del reticolo idraulico superficiale; tale obiettivo è stato perseguito anche mediante simulazioni numeriche volte a verificare l'efficacia degli interventi individuati.

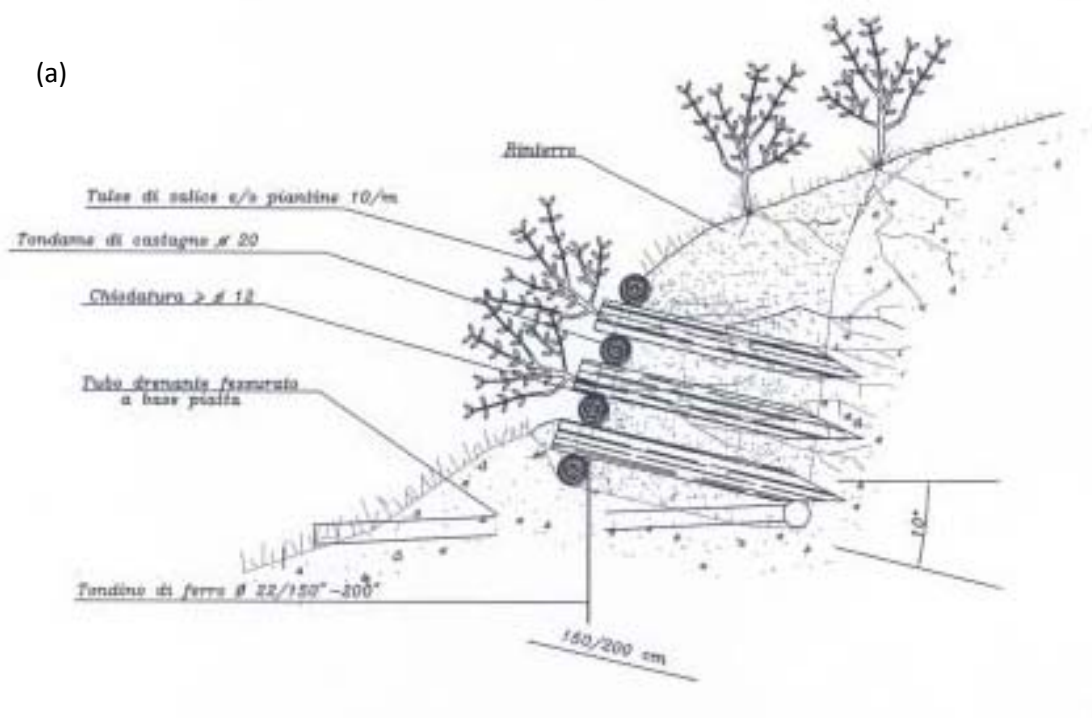
4. Ubicazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico

Sulla base dei criteri di scelta e delle tipologie di intervento indicate nei paragrafi precedenti, con riferimento sia alle aree riconosciute come potenzialmente instabili e a quelle potenzialmente interessate dal transito o dall'invasione di fenomeni di colata ovvero di flusso iperconcentrato e sia ai tratti urbani nei quali sussistono condizioni di criticità idrauliche, sono state individuate le zone nelle quali ubicare gli interventi di mitigazione del rischio. Il risultato di tale attività è sinteticamente riportato nell'elaborato C.2.3.

APPENDICE A - QUADERNO DELLE OPERE TIPO

Palificata viva

Tali opere (Fig. A1) consistono nella messa in opera di tondami di castagno (o altre essenze dure) di diametro non inferiore a 20 cm posti alternativamente in senso longitudinale ed in senso trasversale a formare un castello in legname e fissati tra di loro con chiodi o tondini in ferro. La palificata va interrata con una pendenza di 10°-15° verso monte ed il fronte ha anche una pendenza di 20°-30° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di piloti può ulteriormente consolidare la palificata alla base. L'intera struttura va riempita con l'inerte ricavato dallo scavo e negli interstizi tra i tondami orizzontali vanno collocate talee legnose di Salici, Tamerici od altre specie adatte alla riproduzione vegetativa, in misura di n. 10 a ml per ciascuna fila di tronchi longitudinali, nonché piante radicate di specie arbustive pioniere. Rami e piante dovranno sporgere per 0,10 ÷ 0,25 m dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale. Nel caso di palificata spondale gli interstizi tra i tondami vengono riempiti con massi sino al livello di magra dell'argine.



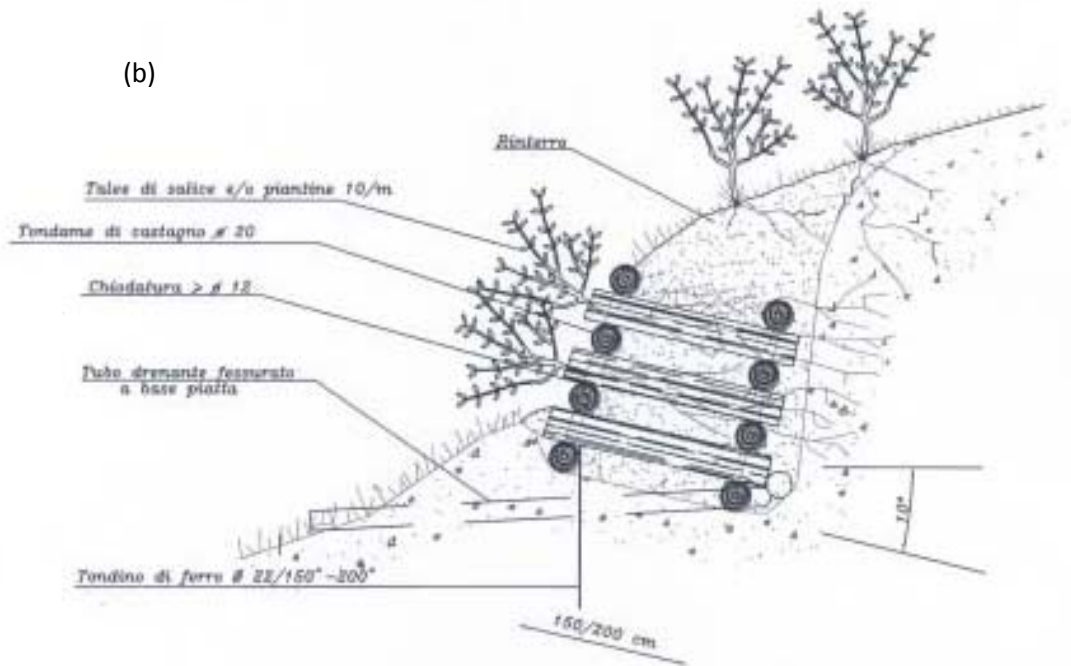


Figura A1. Palificata viva semplice (a) e doppia (b) [da “Regolamento per l’attuazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nel territorio della Regione Campania (DPGR 574/2002)].

Palizzata

La funzione delle palizzate (Fig. A2) è sia di contenimento di coltri di terreno rimosso per la formazione di gradoni anche a forte pendenza che di protezione di argini. Esse sono costituite da pali verticali di essenze forti come: castagno, robinia, rovere, scortecciati, ben dritti, di taglio fresco, infissi nel terreno a profondità adeguata. Sul lato monte dei pali verticali, devono essere legati, con filo di ferro zincato (diametro minimo = 2 mm) pali orizzontali, sempre di essenze forti, messi in opera sovrapposti, in modo da formare una parte compatta per il contenimento del terreno. Le palizzate possono essere di 4 tipologie, la cui scelta dipende dallo spessore della coltre di terreno da stabilizzare, dall'altezza dei gradoni che si vogliono ottenere e dalle penetrabilità del terreno. La tabella posta a corredo della Figura A2 evidenzia le caratteristiche geometriche dei quattro tipi di palizzate. I pali verticali devono avere la parte inferiore sagomata a punta e su di essi deve essere effettuata una doppia spalmatura di carbolineum o un trattamento a fuoco. A tergo della palizzata, ad una distanza di circa 30-40 cm, se necessario può essere eseguita una canaletta di scolo superficiale in terra battuta, di forma trapezoidale e della sezione minima di $0,16 \text{ m}^2$, raccordata ad un fosso di guardia naturale o espressamente predisposto. I pali, salvo diverse prescrizioni, devono essere affondati verticalmente lungo la direttrice stabilita. La porzione di palo che deve essere infissa nel terreno è funzione della tipologia prescelta e, comunque, tale che la parte fuori terra sia sufficiente a contenere il numero di filandre trasversali stabilite.

