

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL V.C.O.



COMUNE DI DOMODOSSOLA

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE VARIANTE STRUTTURALE 02 - PROGETTO PRELIMINARE -

- Circolare P.G.R. del 08.05.1996, n° 7/LAP "Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici", e successiva Nota Tecnica Esplicativa di dicembre 1999
- D.G.R. del 07/04/2014 n. 64-7417, "Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica"

Elab. GEO 11	ANALISI MONOGRAFICA DELLE CONOIDI ALLUVIONALI, CON VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA SUI RII MINORI	Allegato 2
-----------------	---	---------------

Data Stesura: Aprile 2022 Aggiornamenti: Settembre 2024, giugno 2026		Adozione Progetto Preliminare Adozione Progetto Definitivo
IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	IL SINDACO Lucio Pizzi	IL PROGETTISTA Dott. Geol. F. D'Elia

Sommario

1. METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEI CONOIDI	1
1.1 Metodo di Aulitzky (1973)	1
1.2 Indice di Melton	5
1.3 Determinazione della magnitudo	6
1.3.1 Metodo di Takei	6
1.3.2 Metodo di Marchi	6
1.3.3 Metodo di Hampel	6
1.3.4 Metodo di Ceriani	7
1.3.5 Commento dei dati ottenuti	7
2. BREVI ANALISI IDROLOGICHE DEI RII MINORI (RIANA, ZONCALINA, CAVALLI)	9
2.1 Caratteristiche morfometriche dei bacini imbriferi	9
2.2 Calcolo degli afflussi	11
2.3 Calcolo dei deflussi	12
3. VERIFICHE IDRAULICHE LUNGO I RII MINORI (RIANA, ZONCALINA, CAVALLI)	15
3.1 Metodologia	15
3.2 Risultati	16
3.2.1 Rio Riana	17
3.2.2 Rio Zoncalina	18
3.2.3 Rio dei Cavalli	19
4. STATO DI FATTO E COMMENTO ALLE CLASSIFICAZIONI DI PERICOLOSITÀ	20
4.1 Rio Deseno	20
4.1.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide	20
4.1.2. Pericolosità del conoide	21
4.2 T. Bogna	22
4.2.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide	22
4.2.2. Pericolosità del conoide	25
4.2.3. Idoneità delle opere di difesa e regimazione idraulica	26
4.3 Rio Riana	29
4.3.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide	29
4.3.2. Pericolosità del conoide	29
4.4 Rio Zoncalina	30
4.4.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide	30
4.4.2. Pericolosità del conoide	31
4.5 Rio Cavalli	32
4.5.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide	32
4.5.2. Pericolosità del conoide	33
4.6 Rio Anzuno	34
4.6.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide	34
4.6.2. Pericolosità del conoide	34
5. SCHEDE RIASSUNTIVE DI RILEVAMENTO DEI CONOIDI	36
5.1 Conoide alluvionale del Rio Deseno	36
5.2 Conoide alluvionale del T. Bogna	38
5.3 Conoide alluvionale del Rio di Anzuno	42

1. METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEI CONOIDI

Per la valutazione del grado di pericolosità geomorfologica dei conoidi del Rio Deseno, T. Bogna, Rio Riana, Rio Zoncalina, Rio dei Cavalli e Rio Anzuno, sono stati rilevati i caratteri fisici di ogni conoide; il rilievo di dettaglio ha permesso di definire le caratteristiche morfologiche e tipologiche essenziali, unitamente a vari dati dimensionali sia del conoide che dell'alveo.

In secondo luogo sono stati applicati differenti metodi di valutazione della pericolosità da esondazione e di stima della magnitudo di un possibile evento alluvionale.

Premesso che la stima del trasporto di sedimenti, che possono essere coinvolti da un torrente, costituisce una problematica fondamentale per la valutazione del rischio a cui sono sottoposte le aree soggette ad alluvioni, sono state considerate in questo lavoro diverse relazioni empiriche, le quali tentano di dare una stima quantitativa sulla base di diversi parametri.

Va detto innanzitutto che i singoli metodi sono stati elaborati secondo un criterio statistico: i vari Autori si sono basati infatti su situazioni reali e specifiche. Una tale condizione limita quindi notevolmente l'uso di tali metodi quando vengono riferiti a casi diversi da quelli per cui sono stati formulati: le differenze litologiche, morfologiche e climatiche infatti, possono essere tali da non rendere confrontabili aree differenti e l'applicazione delle relazioni considerate può risultare in realtà opinabile. La litologia, ad esempio, risulta essere, a parità di estensione del bacino, un parametro in grado di amplificare anche di due o tre volte il volume di sedimenti prodotto da un *debris flow*; allo stesso modo le precipitazioni possono manifestarsi con intensità differente, dando luogo ad eventi impulsivi e violenti.

In particolare si vuole sottolineare che i vari metodi si riferiscono a aree geograficamente molto distanti (Giappone per il metodo di Takei) oppure a contesti fisiografici diversi, quali le Alpi austriache e svizzere (metodi di Aulitzky e Rickenmann) o trentine (lavori di Marchi). Tali contesti differiscono sensibilmente per diversi motivi (litologia, morfologia, clima) dall'ambito geografico nel quale si colloca il territorio in esame, situato in ambiente di ampio fondovalle alpino. E' evidente pertanto che l'applicazione dei metodi sopra elencati può fornire risultati non pienamente rappresentativi sia dell'effettivo grado di pericolosità che della magnitudo alle quali sono soggetti i conoidi.

È stata inoltre consultato lo studio del 2003 "*Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica*", redatto da ARPA Piemonte - Settore Studi e Ricerche Geologiche – Sistema Informativo Prevenzione Rischi.

Nei paragrafi seguenti verranno brevemente presentati i metodi utilizzati per la stima della pericolosità e della magnitudo di una possibile colata. Per quanto riguarda la prima, sono stati presi in considerazione due metodi: il METODO DI AULITZKY e l'INDICE DI MELTON; per la seconda le relazioni proposte da TAKEI, MARCHI, HAMPEL e CERIANI.

1.1 METODO DI AULITZKY (1973)

Il metodo si basa sull'osservazione ed il rilevamento in campagna dei cosiddetti "segni muti" che ogni torrente lascia lungo il suo conoide e che, se giustamente interpretati, danno una buona indicazione

dell'entità di eventi di piena antichi, presupponendo che quanto avvenuto in passato possa eventualmente ripetersi in futuro.

La prima operazione consiste nel cartografare le possibili vie preferenziali di disalveamento, sulla base delle osservazioni della morfologia del terreno, fatte sia con sopralluoghi sia con l'aiuto delle foto aeree, al fine di restringere l'area nella quale sviluppare le successive indagini; segue poi il rilevamento specifico che consiste nel rispondere a sei domande. Per ciascuna di esse il metodo prevede quattro possibili risposte alle quali sono associati quattro diversi punteggi (si veda tabella a pagina seguente, tratta dal citato studio "*Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica*").

I quesiti riguardano la dimensione massima del materiale trasportato o eroso di recente, il massimo spessore del singolo strato dei depositi, la pendenza del conoide, la copertura vegetale predominante, la morfologia del terreno, le condizioni di deflusso.

Al fine di valutare in modo adeguato i processi dominanti, il conoide viene suddiviso in settori: a ciascun settore (che non è necessariamente assimilabile ad una figura geometrica regolare) viene associato un punteggio in funzione della risposta ai quesiti sopra elencati. Alle aree con uguale punteggio sono associati specifici colori, al fine di rappresentare in carta, separatamente, ciascuna domanda: sovrapponendo le carte parziali così ottenute e dividendo il punteggio ottenuto in ciascun settore per il numero dei parametri analizzati, si ottiene il punteggio finale, che viene confrontato con la seguente classificazione di pericolosità:

punteggio totale < 1.6	PERICOLOSITÀ BASSA
$1.6 \leq \text{punteggio totale} \leq 2.6$	PERICOLOSITÀ MEDIA
punteggio totale > 2.6	PERICOLOSITÀ ALTA

Il risultato finale è rappresentato da una carta della pericolosità nella quale sono differenziati i vari settori dei conoidi, redatta su base catastale a varia scala: la presenza di settori a differenti pericolosità, evidenziati a livello grafico, ha permesso di operare distinzioni in merito alla Classificazione di Sintesi, nell'ambito della pianificazione territoriale, scopo della presente indagine.

I criteri di utilizzo del metodo Aulitzky, relativamente alla domanda n. 6, sono stati integrati, applicando la modifica proposta da Ceriani et alii al metodo di Aulitzky originale (*Valutazione della pericolosità geologica sulle conoidi*, 1998): per definire le condizioni di deflusso, sono state considerate anche le possibili linee di espansione delle colate sul corpo del conoide, in base alla morfologia ed agli elementi antropici interferenti (strade, ponti, opere di difesa, ecc.). La domanda 6 pertanto viene così integrata:

- a) lungo l'alveo sezione strozzata, curve; sul conoide fenomeni di trasporto di massa (debris-flow) e/o fenomeni torrentizi con portate prevalentemente liquide con elevate capacità erosive e di trasporto = punti 4;
- b) lungo l'alveo sezione critica; sul conoide si hanno fenomeni di trasporto di massa e/o torrentizi con intensità sensibilmente inferiore al punto a) = punti 3;
- c) lungo l'alveo sezione poco ostacolata; sul conoide deflusso caratterizzato da trasporto limitato di detrito ghiaioso-sabbioso con altezze idriche ridotte (dm) = punti 2;

- d) lungo l'alveo sezione facilitata; sul conoide deflusso caratterizzato da altezze idriche minime (cm) = punti 1.

Si ritiene necessario, inoltre, precisare che, sempre per quanto riguarda le condizioni di deflusso, sono state sviluppate apposite valutazioni idrauliche sulla capacità dei canali in conoide, di far defluire più o meno agevolmente le portate di piena previste.

Le rappresentazioni grafiche relative alle domande n. 5 e n. 6, inoltre, sono complementari fra loro: laddove, nell'ambito del conoide, vi sono superfici elevate o molto elevate (domanda 5), a queste non sono state assegnate condizioni di deflusso (domanda 6), che sono invece state definite per le aree potenzialmente raggiungibili da colate.

In conclusione, si può affermare che il metodo di Aulitzky, pur costituendo un valido elemento per l'analisi della pericolosità geomorfologica delle conoidi, rappresenta solo in parte le reali condizioni di pericolosità, in quanto non considera l'attenuazione del rischio per gli effetti migliorativi delle opere di sistemazione idraulica; nella definizione dei livelli di idoneità urbanistica del territorio, si è inoltre tenuto conto delle informazioni fornite dall'analisi storica dei danni relativi agli eventi alluvionali pregressi, che rappresentano un elemento di fondamentale importanza, nell'ambito della valutazione della pericolosità del territorio.

Infine si evidenzia che, per tutti i conoidi, non è stato possibile applicare il punteggio relativo alla domanda n° 2, non essendo state rinvenute in sopralluogo sezioni naturali o artificiali che fornissero elementi stratigrafici adeguati per valutare lo spessore di singole colate. Per tutte le altre domande, laddove possibile, i dati sono stati interpolati tra loro ed estesi alla superficie del conoide, in maniera da facilitare la redazione della carta della pericolosità.

OSSERVAZIONI E DOMANDE	PUNTEGGIO	OSSERVAZIONI E DOMANDE	PUNTEGGIO
1. <i>Dimensione massima del materiale trasportato o eroso di recente</i> a) >1 mc b) 0.2 ÷ 1 mc c) 0.01 ÷ 0.2 mc d) < 0.01 mc	4 3 2 1	5. <i>Morfologia del terreno in relazione all'erosione:</i> a) Creste detritiche e canali erosivi con blocchi grossolani che possono essere identificati come segnalatori di zone ad alta velocità della colata b) forme di deposito poco definite create dallo spargimento della colata o a causa della sua rideposizione c) Superfici elevate al di sopra del torrente inciso nel conoide, che potrebbero essere interessate solo per il blocco del flusso d) Superfici molto elevate sull'incisione torrentizia, non raggiungibili dall'eventuale colata.	4 3 2 1
2. <i>Massimo spessore del singolo strato dei depositi riconoscibili, differenziato dall'orizzonte unifero o da uno strato con differente struttura:</i> a) > 1 m e oltre b) 0.5 ÷ 1 m c) 0.1 ÷ 0.5 m d) < 0.1 m	4 3 2 1		
3. <i>Pendenza del cono di deiezione:</i> a) > 15% b) 7 ÷ 15% c) 2 ÷ 7% d) < 2%	4 3 2 1		
4. <i>Attuale copertura vegetale predominante:</i> a) Vegetazione pioniera su terreno ciottoloso con i primi larici e abeti. b) Alberi (pini, abeti e larici) di età diversa, su un terreno grossolano e ghiaioso. c) Caratterizzata dalle predominanza di prati interrotti da trincee di massi e suolo sassoso. d) Assenza di trincee di massi, terrazzamenti e minor presenza di materiale sassoso nel suolo.	4 3 2 1	6. <i>Condizioni di deflusso:</i> a) Presenza di ostacoli nel dominio interessato (es. ponti, canali di piccolo diametro, restringimenti, sbarramenti) o altre strutture che possono impedire il libero deflusso a monte, lateralmente o a valle del punto studiato (piani estesi con gradinate minori del 3%, deviazioni brusche, restringimenti lungo il canale ricevente) che potrebbero indurre l'abbandono del letto anche per colate di minima entità b) Situazione simile al punto precedente eccetto che solo tronchi e grossi massi possono forzare l'abbandono del canale c) Assenza di ostacoli significativi, ma per contro canale poco inciso; relativa facilità nello scarico della colata nel ricevente d) Canale ben formato nella parte superiore che può facilmente fare scorrere la colata	4 3 2 1

1.2 INDICE DI MELTON

Il numero di Melton è un importante parametro per la valutazione del grado di pericolosità di un conoide: si tratta infatti, di un indice espressivo delle sue condizioni di rilievo ed acclività.

Tale indice viene determinato con l'espressione:

$$Mel = A^{-0.5} (H_{max} - H_{min})$$

in cui

- A è la superficie del bacino in km^2 ;
- $(H_{max} - H_{min})$ è la differenza, espressa in km, fra la quota massima del bacino e la quota della sezione di chiusura, che coincide generalmente con l'apice del conoide.

Appartengono alla categoria dei bacini a rischio di *debris flow* e/o *debris flood* quelli caratterizzati da valori di Mel e della pendenza S del conoide (espressa in gradi), tali da soddisfare la disequazione:

$$S > 7 - 14 \cdot Mel$$

Nel caso in cui non sia presente o non sia morfologicamente ben definito il cono di deiezione, occorre far riferimento unicamente al numero di Melton: se quest'ultimo supera il valore critico di 0.5 si ha rischio di *debris flow* e/o *debris flood*.

È possibile considerare la tipologia dei fenomeni alluvionali ai quali è soggetto un conoide, mettendo in relazione l'indice di Melton e la pendenza dei conoidi. Diagrammando tali dati, si ottiene una ripartizione dei processi costitutivi dei conoidi in tre classi: *conoidi da debris flow*, *da trasporto solido* e *di tipo misto*.

Per i bacini analizzati, si ottengono i seguenti risultati:

- Rio Deseno: ($A = 5,81 \text{ km}^2$; $H_{max} - H_{min} = 2.05 \text{ km}$) l'indice dei Melton è di 0.88 e la pendenza media del conoide risulta pari a circa il 6%; l'Indice di Melton supera il valore critico di 0,5 quindi si ha il rischio di debris flow e/o debris flood.
- Rio Riana: ($A = 1,00 \text{ km}^2$; $H_{max} - H_{min} = 0.892 \text{ km}$) l'indice dei Melton è di 0.892 e la pendenza media del conoide risulta pari a circa 3.75%; l'Indice di Melton supera il valore critico di 0,5 quindi si ha il rischio di debris flow e/o debris flood.
- Rio Zoncalina: ($A = 0,99 \text{ km}^2$; $H_{max} - H_{min} = 0.903 \text{ km}$) l'indice dei Melton è di 0.907 e la pendenza media del conoide risulta pari a circa 4.6%; l'indice di melton supera il valore critico di 0,5 quindi si ha il rischio di debris flow e/o debris flood.
- Rio dei Cavalli: ($A = 0,810 \text{ km}^2$; $H_{max} - H_{min} = 0.694 \text{ km}$) l'indice dei Melton è di 0.771 e la pendenza media del conoide risulta pari a circa 2.2%; l'Indice di Melton supera il valore critico di 0,5 quindi si ha il rischio di debris flow e/o debris flood.
- Rio Anzuno: ($A = 3,46 \text{ km}^2$; $H_{max} - H_{min} = 1.58 \text{ km}$) l'indice dei Melton è di 0.85 e la pendenza media del conoide risulta pari a circa il 10%; l'Indice di Melton supera il valore critico di 0,5 quindi si ha il rischio di debris flow e/o debris flood.

1.3 DETERMINAZIONE DELLA MAGNITUDO

1.3.1 Metodo di Takei

Takei nel suo lavoro “*Interdependence of sediment budget between individual torrents and a river system*” (1984) propone una semplice relazione per la stima dei volumi rimobilizzati da un fenomeno di *debris flow*, utilizzando i dati, raccolti sistematicamente tra il 1972 e il 1977, relativi a 551 eventi verificatisi in Giappone.

L'equazione utilizzata per il calcolo della magnitudo delle colate detritiche (in m³) è la seguente:

$$M = 13600 \cdot A^{0,61}$$

dove A è la superficie del bacino idrografico (in km²).

Il valore dell'esponente nell'espressione evidenzia un incremento della magnitudo, all'aumentare della superficie del bacino, meno accentuata rispetto ai bacini dell'Italia settentrionale. Ciò sembra essenzialmente dovuto alla presenza, fra i dati giapponesi, di numerosi eventi di notevole gravità in bacini di piccole dimensioni (< 0.5 km²) (L. Marchi, P.R. Tecca, 1996).

1.3.2 Metodo di Marchi

Un metodo che richiama molto da vicino quello di Takei è quello cosiddetto di “Marchi”, che mostra la relazione diretta tra la superficie del bacino idrografico e il valore di magnitudo.

Marchi & Tecca (1996) hanno raccolto i dati sulla magnitudo delle colate detritiche, ovvero sul volume complessivo dei materiali depositati durante un singolo evento, per circa 45 *debris flow* avvenuti nelle Alpi Orientali a partire dal secolo scorso.

Dal loro lavoro risulta che per bacini di superficie compresa tra 0.1 e 20 km² la magnitudo (espressa in m³) può essere calcolata mediante la semplice equazione:

$$M = 70000 \cdot A$$

dove A è la superficie del bacino (espressa in km²).

Lo studio ha messo in luce che un'attenuazione dell'incremento della magnitudo al crescere dell'area del bacino sembra delinarsi solo per le unità idrografiche di maggiore estensione. Tale attenuazione può essere attribuita alla possibilità che solo parte dell'unità idrografica sia interessata dagli eventi torrentizi.

E' stata proposta dall'Autore anche la seguente equazione

$$M = 10000 \cdot A$$

utilizzato tuttavia per bacini con A < 10 km².

1.3.3 Metodo di Hampel

Hampel (1977) propone un'ulteriore formula empirica per lo studio della magnitudo delle colate detritiche, nella quale vengono calcolati i volumi di sedimento trasportati dalle stesse in base all'area del bacino e alla pendenza del conoide alluvionale:

$$M = 150 \cdot A \cdot (S - 3)^{2.3}$$

dove

A = area del bacino espressa in km^2 ;

S = pendenza del conoide in %.

La formula è applicabile per bacini con area $A < 10 \text{ Km}^2$; nel caso di conoidi alluvionali poco acclivi, cioè con $S < 10\%$, la formula di Hampel dà luogo ad una netta sottostima dei volumi di sedimenti trasportati (Marchi e Tecca, op. cit.) rispetto alla realtà; nel caso in cui le pendenze dei conoidi siano invece maggiori, risulta essere cautelativa rispetto ai dati disponibili per i debris flow effettivamente avvenuti.

1.3.4 Metodo di Ceriani

Il metodo è stato messo a punto per le valli lombarde, quindi con condizioni litologiche non del tutto paragonabili rispetto a quanto affiora nei bacini esaminati (assenza di sedimenti carbonatici).

La relazione proposta è la seguente:

$$M = k \cdot (A_b)^a \cdot (M_b)^b \cdot (Scl_c)^c \cdot (I.F.)^{-d} \cdot 1000$$

dove M è la magnitudo in mc;

$k = 3$ per debris flood associato a bedload ($M_b < 0.5$); $= 5.4$ per debris flow ($M_b > 0.5$);

A_b = area bacino (km^2);

M_b = numero di Melton;

Scl_c = pendenza media del conoide in percentuale;

$I.F.$ = indice di frana, $= 1$ se sono presenti frane rilevanti interagenti con il reticolo idrografico; $= 2$ se sono presenti frane non direttamente collegate al reticolo idrografico; $= 3$ se non sono presenti frane significative nel bacino;

a, b, c, d = costanti ricavate dall'analisi statistica e pari rispettivamente a 1, 0.8, 1, 2.

1.3.5 Commento dei dati ottenuti

I valori di magnitudo, espressi in m^3 , ottenuti dall'applicazione dei metodi sopra presentati, sono riassunti nella tabella seguente:

CONOIDE	TAKEI	MARCHI (1)	MARCHI (2)	HAMPEL	CERIANI
<i>Rio Deseno</i>	M = 39781	M = 406700	M = 58100	M = 10913	M = 18883
<i>Rio Riana</i>	M = 13600	M = 70000	M = 10000	M = 77,3	M = 2053
<i>Rio Zoncalina</i>	M = 13516	M = 69300	M = 9900	M = 437,72	M = 2527
<i>Rio dei Cavalli</i>	M = 11959	M = 56700	M = 8100	/	M = 868
<i>Rio Anzuno</i>	M = 28998	M = 242200	M = 34600	M = 44933	

Come già accennato, questi valori vanno presi come stime indicative; le forti differenze di magnitudo ottenute sono infatti dovute ai diversi parametri impiegati da ciascun metodo: sarebbe pertanto auspicabile,

avere a disposizione un metodo creato su misura per il territorio in esame, infatti, la stima della magnitudo di un evento di trasporto solido torrentizio di tipo estremo può essere operata con difficoltà ricorrendo ad una metodologia puramente deterministica, poiché le variabili idrologiche, sedimentologiche e morfologiche coinvolte nel fenomeno sono affette da un non trascurabile grado di incertezza e da una distribuzione disomogenea all'interno del bacino.

Metodo di Takei: il metodo appare sufficientemente affidabile, basandosi su un'ampia casistica, i valori ottenuti appaiono verosimili, sebbene per i corsi d'acqua con i bacini di minore estensione (Riana, Zoncalina, Cavalli), la magnitudo potrebbe essere sovrastimata.

Metodo di Marchi: si basa su una casistica decisamente inferiore rispetto a quella di Takei; per quanto riguarda il Rio Deseno e in parte, il Rio Anzuno, i valori ottenuti appaiono sovrastimati.

Metodo di Hampel: il metodo non è affidabile con basse pendenze ed infatti, per il conoide del Rio dei Cavalli, la formula non risulta calcolabile, data la bassa pendenza, mentre per gli altri corsi d'acqua, la magnitudo delle colate detritiche è sicuramente sottostimata.

Metodo di Ceriani: la metodologia desta perplessità, legate alla tipologia dei materiali affioranti.

Si ritiene di poter affermare, pertanto, che i valori di magnitudo attesi, per possibili eventi di debris flow, saranno compresi tra le grandezze ricavate con i metodi di Takei e Marchi (2).

Per quanto riguarda, invece, la propagazione dei flussi di trasporto solido di massa, in caso di esondazioni in conoide, diventa particolarmente importante l'analisi morfologica del conoide stesso, in quanto i deflussi vengono influenzati sia dalla presenza di forme antropiche (aree depresse, barriere impermeabili, ecc.), sia in base ai dati di acclività, discriminando tra valori maggiori o minori di 3° sessagesimali, essendo questo il limite indicato in letteratura al di sotto del quale si verifica l'arresto di un flusso detritico.

2. BREVI ANALISI IDROLOGICHE DEI RII MINORI (RIANA, ZONCALINA, CAVALLI)

Come accennato al cap. 1, nel territorio di Domodossola, i corsi d'acqua che hanno edificato delle conoidi significative, sono (da Nord a Sud): Rio Deseno, T. Bogna, Rio Riana, Rio Zoncalina, Rio dei Cavalli e Rio Anzuno.

Le caratteristiche morfometriche dei corsi d'acqua principali (Rio Deseno, T. Bogna, Rio Anzuno), sono conosciute, sia perché trattate in maniera approfondita nello studio geologico del P.R.G. vigente di Domodossola, sia perché oggetto di passate, specifiche indagini idrologiche ed idrauliche, a supporto della progettazione di opere di difesa (con particolare riferimento al T. Bogna).

Nel presente capitolo, pertanto, vengono principalmente sviluppati ed approfonditi gli aspetti relativi ai corsi d'acqua minori (Rio Riana, Rio Zoncalina e Rio dei Cavalli), per i quali non vi sono dati, richiamando semplicemente i dati pregressi relativi ai corsi d'acqua maggiori.

2.1 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEI BACINI IMBRIFERI

Al fine di acquisire gli elementi necessari a procedere all'analisi dettagliata degli aspetti idrologici caratteristici dei bacini imbriferi del Rio Riana, Rio Zoncalina, Rio dei Cavalli, è stato innanzitutto necessario procedere a delimitare il bacino di interesse su base topografica ed a definirne, quindi, le caratteristiche morfometriche.

La quota media (h_m) è stata ricavata come media ponderata delle altezze medie (h_i) di un certo numero di superfici parziali (S_i) delimitate da curve di livello in cui viene suddivisa tutta la superficie del bacino (S), secondo la formula di seguito indicata:

$$h_m = \frac{\sum h_i \times S_i}{S}$$

dove:

h_i = quota media della superficie i-esima, cioè media dei valori delle due curve di livello che delimitano tale superficie (m);

S_i = area della superficie i-esima (m^2);

S = area del bacino (m^2)

Per il calcolo della pendenza media del bacino (i_m) si è ricorsi al metodo proposto da Horton (1914), riferendosi cioè alla seguente formula:

$$i_m = \frac{e \times \sum l_i}{S}$$

dove:

e = equidistanza tra le curve di livello (m);

$\sum l_i$ = lunghezza complessiva delle linee di livello comprese nel bacino (m);

S = area del bacino (m^2).

Nelle tabelle seguenti vengono riassunti i caratteri fisici e geometrici dei vari bacini imbriferi.

Rio Deseno:

B A C I N O					A S T A	
Superficie (kmq)	H max (m s.l.m.) (P.zo Albiona)	H chiusura (m s.l.m.) (apice conoide)	H media (m s.l.m.)	Pendenza media (%)	Lungh. asta (km): dal lago di Andromia (1930 m)	Pendenza media asta (%)
5,814	2400	350	/	/	5,652	28

T. Bogna:

B A C I N O					A S T A	
Superficie (kmq)	H max (m s.l.m.) (P.zo Straciugo)	H chiusura (m s.l.m.) (P.te Mocogna)	H media (m s.l.m.)	Pendenza media (%)	Lungh. asta: spartiacque ÷ sez. di chiusura (km)	Pendenza media asta (%)
81,2	2712	280	1597	68	14,50	9

Rio Riana (o Crosa):

B A C I N O					A S T A	
Superficie (kmq)	H max (m s.l.m.)	H chiusura (m s.l.m.)	H media (m s.l.m.)	Pendenza media (%)	Lungh. asta: spartiacque ÷ sez. di chiusura (km)	Pendenza media asta (%)
1,005	1210	318	773	41	2,470	36

Rio Zoncalina:

B A C I N O					A S T A	
Superficie (kmq)	H max (m s.l.m.)	H chiusura (m s.l.m.)	H media (m s.l.m.)	Pendenza media (%)	Lungh. asta: spartiacque ÷ sez. di chiusura (km)	Pendenza media asta (%)
0,994	1215	312	814,24	45	2,981	30

Rio dei Cavalli:

B A C I N O					A S T A	
Superficie (kmq)	H max (m s.l.m.)	H chiusura (m s.l.m.)	H media (m s.l.m.)	Pendenza media (%)	Lungh. asta: spartiacque ÷ sez. di chiusura (km)	Pendenza media asta (%)
0,809	980	286	578,73	40	2,132	32

Rio Anzuno:

B A C I N O					A S T A	
Superficie (kmq)	H max (m s.l.m.) (Moncucco)	H chiusura (m s.l.m.) (apice conoide)	H media (m s.l.m.)	Pendenza media (%)	Lungh. asta: spartiacque ÷ sez. di chiusura (km)	Pendenza media asta (%)
3,46	1898	300	/	/	4,109	38

2.2 CALCOLO DEGLI AFFLUSSI

Per i corsi d'acqua minori (**Rio Riana, Rio Zoncalina e Rio dei Cavalli**), sono stati sviluppati i calcoli degli afflussi meteorici, propedeutici alle verifiche idrauliche.

Il calcolo delle precipitazioni è stato effettuato considerando la curva di probabilità pluviometrica e, quindi, la relazione che lega l'altezza d'acqua caduta, in assenza di perdite, alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Utilizzando, come comunemente usata, la relazione:

$$h(t) = at^n$$

dove:

$h(t)$ = valore annuale max di precipitazione di durata t , che può essere raggiunto o superato ogni T anni;

a, n = parametri il cui valore dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona in cui si trova la stazione di misura;

sono state elaborate le curve di probabilità pluviometrica per vari tempi di ritorno ed è stato ricavato il valore della precipitazione massima di durata pari al tempo di corrvazione.