Palizzata

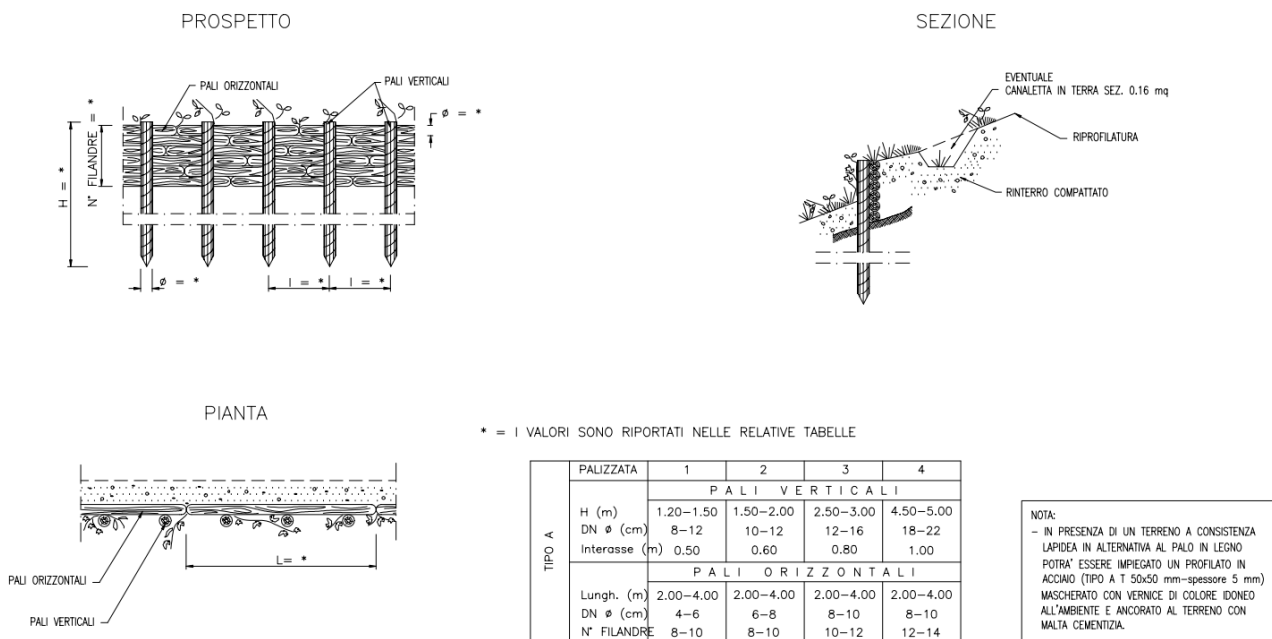


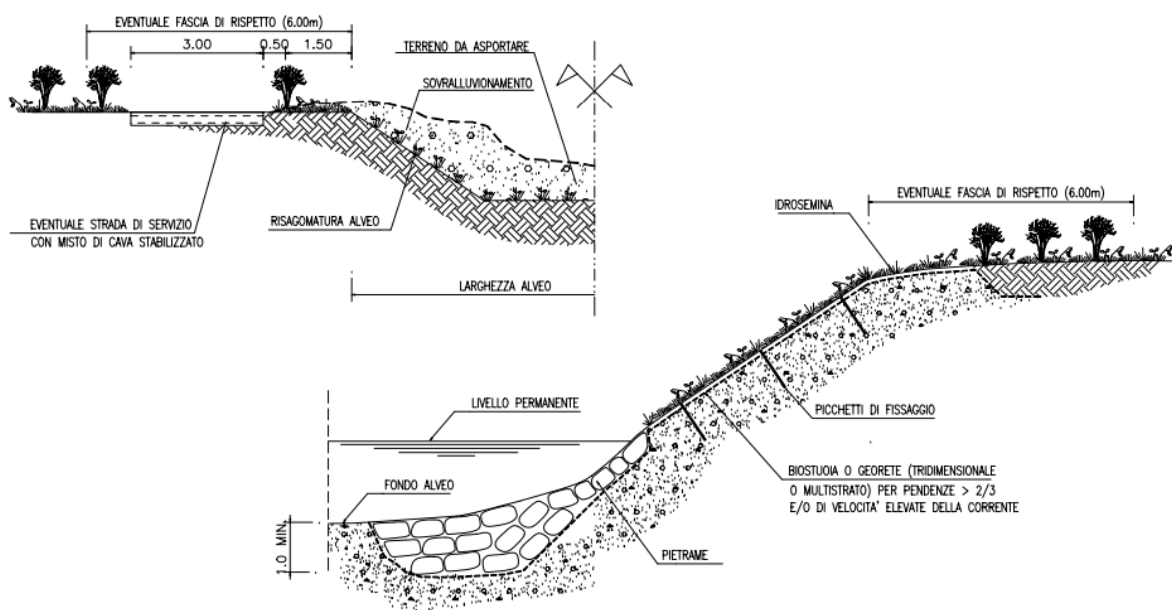
Figura A2. Palizzata. [dal Quaderno delle Opere Tipo redatto dall'Autorità di Bacino in Destra Sele (2009) nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico (<http://www.autoritabacinodestrasele.it/>)]

Risagomatura e protezione delle sponde

L'intervento di risagomatura e protezione delle sponde (Fig. A3) andrà effettuato adottando alcuni accorgimenti nel corso delle operazioni; in particolare:

- andrà condotta un'indagine volta a caratterizzare i biotopi prevalenti;
- occorrerà contenere l'intervento allo stretto indispensabile realizzandolo su un solo lato, o sui due lati in fasi distinte, così che la sponda non interessata dai lavori rappresenti il riferimento per le opere di rinaturalizzazione e vi possa essere mantenuto integro l'ambiente naturale;
- occorrerà evitare tracciati particolarmente regolari che darebbero luogo a vere e proprie canalizzazioni.

Risagomatura con protezione della sponda



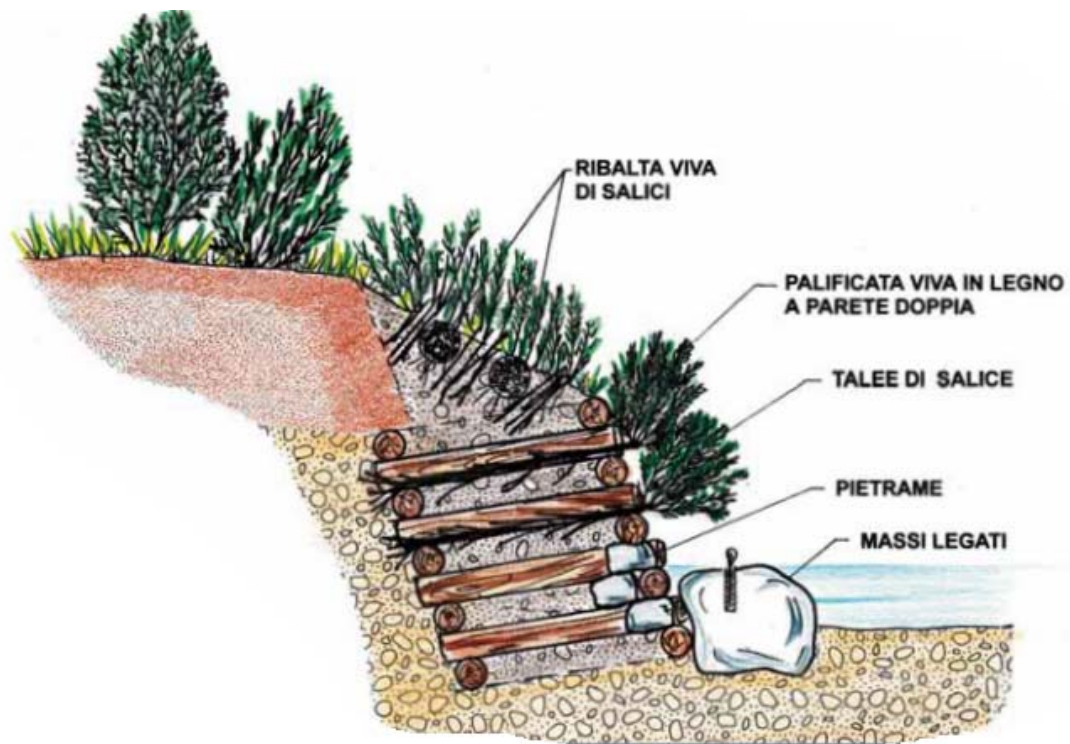


Figura A3. Risagomatura spondale: protezione spondale con georete (a) e palificata viva (b) [Album di Ingegneria Naturalistica, Il Verde editoriale s.r.l.].

Gabbionate rinverdite

Le gabbionate rinverdite (Fig. A4) sono opere realizzate con elementi scatolari, in rete metallica a doppia torsione, zincata, montati a parallelepipedo e riempiti con pietrame avente dimensione maggiore della maglia della rete, rinverditi mediante inserimento di terreno vegetale, talee e/o piantine.