L'Allegato n. 3 della Direttiva n. 2 del PAI fornisce i parametri "a" e "n" relativi alla regionalizzazione effettuata su tutto il territorio del bacino del Fiume Po, per $Tr = 20, 100, 200$ e 500 anni, da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica; in particolare, il bacino imbrifero del Rio Riana e del Rio Zoncalina, risultano compresi pressoché interamente nella seguente cella della griglia di discretizzazione delle piogge intense, individuata con la sigla BT47:

CELLA BT47	Tr = 20		Tr = 100		Tr = 200	
	a	n	a	n	a	n
Coordinate UTM: E 443000 N 51070000	38,68	0,503	49,55	0,496	54,14	0,492

Mentre il bacino del Rio dei Cavalli, risulta compreso pressoché interamente nella seguente cella della griglia di discretizzazione delle piogge intense, individuata con la sigla BU47:

CELLA BU47	Tr = 20		Tr = 100		Tr = 200	
	a	n	a	n	a	n
Coordinate UTM: E 445000 N 51070000	40,10	0,490	51,51	0,481	56,32	0,476

2.3 CALCOLO DEI DEFLUSSI

Le portate sono state valutate con il metodo razionale, esplicabile con la formula:

$$Q_C = 0,278 \cdot \frac{c \cdot h(t) \cdot S}{T_c}$$

dove:

Q_c = portata al colmo (m^3/s)

c = coefficiente di deflusso

$h(t)$ = altezza di precipitazione per t pari al tempo di corrivazione T_c (mm)

S = superficie del bacino (km^2)

T_c = tempo di corrivazione (ore)

Questo metodo per il calcolo delle portate è basato sulle seguenti assunzioni:

- il bacino viene considerato come entità unica e la precipitazione viene considerata uniforme sul bacino;
- il tempo di ritorno della pioggia e della portata è lo stesso e la durata delle fasi di formazione e di riduzione del colmo di piena è la stessa;
- la durata dell'intensità di pioggia coincide con il tempo di corrivazione T_c .

Il *tempo di corrivazione* (T_c) è il tempo necessario perché, in un dato bacino di area S , tutte le particelle d'acqua defluenti giungano alla sezione sottesa.

Per la sua valutazione si è impiegata la formula di Giandotti, che considera la pendenza della rete come funzione dell'altitudine media del bacino idrografico (H_m), rispetto alla sezione di chiusura (H_0):

$$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Tale formula, tarata su numerose esperienze reali, è, tra l'altro, consigliata dallo Schema Previsionale e Programmatico per il Risanamento Idrogeologico del Bacino del Fiume Toce.

Il *coefficiente di deflusso* si definisce come il rapporto fra il volume dell'acqua che defluisce attraverso una data sezione e il corrispondente afflusso in un certo arco di tempo.

Occorre distinguere fra coefficiente di deflusso annuo e coefficiente di deflusso di piena da utilizzarsi nel metodo cinematico: il primo consente di evidenziare le passività o le attività del bilancio idrologico del bacino stesso nell'intero arco di un anno, il secondo consente di evidenziare il rapporto fra deflussi e afflussi al colmo di piena raggiunto dopo un tempo pari al tempo di corrivazione.

Il coefficiente di deflusso tiene conto di tre fattori:

- il fattore di ragguaglio c_r della precipitazione alla superficie del bacino idrografico considerato;
- il fattore di trattenuta del terreno c_d , funzione della capacità di assorbimento del terreno (rapporto tra l'altezza di pioggia netta e l'altezza di pioggia totale);
- il fattore di laminazione c_l , che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

Per la sua valutazione si è fatto riferimento alle considerazioni contenute nelle Norme di Attuazione della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"

del PAI, le quali evidenziano come “il parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, che spesso sono adattabili con difficoltà alle effettive condizioni del bacino in studio.

Gli studi disponibili, per altro in numero piuttosto limitato, indicano tutti che il valore di c in un dato bacino varia in misura elevata da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti; è possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili.

Normalmente per i bacini di piccole dimensioni si trascura l'effetto di invaso, mentre un'indicazione dei valori da attribuire al fattore di trattenuta del terreno è fornita nella letteratura scientifica come di seguito riportato:

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, (Ven Te Chow, 1964)

TIPO DI SUOLO	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

I vari bacini presentano caratteristiche analoghe, relativamente al tipo di copertura vegetale ed alle pendenze medie, nonché sulla natura e permeabilità dei litotipi che li caratterizzano; è stato possibile, pertanto, dare una valutazione univoca del coefficiente di deflusso, pari a 0,40.

Sulla base di quanto elaborato, vengono di seguito riportati i risultati relativi ai bacini considerati, per i differenti tempi di ritorno.

Rio Riana	tempo di ritorno – T_r (anni)	altezza di pioggia – $h(T_c)$ (mm)	Portata al colmo – Q_c (m^3/s)
$T_c = 0,45$ ore $c = 0,40$	20	25,95	6,4
	100	33,42	8,3

Rio Zoncalina	tempo di ritorno – T_r (anni)	altezza di pioggia – $h(T_c)$ (mm)	Portata al colmo – Q_c (m^3/s)
$T_c = 0,47$ ore $c = 0,40$	20	26,51	6,2
	100	34,14	8,0

Rio dei Cavalli	tempo di ritorno – Tr (anni)	altezza di pioggia – h(Tc) (mm)	Portata al colmo – Qc (m ³ /s)
Tc = 0,52 ore c = 0,40	20	29,01	5,0
	100	37,48	6,5

I valori di portata sopra indicati si riferiscono a portate di sola acqua, senza nessuna aliquota di trasporto solido; sulla base delle osservazioni fatte in sito e delle conoscenze, ottenute dalle analisi idrologiche pregresse, circa lo stato di dissesto che caratterizza i bacini idrografici del Rio Riana, Rio Zoncalina e Rio dei Cavalli, è ragionevole supporre che, durante eventi di piena straordinari, le portate liquide sopra determinate subiscano un incremento dovuto alla mobilitazione ed alla presa in carico da parte della corrente di materiale solido, di medio-piccola pezzatura, presente in alveo o dovuto a locali fenomeni erosivi lungo le sponde, con possibili debris flood, limitatamente alla zona apicale.

Incrementando, quindi, le suddette portate di una aliquota cautelativa, dovuta al trasporto solido, pari al 25%, si ottengono i seguenti valori di portata di piena, per i differenti tempi di ritorno:

Rio Riana

tempo di ritorno – Tr (anni)	Portata al colmo, comprensiva di trasporto solido (m ³ /s)
20	≅ 8,0
100	≅ 10,3

Rio Zoncalina

tempo di ritorno – Tr (anni)	Portata al colmo, comprensiva di trasporto solido (m ³ /s)
20	≅ 7,8
100	≅ 10,0

Rio dei Cavalli

tempo di ritorno – Tr (anni)	Portata al colmo, comprensiva di trasporto solido (m ³ /s)
20	≅ 6,3
100	≅ 8,2

3. VERIFICHE IDRAULICHE LUNGO I RII MINORI (RIANA, ZONCALINA, CAVALLI)

A supporto della classificazione delle conoidi con il Metodo di Aulitzky, con riferimento alle condizioni di deflusso lungo l'alveo, sono state analizzate le tratte regimate del Rio Riana, Rio Zoncalina e Rio dei Cavalli, nell'ambito delle rispettive conoidi edificate, osservando e rilevando lo stato di consistenza/efficienza dei manufatti di regimazione presenti.

Nell'ambito di ciascuna tratta in conoide, sono state individuate le sezioni critiche, che sono state sottoposte a verifiche di compatibilità idraulica, in relazione ai possibili scenari di massima piena, precedentemente determinati.

3.1 METODOLOGIA

Sulla base degli esiti dell'analisi idrologica afflussi-deflussi, è stato possibile effettuare il calcolo della capacità di smaltimento dei deflussi delle sezioni d'alveo maggiormente critiche, per ciascuno dei corsi d'acqua in esame, nelle tratte canalizzate analizzate.

La metodologia utilizzata ha fatto riferimento alle condizioni di moto uniforme, secondo cui le dimensioni della minima sezione di deflusso, che consenta lo smaltimento di una data portata, possono essere determinate, nota la portata stessa, valutando la velocità di deflusso del corso d'acqua.

Considerando una sezione di deflusso dell'alveo, la massima portata smaltibile è data dalla seguente relazione:

$$Q = V \cdot A$$

in cui:

- Q = massima portata smaltibile (m^3/s),
- V = velocità media della corrente (m/s),
- A = area della sezione di deflusso (m^2).

In condizioni di moto uniforme, la velocità media della corrente può essere determinata mediante la seguente relazione:

$$V = \chi \cdot (R \cdot i)^{1/2}$$

dove:

- χ = coefficiente di attrito, ricavato con la formula di Kutter:

$$\chi = \frac{100 \cdot \sqrt{R \cdot i}}{m + \sqrt{R \cdot i}}$$

- m = indice di scabrezza di Kutter,
- R = raggio idraulico, dato dal rapporto tra area della sezione di deflusso (A) e perimetro bagnato (P),
- i = pendenza dell'alveo nel tratto considerato.

NATURA DELLE PARETI	γ	m
1. Pareti di cemento perfettamente lisciate o di tavole piallate o tubazioni di eternit	0,06	0,12
2. Pareti di cemento lisciate o di tavole piallate o tubazioni di acciaio senza saldatura	0,10	0,15
3. Pareti di intonaco ordinario, grès ceramico, lamiera sottile con chiodature poco sporgenti, ghisa nuova	0,16	0,20
4. Tubazioni in cem. lisciate, con diametro $> 0,40$ m, o tubazioni in lamiera con molte chiodature	0,18	—
5. Calcestruzzo piano, tubi di cem. con giunture frequenti, ghisa in servizio corrente	0,23	0,25
6. Pareti in cem. non bene lisciate, o pareti di tavole grezze, o di muratura ordinaria molto accurata, o in terra molto regolare, o tubi di ghisa in servizio da molti anni, o tubi in lamiera con moltissime chiodature	0,36	—
7. Pareti di cemento male lisciate, o di pietrame ordinario	0,46	0,55
8. Terra irregolare, calcestruzzo grezzo o vecchio, cement-gun, ghisa vecchia	0,85	0,75
9. Canali in terra con lievi depositi di sabbia sul fondo, o con pareti di muratura in cattive condizioni, o con pareti metalliche o rivestite di lamiera con chiodatura ordinaria	1,00	1,25
10. Terra a sez. irregolare con erbe sporgenti, fiumi naturali in letto regolare	1,30	1,75
11. Canali in terra in cattive condizioni, vegetazione sul fondo e sulle sponde, o depositi irregolari di massi e ghiaia .	1,75	2,50
12. Canali di terra in abbandono, con sezione quasi interamente ostruita dalla vegetazione, o corsi naturali con alveo in ghiaia	2,30	3,00
Coefficienti γ della formula di Bazin e Coefficienti m della formula di Kutter		
[da "Manuale tecnico del geometra e del perito agrario" - ed. Signorelli Milano 1973]		

VALORI DELL'INDICE DI SCABREZZA DI KUTTER

3.2 RISULTATI

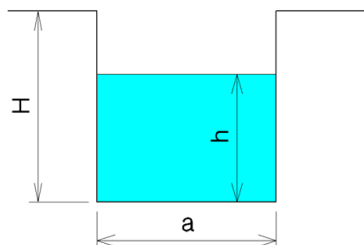
Con riferimento agli elaborati grafici allegati, in cui sono riportate le tracce delle sezioni sottoposte a verifica idraulica (Metodo di Aulitzky – domanda n. 6, condizioni di deflusso), sono state effettuate le verifiche di compatibilità idraulica, relative alla sezione di deflusso più critica, per ognuno dei corsi d'acqua minori considerati.

Di seguito si riportano gli esiti di tali verifiche; per ciascuna sezione i risultati sono riassunti in una tabella e sono esplicitati in un grafico, il quale rappresenta la "scala di deflusso" della sezione d'alveo in esame, che ne rappresenta la capacità di smaltimento delle portate.

Si sottolinea che, le seguenti verifiche idrauliche, sono state sviluppate tenendo conto di un trasporto solido decisamente abbondante (aliquota del 25%), ma senza analizzare scenari con trasporto solido di massa (teoricamente possibile, in base all'Indice di Melton dei conoidi - cap. 1.2): in questo caso, si ritiene che gli eventuali flussi di esondazione, si propagherebbero secondo le "potenziali linee di deflusso, principali e secondarie", rappresentate negli appositi estratti grafici allegati al cap. 4.

3.2.1 Rio Riana

Sezione sottoposta a verifica



CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

CARATTERISTICHE SEZIONE

H	1,30	ALTEZZA [m]	p	3,0%	Pendenza
a	2,00	[m]	m	0,5	Coeff. di scabrosità di Kutter

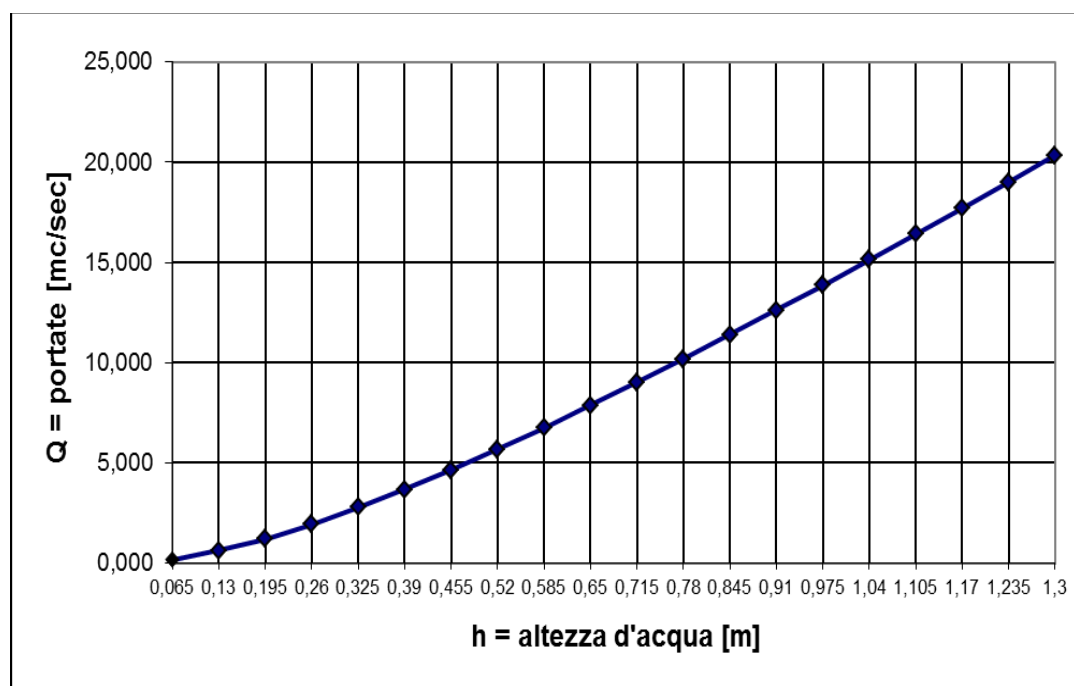
Ubicazione: attraversamento stradale (soletta di copertura sul corso d'acqua)

Pendenza alveo (i) = 3%

Indice di scabrezza di Kutter (m) = 0,5 m^{1/3}/s (pareti in cemento lisciate; fondo alveo lastricato con modesti depositi)

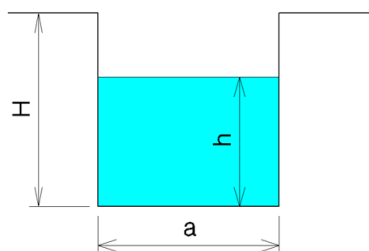
Tr (anni) tempo di ritorno	Q (m ³ /s) portata critica di riferimento	P (m) perimetro bagnato	A (m ²) area di deflusso	R (m) raggio idraulico	χ (-) coefficiente di attrito	V (m/s) velocità di deflusso	h (m) altezza idrica
20	≅ 8,0	3,32	1,32	0,398	55,77	6,09	0,66
100	≅ 10,3	3,58	1,58	0,441	57,06	6,57	0,79

Le portate di piena attese con Tr 100 anni defluiscono con un franco di 0,51 m; solo ostruzioni in corrispondenza dell'opera di attraversamento (tronchi), o fenomeni di debris flood, potrebbero creare una situazione di criticità idraulica.



3.2.2 Rio Zoncalina

Sezione sottoposta a verifica



CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

CARATTERISTICHE SEZIONE					
H	1,20	ALTEZZA [m]	p	4,0%	Pendenza
a	2,50	[m]	m	0,5	Coeff. di scabrosità di Kutter

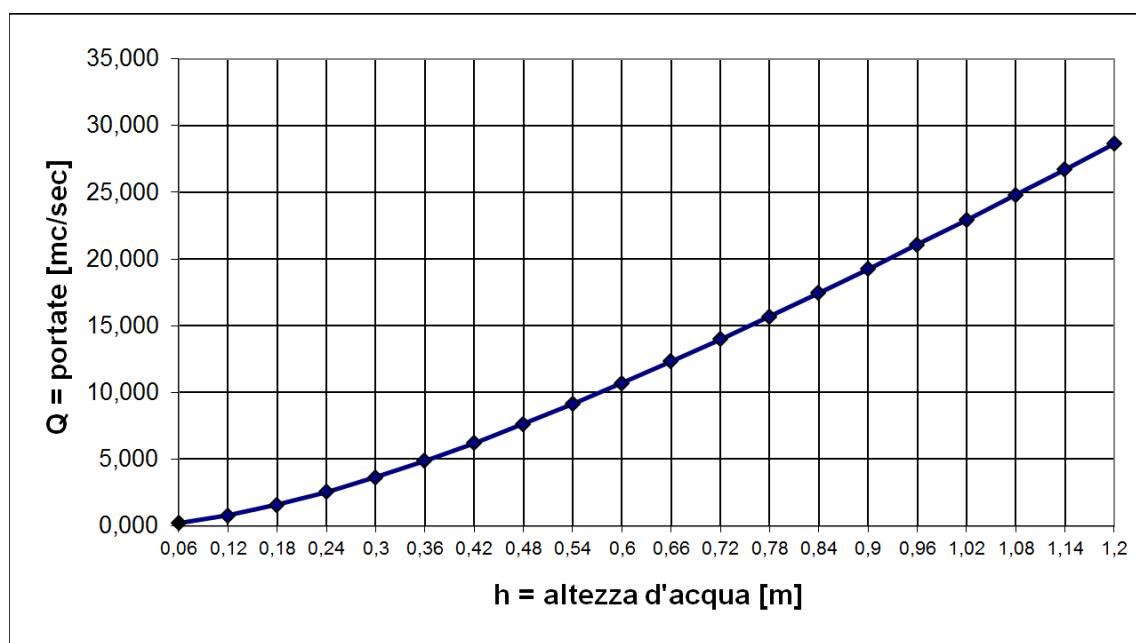
Ubicazione: attraversamento stradale (soletta di copertura sul corso d'acqua per accesso a proprietà privata)

Pendenza alveo (i) = 4%

Indice di scabrezza di Kutter (m) = 0,5 m^{1/3}/s (pareti in cemento lisce; fondo alveo lastricato, localmente ammalorato)

Tr (anni)	Q (m ³ /s)	P (m)	A (m ²)	R (m)	χ (-)	V (m/s)	h (m)
tempo di ritorno	portata critica di riferimento	perimetro bagnato	area di deflusso	raggio idraulico	coefficiente di attrito	velocità di deflusso	altezza idrica
20	≅ 7,8	3,48	1,22	0,352	54,27	6,44	0,49
100	≅ 10,0	3,66	1,45	0,396	55,73	7,02	0,58

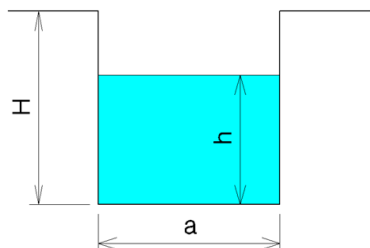
Le portate di piena attese con Tr 100 anni defluiscono con un franco di 0,62 m; solo ostruzioni in corrispondenza dell'opera di attraversamento (tronchi), o fenomeni di debris flood, potrebbero creare una situazione di criticità idraulica.



Si segnala infine una possibile criticità, non verificata, rappresentata dall'immissione a 90°, più a valle, nel Rio Bacenetto (lungo cui defluiscono le portate del Rio Riana).

3.2.3 Rio dei Cavalli

Sezione sottoposta a verifica



CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

CARATTERISTICHE SEZIONE

H	1,30	ALTEZZA [m]	p	3,0%	Pendenza
a	2,00	[m]	m	0,8	Coeff. di scabrosità di Kutter

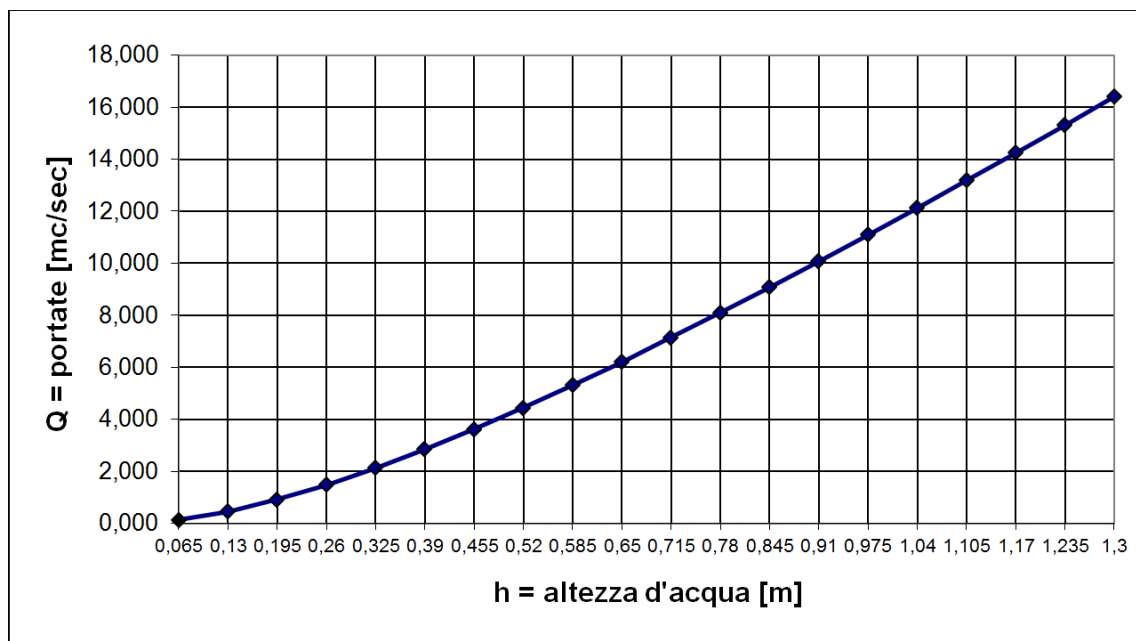
Ubicazione: restringimento del canale, a monte dell'imbocco della tratta coperta

Pendenza alveo (i) = 3%

Indice di scabrezza di Kutter (m) = $0,8 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (pareti in cemento in cattive condizioni)

Tr (anni)	Q (m ³ /s)	P (m)	A (m ²)	R (m)	χ (-)	V (m/s)	h (m)
tempo di ritorno	portata critica di riferimento	perimetro bagnato	area di deflusso	raggio idraulico	coefficiente di attrito	velocità di deflusso	altezza idrica
20	≅ 6,3	3,32	1,32	0,398	44,08	4,81	0,66
100	≅ 8,2	3,58	1,58	0,441	45,37	5,22	0,79

Le portate di piena attese con Tr 100 anni defluiscono con un franco di 0,51 m; solo ostruzioni lungo il canale o in corrispondenza di opere di attraversamento (tronchi o rami di traverso all'alveo), o fenomeni di debris flood, potrebbero creare una situazione di criticità idraulica.



4. STATO DI FATTO E COMMENTO ALLE CLASSIFICAZIONI DI PERICOLOSITÀ

4.1 RIO DESENO

Il Rio Deseno è uno dei corsi d'acqua principali che caratterizzano il territorio di Domodossola; nella tratta montana, che interessa anche il territorio Comunale di Crevoladossola, presenta un alveo in roccia, con forme particolarmente incise, quali gole molto strette e valli con la tipica forma a "V", con versanti aventi dislivelli anche di parecchie decine di metri.

Il materiale proveniente dall'erosione dei rilievi e preso in carico dal corso d'acqua, viene trasportato e deposto allo sbocco con il fondovalle principale, originando la conoide di deiezione ove sorge l'abitato di Mocogna, che verso Sud, risulta interdigitata alla più grande conoide del T. Bogna.

In particolare, nella porzione distale del conoide (porzione orientale e Sud-orientale), con particolare riferimento alla confluenza tra i due corsi d'acqua, l'apparato di conoide del Rio Deseno, può risentire od essere interessato dalla dinamica del corso d'acqua ricettore, in occasione di eventi alluvionali come quello dell'ottobre 2000, allorché l'attività del T. Bogna era prevalente rispetto a quella del Rio Deseno.

4.1.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide

Avvicinandosi al settore apicale di conoide, il corso d'acqua scorre lungo un'incisione a "V", con versanti boscati acclivi e fondo alveo impostato in roccia.

All'incirca a quota 360 m s.l.m., la zona interessata dall'alveo ordinario e da quello di piena, si allarga, formando un'ampia varice con depositi alluvionali grossolani, delimitata in sponda destra da una parete rocciosa acclive.

Subito a valle di questo settore, inizia l'apice del conoide alluvionale vero e proprio; il corso d'acqua risulta regimato da diverse opere di difesa idraulica, a protezione dei settori retrostanti, la cui realizzazione ha anche comportato la rettifica dell'andamento catastale dell'alveo attivo.

In sponda destra, l'opera di difesa spondale è costituita da un muro d'argine in c.a., la cui testata occidentale è immorsata alla parte terminale della parete rocciosa che delimita l'alveo più a monte; il muro presenta un'altezza, rispetto al fondo alveo, variabile tra 2 e 3 m, risultando sopraelevato, rispetto ai retrostanti terreni prativi con area edificata, di 1.5÷2.0 m; la sponda sinistra risulta, invece, difesa da un muro in blocchi di cava intasati, a paramento inclinato; l'alveo è caratterizzato dalla presenza di depositi ghiaioso-ciottolosi, che favoriscono l'infiltrazione delle portate di magra del corso d'acqua.

In questo settore, sono presenti due opere trasversali, costituite da briglie di trattenuta / consolidamento; questa tratta d'alveo è stata recentemente oggetto di operazioni di pulizia e manutenzione delle opere, per contrastare le dinamiche di tipo erosivo del corso d'acqua, con approfondimento dell'incisione di fondo alveo e localizzati fenomeni di erosione spondale, che diminuiscono avvicinandosi al guado della vecchia S.C. per Caddo, il quale è posto all'incirca al limite inferiore del settore apicale di conoide ed è costituito da massi di cava cementati, con soglia in blocchi accatastati sul lato di valle.

Proseguendo a valle del guado, l'alveo, largo circa 15 m, risulta delimitato, lungo entrambe le sponde, da scogliere in blocchi cementati, poste a difesa dei retrostanti terreni, sia ineditati (prati), che edificati; l'alveo è interessato dalla presenza di un'estesa vegetazione infestante spondale, prevalentemente arbustiva.

Il ponte della strada per Caddo, posto quasi in corrispondenza del confine tra i territori comunali di Domodossola (a Sud) e Crevoladossola (a Nord), costituisce all'incirca il limite inferiore del settore mediano di conoide; circa 60 m a monte del ponte, è presente una briglia di trattenuta, danneggiata alla sommità.

A valle del ponte stradale, le cui spalle non presentano evidenze di scalzamento o erosione, l'alveo è stato recentemente oggetto di operazioni di pulizia, con asportazione della vegetazione infestante, ed interventi di manutenzione straordinaria delle soglie di fondo in blocchi cementati.

4.1.2. Pericolosità del conoide

Per la redazione della carta della pericolosità con il Metodo di Auliztky, è stato possibile rispondere a 4 delle domande previste dal Metodo: dimensione del materiale trasportato, acclività, copertura vegetale (non estesa a tutto il conoide) e morfologia del terreno; in fase di valutazione, laddove la sommatoria dei risultati dava un esito incerto, si è dato maggior peso agli elementi più "fisici" (morfologia del terreno): in particolare, a supporto della definizione delle zone a diversa pericolosità, in un estratto apposito, sono stati rappresentati gli "Elementi morfologici" (dislivelli morfologici, vallecicole, muri in elevazione) in grado di influenzare la propagazione delle potenziali linee di deflusso in caso di esondazione.

L'intera conoide (esternamente all'alveo attivo), risulta protetta da opere di difesa idrauliche migliorative; la carta della pericolosità, suddivide la conoide nei seguenti settori:

- una stretta fascia laterale a pericolosità alta (corrispondente ad una pericolosità molto elevata CAe2, secondo la Legenda Regionale di cui alla DGR n. 64-7417 del 07/04/2014), che si estende dall'apice sino alla porzione mediana del conoide (Ponte della strada per Caddo);
- il resto del conoide, è caratterizzato da pericolosità "media" (punteggio compreso tra 1,6÷2,6); per meglio illustrare la progressiva diminuzione del grado di pericolosità, allontanandosi dall'alveo verso i settori distali, sono state graficamente distinte le aree con punteggio <2,0. Tutte queste aree, secondo la Legenda Regionale, corrispondono a una pericolosità elevata "CAb2;
- Il limite Sud-Orientale del conoide, si attesta in corrispondenza di un modesto terrazzo morfologico, presumibilmente inciso da antichi episodi di piena del T. Bogna; sebbene le opere di difesa idraulica esistenti lungo il T. Bogna, abbiano raggiunto gli obiettivi di minimizzazione del rischio per i terreni in sponda sinistra, per una migliore chiarezza di analisi, si è deciso di rappresentare la fascia marginale dei terreni del conoide del Rio Deseno, caratterizzata anche da una pericolosità residua nei confronti della dinamica torrentizia del T. Bogna.