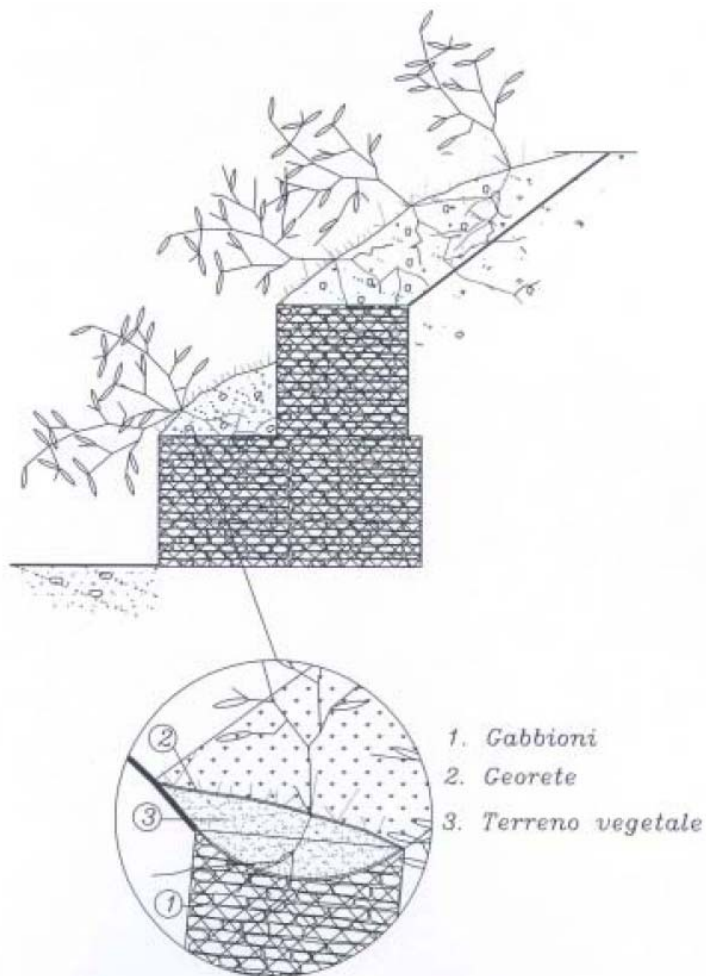


Figura A4. Gabbionata rinverdita [da "Regolamento per l'attuazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nel territorio della Regione Campania (DPGR 574/2002)"]

Muro di controripa

I muri di controripa (Fig. A5) sono opere di sostegno in calcestruzzo armato rivestito in pietrame con opere di drenaggio a tergo per il sostegno e la protezione delle porzioni di versanti potenzialmente instabili ed incisi a seguito della costruzione di strade.

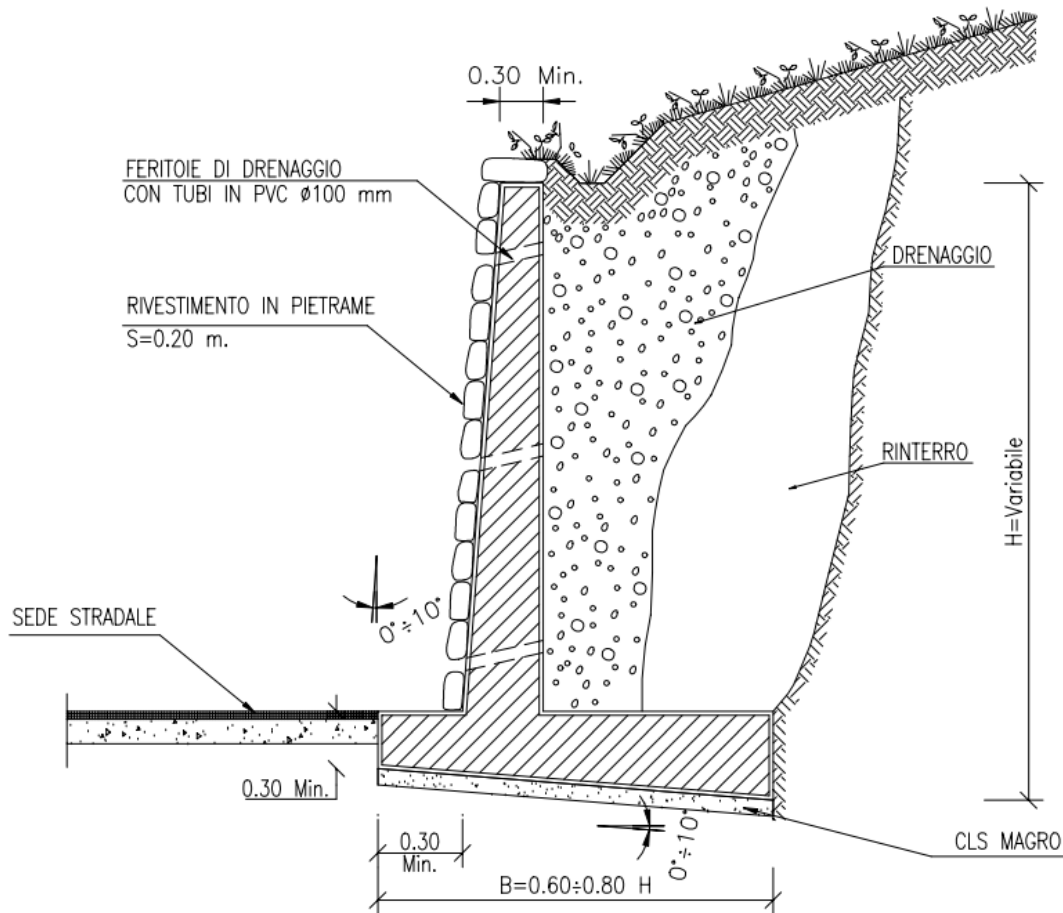


Figura A5. Muro di controripa. [dal Quaderno delle Opere Tipo redatto dall'Autorità di Bacino in Destra Sele (2009) nell'ambito Piano per l'Assetto Idrogeologico (<http://www.autoritabacinodestrasele.it/>)]

Briglie selettive (chek dams)

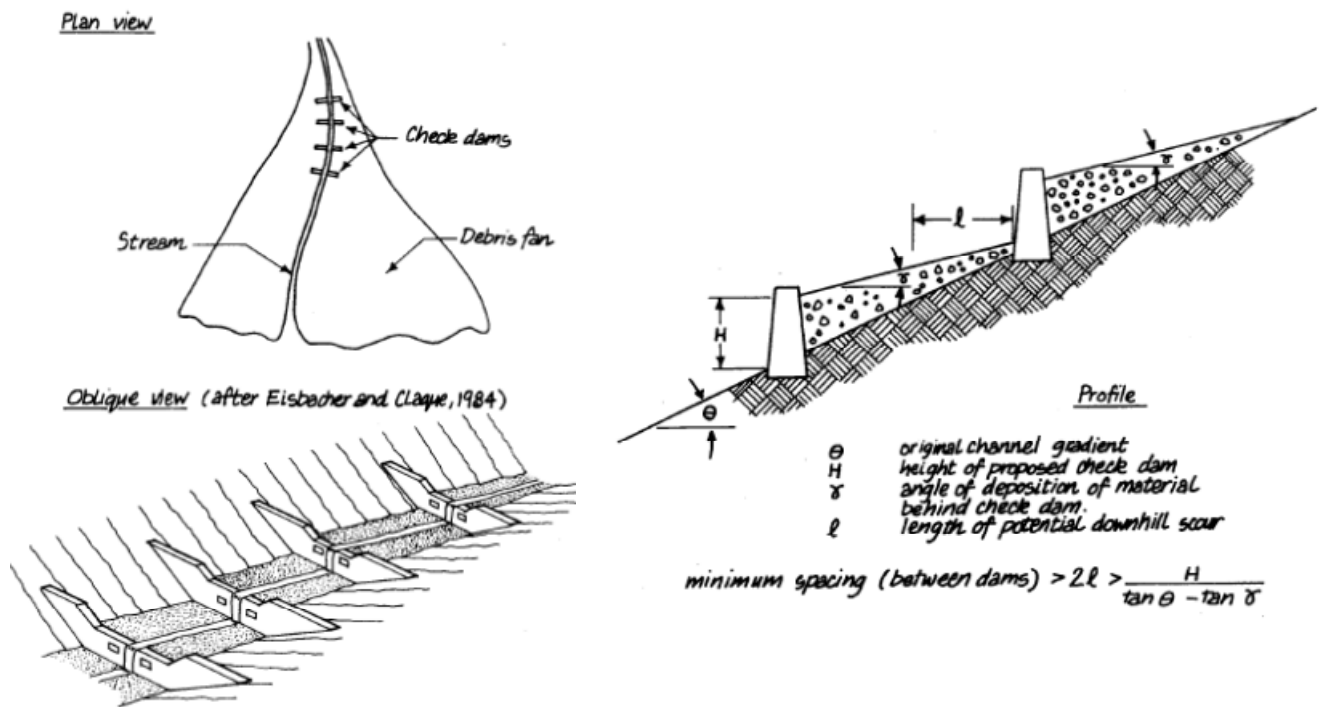


Figura A6. Vista schematica e geometria di check dams (VanDine 1996).

Bacini di espansione

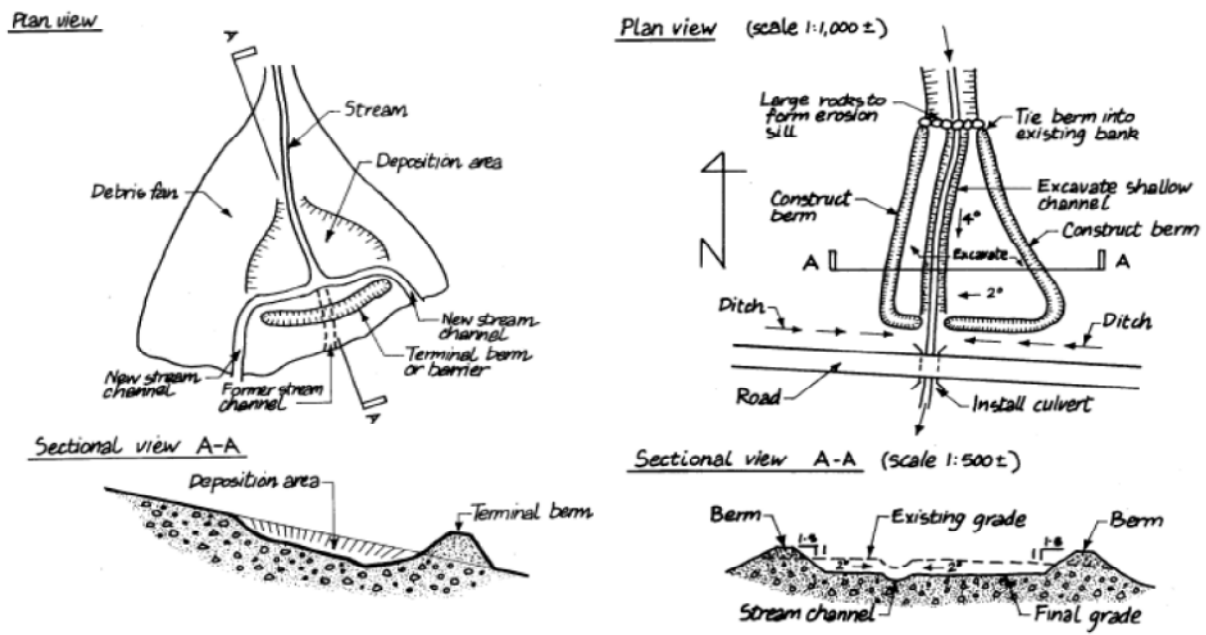


Figura A7. Bacini di espansione (da Van Dine 1996).

APPENDICE B – LINEE DI INTERVENTO PER MIGLIORARE LA SICUREZZA IDRAULICA

Dall'analisi condotta in situ sulle opere idrauliche esistenti (opportunamente catalogate e riportate nell'elaborato cartografico C.2.3 secondo la codifica adottata) si evidenzia una tendenza al ripascimento dei corsi d'acqua in corrispondenza degli attraversamenti più datati, dove il fondo alveo si è notevolmente innalzato rispetto al livello originario (a sua volta valutato rispetto alle quote di intradosso dei ponticelli ad arco in pietra). Successivi interventi di rivestimento del fondo alveo, avvenuti senza ripristinare il profilo originario, hanno ulteriormente ridotto la sezione originaria degli attraversamenti rendendo inadeguato dal punto di vista idraulico diversi dei manufatti esistenti. In particolare si evidenzia:

- una riduzione della luce a seguito del rivestimento del fondo alveo in corrispondenza dell'opera CADX04;
- una riduzione sezione di un vecchio ponticello (CADX08) su affluente in destra del torrente Castello;
- una riduzione della luce a seguito del rivestimento del fondo alveo in corrispondenza dell'opera CA03;
- una riduzione della luce in corrispondenza dell'opera CO07.

Altre criticità possono derivare dalla presenza di sottoservizi passanti che ingombrano le sezioni libere degli attraversamenti, aumentando il rischio di accumulo del materiale flottante e di intasamento dell'opera in condizioni di piena (come ad esempio in corrispondenza dell'opera CA10 sul T. Castello).

L'inadeguatezza di numerosi attraversamenti stradali è stata inoltre confermata nel corso delle verifiche idrauliche condotte per la verifica della pericolosità idraulica a supporto alle attività di ripermimetrazione delle aree a rischio idrogeologico ricadenti nel territorio comunale di Cervinara. Gli attraversamenti risultati insufficienti sono i seguenti (v. elaborato cartografico C.2.3):

- sul T. Castello: CA03, CA08, CA10 e CA11;
- sul T. Dx Castello: CADX02, CADX04, CADX09 e CADX10;
- sul T. San Gennaro: SG02, SG05, SG06, SG07e SG09;
- sul T. Sx San Gennaro: SGSX01, SGSX03 e attraversamento stradale su via Renazzo;
- sul T. Conca: CO02;
- sul T. Pirozza: PI02, attraversamento stradale su via Annunziata e attraversamento ferroviario;
- sul T. Dx Pirozza: PIDX01 e attraversamento ferroviario.

L'analisi dello stato attuale e dei risultati delle simulazioni idrodinamiche hanno portato a definire alcune linee di intervento mirate al miglioramento delle condizioni di deflusso dei corsi d'acqua, che concorrono, insieme a specifici interventi di stabilizzazione dei versanti, a ridurre il rischio idrogeologico del territorio in esame.

Interventi sui settori di monte dei corsi d'acqua

I possibili interventi da prevedere lungo gli alvei nel settore di monte dei corsi d'acqua fanno riferimento alla necessità di stabilizzarne l'alveo e realizzare dei sistemi per trattenere il materiale solido trasportato che potrebbe occludere o comunque compromettere la capacità di portata degli attraversamenti di valle.

In particolare, sul Rio Castello, si segnala la necessità di portare a termine gli interventi già previsti dalle ordinanze M.I. n. 3088/2000 e Commissario di Governo n. 1222/2000 relativamente al "Piano di interventi infrastrutturali di emergenza per la riduzione del rischio". Tali interventi si riferiscono alla realizzazione di due vasche di accumulo e di una serie di briglie selettive in cascata, oltre alla sistemazione idraulica dell'alveo mediante l'impiego di gabbioni metallici. Il completamento degli interventi previsti e la risagomatura dei tratti a monte delle briglie stesse potrà incrementare la capacità di invaso del materiale solido movimentato.

Ulteriori linee di intervento si riferiscono inoltre:

- al ripristino della funzionalità delle briglie presenti sul torrente San Gennaro, con relativa manutenzione delle opere, pulizia del materiale depositato e risagomatura dell'alveo a monte al fine di aumentare il volume disponibile per raccogliere il materiale trasportato;
- ricerca di eventuali altri tratti su cui realizzare delle briglie selettive.

Adeguamento degli attraversamenti nel tratto urbano

L'adeguamento degli attraversamenti potrà essere perseguito attraverso interventi a carattere infrastrutturale, ma anche mediante specifiche azioni di tipo manutentivo, capillari e ad alto livello di efficacia, da prevedersi sistematicamente su tutti i manufatti idraulici presenti nel Comune di Cervinara, che, a fronte di un costo contenuto, permettono di ottenere in tempi brevi risultati tangibili in termini di miglioramento delle condizioni di deflusso.

In particolare, in seguito ad una fase preliminare di ricognizione e diagnosi dello stato di fatto e di programmazione in ordine di priorità/livello di pericolosità, occorrerà prevedere:


- il ripristino delle sezioni originarie degli attraversamenti, parzialmente ridotte a causa di depositi di materiale trasportato e vegetazione, mediante operazioni di pulizia e rimozione degli accumuli sul fondo;
- rimozione del rivestimento di fondo nei tratti in cui sono stati realizzati interventi localizzati e posticci, prescindendo dalla sistemazione complessiva del corso d'acqua e ripristino del profilo di fondo originario (cfr. opere CADX04, CADX08, CA03, CO07, ecc.);
- spostamento dei sottoservizi che determinano un ingombro e un restringimento della sezione idraulica (cfr. CA10 sul T. Castello).




Analogamente a quanto evidenziato per i settori di monte, anche per gli attraversamenti e per il settore di valle si segnala l'esistenza di interventi già previsti dalle ordinanze M.I. n. 3088/2000 e Commissario di Governo n. 1222/2000 "*Torrente Sacco: ripristino e ricavamento vecchio alveo tra*

la via Variante e l'area ASI" e "Torrente Cinque Vie: ripristino funzionalità idraulica del corso d'acqua", la cui attivazione consentirà di migliorare le condizioni di deflusso dei due corsi d'acqua e, in particolare, di eliminare le criticità presenti sull'opera CADX02.

Al fine di effettuare una verifica idraulica preliminare delle possibili opzioni di intervento atte a ridurre il rischio di esondazione dei corsi d'acqua in esame e ad eliminare le criticità locali in corrispondenza di ponticelli e tombini inadeguati, è stata condotta una serie di simulazioni numeriche i cui principali risultati sono riassunti al paragrafo successivo.