Rispetto a quanto rappresentato negli elaborati geologici del P.R.G. vigente di Domodossola (nov. 2007), le variazioni della classificazione di pericolosità, introdotte con la presente analisi aggiornata, risultano limitate all'estensione della zona a pericolosità molto elevata CAe2, che è stata ridotta.

In particolare, la classificazione proposta è ora perfettamente correlabile alla suddivisione in classi di pericolosità, della porzione della conoide del Rio Deseno, ricadente nel territorio comunale di Crevoladossola, in sinistra idrografica del corso d'acqua, in base a quanto rappresentato dagli elaborati geologici del P.R.G. vigente di Crevoladossola.

Ardignaga

Rio Deseno

F: Foto esplicativa del dislivello della fascia di terreni in dx idrografica



RIO DESENO - ELEMENTI MORFOLOGICI, SCALA 1: 2.000



Alveo rettificato del Rio Deseno, con arginature ed opere di difesa longitudinali



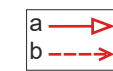
Dislivello tra aree limitrofe, delimitato da orli morfologici o terrazzamenti



Apice di conoide, dx. idrografica: muro in elevazione dal p.c., in grado di contenere o «direzionare» i deflussi di acque di esondazione



Blando avvallamento morfologico in zona apicale



Potenziali linee di deflusso in caso di esondazione per ostruzione del canale
(a: principali; b: secondarie)



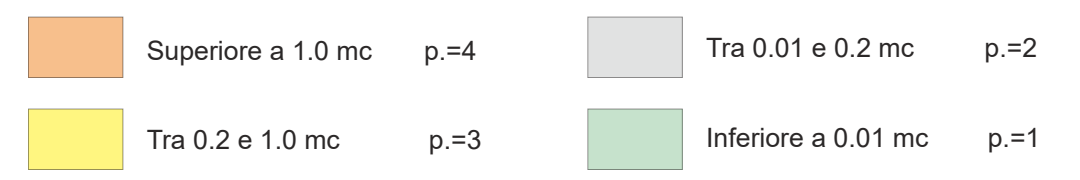
Conoide alluvionale, con limite Sud-orientale della sovrapposizione con la zona di influenza del T. Bogna

Ardignaga

Rio Deseno

RIO DESENO - SCALA 1: 2.000

MATERIALE TRASPORTATO RECENTEMENTE (DOMANDA 1)

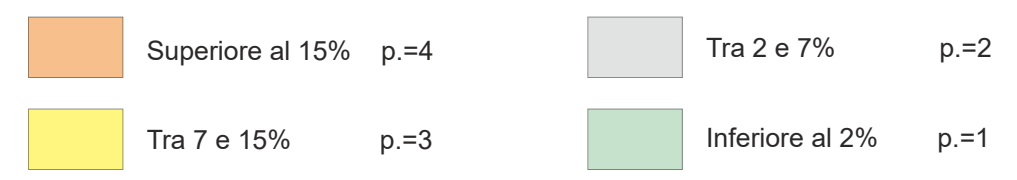


Ardignaga

Rio Deseno

RIO DESENO - SCALA 1: 2.000

ACCLIVITA' DEL CONOIDE (DOMANDA 3)

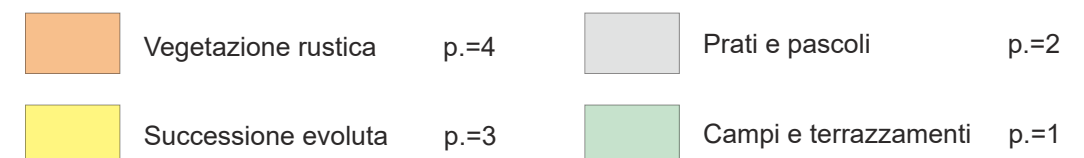


Ardignaga

Rio Deseno

RIO DESENO - SCALA 1: 2.000

COPERTURA VEGETALE (DOMANDA 4)



Ardignaga

Rio Deseno

RIO DESENO - SCALA 1: 2.000

MORFOLOGIA DEL TERRENO (DOMANDA 5)

- | | | | | | |
|---|--|------|---|-----------------------------------|------|
|  | Solcature, possibilità di colata concentrata | p.=4 |  | Superfici sopraelevate | p.=2 |
|  | Forme di deposito, colata dilagante | p.=3 |  | Superfici fortemente sopraelevate | p.=1 |

Cae2
Cab2
Cam2

Classificazione delle pericolosità della conoide
del T. Deseno in Comune di Crevoladossola,
come da tav. del P.R.G. vigente di tale Comune

Ardignaga

Cam2

Cab2

Cae2

Rio Deseno

RIO DESENO - SCALA 1: 2.000

PERICOLOSITÀ DEL CONOIDE (con corrispondenza alle sigle della Legenda Regionale)

	Alta - punteggio > 2.6 (Conoide CAe2)		Bassa - punteggio < 1.6 (Conoide CAM2)
	Medio alta - punteggio > 2.0 (Conoide CAB2)		Conoide stabilizzato naturalmente - Conoide CS
	Media - punteggio > 1.6 (Conoide CAB2)		Alveo attivo - Conoide CAe1
	Porzione marginale della conoide del Rio Deseno, con pericolosità residua legata alla dinamica del T. Bogna		

4.2 T. BOGNA

Per quanto riguarda il T. Bogna, si è proceduto ad una parziale rivisitazione della pericolosità del conoide alluvionale: in allegato alla presente relazione, vengono riportati gli allegati grafici relativi alla classificazione di sintesi di Aulitzky, presi dagli elaborati contenuti nello studio geologico generale di supporto al PRG vigente.

Come approfondimento di analisi, a supporto della definizione delle zone a diversa pericolosità e della classificazione di sintesi, si è inoltre provveduto a redigere un apposito estratto, in cui sono stati rappresentati gli “Elementi morfologici” (arginature, valleciole, pendenze del piano campagna) in grado, unitamente alle strade, di influenzare la propagazione delle potenziali linee di deflusso in caso di esondazione, limitatamente alla zona apicale del conoide, ovvero la porzione di territorio in cui sono ancora riconoscibili i caratteri morfologici originari.

Tali aspetti, sono stati trattati al cap. 4.2.2. “*pericolosità del conoide*”, a cui si rimanda.

Come ulteriore approfondimento, vengono di seguito riportati i dati e le informazioni relativi allo stato di fatto lungo l’asta torrentizia, ed una breve descrizione delle opere di difesa idraulica.

Si ricorda infatti che, il grado di pericolosità in conoide (pericolosità effettiva o di tipo residuo) è strettamente legato all’adeguatezza delle opere di difesa, nonché al loro grado di efficienza: per l’intera tratta del corso d’acqua compresa in conoide, a partire dall’apice e fino al fondovalle, in corrispondenza della immissione nel F. Toce, il corso d’acqua risulta regimato da briglie, soglie ed arginature, recentemente oggetto di risistemazioni e potenziamento, realizzate a difesa delle sue sponde e dei territori posti a tergo delle stesse, e di seguito richiamate brevemente.

L’efficacia delle opere di difesa idraulica lungo il T. Bogna è confermata dal fatto che l’ultimo evento, che ha provocato una parziale esondazione in destra idrografica, risale al 1839, allorché furono interessati esclusivamente i terreni dell’attuale Rione Cappuccina; anche in questo caso, l’argomento è stato oggetto di ulteriori approfondimenti nel cap. 4.2.3. “*Idoneità delle opere di difesa*”.

4.2.1. Stato di fatto lungo l’asta torrentizia in conoide

Poco a tergo dell’apice di conoide, in loc. Boione, è stata realizzata un’imponente briglia selettiva in c.a., alta 5,8 m e lunga 65 m, con volume di accumulo complessivo di 55.000 m³ (*Comunità Montana Valle Ossola - Sistemazione idrogeologica del Bacino Torrente Bogna in località Boione in Comune di Domodossola - progetto ingg. V. Zanetta e F. Brambati, anni 2004-2006*), in ottime condizioni di efficienza.

Allo stato attuale, la situazione osservata nella zona della Centrale Idroelettrica Enel, a monte del ponte di Mocogna, mostra sponde, sia destra, che sinistra, colonizzate da abbondante vegetazione infestante, uno stato di relativo equilibrio tra erosione e deposizione (che si evidenzia con una mancanza, sia di chiari eventi erosivi, spondali e/o di fondo, che di abbondante sovralluvionamento) ed il discreto stato di manutenzione delle opere di difesa spondale esistenti.

In particolare, nella tratta in apice di conoide, immediatamente a monte del ponte di Mocogna, è stata recentemente ultimata un'opera di difesa spondale in destra idrografica, data da una doppia scogliera in massi intasati con calcestruzzo (*Comunità Montana Valle Ossola - Sistemazione idrogeologica del Bacino Torrente Bogna - progetto R.T.P. Studio Paoletti – A.I. Studio, anni 2005-2008*).

A valle del ponte di Mocogna, fino al ponte della linea ferroviaria Domodossola-Briga, in sponda destra è presente la possente arginatura storica, denominata “il Muraccio”, che si sviluppa per gran parte dell'apparato di conoide, formata da opere di diverse tipologie, realizzate in anni differenti.

La prima tratta, risalente al 1778, presenta un'altezza complessiva di circa 8 m sul lato dell'alveo, dei quali i primi 6 m dal fondo alveo sono costituiti da una mantellata inclinata, mentre i restanti 2 da un muraglione verticale; questa tratta di arginatura (**tratta C-D**, come riportata nell'allegato grafico *Carta delle opere di difesa idraulica lungo il T. Bogna*, in scala 1:5.000), si eleva fuori terra di 1,5-3,0 m rispetto al retrostante p.c., è lunga circa 170 m, fino alla prima briglia in alveo a valle del ponte di Mocogna, ed è stata oggetto di recenti interventi di consolidamento, dati dalla messa in opera di una sottofondazione in c.a., con posa di scogliera alla rinfusa di protezione al piede (*Comunità Montana Valle Ossola - Sistemazione idraulica Torrente Bogna in Comune di Domodossola - progetto ing. G.P. Zanetta, anni 2002-2004*).

In questa tratta, vi è presenza di vegetazione infestante in destra idrografica; non vi sono evidenze di erosioni spondali e l'alveo ordinario del T. Bogna si sviluppa in posizione centrale.

A valle del ponte, in alveo è stata realizzata una prima briglia con grossi blocchi di cava, controbriglia di valle e pavimentazione di collegamento in massi sciolti, con sviluppo trasversale di circa 70 m; l'opera presenta pendenza verso il centro alveo, con “invito” e scivolo centrale (*Progetto ing. G.P. Zanetta, anni 2002-2004*).

La tratta successiva del Muraccio (in continuità con quella appena descritta e risalente al 1841), a valle della briglia, si sviluppa in corrispondenza di un terrazzamento morfologico, che si allarga progressivamente sino a raggiungere un'ampiezza circa di 50 m; lungo tale tratta (**D-E**), era stata costruita una scogliera in blocchi a protezione della base del Muraccio, ma non sono state realizzate opere di sottomurazione (*Progetto ing. G.P. Zanetta, anni 2002-2004*).

La barra laterale è colonizzata da una fitta vegetazione infestante e le sponde non presentano evidenze di fenomeni erosivi in atto.

Il Muraccio continua con una tratta lunga circa 450 m (**tratta E-F**), oggetto di recenti opere di consolidamento, date da sottofondazione in c.a. e scogliera alla rinfusa a protezione del piede; in fregio a questa tratta vi sono altre due briglie, con sviluppo trasversale rispettivamente pari a 95 e 142 m, ognuna con controbriglia a pavimentazione di collegamento (*Progetto ing. G.P. Zanetta, anni 2002-2004*).

In questa tratta, la presenza delle briglie, con pendenza ed “invito” a centro alveo, indirizza i deflussi del T. Bogna in posizione centrale, mentre la sponda destra è colonizzata da vegetazione infestante, che spesso maschera la scogliera in blocchi al piede dell'arginatura; le opere di difesa sono in buone condizioni di efficienza e non vi sono evidenze di erosioni spondali in atto o potenziali, in destra idrografica.

A valle della terza briglia si può notare la biforcazione dell'alveo del T. Bogna, che prosegue con un ramo principale in sinistra (in cui confluisce il Rio Deseno) ed uno secondario, che lambisce un esteso terrazzo fluviale in destra idrografica; detto terrazzo alluvionale è delimitato da sponde vegetate alte 3÷4 m, prive di erosione; al di sopra del terrazzo fluviale, arretrato di 25÷50 m, prosegue l'argine "Muraccio" che, in questa tratta, fino al ponte ferroviario (**F-H**), non è stato oggetto di interventi di consolidamento; nella porzione occidentale (**F-I**), l'argine presenta diversi blocchi di notevole dimensioni, accatastati al piede in modo piuttosto disordinato.

Il terrazzo fluviale si chiude alcuni metri prima del ponte ferroviario della linea Domodossola – Briga, il quale risulta composto da 7 arcate, ognuna con luce di 12 m ed altezza alla volta di 6,0 m, con pseudo soglia in blocchi sciolti; l'alveo bagnato del T. Bogna defluisce al di sotto delle arcate in sinistra idrografica.

A valle del ponte ferroviario la sponda è protetta dal vecchio muraglione d'ala della ferrovia, che costituisce una vera e propria arginatura in pietrame cementato, a sua volta sormontata da una gabbionata; la testata del muro d'ala ferroviario si collega ad un'opera di arginatura, data da un muro in cemento armato, rivestito da blocchetti di pietrame, alto circa 3,2 m, con terrapieno a tergo (**tratta H-I**); spostandosi verso valle (Est), nella tratta finale dell'opera, vi sono blocchi lapidei irregolari accatastati al piede. In fregio a quest'opera si sviluppa un ramo secondario del T. Bogna.

La sponda destra, a valle del ponte ferroviario, è colonizzata da vegetazione infestante, più o meno fitta; non sono state osservate evidenze di fenomeni erosivi in atto.

In continuità con il muro in c.a. è stata recentemente costruita una nuova difesa spondale, lungo tutto il settore prospiciente l'area ex "Cantiere Bogna" (**Tratta I-L**, *Città di Domodossola - Sistemazione idrogeologica Torrente Bogna e Rio Deseno - progetto Ufficio Tecnico LL.PP. - ing. Bergamaschi, anni 2004-2005*); l'opera è costituita da una scogliera / mantellata, a rivestire la scarpata, formata da massi e crostoni lapidei, intasati in calcestruzzo e disposti in sagoma, con paramento inclinato a 40°÷45°; al piede della mantellata, vi è una scogliera in grossi blocchi sciolti, disposti alla rinfusa, inoltre, alla sommità della mantellata vi è la parte sommitale del vecchio terrapieno, che si eleva di ulteriori 1,5÷1,8 m.

L'opera è in ottime condizioni di efficienza e manutenzione; essa è lunga circa 185 m e si raccorda alla difesa spondale preesistente (**tratta L-M**), che arriva fino al ponte della S.P. Domodossola-Crevoladossola; tale difesa è di tipologia analoga a quella di nuova realizzazione, essendo anch'essa costituita da un argine con scogliera in blocchi cementati, paramento inclinato di circa 50° e blocchi sciolti alla base, sormontata ulteriormente da terrapieno, alta complessivamente circa 5,5 m.

In fregio all'area ex "Cantiere Bogna", il corso d'acqua defluisce in sinistra idrografica, con alveo inciso al piede delle opere di arginatura poste in comune di Crevoladossola, mentre l'intera fascia in destra idrografica è data da un'estesa barra spondale, in buona parte vegetata, sormontata dall'opera di difesa spondale.

4.2.2. Pericolosità del conoide

(tratto dal PRG vigente)

La valutazione della pericolosità da esondazione secondo Aulitzky è stata svolta su gran parte della conoide escludendo il centro storico di Domodossola e le zone limitrofe che, sulla base di considerazioni morfologiche e storiche, è stato classificato stabilizzato. All'interno dei settori stabilizzati, sono tuttavia state individuate le fasce di territorio che, pur non essendo più potenzialmente interessate dall'attività del Torrente Bogna, conservano una pericolosità residua attribuibile all'attività del F. Toce e del Rio Bacenetto. Dalle considerazioni effettuate, emerge che la porzione centro-meridionale della conoide del Torrente Bogna può essere considerata stabilizzata (CS), in quanto totalmente protetta sia da caratteristiche morfologiche naturali che da strutture antropiche.

Analizzando la conoide e il canale di scarico attivo del Torrente Bogna emerge che un punto di eventuale esondazione, in caso di piena eccezionale, è posizionato all'apice della conoide, alle spalle del ponte per Mocogna, laddove la sponda sinistra è più bassa. Un altro punto critico in caso di piena straordinaria è subito a monte del ponte della vecchia S.S. n. 33 del Sempione; anche qui il canale risulta poco inciso, mentre il punto di attraversamento del ponte rappresenta una strozzatura dell'alveo del torrente.

Risulta quindi che la parte potenzialmente riattivabile della conoide è situata ai lati dell'attuale canale di deflusso, con particolare attenzione alla porzione apicale della conoide stessa.

La seguente tabella mette a confronto le classi di pericolosità ottenute per il conoide del Torrente Bogna e le classi di idoneità urbanistica (corrispondenti a diverse classi di pericolosità geomorfologica e di uso del territorio) proposte nella Carta della zonizzazione e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica.

CONOIDE DEL TORRENTE BOGNA

CLASSI DI PERICOLOSITÀ	CLASSI DI IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA
MOLTO ELEVATA	IIIa, IIIb4, IIIb3
ELEVATA	IIIa, IIIb3, IIIb2
MEDIA/MODERATA	II, IIIb2
STABILIZZATA	II, I

Con la revisione della pericolosità del conoide alluvionale, in accoglimento delle richieste della Direzione Opere Pubbliche e Difesa del Suolo, poiché la condizione di "conoide completamente protetto" (Cn del PAI), è concettualmente differente da quella di "conoide stabilizzato naturalmente" (CS), e tenuto conto che nelle Mappe della Pericolosità da Alluvione del PGRA, l'intera conoide alluvionale è considerata allagabile (con diversi tempi di ritorno), si è provveduto a riclassificare la porzione di conoide "CS", come conoide "CAm2", aggiornandone, nel contempo, la Classificazione di Sintesi (dalla Classe I alla Classe II).

La nuova classificazione di pericolosità della conoide del T. Bogna, proposta con la presente Variante Strutturale al PRG, è così strutturata:

	Classi di Pericolosità	Classificazione di Sintesi	Corrispondente scenario del PGRA (DGR 17-7911 del 23-11-2018)
Settore apicale	Cae2	IIIa, IIIb4, IIIb3	M = (probabilità media, Tr. 100/200)
Settore apicale	Cab2	IIIa, IIIb3, IIIb2	M = (probabilità media, Tr. 100/200)
Settore medio-distale	Cam2	IIIb2	M = (probabilità media, Tr. 100/200)
		II	L = (probabilità rara, Tr. 500)

All'interno delle diverse Classi di pericolosità, con particolare riferimento al settore apicale CAB2 ed al passaggio con la pericolosità CAM2, per definire i passaggi tra Classi di sintesi IIIB3-IIIB2, ed in parte IIIB2 e II, si è tenuto conto della presenza di elementi morfologici ed antropici che rappresentano potenziali linee preferenziali di deflusso, di eventuali colate detritiche (vallecole morfologiche, strade, ecc.).

Lungo tali direttrici, che si sviluppano radialmente, si è utilizzata la Classe IIIB3; il passaggio dalla IIIB3 alla IIIB2, è stato posizionato laddove il piano campagna assume una pendenza attorno al 2%: secondo la letteratura scientifica (D'Agostino ed Al), infatti, il limite di pendenza del 3% del piano campagna, è considerato uno degli elementi che determinano la deposizione delle colate detritiche.

Tabella 3 - Pendenze e angoli significativi per una colata detritica matura. (D'Agostino, 2020)

PENDENZA		COMPORTAMENTO DELLA COLATA
GRADI	PERCENTUALE	
< 3°	< 3%	Deposizione
3° - 10°	5-17%	Rallentamento del fronte e/o arresto
10° - 15°	17-26%	Rallentamento oppure movimento
> 15°	> 26% *	Formazione e movimento

* N.B. Si abbassano per reologie di eventi molto fangose.

4.2.3. Idoneità delle opere di difesa e regimazione idraulica

Come dettagliato nell'apposito Elaborato “*Cronoprogramma di attuazione degli interventi di riassetto per la mitigazione della pericolosità nelle aree ascritte alla sottoclasse IIIB*” (a cui si rimanda per gli approfondimenti del caso), per la conoide del T. Bogna, esiste uno studio redatto dall'ing. G. Priotto nel settembre 2010 (aggiornato in data 08/11/2010), che riguarda sia la verifica dell'esistenza e dell'idoneità delle opere di difesa spondale lungo il T. Bogna, sia la valutazione delle condizioni di rischio idrogeologico delle aree urbanizzate ascritte alle Classi IIIB di idoneità all'utilizzazione urbanistica

Sulla scorta dei dati raccolti e delle verifiche idrauliche eseguite, l'ing. Priotto forniva una valutazione dell'idoneità delle opere di difesa, concludendo comunque che le arginature esistenti in sponda destra, per le tratte non consolidate con interventi di sottomurazione in c.a., erano da ritenersi come “opere di difesa insufficienti”, poggiando su terrazzamenti alluvionali soggetti a possibile erosione, mentre venivano

considerate idonee, tutte le difese a valle del ponte ferroviario; l'unica effettiva criticità idraulica, era individuata in sponda sinistra del T. Bogna, a valle del ponte della S.P. n. 166.

Successivamente, l'Amministrazione Comunale di Domodossola aveva affidato incarico all'ing. D. Lalomia di effettuare un monitoraggio della funzionalità delle opere di difesa in destra idrografica del T. Bogna ("Muraccio"), nel tratto apicale di conoide, in corrispondenza del ponte di Mocogna, ed a valle dello stesso (*"Indagine di verifica idoneità e stato di conservazione delle opere di difesa esistenti in sponda destra del Torrente Bogna in comune di Domodossola, febbraio 2015"*).

Le considerazioni sui risultati delle varie analisi e verifiche condotte dall'ing. Lalomia, erano state riassunte nel *Rapporto Conclusivo*; in sintesi, l'intero argine "Muraccio" era stato verificato positivamente dal punto di vista statico/funzionale (compreso il rischio derivante da erosioni di sponda o approfondimento dell'alveo) e, per quanto riguarda tutta la tratta a valle del ponte di Mocogna, venivano considerati come attuati, gli interventi previsti dal Cronoprogramma del P.R.G. per la Classe IIIB2, ritenendo che il rischio fosse da considerare annullato.

L'ing. Lalomia, nelle sue conclusioni, rilevava altresì che *"il rischio per le aree in sottoclasse IIIB2 poste tra la strada Provinciale per Bognanco e il piede del versante e per quelle situate sul lato opposto per una fascia di ampiezza pari a 25/30m sino all'incrocio con la strada di Borgata Castanedo, non possa ritenersi annullato in quanto non sono state eseguite tutte le opere previste dal Cronoprogramma"*; il Cronoprogramma, proposto a corredo del vigente P.R.G., indicava la realizzazione di opere a difesa dell'intero settore ove ricade la Centrale Idroelettrica di Mocogna, date da un'arginatura della lunghezza di circa 250 m, realizzate solo in parte, nella tratta compresa tra lo scarico della centrale ed il ponte di Mocogna.

Va però sottolineato come il Cronoprogramma, non avesse previsto la costruzione di opere di difesa nella tratta a monte dell'apice di conoide, mentre, in loc. Boione, è stata realizzata un'imponente briglia selettiva in c.a., alta 5,8 m e lunga 65 m, con pavimentazione di fondo in corrispondenza della briglia e della tratta d'alveo immediatamente a valle, caratterizzata da volume di accumulo complessivo di 55.000 m³ (*Comunità Montana Valle Ossola - Sistemazione idrogeologica del Bacino Torrente Bogna in località Boione in Comune di Domodossola - progetto ingg. V. Zanetta e F. Brambati, anni 2004-2006*).

Nel corso dell'evento alluvionale del 2-3 ottobre 2020, gli effetti del trasporto solido avevano in parte colmato la varice a tergo della briglia, tanto che i tronchi, trasportati dalla corrente, avevano in parte "sormontato" la sommità dell'opera; con le recenti operazioni di pulizia dell'opera, il materiale detritico (sia lapideo che vegetale – tronchi) è stato pressoché interamente asportato, ripristinando il volume di invaso della varice; la briglia si trova in ottime condizioni di efficienza e, pertanto, riduce nettamente il grado di rischio legato a fenomeni di piena con trasporto solido.

Si può pertanto affermare che, per l'intera area di conoide del T. Bogna, compreso il settore apicale in fregio alla S.P. per Bognanco, il grado di rischio può essere considerato ridotto o annullato, fatti salvi i necessari interventi periodici di pulizia e di manutenzione delle opere idrauliche e dell'alveo.

A tale proposito, come ultima notazione e come richiesto dai funzionari tecnici regionali, si è provveduto a “valutare gli scenari di pericolosità in caso di problemi o di danneggiamenti delle opere di difesa in conoide, anche sulla base della dettagliatissima ricostruzione storica disponibile negli archivi”.

Come riportato nella Ricerca Storica (Elab. Geo 10), le prime opere di difesa (di modesta entità) dell'antico nucleo edificato di Domodossola, furono realizzate a partire dal 1300, senza peraltro produrre ricadute significative, come dimostrato da non meno di 7 eventi alluvionali, susseguitisi fino al 1640; la prima tratta dell'attuale muraccio fu realizzata a partire dal 1644 e, seppure incompleta, riuscì a contenere le piene del 1774 e del 1834, ma non quella del 1839, che ruppe gli argini allagando l'attuale Rione della Cappuccina.

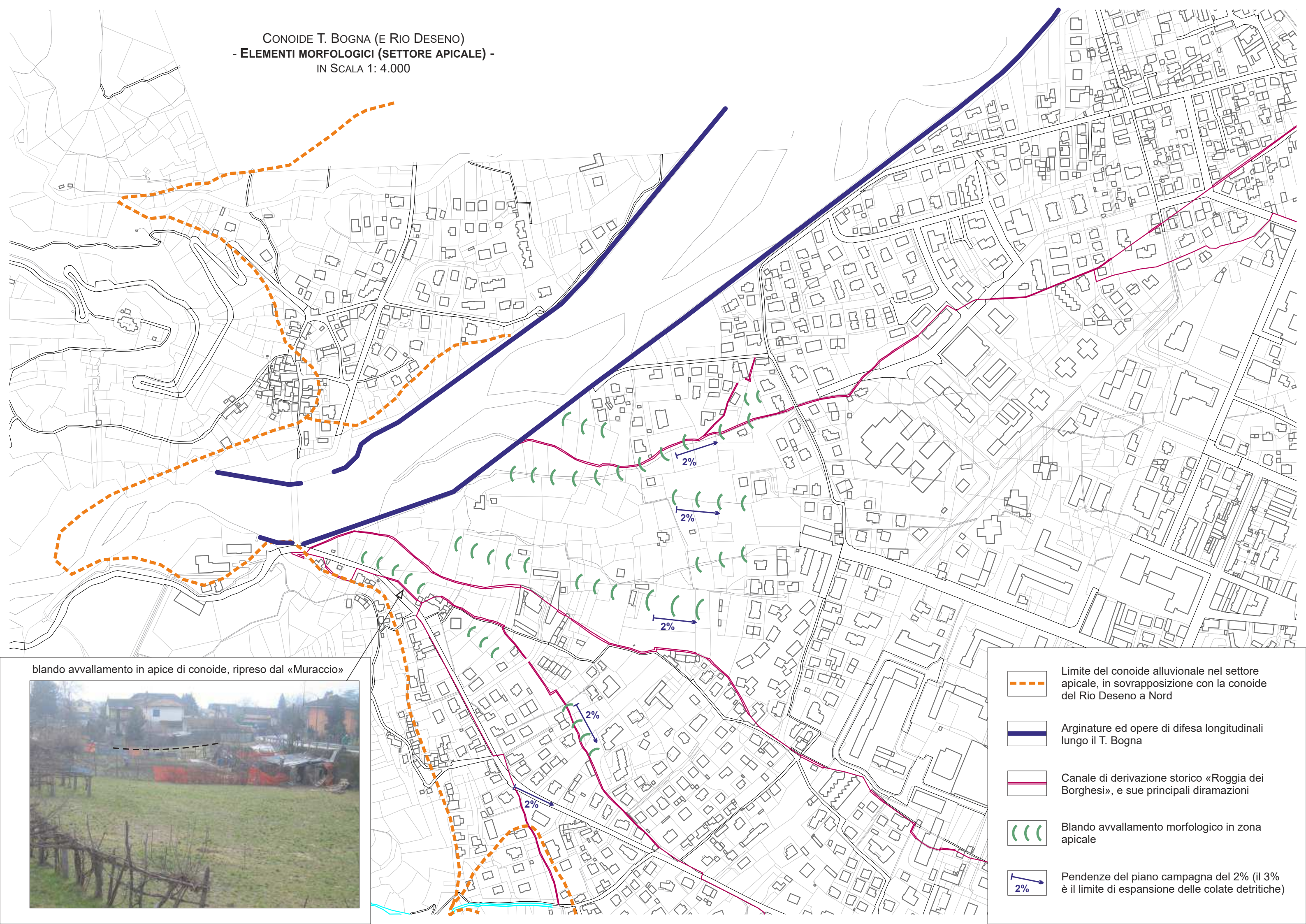
Successivamente a tale data, le opere di difesa vennero dapprima protette con una controbanchina, per contrastare il pericolo di scalzamento, quindi furono gradualmente rinforzate nel “corpo in elevazione” e prolungate.

Durante tutto il 1900 si sono susseguiti interventi lungo l'argine esistente, conferendo un assetto maggiormente stabile al torrente, anche grazie alla realizzazione di numerose briglie lungo l'asta, nella tratta montana, compresa la realizzazione della citata briglia di Boione, della capacità di accumulo di 55.000 mc.