Si riporta di seguito l'elenco delle le opere idrauliche risultate idraulicamente insufficienti con l'indicazione delle linee di intervento per il miglioramento delle condizioni di deflusso.



Torrente Castello	
Stato attuale attraversamento	Intervento suggerito
<p>CA03: Ponticello ad arco in muratura a cui si è sovrapposto un allargamento della strada di 1 metro per senso di marcia. Parzialmente ostruito da rifiuti e trasporto solido. Il letto del corso d'acqua risulta cementato. Intorno alla metà degli anni ottanta, il fondo del torrente è stato cementato, eliminando le briglie esistenti e riducendo la luce in corrispondenza del ponticello. L'alveo a monte e a valle dell'attraversamento è completamente rivestito, in cls oppure in pietrame e cls. La luce del ponticello è visibilmente inadeguata.</p> 	<p>L'intervento prevede di rimuovere il rivestimento di fondo esistente, riprofilare l'alveo abbassando il fondo scorrevole in corrispondenza del manufatto di attraversamento ad una quota compatibile con il tratto di competenza (cfr. intervento "Tratto a cavallo dell'opera CA03").</p>
<p>CA08: A valle dell'opera due salti da 1.5 m di altezza ed un attraversamento di dimensioni 3.0x2.0 m. Si tratta di una passerella in cls che, attraversando il fosso, permette l'accesso ad una abitazione.</p> 	<p>L'intervento prevede di rimuovere il rivestimento di fondo esistente, riprofilare l'alveo abbassando il fondo scorrevole in corrispondenza del manufatto di attraversamento ad una quota compatibile con il tratto di competenza (cfr. intervento "Tratto a valle opera CA08").</p>
<p>CA10: Luce parzialmente ostruita da sottoservizi in tubazioni a differente diametro (0.5-1.50m). Sotto allo scatolare esiste un salto di 0.70m.</p> 	<p>L'intervento prevede lo spostamento dei sottoservizi che parzializzano la sezione di deflusso e/o eventualmente riprofilatura localizzata dell'alveo con abbassamento del livello di fondo in corrispondenza del manufatto di attraversamento.</p>



Torrente Castello	
<p><i>Stato attuale attraversamento</i></p> <p>CA11: Tratto a valle completamente rivestito in cls (fondo) e muratura in pietra (sponde). Presenza di salti di fondo di altezza 0.5-1.0m.</p> 	<p><i>Intervento suggerito</i></p> <p>L'intervento prevede una riprofilatura localizzata dell'alveo con abbassamento del livello di fondo in corrispondenza del manufatto di attraversamento.</p>
<p>Affluente destro torrente Castello</p> <p>CADX02: L'opera di attraversamento è costituita da due tubi tipo ARMCO di ondulato metallico. L'opera si presenta parzialmente intasata per deposito di materiali fini e rifiuti.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e la sostituzione, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere delle tubazioni esistenti con condotte di diametro superiore o con un tombino a sezione rettangolare di dimensioni compatibili al deflusso della portata di progetto.</p>
<p>CADX04: Ponticello ad arco di attraversamento stradale in muratura. Altezza H variabile tra 45 e 75 cm. Il lato di monte presenta argini e letto cementificati. Nel lato di valle il ponticello è stato tombato dalla realizzazione di un garage e relativo accesso per un transito lineare di 15 m. La parte a valle risulta incassata con difese spondali in muratura larghe 3 m e sponde oltre il piano campagna di 1 m per un tratto di circa 200 m.</p> 	<p>L'intervento prevede di rimuovere il rivestimento di fondo esistente, riprofilare l'alveo abbassando il fondo scorrevole in corrispondenza del manufatto di attraversamento ad una quota compatibile con il tratto di competenza (cfr. intervento "Tratto da CADX09 a CADX02").</p>

Affluente destro torrente Castello	
<i>Stato attuale attraversamento</i>	<i>Intervento suggerito</i>
<p>CADX09: Tombino rettangolare. Il corso d'acqua attraversa l'urbanizzato. Per circa 40 metri, a monte dell'attraversamento, il fondo del corso d'acqua è rivestito in cemento, poi riprende l'alveo naturale che si presenta parzialmente ostruito da detriti e vegetazione. Anche a valle è presente un tratto completamente rivestito.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e la rimozione del rivestimento di fondo esistente a valle dell'opera, la riprofilatura dell'alveo abbassando il fondo scorrevole in corrispondenza del manufatto di attraversamento ad una quota compatibile con il tratto di competenza (cfr. intervento "Tratto da CADX09 a CADX02").</p>
<p>CADX10A: A monte imbocco, tratto completamente rivestito fino ad opera CA10A.</p>  <p>A monte il corso è rappresentato da un tratto tombato di 1m di larghezza e 0.7m di altezza, spessore 0.4m e lunghezza 5m parzialmente intasato a monte da materiale detritico e vegetazionale.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e la sostituzione, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere della tubazione esistente con una condotta di diametro superiore o con un tombino a sezione rettangolare di dimensioni compatibili al deflusso della portata di progetto, la rimozione della sistemazione di fondo esistente e la riprofilatura con approfondimento e, il ripristino del rivestimento di fondo (cfr. intervento "Tratto da CADX10 a CADX10A").</p>

<p>Torrente Conca</p>	
<p><i>Stato attuale attraversamento</i></p>	<p><i>Intervento suggerito</i></p>
<p>CO02: Verso valle il ponte si restringe da H=1.5m a H=1m e da L=3m a L=1.5m</p> 	<p>L'intervento prevede il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere del tombino, mantenendo a valle le stesse dimensioni di monte o comunque dimensioni compatibili al deflusso della portata di progetto. L'intervento sul tratto di valle (cfr. intervento "Tratto da CO02 a CO01") prevede la pulizia dell'alveo, la rimozione della sistemazione di fondo esistente, la riprofilatura con approfondimento e, dove possibile, allargamento della sezione e il ripristino finale del rivestimento di fondo.</p>
<p>Torrente Pirozza</p>	
<p>PI02: L'alveo a monte è naturale, largo 3.5 metri e alto 2. A valle il fondo è cementato e si presenta parzialmente intasato da vegetazione, detrito e rifiuti. Circa 50 metri a monte c'è un ponticello largo 1.80 metri e alto 1.30</p> 	<p>L'intervento prevede il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere del tombino, la pulizia dell'alveo da vegetazione, rifiuti e altri depositi; la rimozione della sistemazione di fondo esistente di valle e la riprofilatura con approfondimento e, dove possibile, allargamento della sezione d'alveo e il ripristino del rivestimento di fondo (cfr. intervento "Tratto da PI02 a PI01").</p>
<p>Affluente destro Torrente Pirozza</p>	
<p>PIDX01: Il corso d'acqua scorre in alveo naturale; parzialmente ostruito da detriti e rifiuti.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e la sostituzione, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere della tubazione esistente con una condotta di diametro superiore o con un tombino a sezione rettangolare di dimensioni compatibili al deflusso della portata di progetto.</p>

Torrente S. Gennaro	
<p><i>Stato attuale attraversamento</i></p> <p>SG02: Presenza di 3 tubazioni una con diametro da 1 metro e due con diametro di 0.6 metri. Sezione trapezoidale a monte. A valle, sezione rettangolare rivestita in cls</p> 	<p><i>Intervento suggerito</i></p> <p>L'intervento prevede la sostituzione, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere delle tubazioni esistenti con condotte di diametro superiore o con un tombino a sezione rettangolare di dimensioni compatibili al deflusso della portata di progetto.</p>
<p>SG05: Tratto tombato</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere del tombino.</p>
<p>SG06: Attraversamento stradale via Scaccano. Vegetazione in alveo nel tratto a monte. Presenza di salto di circa 1m a circa 40m a monte.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere del tombino.</p>

Torrente S. Gennaro	
<i>Stato attuale attraversamento</i>	<i>Intervento suggerito</i>
<p>SG07: Attraversamento via de Balzo (cimitero) lunghezza 8m. Ponticello ad arco con diametro di 3m. Alveo a valle con molta vegetazione. Salto di 1m a circa 20m a monte dell'attraversamento.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere dell'attraversamento.</p>
<p>SG09: Attraversamento stradale via Vigna. Presenza di tre tubi con diametro 1.5m affiancati. Circa 30m a valle salto (forse ex briglia cementata). Tratto a valle rivestito in pietrame L=7m. Tratto a monte più stretto e più vegetato. Briglia circa 60m a monte h=1.5m.</p> 	<p>L'intervento prevede la sostituzione, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere delle tubazioni esistenti con condotte di diametro superiore o con un tombino a sezione rettangolare di dimensioni compatibili al deflusso della portata di progetto.</p>

Affluente sinistro torrente S. Gennaro	
Stato attuale attraversamento	Intervento suggerito
<p>SGSX01: Sbocco a valle in corrispondenza di SG03.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere, dell'imbocco di monte del tratto tombato del corso d'acqua.</p>
<p>SGSX03: Tratto tombato di circa 40m. Canale a monte rivestito in pietra su sponda destra e fondo, muro in cls sponda sinistra con h=1.5m lato strada. Canale lato valle con vegetazione, sponda in terra.</p> 	<p>L'intervento prevede la pulizia dell'alveo, il rifacimento, compatibilmente con eventuali sottoservizi e/o vincoli di altro genere del tombino e la riprofilatura della sezione di valle.</p>

Analisi idraulica condotta per verificare l'efficacia degli interventi sugli attraversamenti

La simulazione numerica impostata per la verifica degli attraversamenti è stata condotta impiegando il modello idrodinamico basato sul codice di calcolo MIKE Flood del DHI Water Environment Health. A tale scopo, il modello è stato opportunamente adattato come segue:

- è stato disattivato il collegamento con il modulo bidimensionale MIKE 21 in quanto la finalità progettuale è quella di contenere le portate di piena in alveo e di evitare le esondazioni;
- è stato modificato il modulo monodimensionale MIKE 11 eliminando tutte le strutture inserite originariamente per rappresentare l'effetto dei ponticelli e tombini: in questo modo è possibile simulare il deflusso negli alvei in assenza di ostruzioni locali nell'ipotesi di intervenire adeguando tutti gli attraversamenti stradali o tombinature esistenti.

Con il modello è stata condotta un'unica simulazione imponendo come condizioni al contorno quelle relative all'evento di precipitazione critico di durata 0,5 ore con tempo di ritorno 200 anni (denominato "evento 1") già considerato nelle analisi idrodinamiche dello stato di fatto.

Qui di seguito sono riportati in sintesi i risultati della simulazione condotta, ovvero i profili longitudinali di corrente lungo tutti i rami dei corsi d'acqua simulati, nei tratti compresi tra lo sbocco vallivo e l'attraversamento ferroviario. I profili riportano le seguenti informazioni:

- inviluppo dei peli liberi massimi raggiunti nel corso della simulazione (linea blu riferita all'asse delle ordinate sinistro);
- inviluppo dei valori delle portate al colmo raggiunti nel corso della simulazione (linea rossa riferita all'asse delle ordinate destro);
- profilo longitudinale di fondo alveo;
- profilo di sponda sinistra (linea tratteggiata);
- profilo di sponda destra (linea continua);
- traccia delle sezioni trasversali d'alveo presenti nel modello con indicazione della corrispondente progressiva di identificazione;
- localizzazione dei ponticelli e tombinature attualmente esistenti, inseriti nel modello MIKE Flood di simulazione dello stato attuale ed eliminati nel modello in esame per la simulazione dello scenario di progetto; ogni struttura è individuata dal codice impiegato nel "Catasto delle opere idrauliche".

In base all'analisi dei risultati ottenuti si può affermare quanto segue:

- sul torrente Castello (Figg. B1 e B2) l'adeguamento dei ponti definiti insufficienti nelle analisi idrauliche della situazione attuale (CA11, CA10, CA08 e CA03) risolve i problemi locali di esondazione; a monte del rilevato ferroviario permangono comunque rischi di esondazione a causa dell'evidente diminuzione della pendenza di fondo alveo;
- sull'affluente di destra del torrente Castello (Fig. B3) l'adeguamento dei ponti insufficienti CADX09, CADX04 e CADX02 risolve i problemi locali di esondazione; rimangono tratti di corso

d'acqua (compreso quello a cavallo dell'opera CADX10) con capacità di portata insufficiente, da ottimizzare con interventi di risagomatura e regolarizzazione del fondo alveo con locali abbassamenti dello stesso ove possibile;

- sul torrente San Gennaro (Fig. B4) l'adeguamento dei ponti attualmente insufficienti (SG09, SG07, SG06, SG05 e SG02) risolve i problemi locali di esondazione; a monte del rilevato ferroviario, come per il torrente Castello, permangono comunque rischi di esondazione a causa dell'evidente diminuzione della pendenza di fondo alveo e della scarsa capacità di portata dell'alveo che risulta poco inciso;
- anche sull'affluente in sinistra del torrente San Gennaro per eliminare i rischi di esondazione è necessario adeguare i ponti e tombini attualmente insufficienti;
- sul torrente Conca (Fig. B5) è possibile eliminare i minori rischi di esondazione adeguando l'opera CO02;
- sul torrente Pirozza (Fig. B6) l'adeguamento delle opere insufficienti dovrebbe essere accompagnato da locali abbassamenti del fondo alveo e/o risagomature dell'alveo;
- sull'affluente in destra del torrente Pirozza (Fig. B7) è sufficiente eliminare i rischi di esondazione adeguando le due opere attualmente insufficienti.

Le analisi condotte sono da ritenere di carattere preliminare; la progettazione definitiva degli interventi di mitigazione del rischio idraulico dovranno pertanto essere basati su specifici rilievi topografici effettuati in campo, seguiti da verifiche idrauliche di dettaglio atte a dimostrare l'efficacia degli interventi stessi.

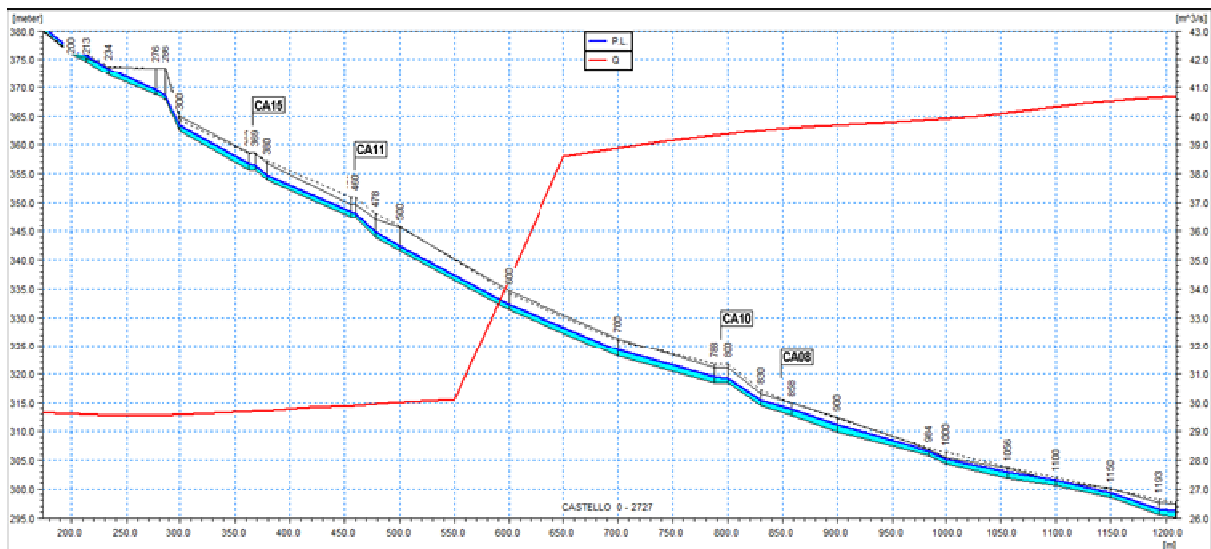


Figura B1. Profili longitudinali di corrente lungo il torrente Castello.

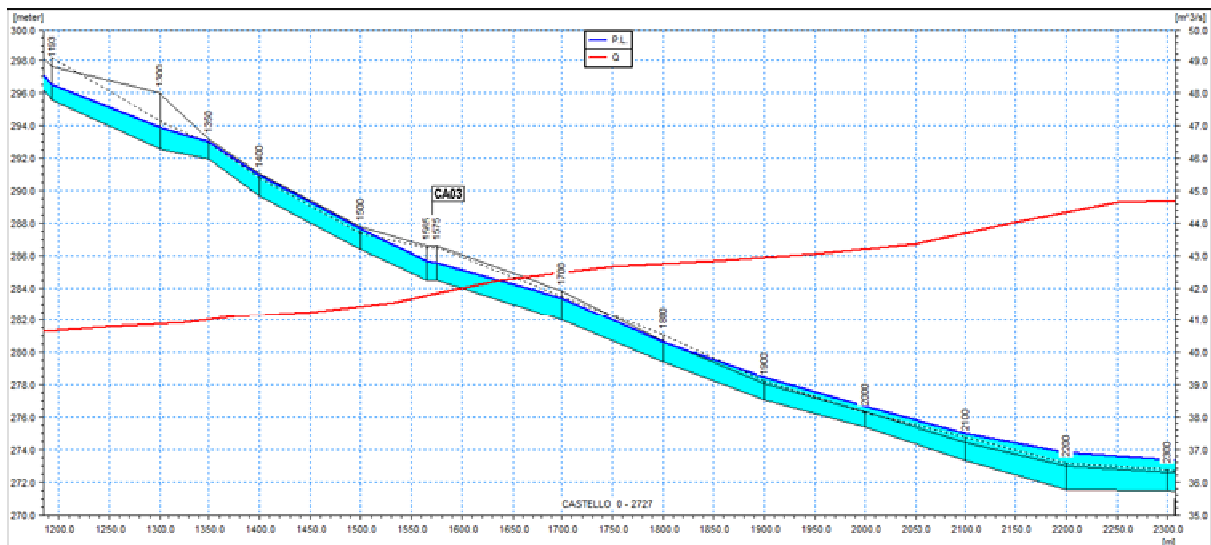


Figura B2. Profili longitudinali di corrente lungo il torrente Castello.