In estrema sintesi, non si ritiene possibile, né realistico, esprimere valutazioni su una pericolosità potenziale per l'abitato di Domodossola, ipotizzando danneggiamenti delle opere di difesa idraulica, in quanto:

- le briglie montane di trattenuta, riducono in maniera determinante le magnitudo dei fenomeni di trasporto solido di massa: gli scenari storici non si ritengono ripetibili;
- le passate “rottture” delle opere di difesa, si erano avute fino a quando queste non erano state ancora rinforzate, e non vi erano le soglie/briglie di fondo, realizzate agli inizi degli anni 2000, che contrastano i fenomeni di erosione di fondo e scalzamento dell'imponente difesa spondale, denominata “Muraccio”;
- le briglie montane e le opere idrauliche longitudinali e trasversali in conoide, hanno modificato l'assetto idraulico del T. Bogna; anche ipotizzando una “ripetizione” di un evento passato (peraltro improbabile, in considerazione di quanto detto in merito alla magnitudo), non vi è nessuna certezza che le dinamiche torrentizie “ripetano” quelle registrate nella Ricerca Storica, allorché le opere erano assenti o incomplete; appare pertanto arbitrario e fuorviante, fare riferimento a scenari storici documentati (come l'allagamento del Rione della Cappuccina del 1839), per ipotizzare possibili scenari futuri.

CONOIDE T. BOGNA (E RIO DESENO)
- ELEMENTI MORFOLOGICI (SETTORE APICALE) -
IN SCALA 1: 4.000

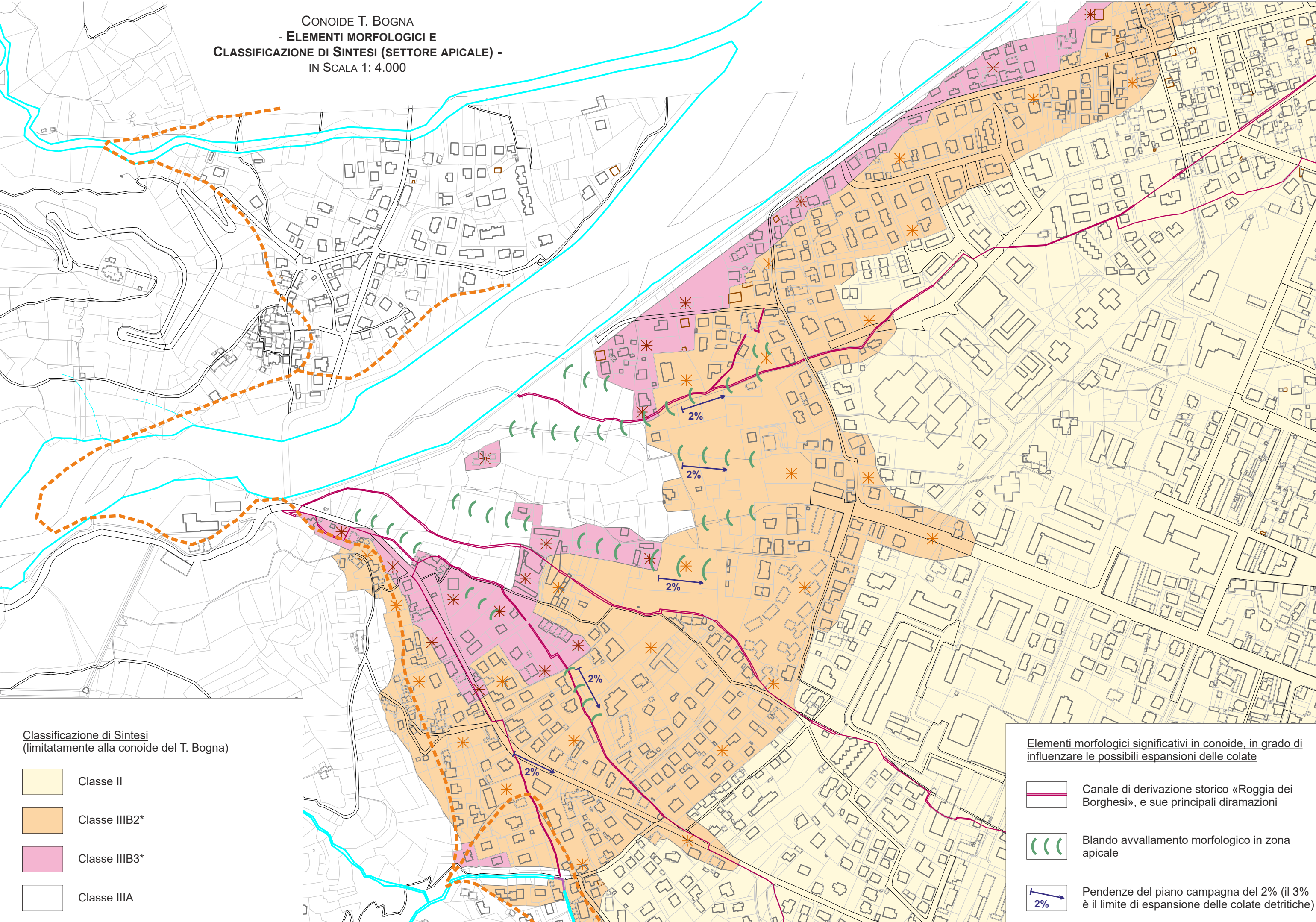


blando avvallamento in apice di conoide, ripreso dal «Muraccio»



-  Limite del conoide alluvionale nel settore apicale, in sovrapposizione con la conoide del Rio Deseno a Nord
-  Arginature ed opere di difesa longitudinali lungo il T. Bogna
-  Canale di derivazione storico «Roggia dei Borghesi», e sue principali diramazioni
-  Blando avvallamento morfologico in zona apicale
-  Pendenze del piano campagna del 2% (il 3% è il limite di espansione delle colate detritiche)

CONOIDE T. BOGNA
- ELEMENTI MORFOLOGICI E
CLASSIFICAZIONE DI SINTESI (SETTORE APICALE) -
IN SCALA 1: 4.000



Classificazione di Sintesi
(limitatamente alla conoide del T. Bogna)

- Classe II
- Classe IIIB2*
- Classe IIIB3*
- Classe IIIA

Elementi morfologici significativi in conoide, in grado di influenzare le possibili espansioni delle colate

- Canale di derivazione storico «Roggia dei Borghesi», e sue principali diramazioni
- Blando avvallamento morfologico in zona apicale
- Pendenze del piano campagna del 2% (il 3% è il limite di espansione delle colate detritiche)

**CONOIDE TORRENTE BOGNA
E RIO DESENO**

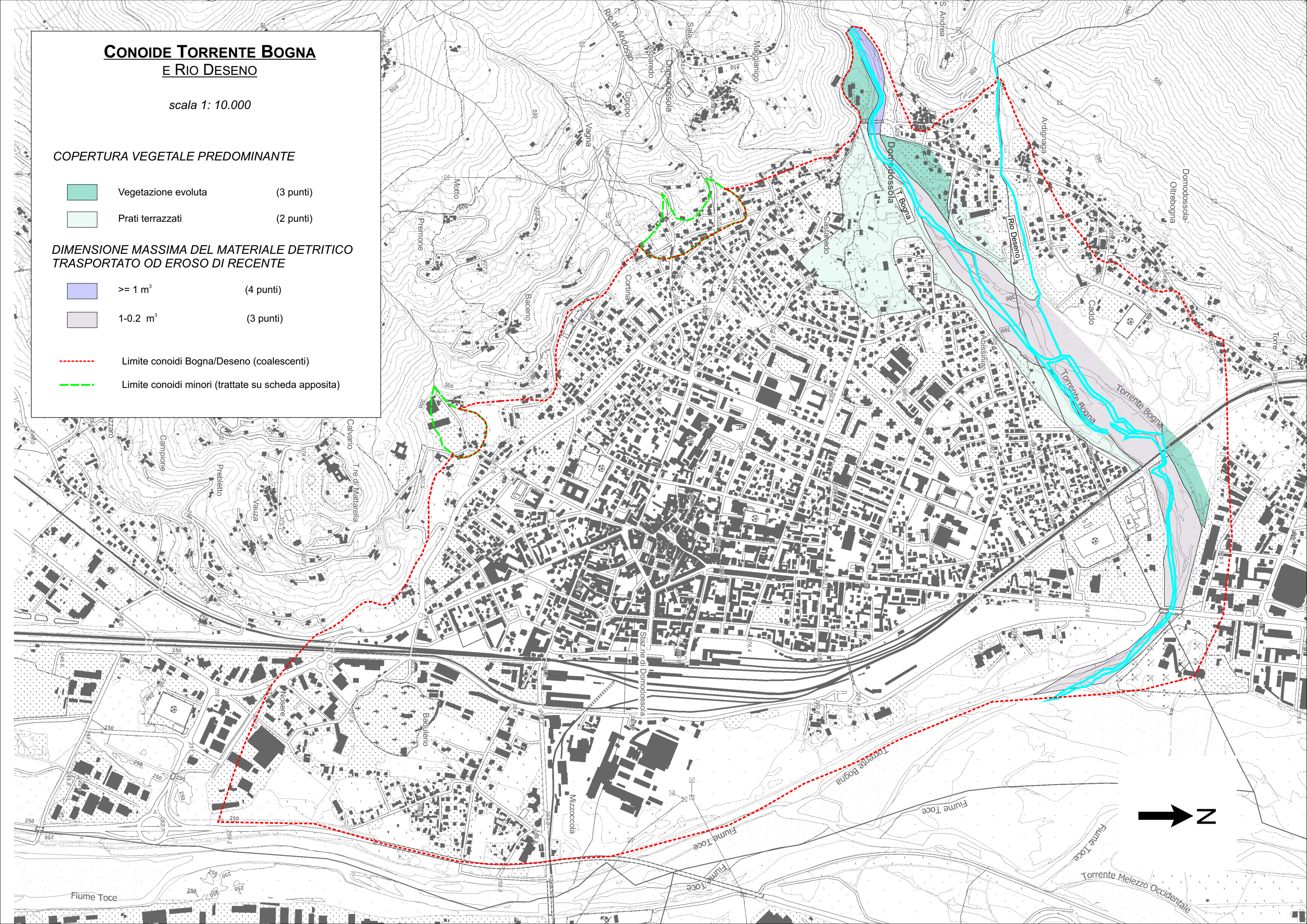
scala 1: 10.000

COPERTURA VEGETALE PREDOMINANTE

-  Vegetazione evoluta (3 punti)
-  Prati terrazzati (2 punti)

**DIMENSIONE MASSIMA DEL MATERIALE DETRITICO
TRASPORTATO OD EROSO DI RECENTE**

-  $\geq 1 \text{ m}^3$ (4 punti)
-  $1-0.2 \text{ m}^3$ (3 punti)
-  Limite conoidi Bogna/Deseno (coalescenti)
-  Limite conoidi minori (trattate su scheda apposita)



**CONOIDE TORRENTE BOGNA
E RIO DESENO**

scala 1: 10.000

CONDIZIONI DI DEFLUSSO



Area che presenta ostacoli al deflusso, che in presenza di maggiore materiale trasportato possono provocare tracimazioni (4 punti)



Area che presenta ostacoli al deflusso, in cui solo legname trascinato o materiale grossolano provocherebbero tracimazioni (3 punti)



Deflusso poco ostacolato in alveo con sufficiente capacità di deflusso (2 punti)



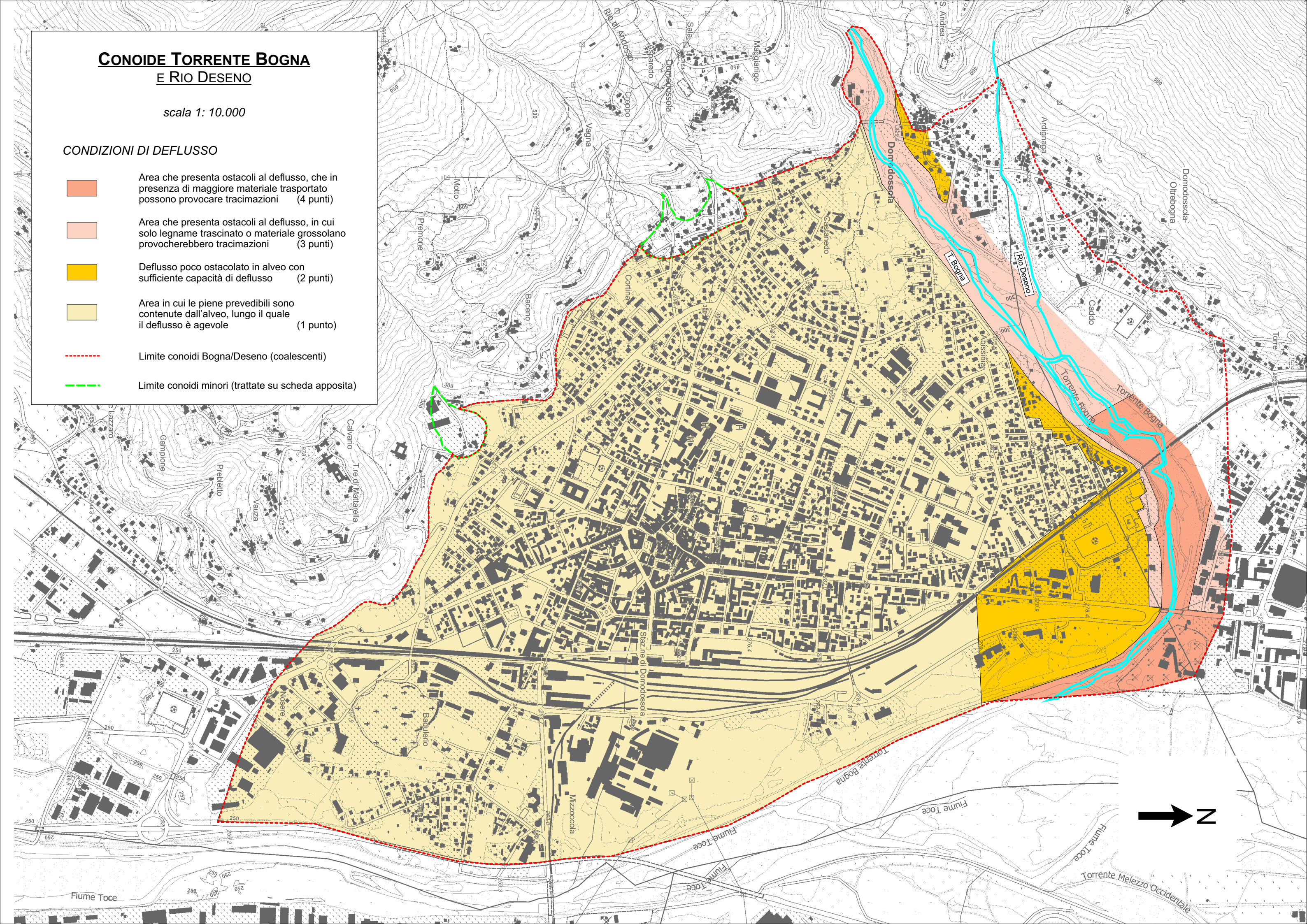
Area in cui le piene prevedibili sono contenute dall'alveo, lungo il quale il deflusso è agevole (1 punto)



Limite conoidi Bogna/Deseno (coalescenti)



Limite conoidi minori (trattate su scheda apposita)



CONOIDE TORRENTE BOGNA E RIO DESENO

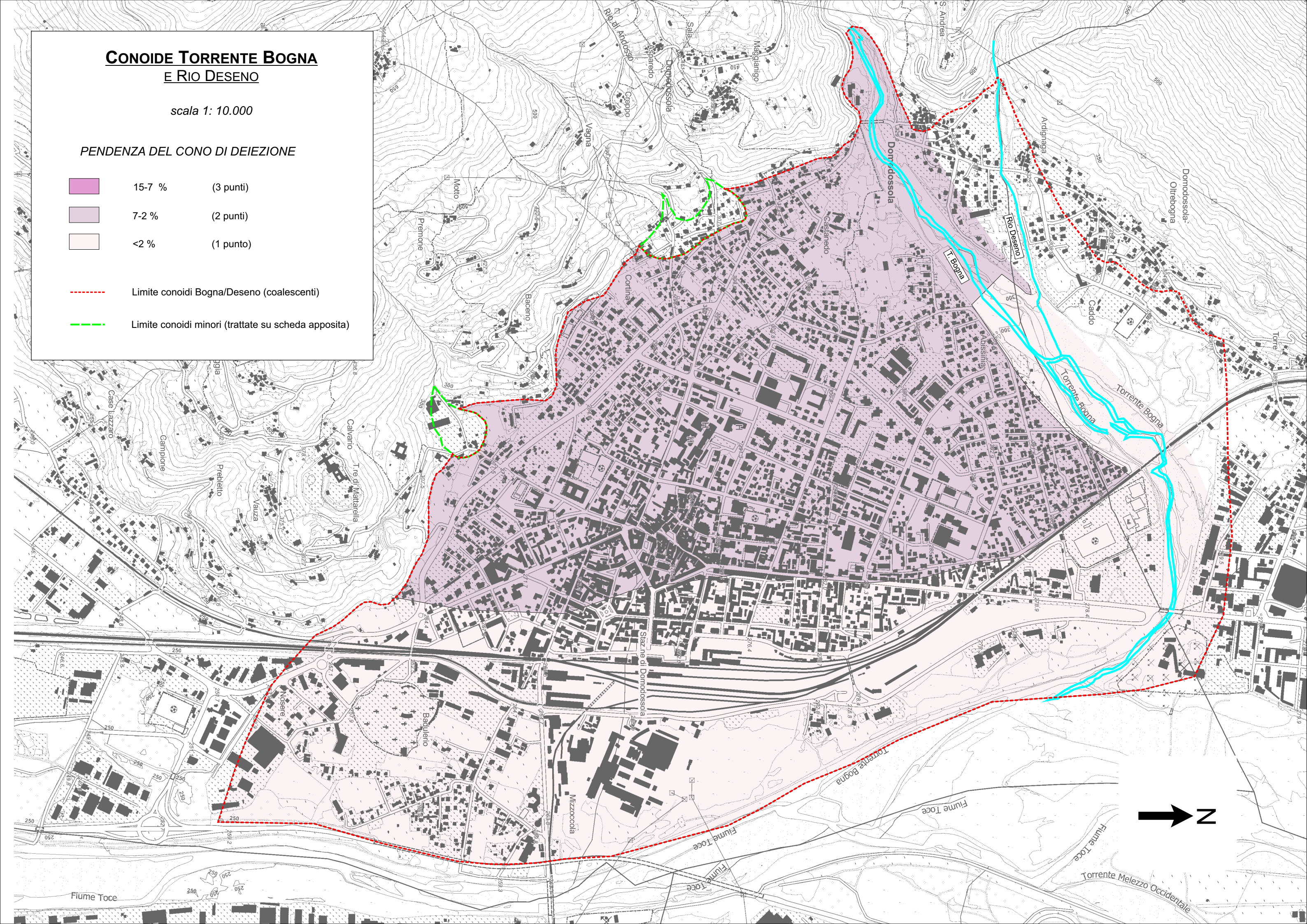
scala 1: 10.000

PENDENZA DEL CONO DI DEIEZIONE

	15-7 %	(3 punti)
	7-2 %	(2 punti)
	<2 %	(1 punto)

Limite conoidi Bogna/Deseno (coalescenti)

Limite conoidi minori (trattate su scheda apposita)

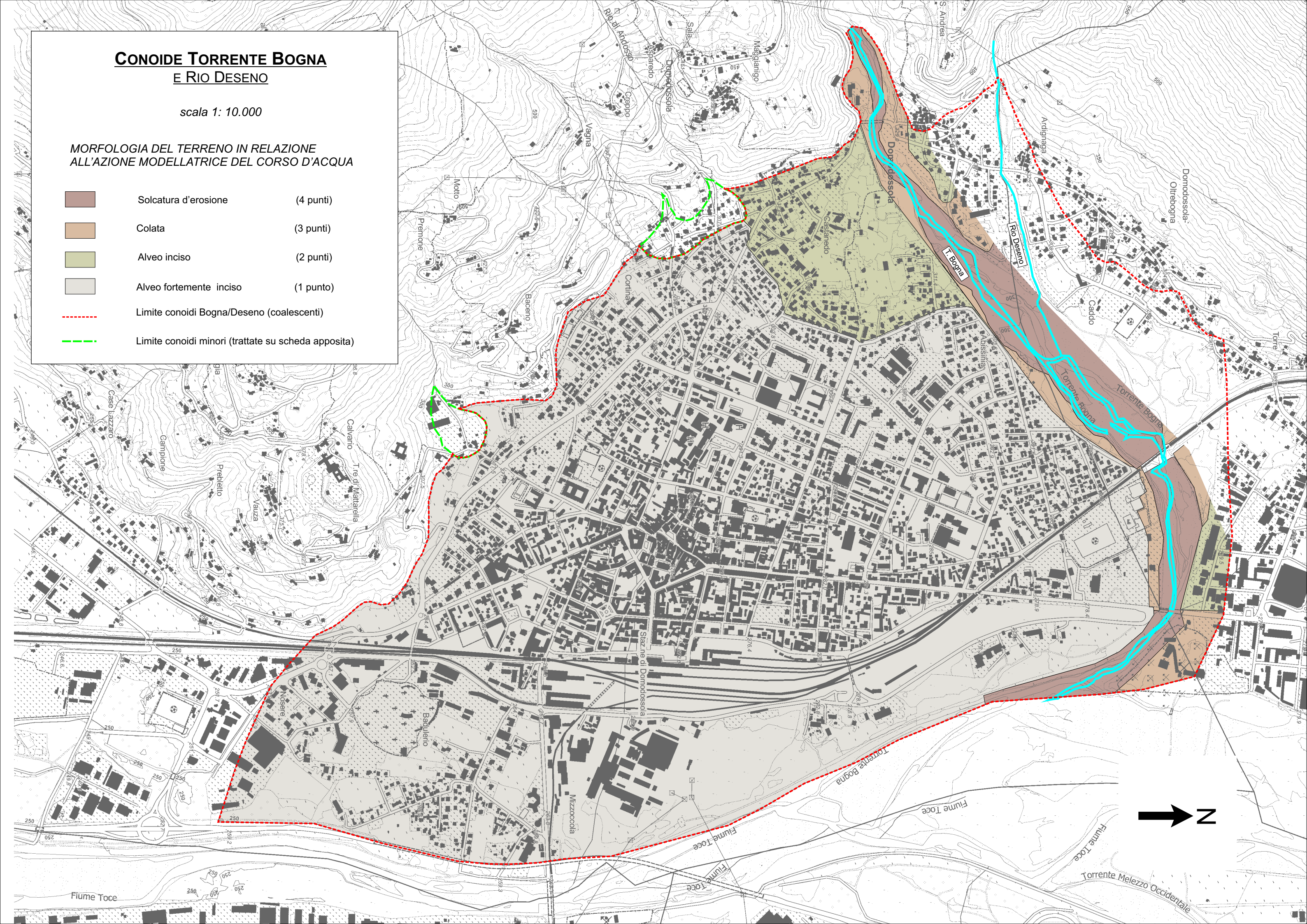


CONOIDE TORRENTE BOGNA E RIO DESENO

scala 1: 10.000

MORFOLOGIA DEL TERRENO IN RELAZIONE
ALL'AZIONE MODELLATRICE DEL CORSO D'ACQUA

- | | | |
|---|---|-----------|
|  | Solcatura d'erosione | (4 punti) |
|  | Colata | (3 punti) |
|  | Alveo inciso | (2 punti) |
|  | Alveo fortemente inciso | (1 punto) |
|  | Limite conoidi Bogna/Deseno (coalescenti) | |
|  | Limite conoidi minori (trattate su scheda apposita) | |



CONOIDE TORRENTE BOGNA E RIO DESENO

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ESONDAZIONE

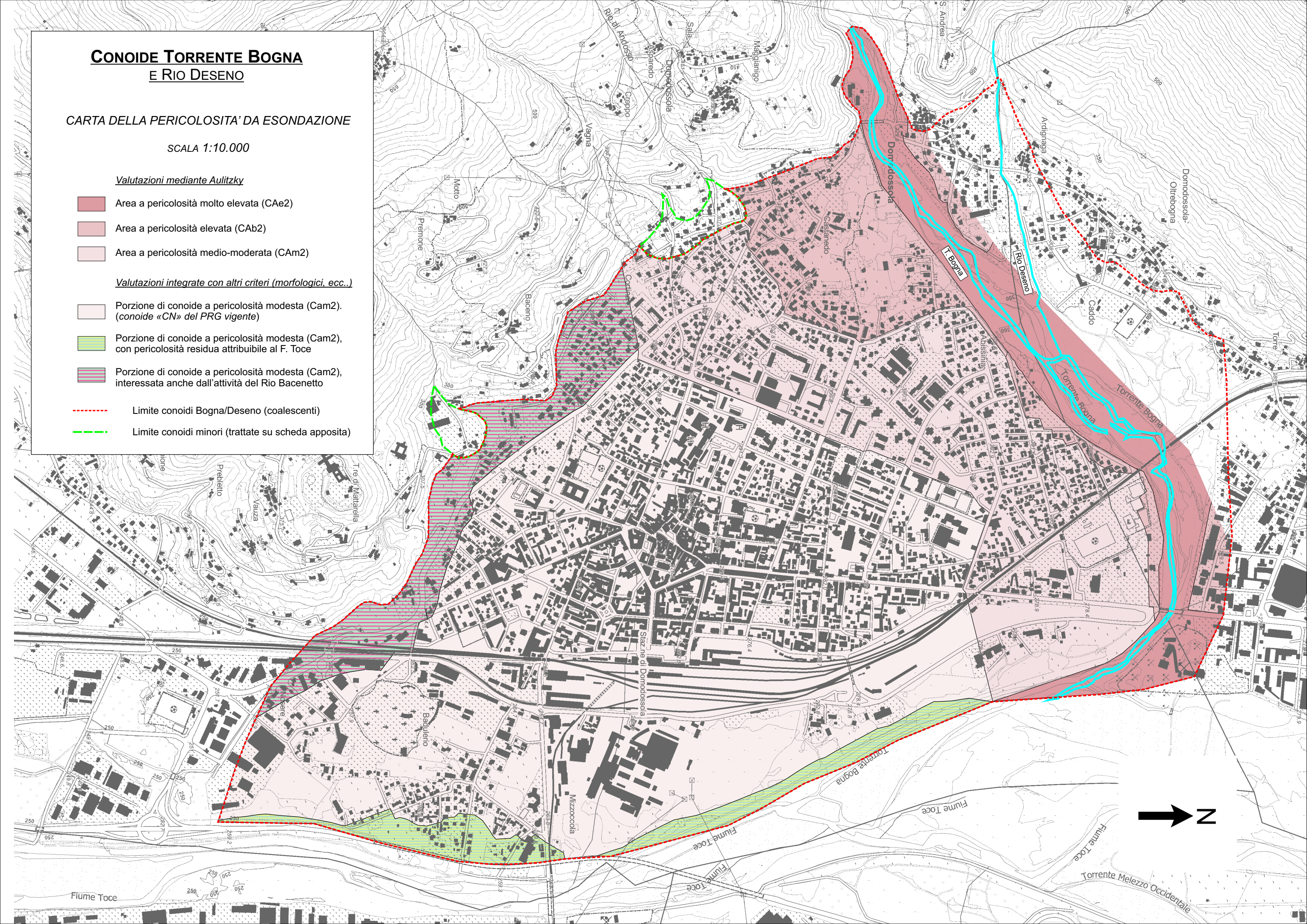
SCALA 1:10.000

Valutazioni mediante Aulitzky

- Area a pericolosità molto elevata (CAe2)
- Area a pericolosità elevata (CAb2)
- Area a pericolosità medio-moderata (CAm2)

Valutazioni integrate con altri criteri (morfologici, ecc..)