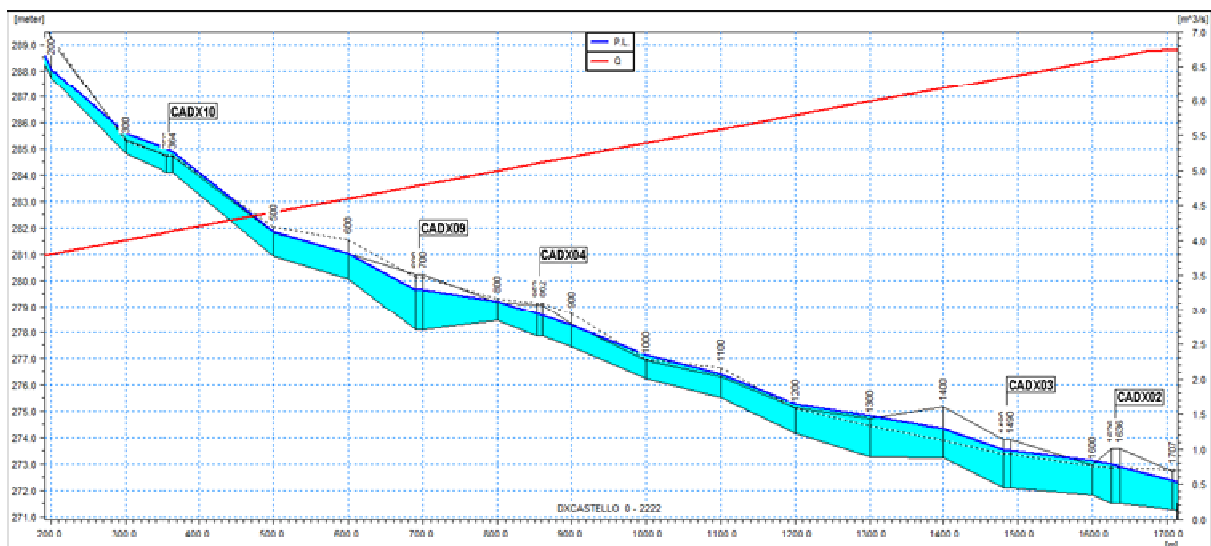


Figura B3. Profili longitudinali di corrente lungo l'affluente di destra del torrente Castello.

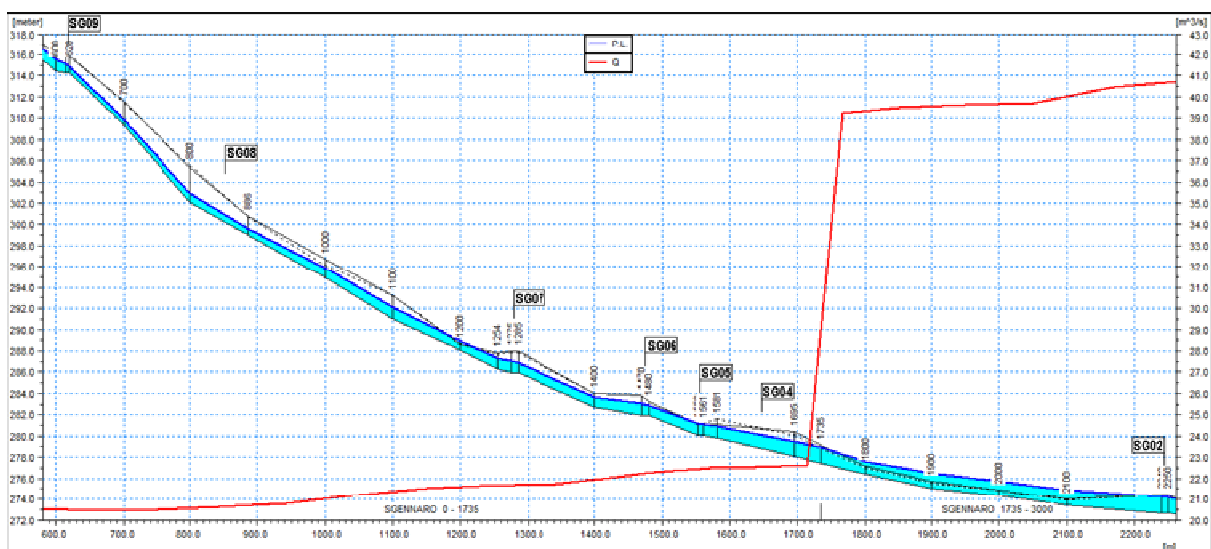


Figura B4. Profili longitudinali di corrente lungo il torrente S. Gennaro.

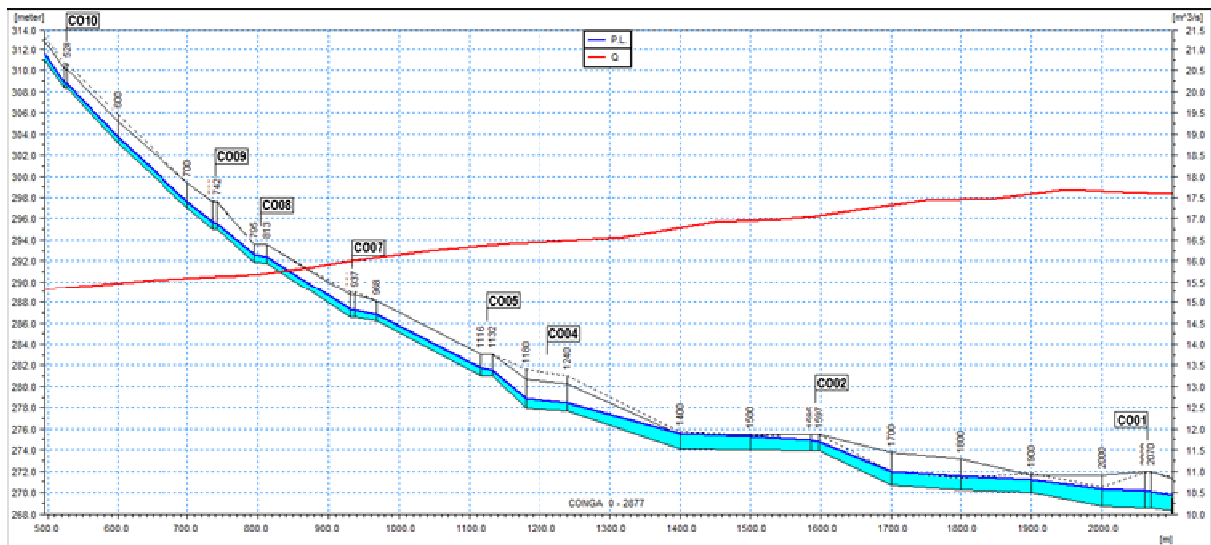


Figura B5. Profili longitudinali di corrente lungo il torrente Conca.

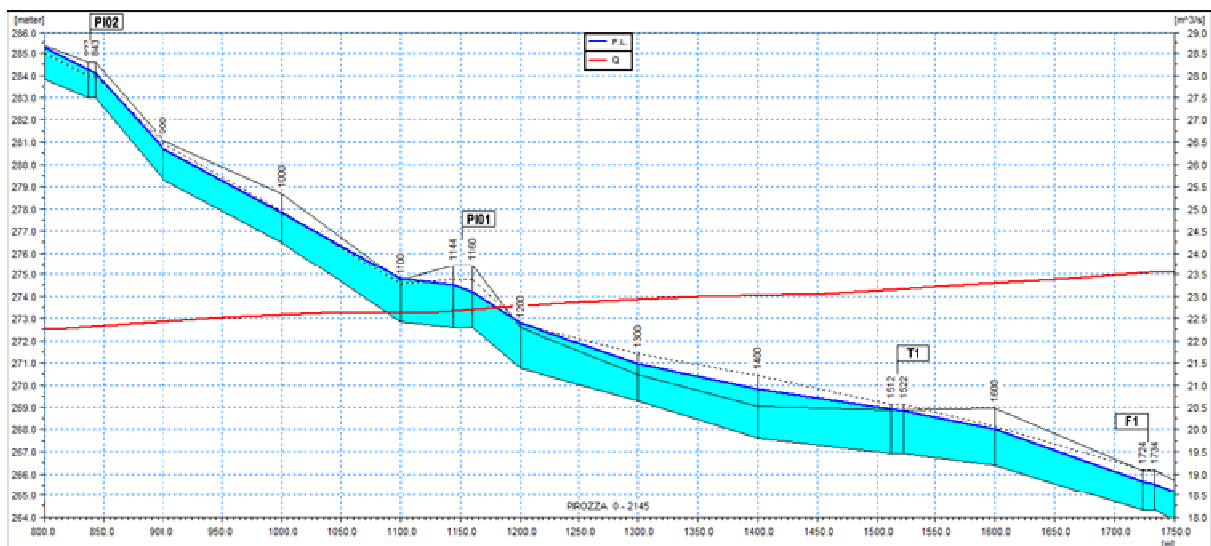


Figura B6. Profili longitudinali di corrente lungo il torrente Pirozza.