- Porzione di conoide a pericolosità modesta (CAm2),
(conoide «CN» del PRG vigente)
- Porzione di conoide a pericolosità modesta (CAm2),
con pericolosità residua attribuibile al F. Toce
- Porzione di conoide a pericolosità modesta (CAm2),
interessata anche dall'attività del Rio Bacenetto
- Limite conoidi Bogna/Deseno (coalescenti)
- Limite conoidi minori (trattate su scheda apposita)

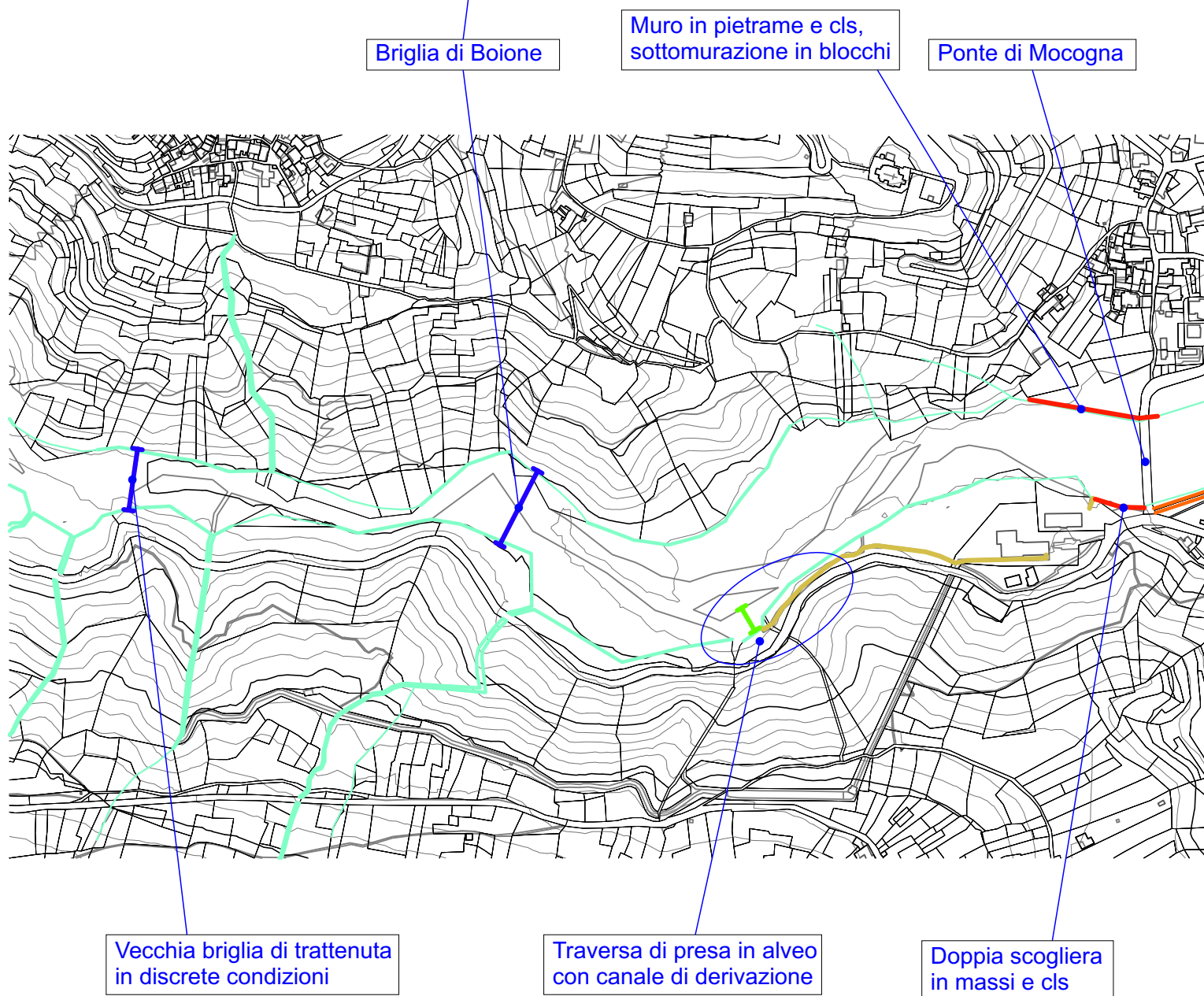


CARTA DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA LUNGO IL T. BOGNA

TRATTA MONTANA A MONTE DELL'APICE DI CONOIDE, scala 1:5.000



Foto:
febbraio 2025



Briglia di Boione

Muro in pietrame e cls,
sottomurazione in blocchi

Ponte di Mocogna

Vecchia briglia di trattenuta
in discrete condizioni

Traversa di presa in alveo
con canale di derivazione

Doppia scogliera
in massi e cls

4.3 RIO RIANA

4.3.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide

Avvicinandosi al fondovalle, il corso d'acqua scorre lungo un'incisione a "V", con versanti acclivi e fondo alveo impostato in roccia, modellato da talune balze morfologiche, a formare piccole cascate; all'incirca alla quota di 340 m s.l.m., alla fine della parete rocciosa, in destra idrografica è presente un settore che costituisce, presumibilmente, la porzione residuale di un antico conoide alluvionale, alla cui sommità sono state edificate talune baracche in legno e muratura; in questo punto, il dislivello tra fondo-alveo e la sommità dell'area edificata con le baracche, è di circa 1.5÷2.0 m; questo punto, costituisce un possibile punto di criticità, poiché, in caso di ulteriori franamenti, dalle pareti latitanti l'incisione e/o di trasporto solido del corso d'acqua da monte, potrebbero verificarsi fenomeni di esondazioni in destra idrografica.

Proseguendo verso valle, in corrispondenza di una soglia rocciosa, immediatamente a monte dell'immissione di un modesto affluente dalla sinistra idrografica (il Rio Riana o Rio Crosa, che ha origine al margine Nord dell'abitato di Vagna), vi è una briglia di trattenuta / consolidamento, in buone condizioni di conservazione, a valle della quale vi è un salto morfologico discretamente acclive, fino ad un'altra soglia rocciosa, a valle della quale è presente una varice subpianeggiante, da cui ha inizio l'attuale conoide alluvionale.

Le sponde della "varice", sono delimitate da muri in blocchi di pietrame e scogliere vere e proprie ed a valle vi è una briglia di piccole dimensioni, da cui ha inizio la canalizzazione artificiale del corso d'acqua, la quale si sviluppa a lato di via Giovanni Ceschi, che, in caso di esondazione nel settore apicale, rappresenterebbe la via preferenziale di deflusso.

Al margine inferiore della conoide, il corso d'acqua curva a 90°, proseguendo in direzione Sud con alveo canalizzato (cunettone), alternando tratte a cielo aperto e brevi tratte in cui risulta coperto da solette in cls.

4.3.2. Pericolosità del conoide

Per la redazione della carta della pericolosità con il Metodo di Auliztky, è stato possibile rispondere a 5 delle domande previste dal Metodo, alcune delle quali applicabili a porzioni arealmente ridotte: dimensione del materiale trasportato, acclività, copertura vegetale, morfologia del terreno e condizioni di deflusso.

L'intera conoide (esternamente all'alveo attivo), risulta protetta da opere di difesa idrauliche migliorative; la carta della pericolosità, classifica l'intera conoide a pericolosità "bassa" (corrispondente ad una pericolosità medio-moderata CAM2, secondo la Legenda Regionale).

Per la suddivisione nelle diverse Classi della cartografia di Sintesi, si è tenuto conto delle diverse condizioni morfologiche, pur nello stesso ambito di pericolosità geomorfologica, ad esempio:

- i terreni in sponda destra, sono posti ad una quota più elevata rispetto alle aree in sinistra idrografica;
- i settori edificati in sinistra idrografica, a lato della strada comunale, sono stati rimaneggiati in maniera differente tra loro: alcuni lotti, sono stati in parte riquotati o risultano protetti da muri impermeabili,

mentre talune abitazioni, presentano piani seminterrati con ingresso rivolto verso il piano viario ed il vicino corso d'acqua, creando situazioni di rischio differenti.

In particolare, sempre a supporto della definizione della pericolosità del conoide, in un estratto apposito, sono stati rappresentati gli “Elementi morfologici” (dislivelli morfologici, muri in elevazione) in grado di influenzare la propagazione delle potenziali linee di deflusso in caso di esondazione.

L'analisi di aggiornamento condotta, supportata dal metodo di Aulitzky, nonché da analisi idrologiche e verifiche idrauliche, ha permesso di ridefinire le condizioni di pericolosità del conoide alluvionale, rispetto a quanto rappresentato negli elaborati geologici del P.R.G. vigente di Domodossola (nov. 2007), che si basavano solo su considerazioni morfologiche.

4.4 RIO ZONCALINA

Il Rio Zoncalina nasce all'incirca alla quota di 1040 m s.l.m., a valle della loc. Lusentino, con un alveo che si approfondisce gradualmente, scendendo di quota; è uno dei corsi d'acqua che drenano il versante montuoso che si sviluppa a Nord-Ovest del Calvario, e che alimenta il Rio Bacenetto, che scorre al margine del centro abitato di Domodossola; la conoide alluvionale è ubicata in loc. Borgata Ronchetto (o Ronco Mottini) ed è posta immediatamente a Sud di quella del Rio Riana (gli apparati risultano interdigitati tra loro).

4.4.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide

Avvicinandosi al fondovalle, l'alveo è profondamente inciso con profilo a V e risulta delimitato, in destra idrografica, da un pendio boscato acclive e, in sinistra, da un vecchio terrazzo alluvionale (costituente, presumibilmente, la porzione residuale di un antico conoide alluvionale edificato dallo stesso Rio Zoncalina, non più riattivabile), che ha funzionato da “pennello” naturale, rispetto all'attività torrentizia ed ha gradualmente spostato verso destra l'incisione del corso d'acqua, la quale si è gradualmente approfondita, sino a raggiungere una soglia in roccia, che ha arrestato l'approfondimento dell'alveo.

A valle della soglia in roccia, l'alveo è più ampio e regolare e si possono osservare taluni grossi blocchi lapidei subarrotondati, trasportati e depositi dal corso d'acqua in questo settore, in quanto la tratta d'alveo di transizione tra il versante montano ed il fondovalle, a monte dell'apice del conoide alluvionale, presenta profilo longitudinale poco acclive, che favorisce il deposito del materiale trasportato dalle portate di piena.

All'incirca in corrispondenza dell'apice dell'attuale conoide di fondovalle, in sponda destra idrografica, vi sono due nicchie di erosione regressiva; in particolare, la nicchia di valle, è situata in corrispondenza di una vasca di sedimentazione e mostra evidenze di recente riattivazione.

Detta vasca di accumulo, interrita, è delimitata a valle da una briglia, con apertura situata in sponda sinistra, larga 3.0 m; a valle della briglia, avente paramento alto circa 1.80 m, inizia la canalizzazione artificiale vera e propria, formata da un cunettone a sezione rettangolare, con sponde e fondo alveo in cls, avente larghezza

pari a circa 2.50 m ed altezza di circa 1.50 m, che costeggia, sul lato Nord, la sede stradale di via E. Vanoni e risulta attraversato da una serie di ponticelli carrabili di accesso alle latitanti proprietà private.

In questo settore e fino quasi all'immissione a 90° nel corso d'acqua del fondovalle (Rio Riana/Bacenetto), il fondo del canale di scarico, riquotato al momento dell'artificializzazione dell'alveo, risulta localmente pensile rispetto ai prati in destra idrografica.

4.4.2. Pericolosità del conoide

Per la redazione della carta della pericolosità con il Metodo di Aulitzky, è stato possibile rispondere a 5 delle domande previste dal Metodo, alcune delle quali applicabili a porzioni arealmente ridotte: dimensione del materiale trasportato, acclività, copertura vegetale, morfologia del terreno e condizioni di deflusso.

La conoide (esternamente all'alveo attivo), risulta protetta da opere di difesa idrauliche migliorative; la carta della pericolosità, classifica l'intera conoide a pericolosità "bassa" (corrispondente ad una pericolosità medio-moderata CAM2, secondo la Legenda Regionale).

Per la suddivisione nelle diverse Classi della cartografia di Sintesi, si è tenuto conto delle diverse condizioni morfologiche, pur nello stesso ambito di pericolosità geomorfologica, ad esempio:

- i terreni in sponda destra, sono posti ad una quota inferiore rispetto alle aree in sinistra idrografica;
- i settori edificati in sinistra idrografica, a lato della strada comunale, presentano alcuni lotti protetti da muri impermeabili, mentre talune abitazioni, presentano gli ingressi ai piani terra con ingresso rivolto verso il latitante corso d'acqua, creando situazioni di rischio differenti;
- le aree prative inedificate, poste in fregio al canale di deflusso del Rio Zoncalina, sono a rischio anche per fenomeni di esondazione con acque a bassa energia e battente ridotto, nel caso di fenomeni di "rigurgito", in corrispondenza dell'immissione a 90° del Rio Zoncalina nel Rio Bacenetto.

Analogamente a quanto fatto per la conoide del Rio Riana, in un estratto apposito, sono stati rappresentati gli "Elementi morfologici" (dislivelli morfologici, muri in elevazione) in grado di influenzare la propagazione delle potenziali linee di deflusso in caso di esondazione.

L'indagine di aggiornamento condotta, supportata dal metodo di Aulitzky, nonché da analisi idrologiche e verifiche idrauliche, ha permesso di ridefinire le condizioni di pericolosità del conoide alluvionale, rispetto a quanto rappresentato negli elaborati geologici del P.R.G. vigente di Domodossola (nov. 2007), che si basavano solo su considerazioni morfologiche.

Come punto di criticità, si segnala la zona posta in apice di conoide, a monte della briglia, per la possibilità di fenomeni di erosione spondale con franamento di materiale della sponda destra, che potrebbero causare crolli di esemplari arborei (ceppaie ed alberi radicati alla sommità delle nicchie di frana, attive e pseudo-quiescenti), con conseguenti, possibili ostruzioni della sottostante tratta canalizzata.

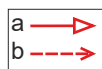
Rii RIANA E ZONCALINA, ELEMENTI MORFOLOGICI - SCALA 1: 2.000



Opere di attraversamento



Dislivello tra aree limitrofe, sia naturale che per riquotature



Potenziali linee di deflusso in caso di esondazione per ostruzione del canale
(a: principali; b: secondarie)



Muro in cls, in elevazione rispetto al p.c., in grado di arrestare / direzionare eventuali flussi delle acque di esondazione



Conoide alluvionale, con limite dei 3° di pendenza





Rio Riana, canale in conoide: i terreni in destra idrografica sono posti a quote più elevate rispetto al piano stradale ed ai terreni in sinistra; in fregio alla strada, i muri in cls in elevazione contribuiscono a contenere gli eventuali deflussi di esondazione lungo il piano viario



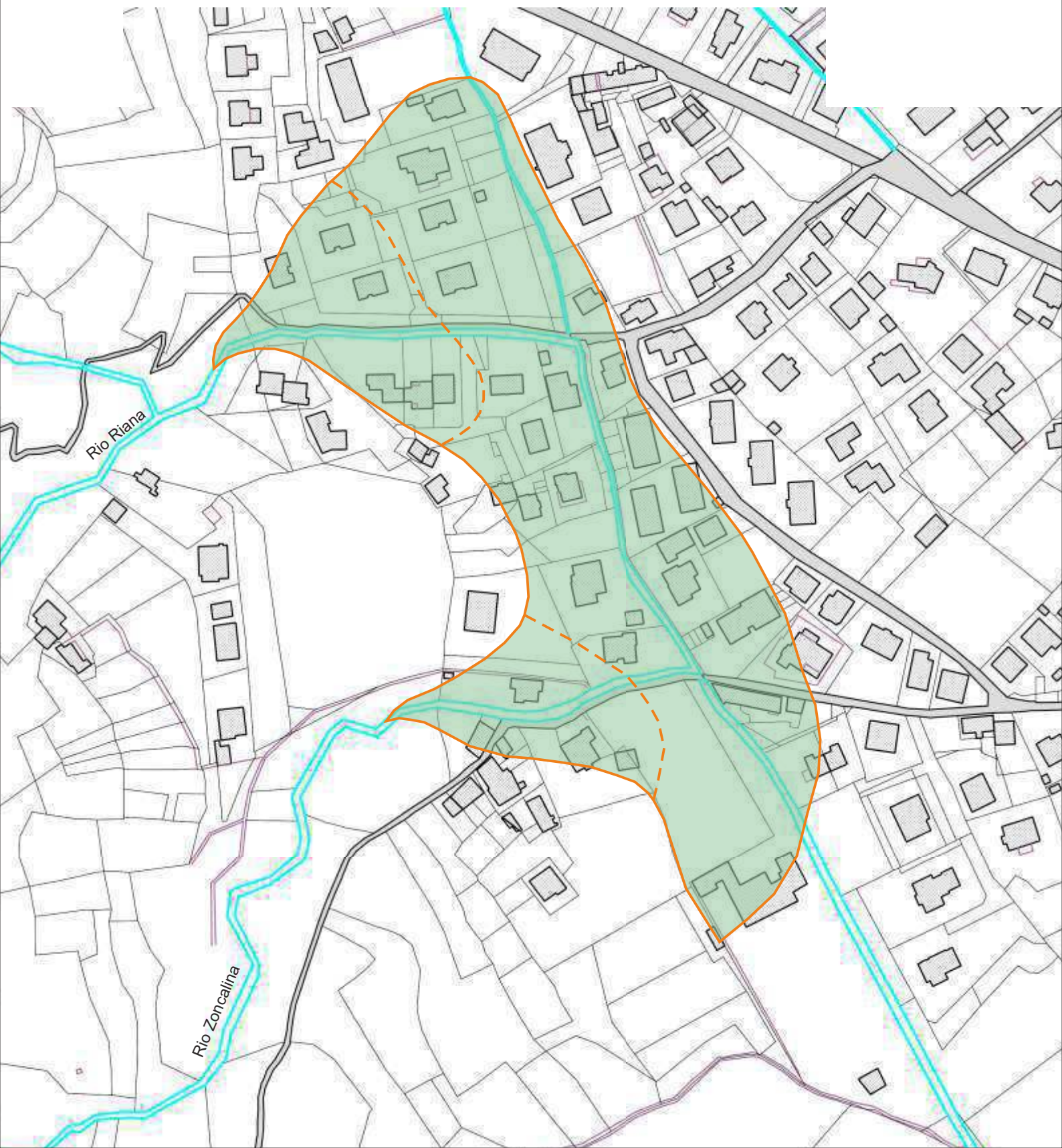
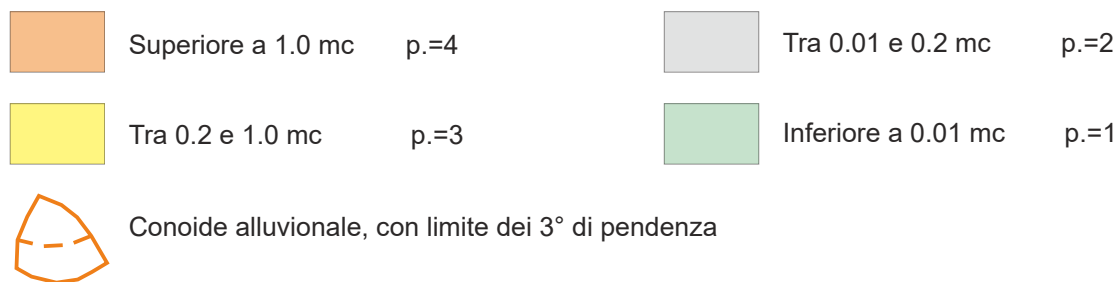
Rio Bacenetto, tratta compresa tra le immissioni dei Rii Riana e Zoncalina: settore con terreni edificati in sinistra idrografica posti ad una quota più bassa rispetto a quelli in destra, e non protetti da un muro in elevazione



Rio Zoncalina, canale in conoide, porzione medio-distale: in caso di esondazione lungo la strada, i deflussi di piena si riverserebbero nei terreni prativi in destra idrografica, posti ad una quota evidentemente inferiore.

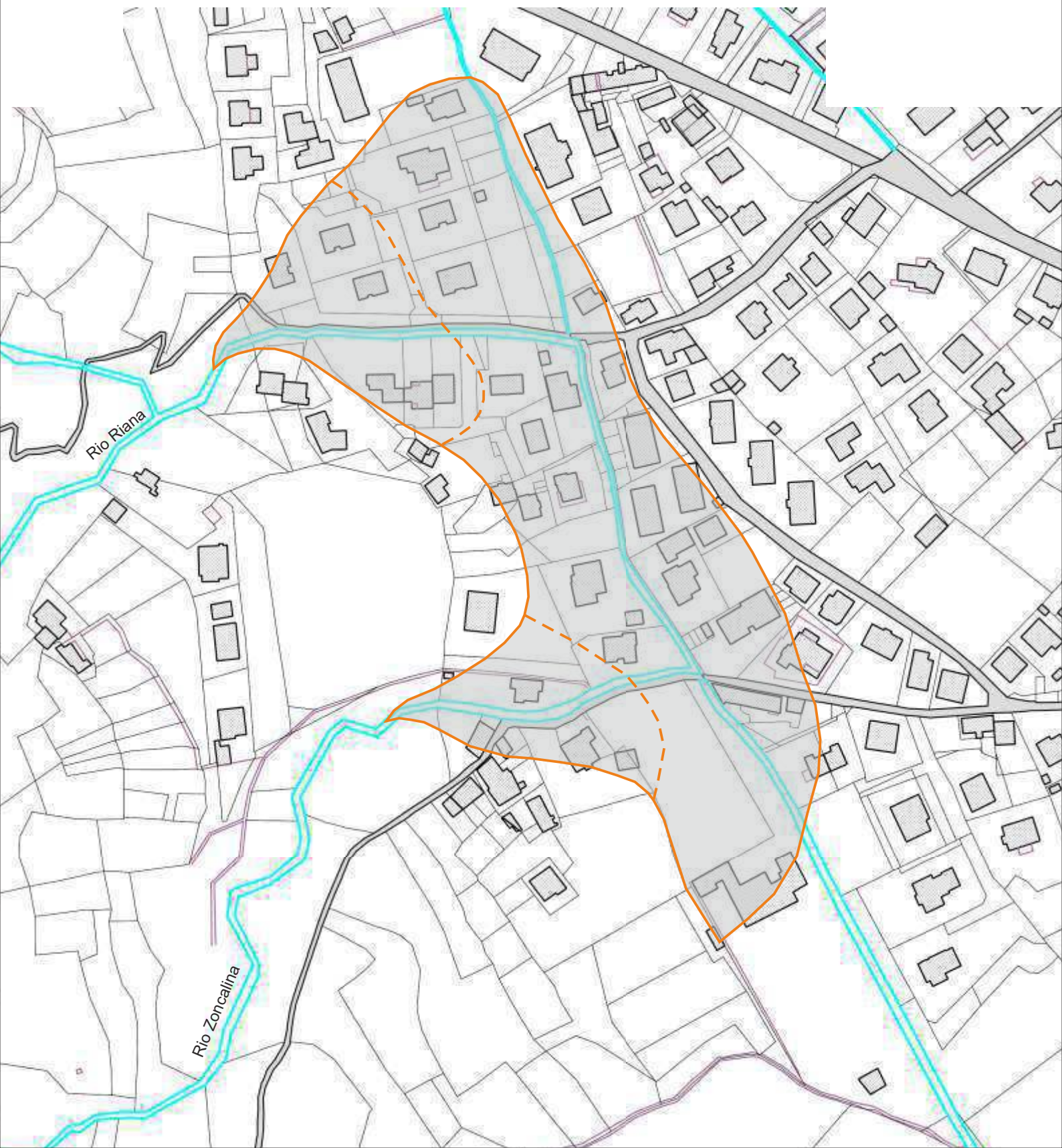
RII RIANA E ZONCALINA - SCALA 1: 2.000

MATERIALE TRASPORTATO RECENTEMENTE (DOMANDA 1)



RII RIANA E ZONCALINA - SCALA 1: 2.000

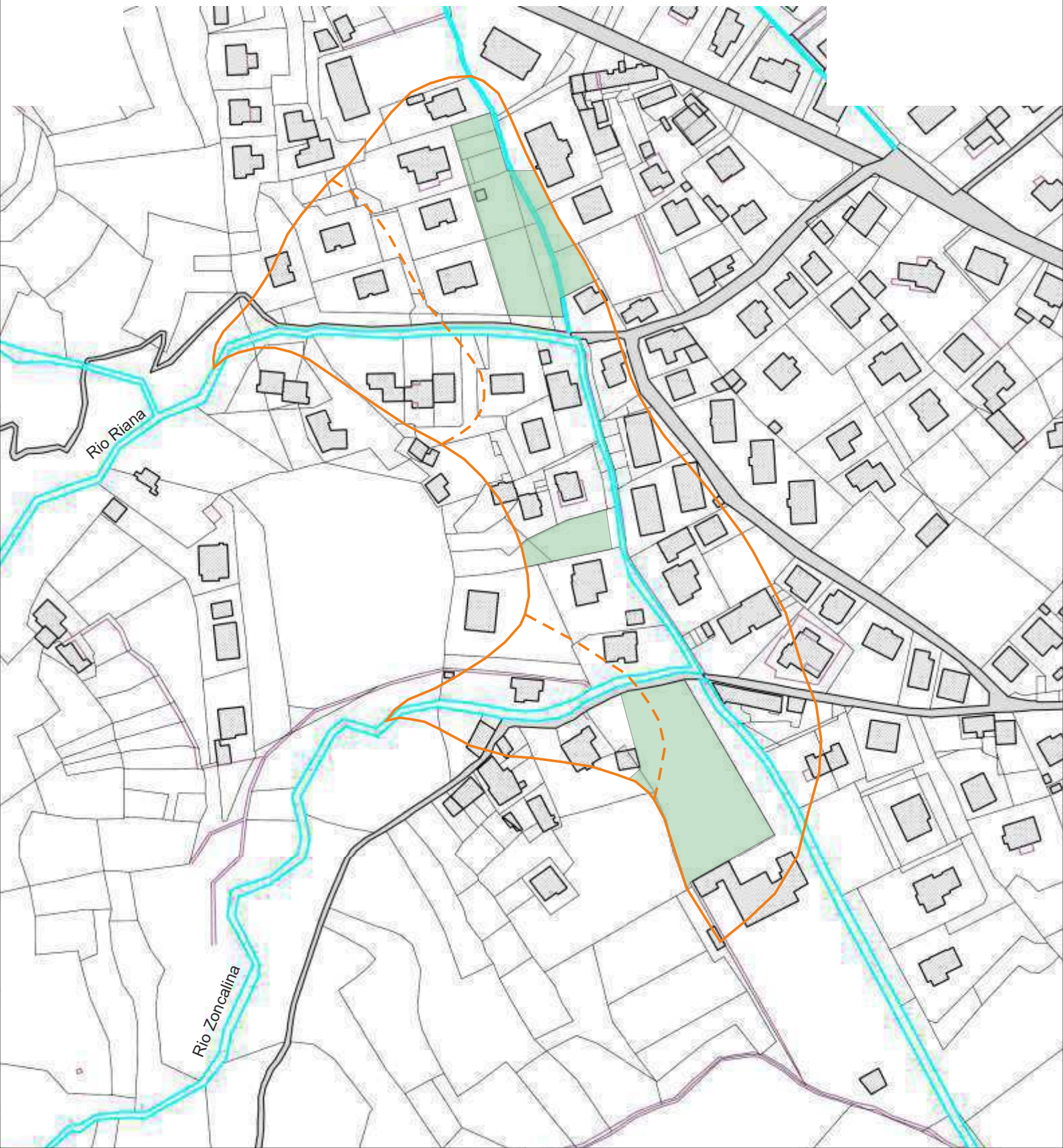
ACCLIVITA' DEL CONOIDE (DOMANDA 3)



RII RIANA E ZONCALINA - SCALA 1: 2.000

COPERTURA VEGETALE (DOMANDA 4)

	Vegetazione rustica	p.=4		Prati e pascoli	p.=2
	Successione evoluta	p.=3		Campi e terrazzamenti	p.=1



RII RIANA E ZONCALINA - SCALA 1: 2.000

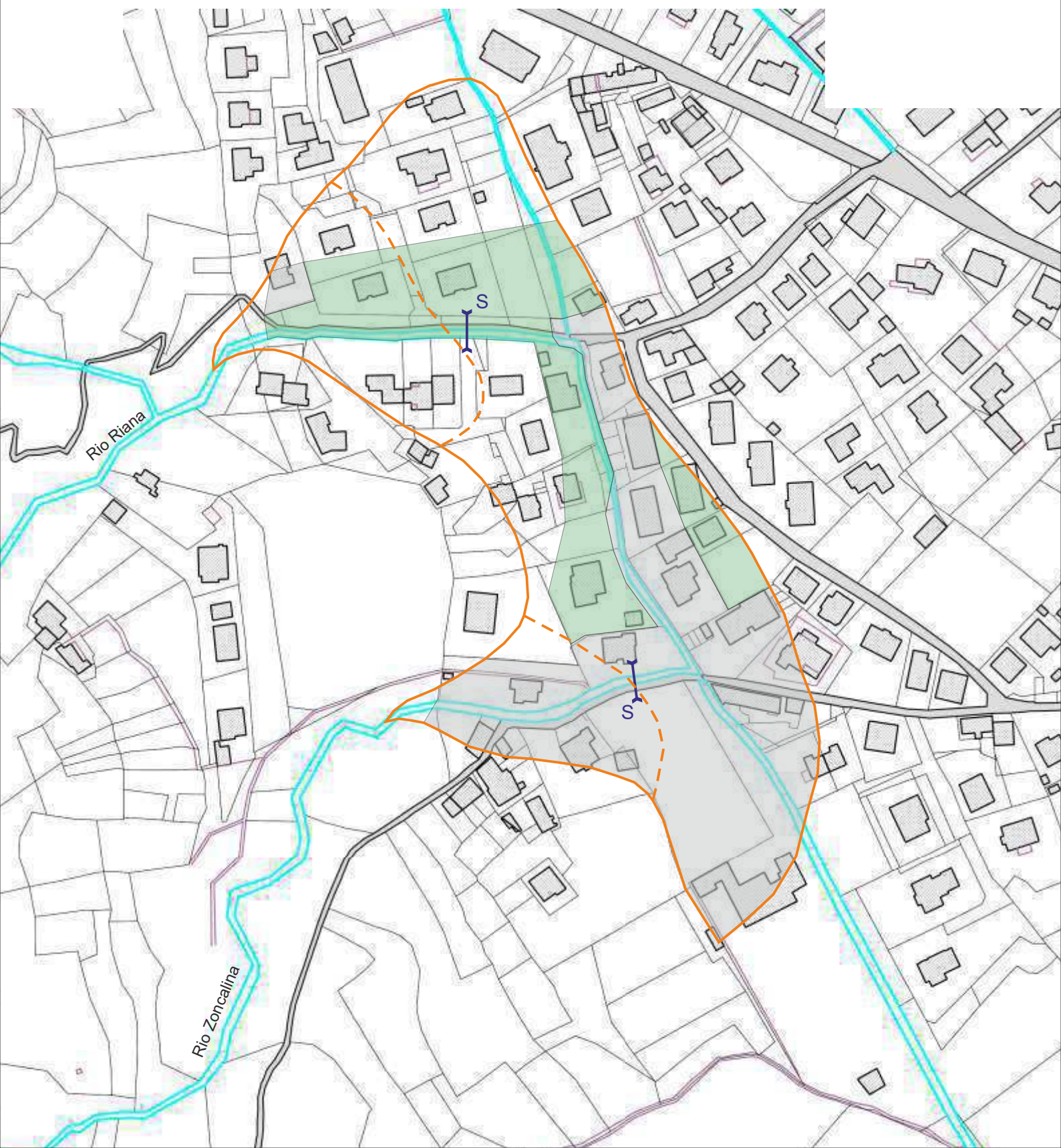
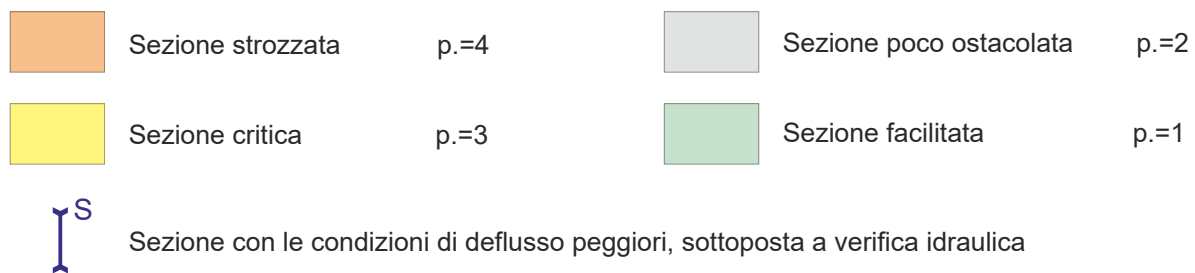
MORFOLOGIA DEL TERRENO (DOMANDA 5)

	Solcature, possibilità di colata concentrata	p.=4		Superfici sopraelevate	p.=2
	Forme di deposito, colata dilagante	p.=3		Superfici fortemente sopraelevate	p.=1



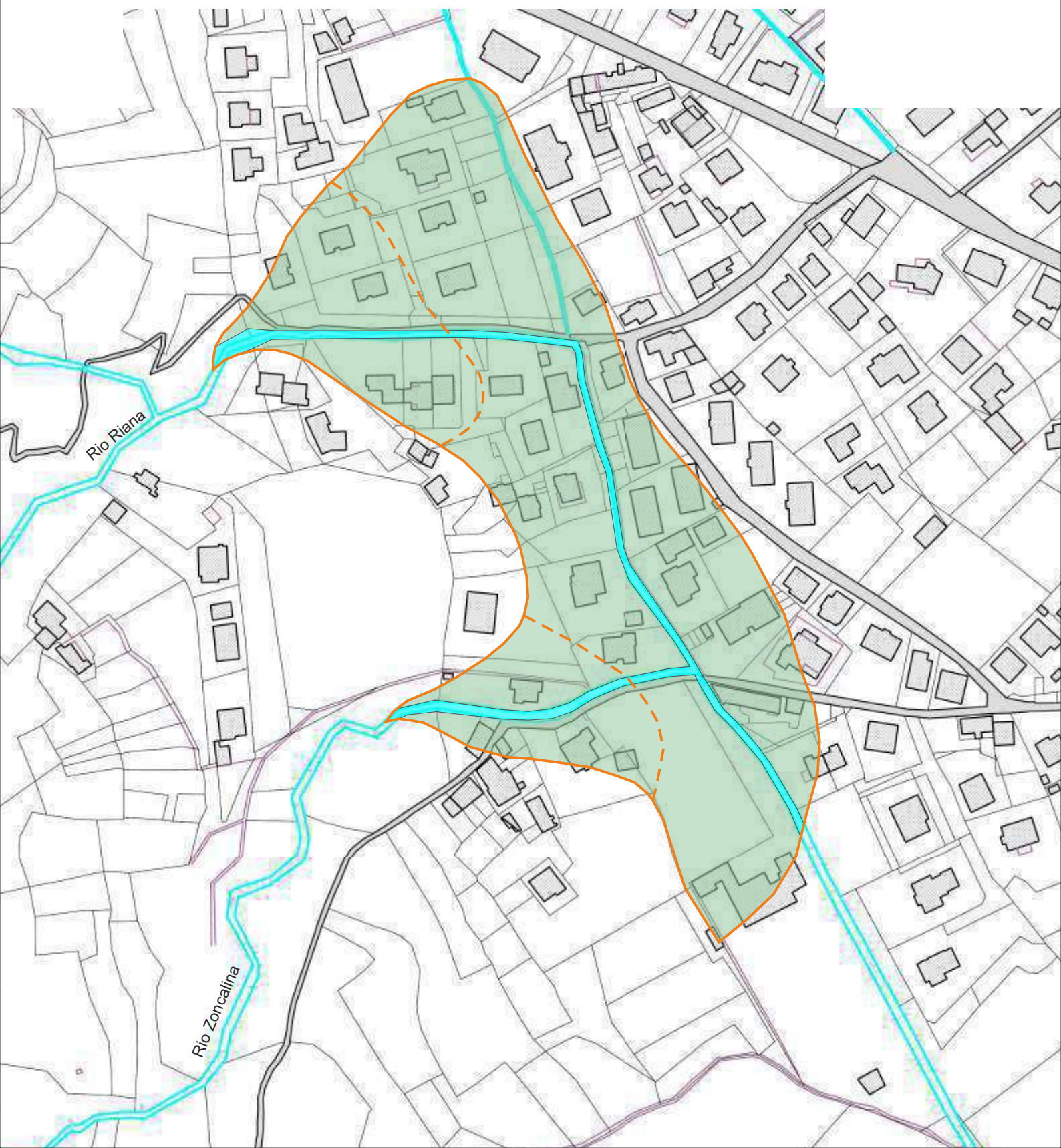
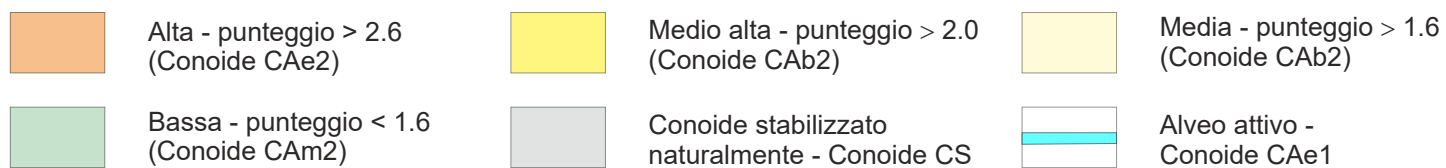
RII RIANA E ZONCALINA - SCALA 1: 2.000

CONDIZIONI DI DEFLUSSO (DOMANDA 6)



RII RIANA E ZONCALINA - SCALA 1: 2.000

PERICOLOSITÀ DEL CONOIDE (con corrispondenza alle sigle della Legenda Regionale)



4.5 RIO CAVALLI

Il Rio Cavalli, è l'ultimo dei corsi d'acqua (da Nord verso Sud) che drenano il versante montuoso che si sviluppa a Nord-Ovest del Calvario, e che alimenta il Rio Bacenetto, il quale scorre al margine del centro abitato di Domodossola, all'incirca al piede di tale versante.

Nel passaggio fra la tratta montana ed il fondovalle, il corso d'acqua ha edificato un conoide alluvionale, il cui apice è situato a circa 300 m.s.l.m. e che è caratterizzato da un buon grado di antropizzazione, soprattutto nella zona apicale, lungo entrambe le sponde: in sponda sinistra, sorge il nucleo edificato della loc. Bacenetto, mentre in sponda destra, vi è il complesso della discoteca e della palestra, la cui realizzazione ha comportato un esteso rimodellamento della morfologia originaria dei luoghi.

Nella tratta montana, sovrastante l'apice di conoide, l'alveo del corso d'acqua è caratterizzato da un profilo longitudinale piuttosto acclive; le pareti rocciose acclivi in fregio all'alveo, sono caratterizzate da distacchi di porzioni lapidee, che alimentano la falda di detrito afferente il Rio Cavalli e, lungo l'incisione torrentizia, si osserva la presenza di accumuli detritici e vegetali, con numerose piante crollate.

Queste condizioni, si riscontrano lungo la tratta compresa tra le quote 350 e 320 m s.l.m.; a valle, il profilo longitudinale del corso d'acqua diventa via via meno acclive, sino a giungere in prossimità dell'apice di conoide, ove è presente una varice subpianeggiante,

4.5.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide

L'apice di conoide è situato presso l'area edificata in sponda destra; poco a monte dei fabbricati, iniziano le opere di difesa spondale e longitudinale, con la tratta terminale della varice, larga circa 8 m e lunga 20-25 m, protetta in sponda destra da muri in cls, e delimitata a valle da una briglia di trattenuta / consolidamento, larga circa 8 m; la varice a monte della briglia, è caratterizzata da accumuli terroso-detritici, colonizzati da vegetazione infestante arbustiva.

A valle della briglia, inizia la tratta canalizzata in conoide del Rio Cavalli, rappresentata da un cunettone con fondo e sponde in cls; tale cunettone, si sviluppa per circa 80 m a cielo aperto, quindi, dopo l'immissione da destra del Rio Cappuccini, prosegue con una tratta coperta, al di sotto del piano viario di via Fontana Buona, sino ad immettersi nel Rio Bacenetto.

Il Rio Cappuccini è un corso d'acqua minore, affluente di destra del Rio Cavalli, che ha origine dalle pendici settentrionali del Calvario; immediatamente a monte delle aree edificate, lungo l'alveo è stata realizzata una modesta briglia filtrante (con griglia metallica centrale) completamente interrita, verso monte, da accumuli terroso-detritici, con presenza di componente vegetale (soprattutto rami e foglie).

La briglia è seguita, a valle, da una vasca in cls di forma irregolare, parzialmente lesionata, cui segue una tratta intubata (tubo in cls Ø 80 cm), lunga circa 80 m, che si sviluppa a fianco della discoteca, fino all'immissione nel Rio Cavalli.

4.5.2. Pericolosità del conoide

Per la redazione della carta della pericolosità con il Metodo di Aulitzky, è stato possibile rispondere a 4 delle domande previste dal Metodo: dimensione del materiale trasportato, acclività, copertura vegetale (applicabile solo in talune porzioni del conoide) e condizioni di deflusso.

La conoide, risulta protetta da opere di difesa idrauliche migliorative; la carta della pericolosità, classifica l'intera conoide a pericolosità "bassa" (corrispondente ad una pericolosità medio-moderata CAm2, secondo la Legenda Regionale), con l'eccezione dell'alveo attivo, classificato CAe.

Per la suddivisione nelle diverse Classi della cartografia di Sintesi, si è tenuto conto delle diverse condizioni morfologiche, pur nello stesso ambito di pericolosità geomorfologica, innanzitutto per la presenza di diverse condizioni morfologiche (ad esempio, a valle della briglia apicale, il piazzale asfaltato antistante la discoteca, in sponda destra, è ribassato rispetto alla sommità del muro d'argine), e tenendo anche conto della presenza di elementi antropici, in grado di condizionare il deflusso superficiale di eventuali acque di esondazione (presenza di "barriere" impermeabili, quali muri o edifici): tali "Elementi morfologici", sono stati rappresentati in un estratto apposito, precedente l'analisi di Aulitzky vera e propria.

L'indagine di aggiornamento condotta, supportata dal metodo di Aulitzky, nonché da analisi idrologiche e verifiche idrauliche, ha permesso di ridefinire le condizioni di pericolosità del conoide alluvionale, rispetto a quanto rappresentato negli elaborati geologici del P.R.G. vigente di Domodossola (nov. 2007), che si basavano solo su considerazioni morfologiche.

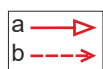
Come potenziale criticità, si segnala la zona posta a monte dell'apice di conoide, caratterizzata dalla presenza di accumuli detritici e legnosi, con numerose piante arboree crollate, che potrebbero provocare temporanei sbarramenti, con conseguenti "pulsazioni" di piena e conseguente rischio per le strutture a valle, soprattutto se in concomitanza con condizioni di "interrimento" della briglia in apice di conoide e parziale riempimento di detrito sabbioso del cunettone sviluppantesi a valle della briglia.

Si sottolinea come, il Cronoprogramma del PRG, preveda la costruzione di una seconda briglia filtrante di trattenuta, a monte dell'apice di conoide e della briglia esistente, oltre al potenziamento della vasca di trattenuta lungo il Rio Cappuccini; con la costruzione di tali opere, il grado di rischio per i settori edificati, potrà essere considerato come completamente minimizzato.

RIO CAVALLI, ELEMENTI MORFOLOGICI - SCALA 1: 2.000



Opera di attraversamento (a),
tratta del Rio Cavalli coperta (b)



Potenziali linee di deflusso in caso di
esondazione per ostruzione del canale
(a: principali; b: secondarie)



Conoide alluvionale, con limite dei 3° di pendenza



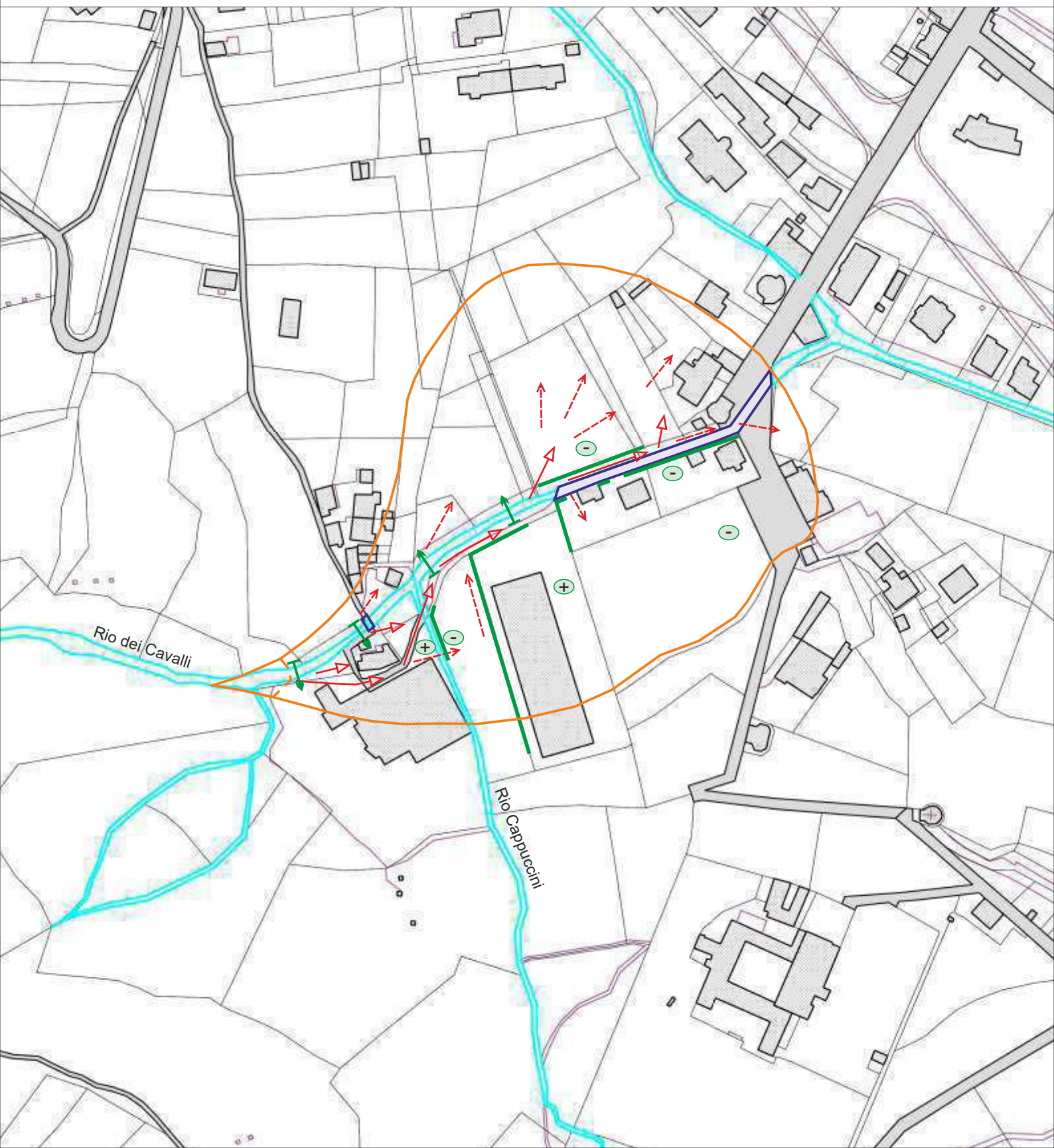
Dislivello tra sponda destra e sinistra, in fregio
al canale di deflusso

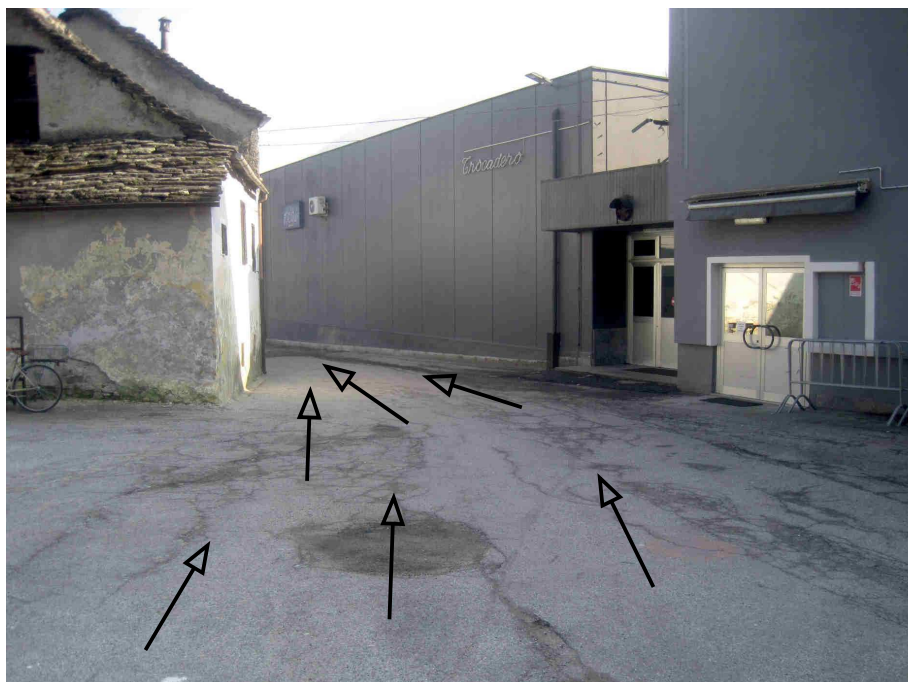


Dislivello tra aree limitrofe: terrazzamenti
rimodellati dall'intervento antropico

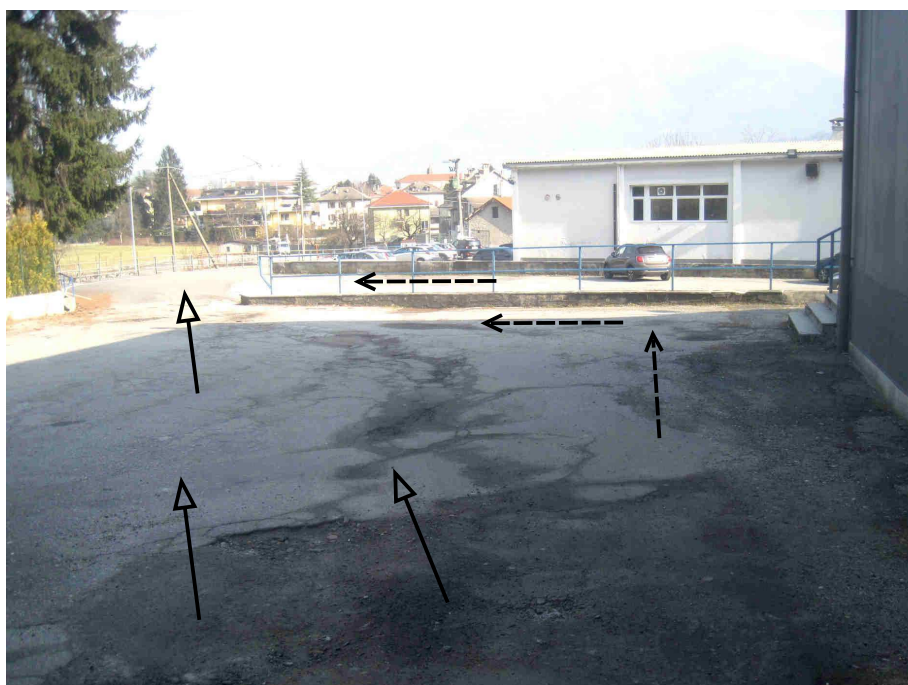


Muro in cls, in elevazione rispetto al p.c., in
grado di arrestare / direzionare eventuali flussi
delle acque di esondazione





Rio Cavalli: in caso di esondazione in apice di conoide, i deflussi si incanalerebbero lungo la strada in fregio alla discoteca «Trocadero»



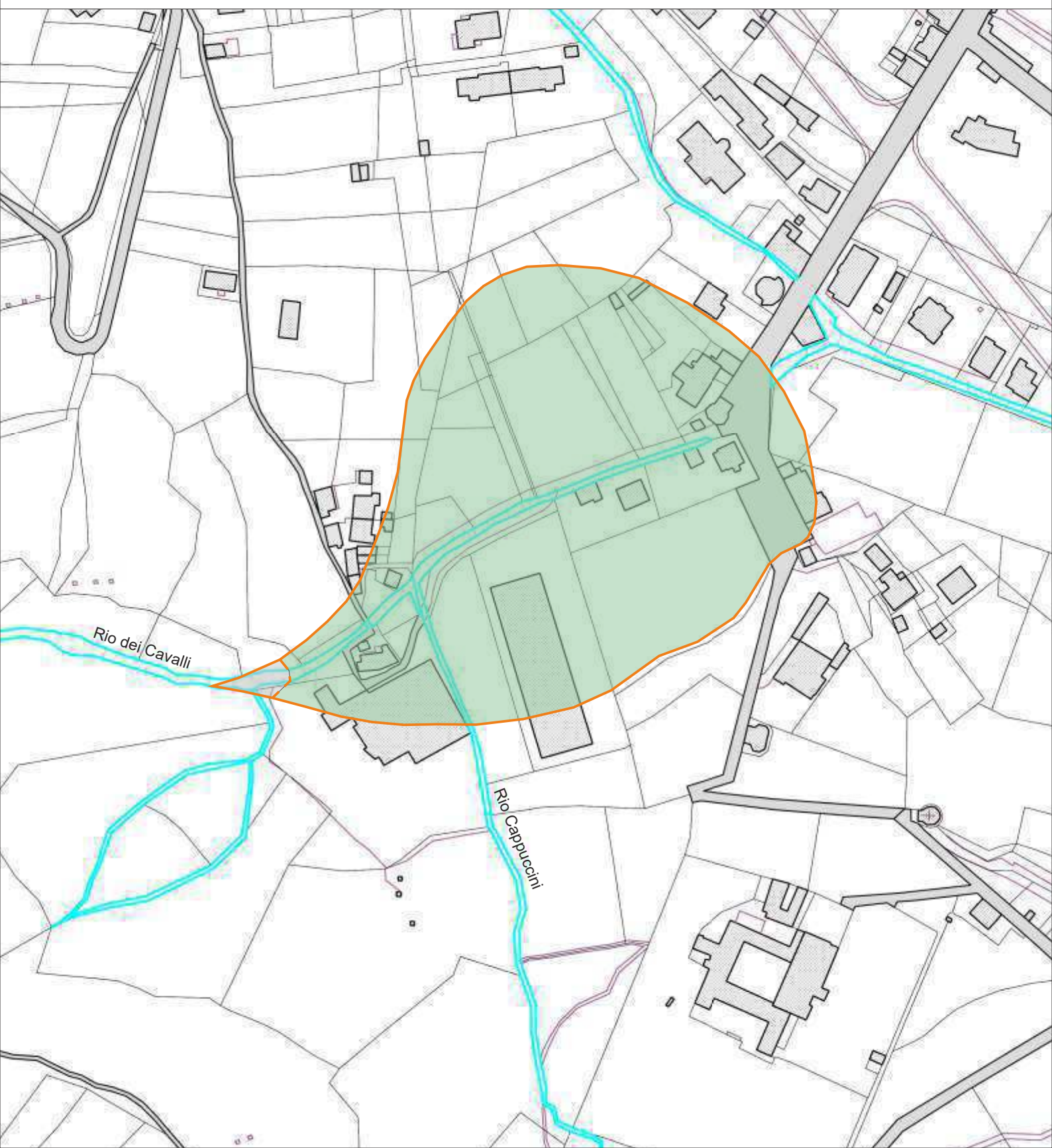
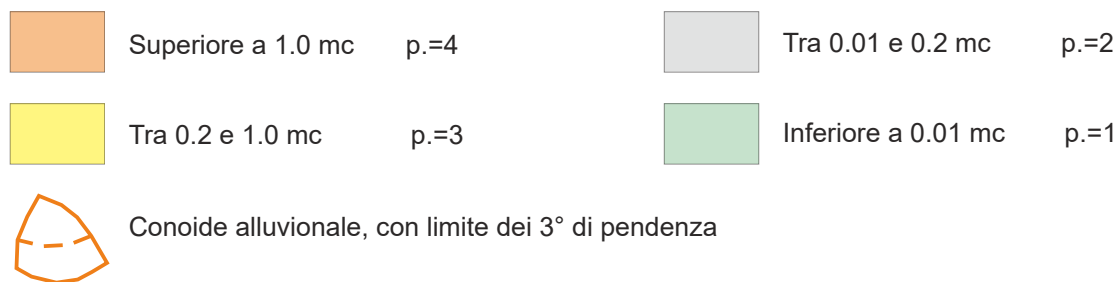
I flussi di acque di esondazione, rimarrebbero lungo la linea di deflusso preferenziale rappresentata dal piano stradale, con i vari muretti in cls in elevazione che contribuirebbero ad arrestare e direzionare le direttrici laterali secondarie



Porzione medio-distale del conoide: le acque defluenti lungo il piano viario, tenderebbero a riversarsi nelle aree in sinistra idrografica, poste a quota inferiore.