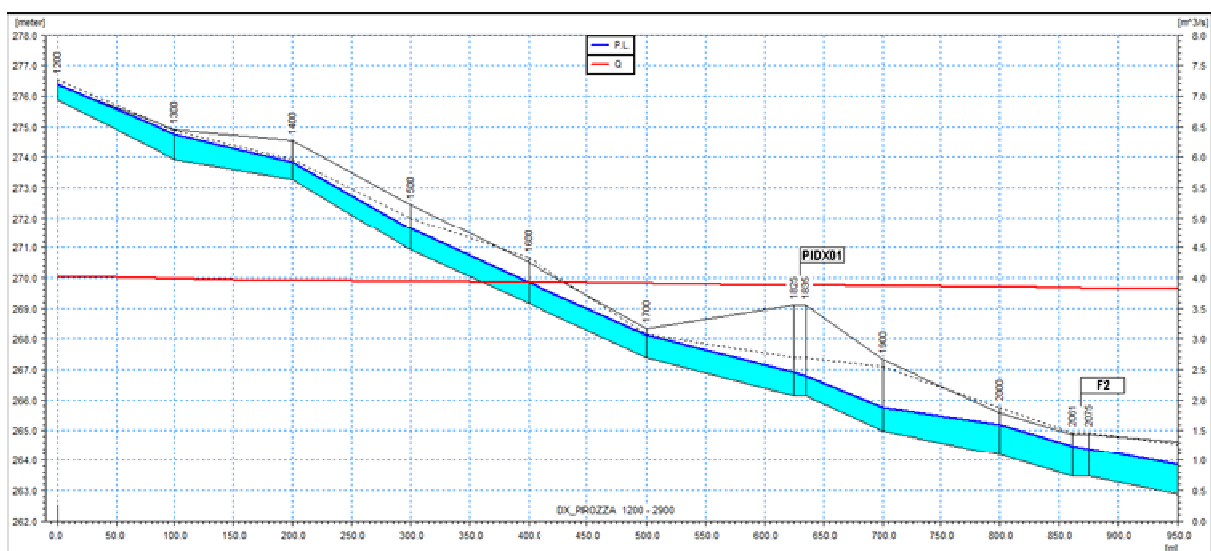


Figura B7. Profili longitudinali di corrente lungo l'affluente in destra del torrente Pirozza.

Adeguamento dei tratti canalizzati nel settore urbanizzato

Dall'analisi dei profili idraulici e dei risultati delle simulazioni idrauliche presentati al precedente paragrafo, emergono sui corsi d'acqua alcuni tratti in cui, in condizioni di piena, si verificano dei sormonti spondali. Previo adeguamento degli attraversamenti, gli interventi in progetto possono essere mirati prioritariamente a risolvere le criticità di tali tratti, prevedendo i seguenti interventi:

- manutenzione dell'alveo mediante rimozione di rifiuti e depositi di materiale trasportato, sfalcio della vegetazione ecc.;
- controllo della continuità delle sponde e interventi localizzati di ripristino delle sponde stesse;
- riprofilatura e abbassamento localizzato del fondo scorrevole,
- altri interventi specifici in funzione delle caratteristiche del tratto in esame.

I tratti interessati e i relativi interventi proposti sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Torrente Castello

- *Tratto a valle opera CA08*

L'intervento previsto comprende la rimozione della sistemazione di fondo esistente, la riprofilatura, l'approfondimento della sezione d'alveo e il ripristino del rivestimento di fondo.



- *Tratto a cavallo dell'opera CA03*

L'intervento prevede la rimozione della sistemazione di fondo esistente, la riprofilatura, l'approfondimento della sezione d'alveo e il ripristino del rivestimento di fondo.



- *Tratto a monte dell'opera CA02*

L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e delle sponde da vegetazione, rifiuti e altri depositi al fine di migliorare le condizioni di deflusso. Nel tratto indicato non verrà risolto il sormonto spondale individuato nei profili idraulici in quanto l'area circostante risulta disabitata e adatta a costituire un polmone di laminazione della portata di piena.



Affluente destro torrente Castello

▪ *Tratto a cavallo dell'opera CADX10*

L'intervento nel tratto indicato prevede:

- la pulizia dell'alveo da vegetazione, rifiuti e altri depositi;
- rimozione sistemazione di fondo esistente, dove presente;
- riprofilatura con approfondimento e, dove possibile, allargamento della sezione d'alveo;
- ripristino del rivestimento di fondo.



▪ *Tratto da CADX09 a CADX02*

L'intervento nel tratto indicato prevede:

- la pulizia dell'alveo da vegetazione, rifiuti e altri depositi;
- rimozione sistemazione di fondo esistente, dove presente (tratto a cavallo opera CADX04, tratto valle opera CADX09);
- riprofilatura con approfondimento e, dove possibile, allargamento della sezione d'alveo;
- ripristino del rivestimento di fondo.



Torrente Conca

Tratto da CO02 a CO01

L'intervento nel tratto indicato prevede:

- la pulizia dell'alveo da vegetazione, rifiuti e altri depositi (particolarmente tratto subito a monte di CO01);
- rimozione sistemazione di fondo esistente, dove presente;
- riprofilatura con approfondimento e, dove possibile, allargamento della sezione d'alveo;
- ripristino del rivestimento di fondo.



Torrente Pirozza

Tratto da PI02 a PI01

L'intervento nel tratto indicato prevede:

- la pulizia dell'alveo da vegetazione, rifiuti e altri depositi;
- rimozione sistemazione di fondo esistente, dove presente;
- riprofilatura con approfondimento e, dove possibile, allargamento della sezione d'alveo;
- ripristino del rivestimento di fondo.



Tratto da PI01 a tombino su SS374

L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e delle sponde da vegetazione, rifiuti e altri depositi al fine di migliorare le condizioni di deflusso. Nel tratto indicato non verrà risolto il sormonto spondale individuato nei profili idraulici in quanto l'area circostante risulta disabitata e adatta a costituire un polmone di laminazione della portata di piena.



Torrente San Gennaro

▪ Tratto da SG04 a SG02

L'intervento prevede la pulizia dell'alveo e delle sponde da vegetazione, rifiuti e altri depositi al fine di migliorare le condizioni di deflusso. Nel tratto tra SG03 e SG02 non verrà risolto il sormonto spondale individuato nei profili idraulici in quanto l'area circostante risulta disabitata e adatta a costituire un polmone di laminazione della portata di piena.



Affluente sinistro torrente San Gennaro

▪ Tratto da SGSX01 a SG03

L'intervento sul tratto tombato prevede la pulizia della canalizzazione e la rimozione di eventuali ostacoli al deflusso e lo studio di eventuali aperture del tombamento con coperture grigliate, al fine di consentire la fuoriuscita della portata in eccesso durante il colmo di piena e il suo ritorno nella sezione canalizzata una volta smaltito il picco.



BIBLIOGRAFIA

Cascini L., Sorbino G. (2003) Opere di protezione per i fenomeni di colata. Atti delle Conferenze di Geotecnica di Torino XIX Ciclo. Torino, novembre 4-6.

Hungr O., Evans S.G., Bovis M.J., Hutchinson J.N. (2001) A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238

Leroueil S., Locat J., Vaunat J., Picarelli L., Faure R. (1996). Geotechnical characterisation of slope movements. *Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides*, (Ed. K. Senneset) Trondheim, Norway, Balkema, Rotterdam. Vol. 1, pp. 53-74.

Pierson T.C., Costa J.E. (1987) A rheologic classification of subaerial sediment-water flows, in *Debris Flows/Avalanches: Process, Recognition, and Mitigation*, *Rev. Eng. Geol.*, vol. 7, edited by J. E. Costa and G. F. Wieczorek, , Geol. Soc. of Am., Boulder, Colorado, pp. 1-12.

Van Dine D.F. (1996) Debris flow control structures for forest engineering. British Columbia Ministry of Forests Research Program Working Paper 22.

Varnes, D.J. (1984) Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. *The International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements. Natural Hazards 3–63* (Paris, France. ISBN 92-3- 101895-7).

Versace P., Altomare P., Serra M.(2005) interventi strutturali per la riduzione del rischio di colata. il modello Sarno. convegno nazionale su la mitigazione del rischio da colate di fango a Sarno e negli altri comuni colpiti dagli eventi del maggio 1998. Napoli, 2 e 3 maggio 2005 - Sarno 4 e 5 maggio 2005. In: *Quaderni del CAMIlab*, anno 3, numero 3, novembre 2008.