RIO DEI CAVALLI - SCALA 1: 2.000

MATERIALE TRASPORTATO RECENTEMENTE (DOMANDA 1)



RIO DEI CAVALLI - SCALA 1: 2.000

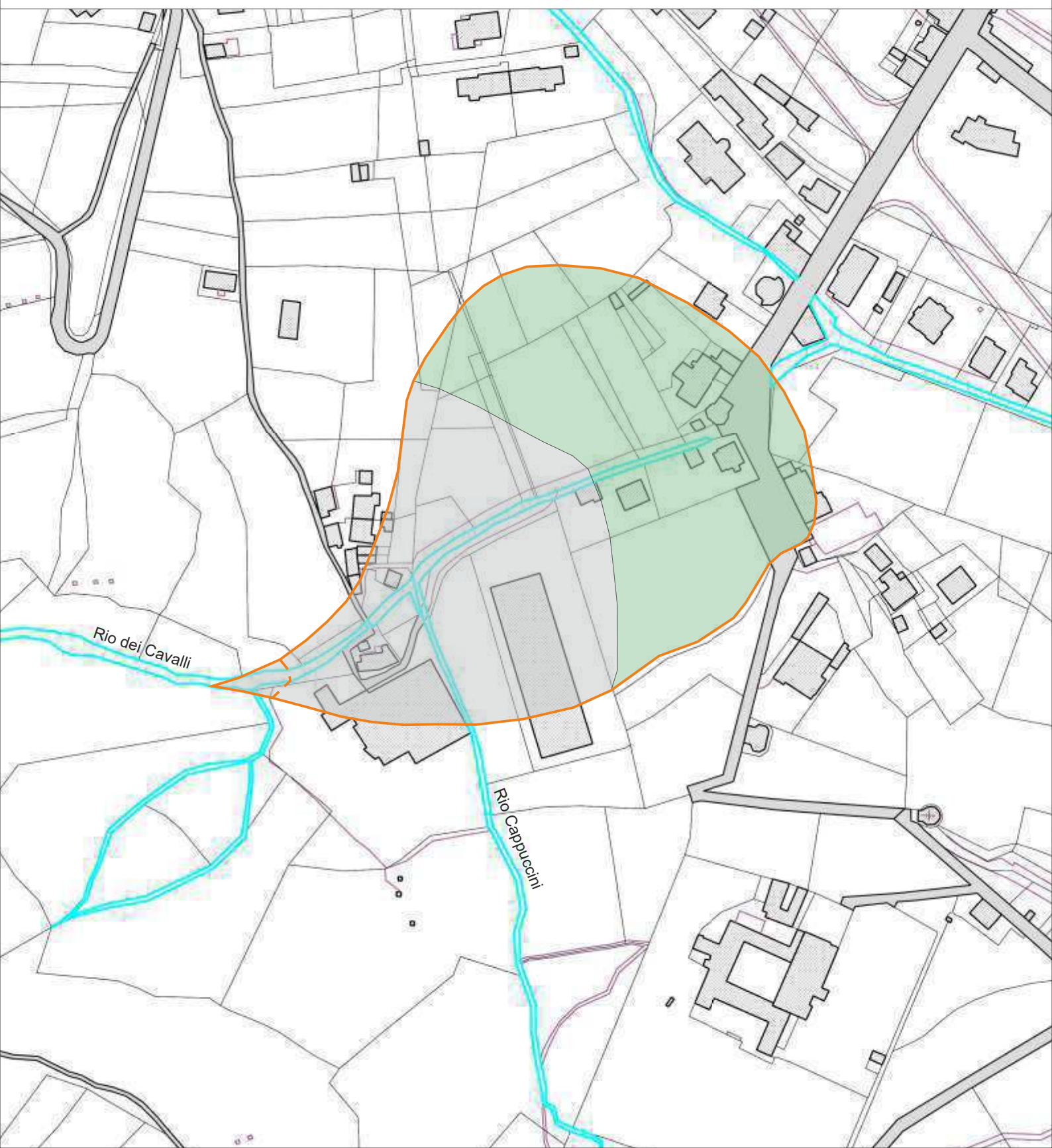
ACCLIVITA' DEL CONOIDE (DOMANDA 3)

Superiore al 15% p.=4

Tra 2 e 7% p.=2

Tra 7 e 15% p.=3

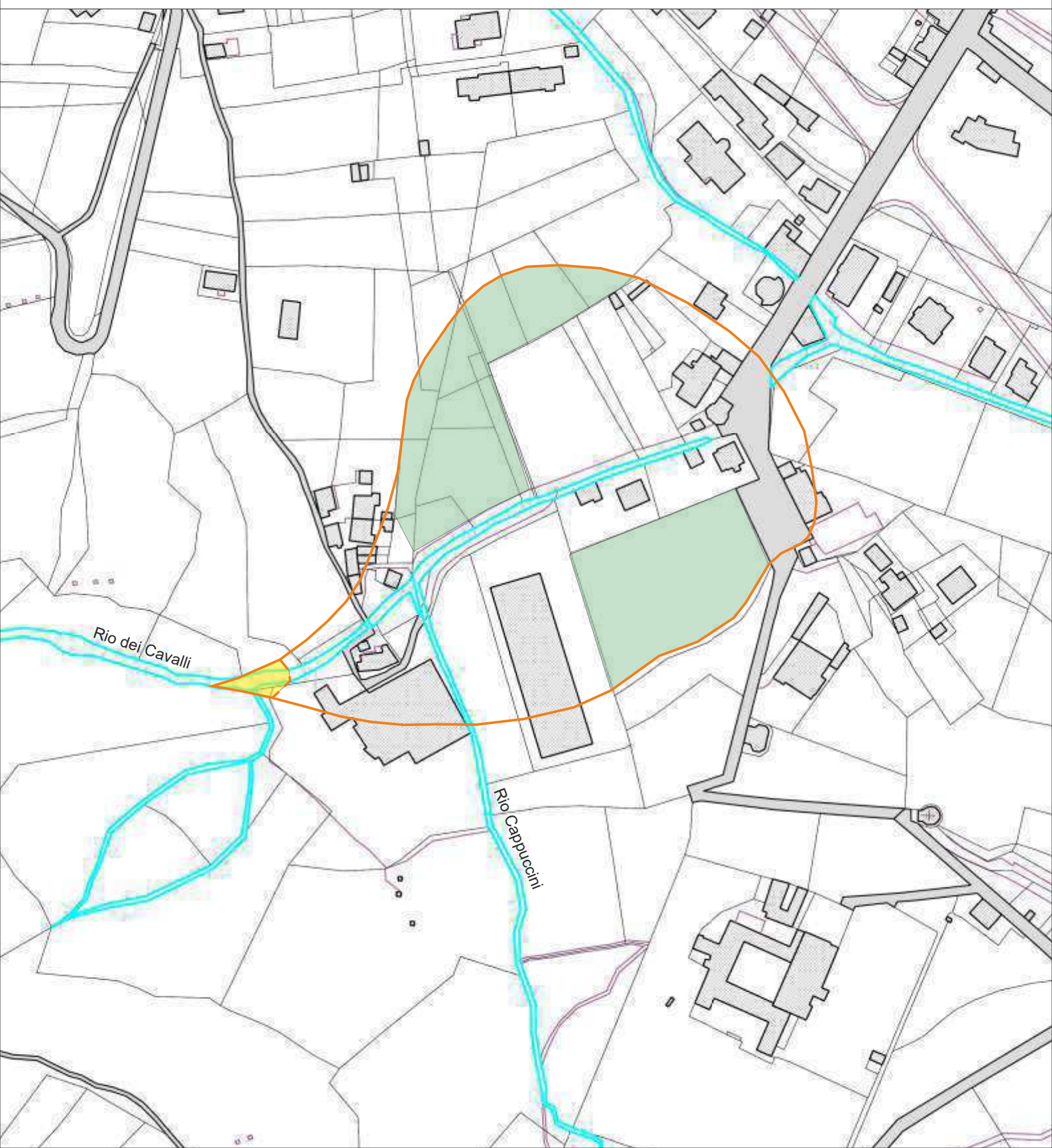
Inferiore al 2% p.=1



RIO DEI CAVALLI - SCALA 1: 2.000

COPERTURA VEGETALE (DOMANDA 4)

	Vegetazione rustica	p.=4		Prati e pascoli	p.=2
	Successione evoluta	p.=3		Campi e terrazzamenti	p.=1



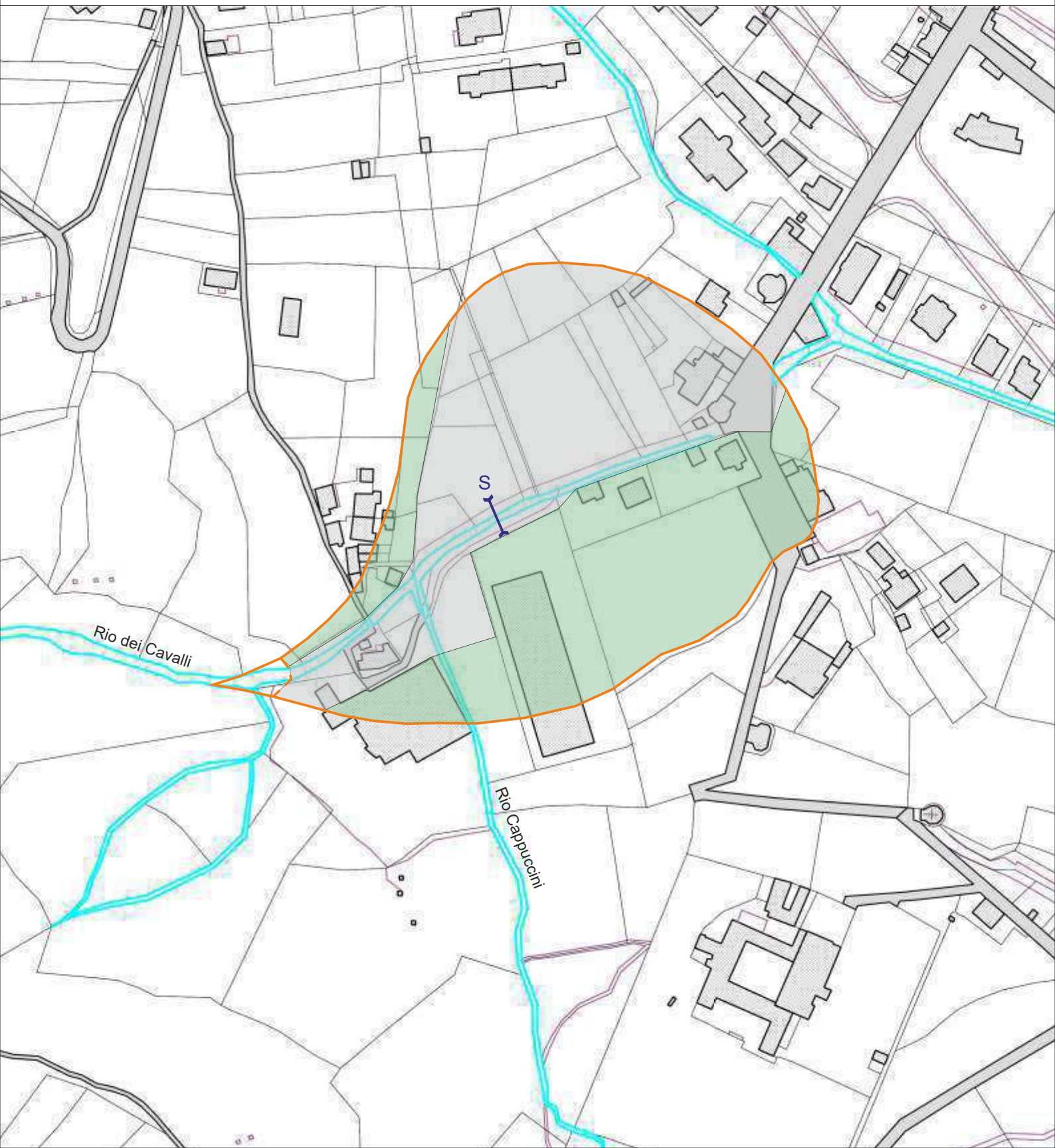
RIO DEI CAVALLI - SCALA 1: 2.000

CONDIZIONI DI DEFLUSSO (DOMANDA 6)

	Sezione strozzata	p.=4		Sezione poco ostacolata	p.=2
	Sezione critica	p.=3		Sezione facilitata	p.=1



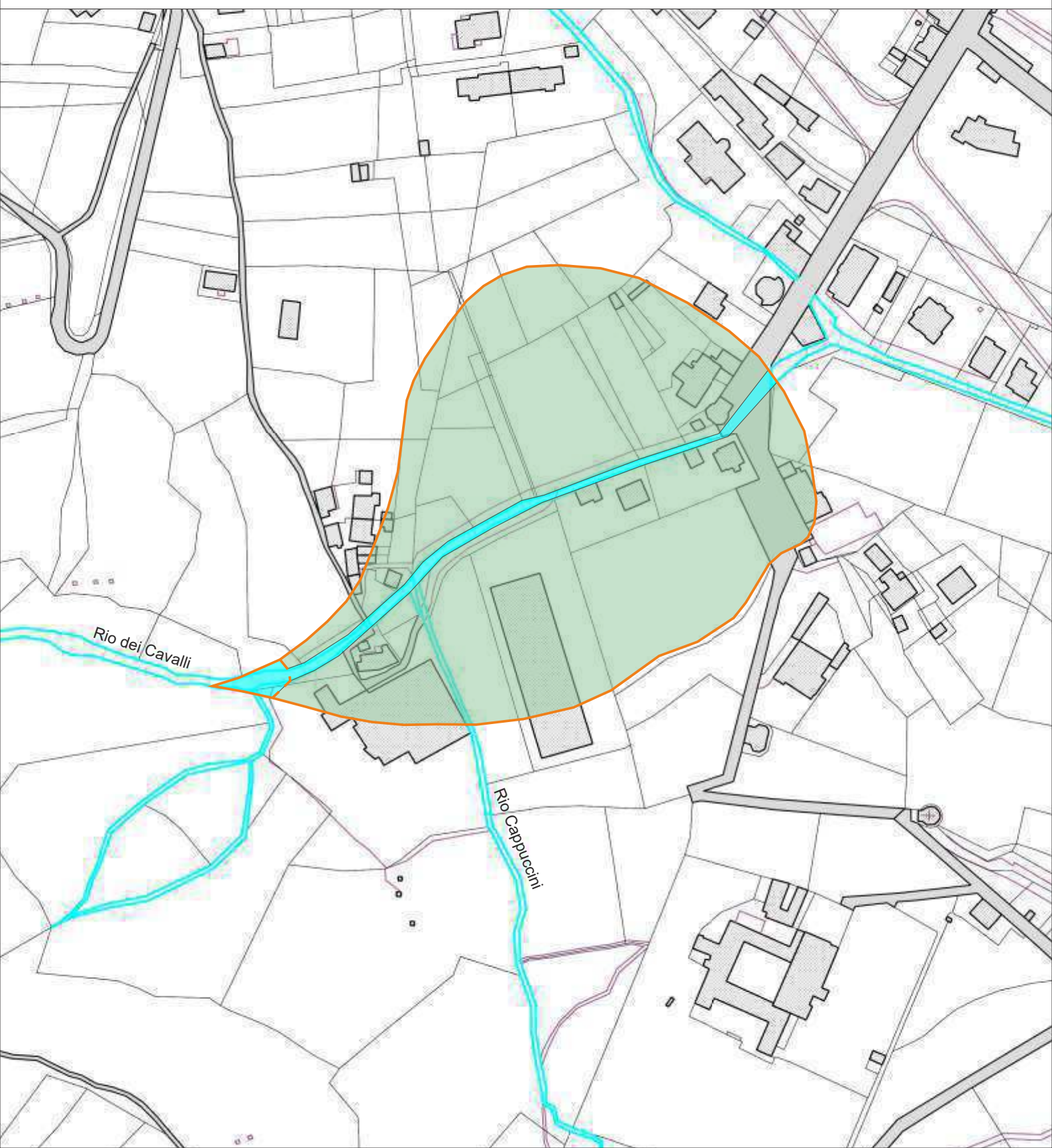
Sezione con le condizioni di deflusso peggiori, sottoposta a verifica idraulica



RIO DEI CAVALLI - SCALA 1: 2.000

PERICOLOSITÀ DEL CONOIDE (con corrispondenza alle sigle della Legenda Regionale)

	Alta - punteggio > 2.6 (Conoide CAe2)		Medio alta - punteggio > 2.0 (Conoide CAb2)		Media - punteggio > 1.6 (Conoide CAb2)
	Bassa - punteggio < 1.6 (Conoide CAm2)		Conoide stabilizzato naturalmente - Conoide CS		Alveo attivo - Conoide CAe1



4.6 RIO ANZUNO

Il Rio Anzuno è uno dei corsi d'acqua principali che caratterizzano il territorio di Domodossola; nella parte montana del bacino idrografico, è presente l'ampia area di frana di Foppiano (analizzata in dettaglio sia nella Ricerca Storica che nelle Schede di rilevamento delle frane); spostandosi verso valle, l'alveo del corso d'acqua è caratterizzato da una profonda incisione a "V", impostata lungo linee tettoniche di debolezza strutturale; a partire dalla quota di circa 610 m s.l.m., il fondovalle forma un'ampia varice, larga fino a 30 m e lunga all'incirca 120 m, che termina a quota 585 m s.l.m., in loc. "I Molini"; a valle del vecchio ponte pedonale in pietrame ad arco della S.C. Anzuno – Tappia, l'incisione torrentizia torna ad essere caratterizzata da profilo longitudinale piuttosto acclive, sino alla briglia in apice di conoide a Gabi Valle.

4.6.1. Stato di fatto lungo l'asta torrentizia in conoide

Avvicinandosi al settore apicale di conoide, il corso d'acqua scorre lungo un'incisione a "V", con versanti boscati acclivi e fondo alveo impostato in roccia.

Alla quota di circa 320 m s.l.m., in corrispondenza di una forra con pareti in roccia, posta immediatamente a monte dell'apice di conoide, l'alveo è sbarrato da un'imponente briglia filtrante, di recente realizzazione, in grado di trattenere il detrito lapideo e vegetale grossolano.

A valle della briglia, la sponda destra dell'alveo è inizialmente formata da una parete in roccia subverticale, mentre la sponda sinistra è delimitata da una scogliera in blocchi lapidei squadri e cementati, quindi il corso d'acqua scorre all'interno di un largo alveo, lastricato al fondo con crostoni lapidei e delimitato da difese spondali su entrambe le sponde, costituite sia da scogliere in blocchi sia da muri in c.a.

In questa zona apicale, in sponda sinistra, è presente un edificio residenziale che, con la D.G.R. di approvazione del PRGC vigente, era stato ascritto di ufficio alla Sottoclasse IIIC; tale edificio, al momento dell'aggiornamento delle presenti note (febbraio 2025) era ancora esistente, ma ci è stato comunicato dall'Amministrazione Comunale, che ne è stata prevista la demolizione entro l'anno.

Avvicinandosi al ponte pedonale (pietrame ad arco) della vecchia S.C. per Tappia, ed a valle di tale opera di attraversamento, l'alveo presenta fondo lastricato e profilo longitudinale a gradini (serie di soglie), con entrambe le sponde delimitate da imponenti scogliere in blocchi lapidei cementati; in questa tratta e sino al ponte stradale di Via Borgata Corte, l'alveo è stato estesamente rettificato.

Nel settore distale di conoide, a valle del ponte stradale di Via Brigata Corte, sino al ponte della linea ferroviaria Milano Domodossola, l'alveo si allarga e presenta fondo naturale e sponde protette da scogliere intasate, con tendenza al deposito di materiale lapideo e presenza di vegetazione infestante erbacea ed arbustiva, che colonizza le barre, presenti con continuità, lungo entrambe le sponde.

4.6.2. Pericolosità del conoide

Per la redazione della carta della pericolosità con il Metodo di Auliztky, è stato possibile rispondere a 5 delle domande previste dal Metodo: dimensione del materiale trasportato (limitatamente all'alveo attivo),

acclività, copertura vegetale (estrapolata a tutto il conoide), morfologia del terreno e condizioni di deflusso; in fase di valutazione, si è tenuto conto anche delle linee di deflusso teoriche in caso di esondazione, come riportate dagli Elaborati del PRG (agg. 2007) e riprese nel presente studio.

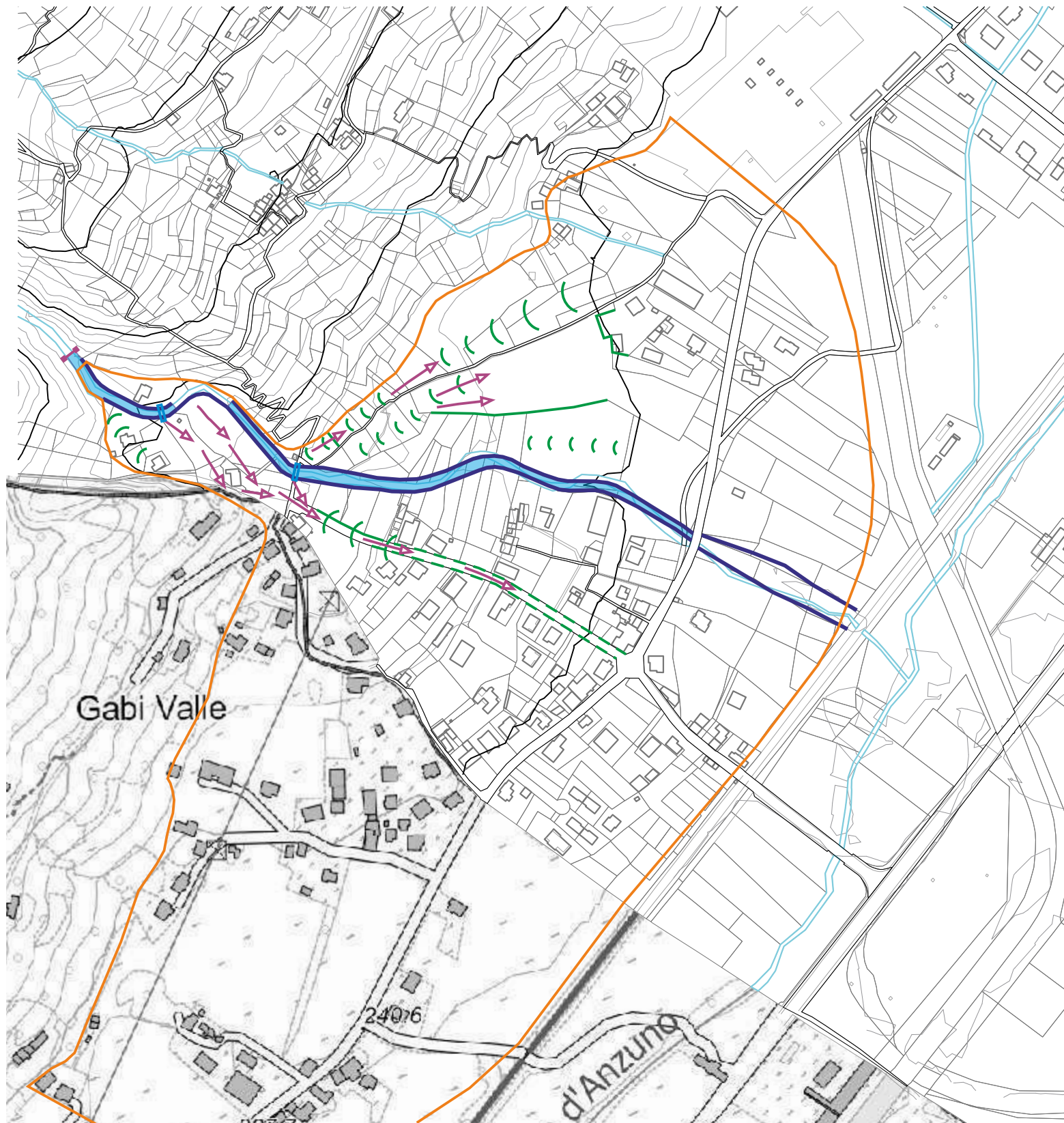
Sempre a supporto della definizione delle zone a diversa pericolosità, in un estratto apposito, sono stati rappresentati gli “Elementi morfologici” (vallecole, muri in elevazione) in grado di influenzare la propagazione delle potenziali linee di deflusso in caso di esondazione.

Analogamente all’analisi del PRG 2007, la classificazione di Aulitzky è stata applicata anche alla porzione meridionale del conoide (facies medio-distali in destra idrografica), ricadente nel territorio comunale di Villadossola.

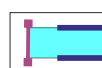
La conoide (esternamente all’alveo attivo), risulta protetta da opere di difesa idrauliche migliorative, alcune delle quali realizzate recentemente, in attuazione del Cronoprogramma del PRG (agg. 2007); la carta della pericolosità, suddivide la conoide nei seguenti settori:

- l’intera porzione apicale del conoide ed una fascia medio-apicale in sinistra idrografica, è risultata a pericolosità alta (corrispondente ad una pericolosità molto elevata CAe2, secondo la Legenda Regionale di cui alla DGR n. 64-7417 del 07/04/2014);
- la maggior parte del conoide, è caratterizzato da pericolosità “media” (punteggio compreso tra 1,6÷2,6); tutte queste aree, secondo la Legenda Regionale, corrispondono a una pericolosità elevata “CAb2” ma, per meglio illustrare la progressiva diminuzione del grado di pericolosità, allontanandosi dall’alveo verso i settori distali, sono state graficamente distinte le aree con punteggio <2,0;
- le porzioni distali del conoide, lontane dall’alveo, sono caratterizzate da pericolosità bassa (punteggio <1.6).

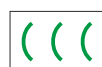
Rispetto a quanto rappresentato negli elaborati geologici del P.R.G. vigente di Domodossola (nov. 2007), le variazioni della classificazione di pericolosità, introdotte a seguito dell’analisi aggiornata, risultano limitate all’estensione della zona a pericolosità molto elevata CAe2, che è stata ridotta principalmente a seguito della ridefinizione delle condizioni di deflusso lungo il conoide, nonché delle dimensioni del materiale trasportato di recente.



RIO ANZUNO, ELEMENTI MORFOLOGICI - SCALA 1: 4.000



Briglia filtrante in apice di conoide ed alveo rettificato del Rio Anzuno, con lastricatura a fondo alveo ed opere di difesa longitudinali



Vallecola a conca, blando avvallamento morfologico



a: Muro in elevazione rispetto al p.c., in grado di direzionare eventuali flussi di acque di esondazione (b: interrotto da aperture lungo la S.C. nell'abitato)



Linee di deflusso teoriche in caso di esondazione per ostruzione del canale (pericolosità residua, a seguito della costruzione della briglia in apice)



Conoide alluvionale



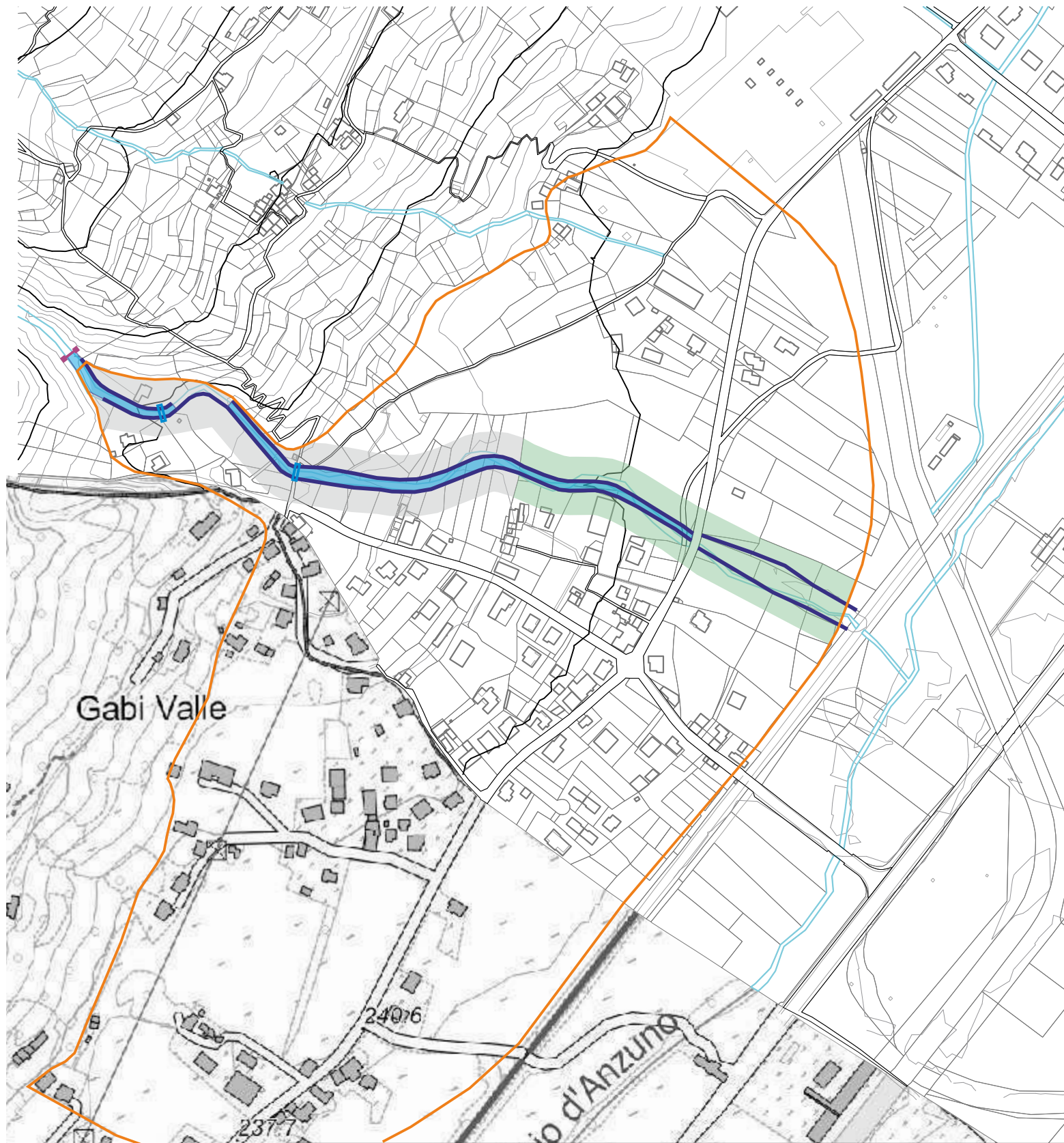
Apice di conoide, in sinistra idrografica:
vallecola morfologica



Settore mediano di conoide, in sinistra
idrografica: largo e dolce avvallamento,
evidenziato lateralmente dalle linee
tratteggiate



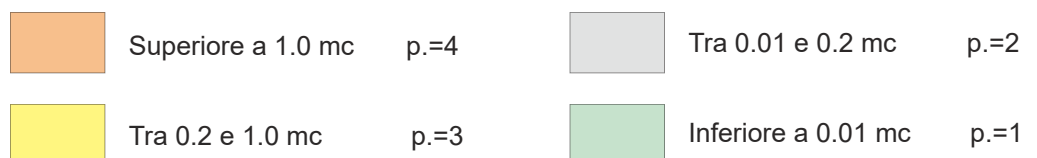
Strada Comunale che risale l'abitato di
Gabi Valle, lungo la linea di massima
pendenza, con muri in elevazione
laterali, discontinui.

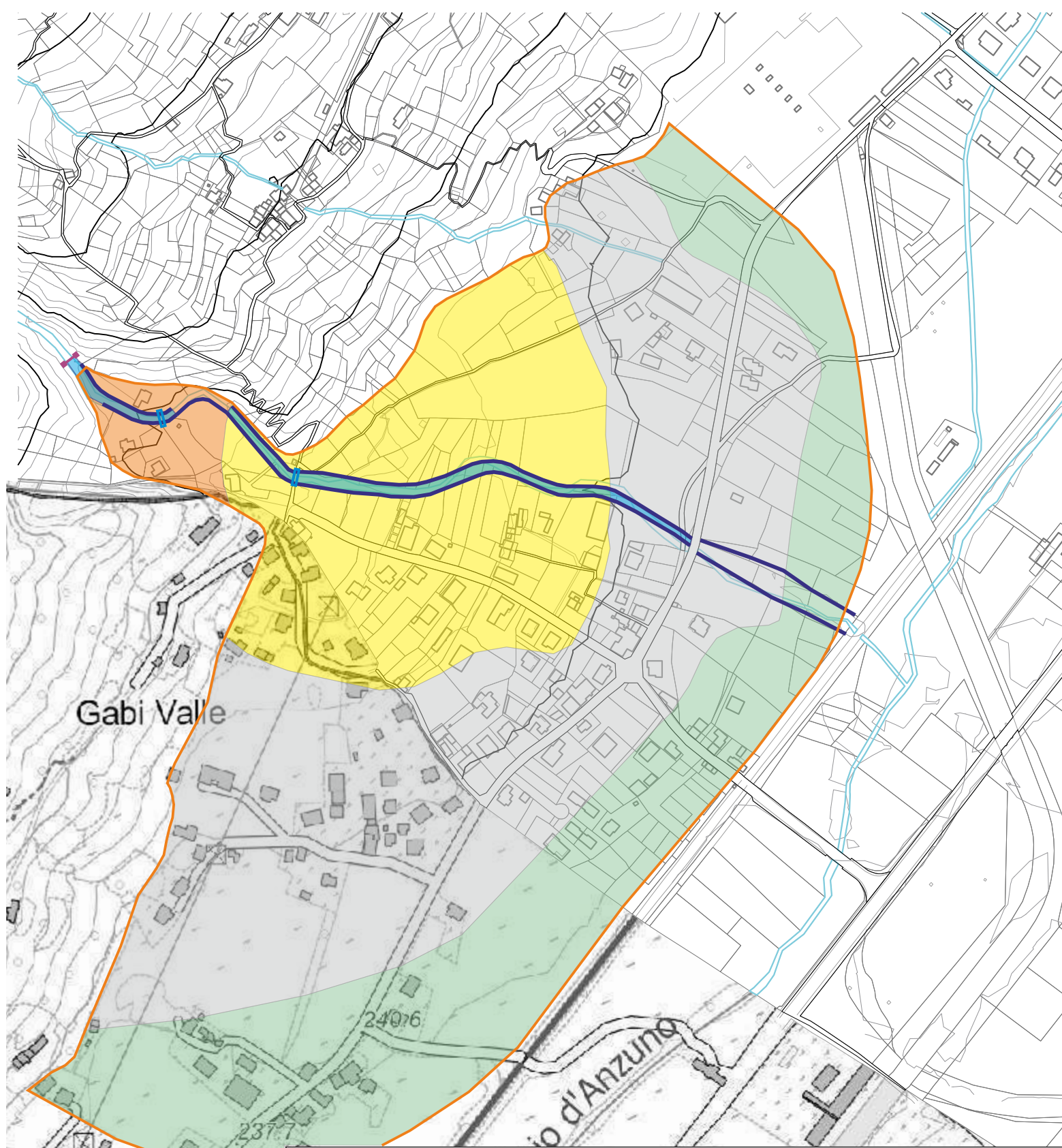


RIO ANZUNO - SCALA 1: 4.000

MATERIALE TRASPORTATO RECENTEMENTE (DOMANDA 1)

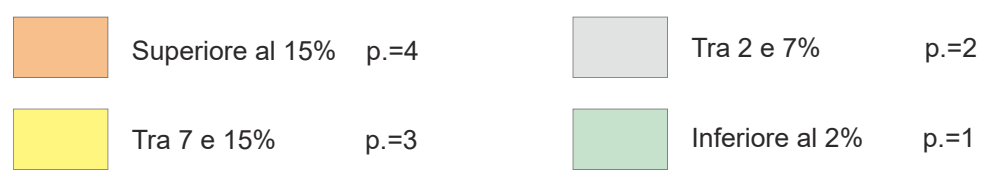
(osservazioni condotte in alveo, estrapolate ai lati)

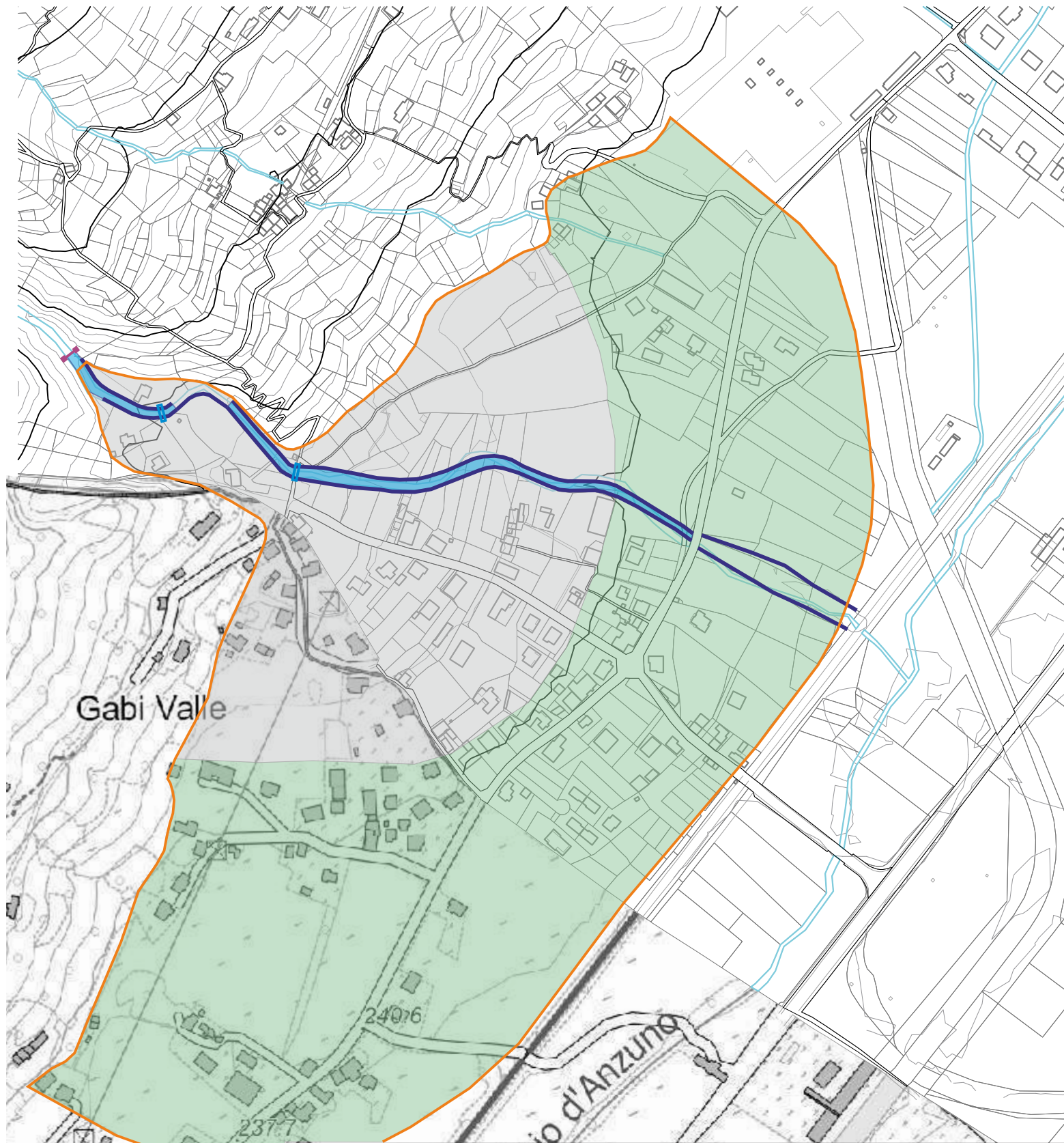




RIO ANZUNO - SCALA 1: 4.000

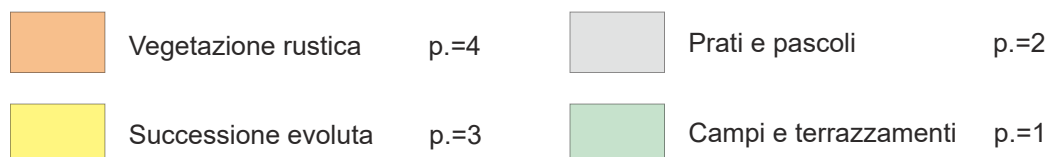
ACCLIVITA' DEL CONOIDE (DOMANDA 3)

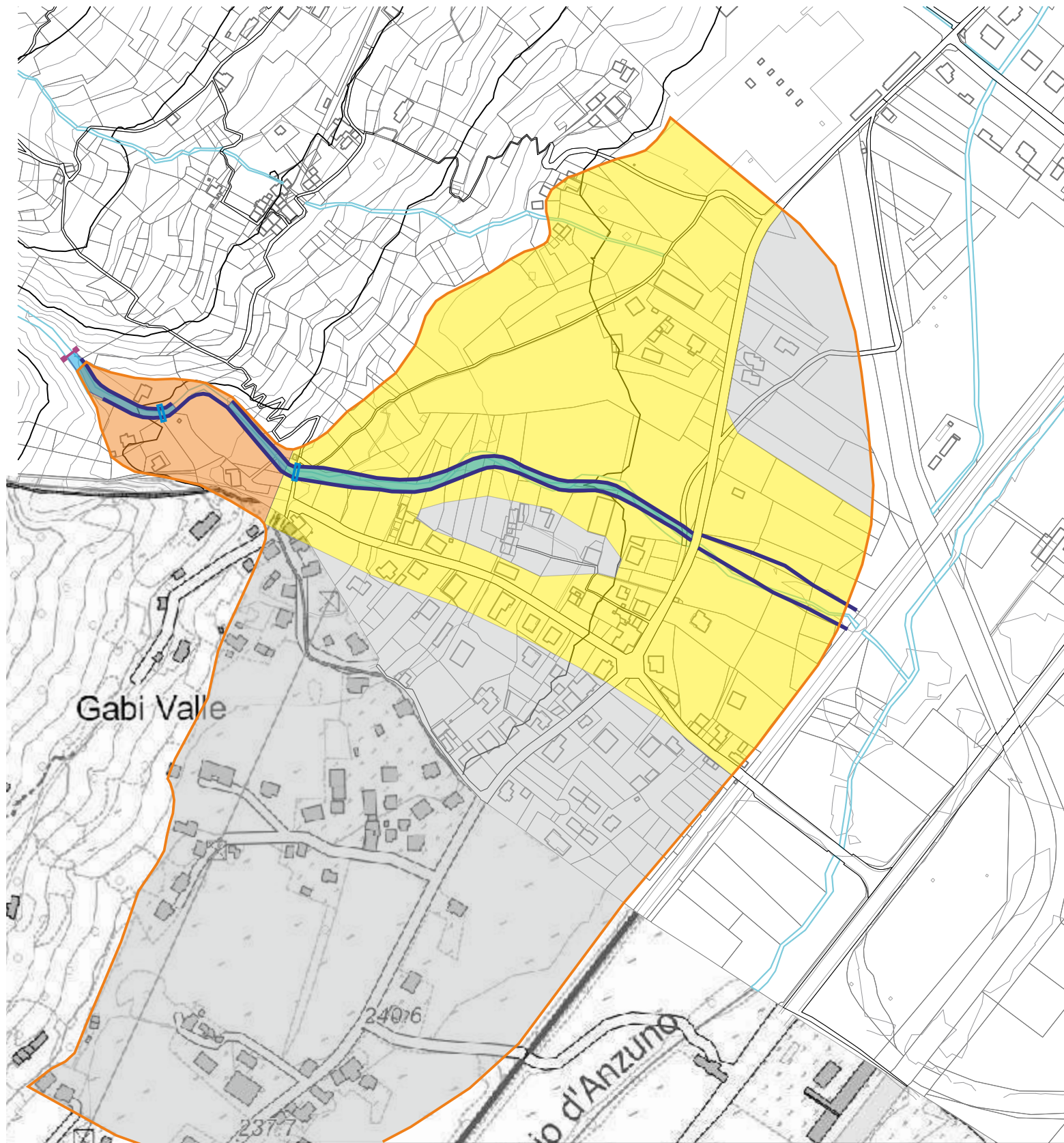




RIO ANZUNO - SCALA 1: 4.000

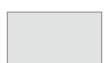
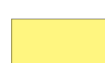
COPERTURA VEGETALE (DOMANDA 4)

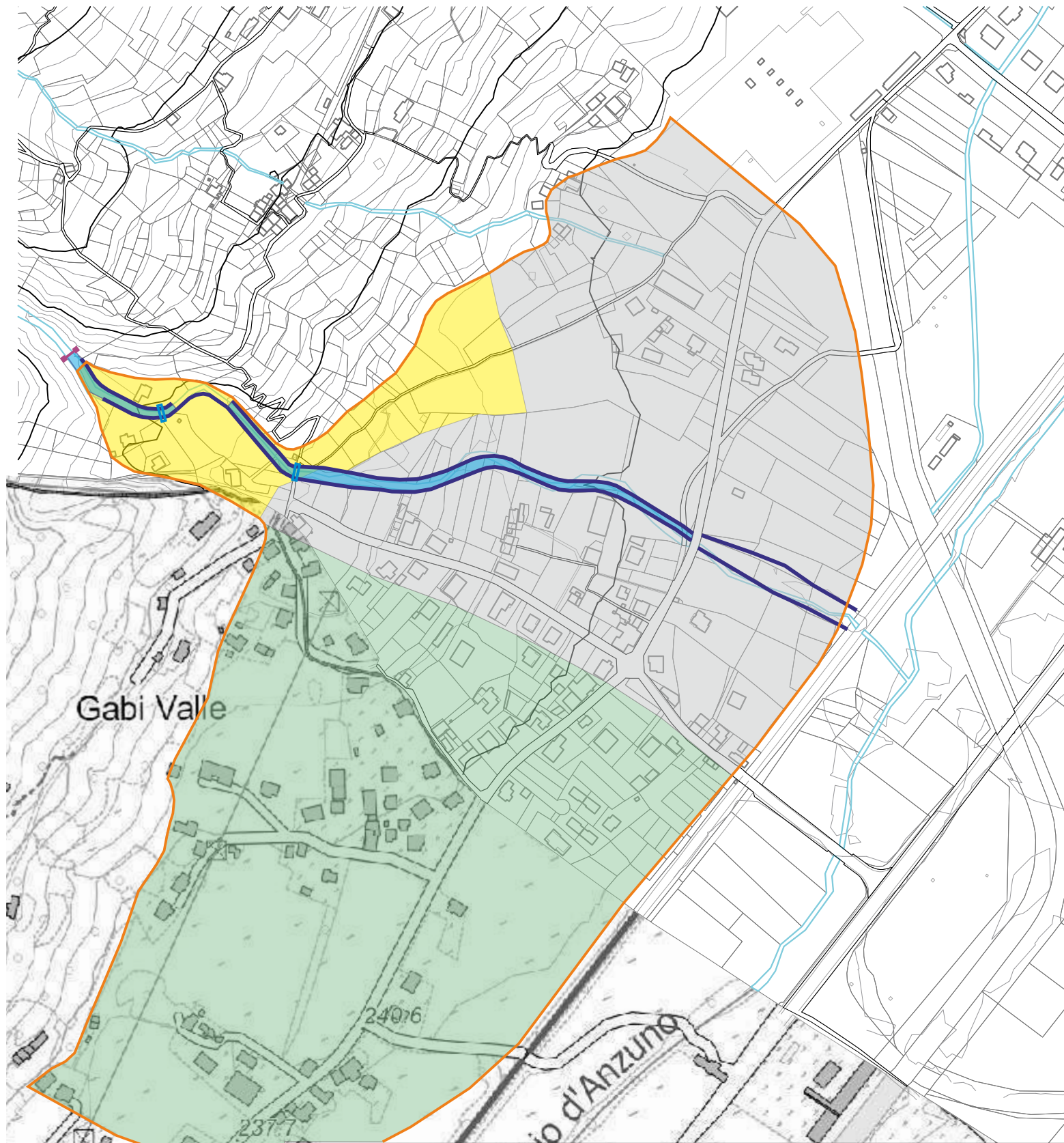




RIO ANZUNO - SCALA 1: 4.000

MORFOLOGIA DEL TERRENO (DOMANDA 5)

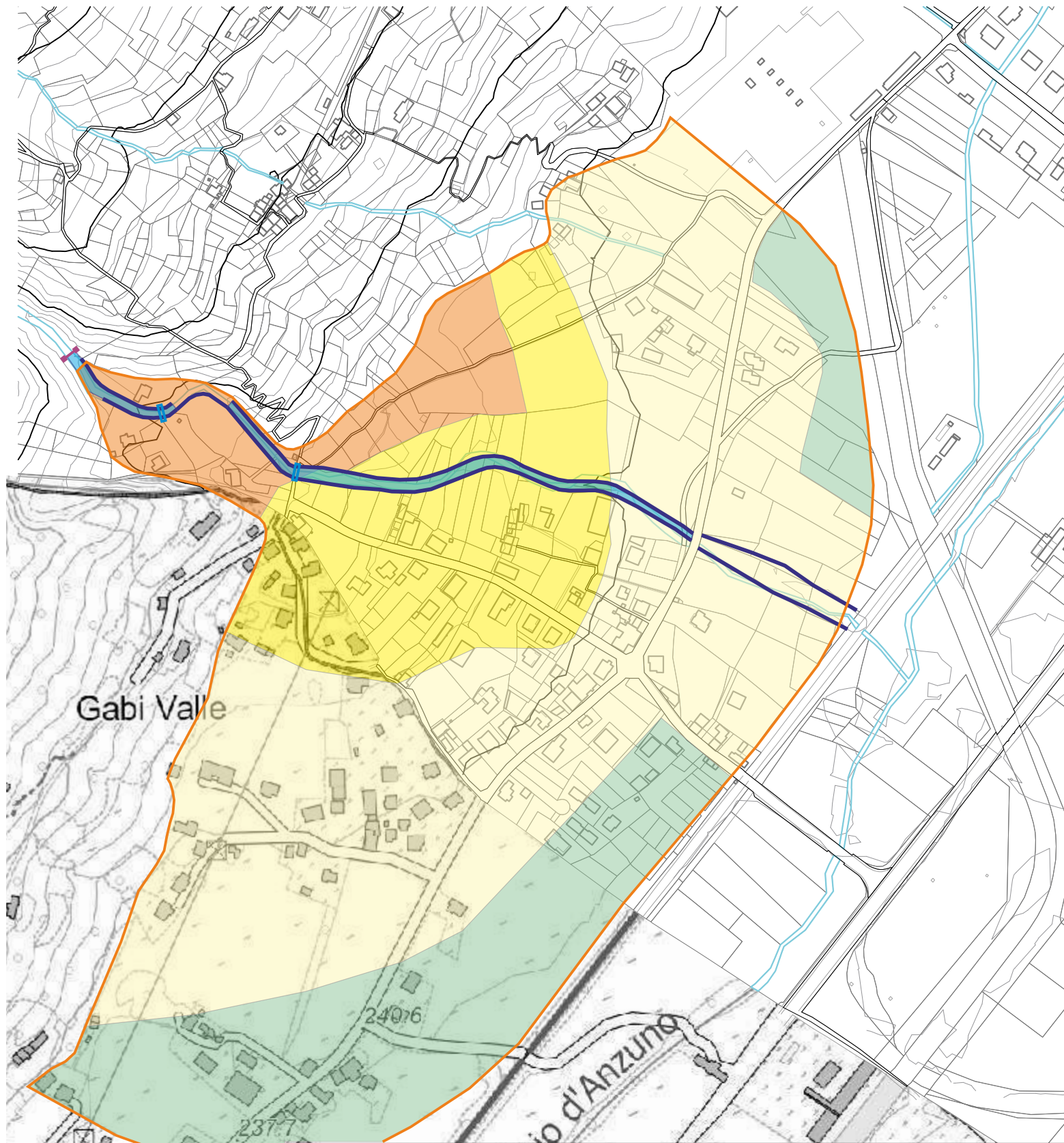
	Solcature, possibilità di colata concentrata	p.=4		Superfici sopraelevate	p.=2
	Forme di deposito, colata dilagante	p.=3		Superfici fortemente sopraelevate	p.=1



RIO ANZUNO - SCALA 1: 4.000

CONDIZIONI DI DEFLUSSO (DOMANDA 6)

	Sezione strozzata	p.=4		Sezione poco ostacolata	p.=2
	Sezione critica	p.=3		Sezione facilitata	p.=1



RIO ANZUNO - SCALA 1: 4.000

PERICOLOSITÀ DEL CONOIDE (con corrispondenza alle sigle della Legenda Regionale)

	Alta - punteggio > 2.6 (Conoide CAe2)		Bassa - punteggio < 1.6 (Conoide CAm2)
	Medio alta - punteggio > 2.0 (Conoide CAb2)		Conoide stabilizzato naturalmente - Conoide CS
	Media - punteggio > 1.6 (Conoide CAb2)		Alveo attivo - Conoide CAe1

5. SCHEDE RIASSUNTIVE DI RILEVAMENTO DEI CONOIDI

(Tratte dal PRG Vigente)

5.1 CONOIDE ALLUVIONALE DEL RIO DESENO

DATA DI COMPILAZIONE: 2003; Revisione del 2022/2024

TRIBUTARIO: Rio Deseno

CORSO D'ACQUA RICETTORE: T. Bogna

POSIZIONE RISPETTO AL CORSO D'ACQUA RICETTORE: sinistra

SEZIONI BDTRE DI RIFERIMENTO: 051080

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Conoide coalescente con quello del T. Bogna; nella porzione distale può essere interessato dall'azione del corso d'acqua ricettore.

DANNI

-

OSSERVAZIONI SUL CANALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'APICE

Caratteristiche generali prevalenti

L'alveo è caratterizzato in prevalenza da depositi, mentre le sponde sono interessate dal substrato roccioso e depositi morenici, questi ultimi soprattutto in sponda destra.

Sia le sponde che l'alveo sono caratterizzate da vegetazione arborea ed arbustiva.

Processi prevalenti

Trasporto di materiale prevalentemente grossolano.

Granulometria prevalente dei materiali mobilizzabili

In alveo i materiali mobilizzati di recente sono costituiti soprattutto da blocchi, ciottoli e ghiaie.

APICE DEL CONOIDE

Quota: ~350 m s.l.m.

Stima pendenza dell'alveo nel tratto a monte: ~7° (lettura da C.T.R.).

Stima pendenza dell'alveo nel tratto a valle: ~5° (lettura da C.T.R.).

Caratteristiche della soglia: prevalenti depositi

Immissione del canale in conoide: rettilinea

CONOIDE

Sulla superficie del conoide non si osservano sedimenti di recente deposizione.

CANALE DI SCARICO ATTIVO

Posizione del canale di scarico attivo: mediano.

Migrazione presumibile avvenuta nel tempo del canale attivo: non individuata.

Caratteristiche del canale di scarico attivo

Il canale è poco inciso nei settori apicale e distale, inciso nel settore mediano. Regimato con opere di difesa lungo tutto il canale di scarico in conoide.

Altezza minima delle sponde dal fondo alveo

Settore apicale: ~ 3.5 m;

Settore mediano: ~ 3.5 m;

Settore terminale: ~ 2.5 m

Ampiezza media del canale di scarico attivo

Settore apicale: ~ 10 m

Settore mediano: ~ 11 m

Settore terminale: ~ 12 m

Dimensione massima dei blocchi presenti nei settori apicale, mediano, terminale (diametro medio)

Settore apicale: ~ 0.55 m

Settore mediano: ~ 0.25 m

Settore terminale: ~ 0.15 m

CONFLUENZA T. BOGNA

Quota: ~ 290 m s.l.m.

Attività prevalente del tributario o del ricettore: in occasione di eventi alluvionali come quello dell'ottobre 2000, l'attività del T. Bogna è prevalente rispetto a quella del Rio Deseno.

INFRASTRUTTURE

Opere sul conoide

Opere viarie: strade comunali.

Attraversamenti: ponti

Manufatti: edifici.

Stima % aree edificate: ~ 40%

Canale di scarico attivo

Presenza di opere di difesa illustrate nella Tav. 5 *Carta delle opere di difesa idraulica* e nell'Allegato 2 – *Schede di rilevamento delle opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua principali*.

Opere interferenti con il canale di scarico

Attraversamenti: strade comunali.

Opere interferenti con antichi canali di scarico

Non rilevate.

POSSIBILI PUNTI DI DISALVEAMENTO

Evidenziati nelle tavole allegate, inerenti la valutazione della pericolosità della conoide alluvionale secondo il metodo proposto da Aulitzky (1973).

5.2 CONOIDE ALLUVIONALE DEL T. BOGNA

DATA DI COMPILAZIONE: 2003; Revisione del 2022/2024

TRIBUTARIO: Torrente Bogna

CORSO D'ACQUA RICETTORE: F. Toce

POSIZIONE RISPETTO AL CORSO D'ACQUA RICETTORE: destra

SEZIONI BD TRE DI RIFERIMENTO: 051080

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Conoide appoggiato su superfici di fondovalle terrazzate, interessato dall'azione del corso d'acqua ricettore esclusivamente nel tratto terminale.

DANNI

Anni e danni associati:

/ /1297: (BDG: 90848) inondazione del Piano di Vagna; distruzione del “murone” costruito due secoli prima a difesa del borgo e del territorio di Domodossola; parziale distruzione della chiesa di S. Pietro “all’inizio della Val Bognanco”.

1350-1446: (BDG: 95044) ripetute piene non disastrose del T. Bogna

/ /1493: (BDG: 95045) allagamento del borgo, della chiesa e del monastero di S. Agata, deposizione di una gran quantità di materiale che riempì totalmente il fossato a Nord delle mura del borgo

/ /1519: (BDG: 91020) Inondazione del piano di Vagna , distruzione di due grossi muri a secco e del “murone”.

/ /1526: (BDG: 95046) esondazione del T. Bogna ed allagamento del borgo fino alla porta di S. Agata.

/ /1531: (BDG: 91021) Inondazione del piano di Vagna.

/ /1568: (BDG: 91022) allagamento del piano di Vagna e minaccia per alcune torri e parte delle mura del borgo per scalzamento al piede, danneggiamento del borgo e del castello (che comprendeva l’attuale isolato tra le vie Osci, Beltrami, Piazza Repubblica, Via Garibaldi e Piazza Tibaldi), distruzione delle coltivazioni del piano di Vagna.

/ /1588: (BDG: 91023) Inondazione del piano di Vagna

/ /1600: (BDG: 91024) Inondazione del piano di Vagna

/ /1612: (BDG: 91029) Inondazione del piano di Vagna

14/06/1613: (BDG: 95047) distruzione degli argini del canale costruito nel 1613 che convogliava le acque del Bogna direttamente nel Toce passando tra il borgo e il colle di Mattarella, riempimento dello stesso canale.

10-19/09/1755: (BDG: 91446, 91027) esondazione del T. Bogna e allagamento di Caddo. distruzione di cascine e abitazioni, prati e vigneti, rottura di un argine di difesa delle campagne e del borgo, allagamento di quasi la metà inferiore del borgo, deposizione di sabbia, ghiaia e macigni, rottura delle mura in più punti con apertura di un varco largo circa 24 m ed distruzione del muro che circondava il borgo nella parte bassa dei padri conventuali.

/ /1773: (BDG: 91448) gravi danni per l'inondazione di Caddo e Mocogna, danneggiamento di campi e vigne e distruzione di case e cascine nelle campagne di Mocogna, Caddo e Chiesa di S. Stefano di Caddo.

/05/1774: (BDG: 91026) allagamento dei terreni e distruzione delle case del piano, della chiesa di S. Stefano, del cimitero e dei coltivi di Caddo.

/05/1777: (BDG: 91449) erosione in sponda sinistra, distruzione degli argini e allagamento delle campagne a nord del borgo.

27/08/1834: (BDG: 91028) esondazione appena superata la Cappuccina, interrimento del ponte della strada napoleonica ed allagamento di prati e campi, distruzione di 46 case e 28 stalle, morte 12 persone.

/ /1839: (BDG: 51448) apertura di un varco attraverso l'argine in destra con conseguente esondazione del torrente ed allagamento del Rione Cappuccina.

/ /1840: (BDG: 90250) allagamento della strada regia e di alcune case dell'abitato.

/ /1842: (BDG: 95079) erosione di sponda con scalzamento dell'argine in sponda destra posto a difesa del Rione Cappuccina.

12/08/1934: (BDG: 95049) si dovettero rinforzare gli argini per contrastare la piena del T. Bogna, dovuta ad intense piogge.

27/08/1938: (BDG: 90247) intensa erosione in sponda destra con possibilità di aggiramento delle difese spondali.

/10/1945: (BDG: 91503) erosione dell'argine destro del F. Toce a valle del Ponte della Mizzoccola, minaccia di scalzamento ed aggiramento del sottostante antico pennello, minaccia di scalzamento alla base della sponda sinistra e delle fondazioni del pennello di sinistra.

/ /1948: (BDG: 90247) la piena del T. Bogna provoca una vittima.

06-21/11/1951: (BDG: 90245, 90243) intensa erosione in sponda destra del T. Bogna, parziale scalzamento al piede e danneggiamento dell'argine in muratura in sponda destra, scalzamento dell'argine in destra del torrente in località Muraccio e presso la passerella pedonale per Mocogna.

Ottobre 2000: nella zona di conoide, si sono verificati fenomeni di erosione di fondo, nella porzione medio-apicale, e fenomeni di erosione laterale; quest'ultima ha provocato un arretramento della sponda destra in due settori distinti, ed ha minacciato la stabilità del Muraccio, anche senza arrivare a metterne a nudo le fondazioni. Nella zona terminale invece si sono avuti fenomeni di sovralluvionamento conseguenti alle erosioni dei tratti a monte.

OSSERVAZIONI SUL CANALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'APICE

Caratteristiche generali prevalenti

L'alveo è misto: il substrato roccioso affiora in numerosi punti, tuttavia sono presenti accumuli di materiale preso in carico dal bacino a monte sia dai depositi di copertura che ammantano i versanti adiacenti al corso d'acqua.

Le sponde sono caratterizzate da affioramenti rocciosi più limitati mentre più estesi sono i depositi di copertura; la vegetazione arbustiva ed erbacea è rigogliosa su entrambi i lati del corso d'acqua.

Processi prevalenti

Erosione spondale, trasporto e locale deposito di materiale grossolano.

Granulometria prevalente dei materiali mobilizzabili

In alveo i materiali mobilizzati di recente sono costituiti soprattutto da massi e ciottoli frammisti a ghiaie.

APICE DEL CONOIDE

Quota: ~340 m s.l.m.

Stima pendenza dell'alveo nel tratto a monte: ~4° (lettura da C.T.R.).

Stima pendenza dell'alveo nel tratto a valle: ~2° (lettura da C.T.R.).

Caratteristiche della soglia: misto roccia e materiale incoerente.

Angolo di immissione del canale in conoide: rettilineo.

CONOIDE

Il conoide è quasi completamente urbanizzato e sulla sua superficie non si osserva materiale di recente deposizione.

CANALE DI SCARICO ATTIVO

Posizione del canale di scarico attivo: laterale verso sinistra.

Migrazione presumibile avvenuta nel tempo del canale attivo: dal settore mediano verso sinistra.

Caratteristiche del canale di scarico attivo

Settore apicale: canale inciso, con sponda sinistra più alta di quella destra (protetta da argine del Muraccio) e fondo naturale.

Settore mediano: canale meno inciso, con sponda sinistra più alta di quella destra (protetta da argine del Muraccio) e fondo costituito dai materiali di recente deposizione.

Settore distale: canale poco inciso, la sponda destra è più elevata di quella sinistra.

Altezza minima delle sponde dal fondo alveo

Settore apicale: ~ 3.5 m (sponda destra); ~ 4.5 m (sponda sinistra);

Settore mediano: ~ .3 m (sponda destra); ~ 3.5 m (sponda sinistra)

Settore terminale: ~ 2.5 m (sponda destra); ~ 2 m (sponda sinistra)

Ampiezza media del canale di scarico attivo

Settore apicale: ~ 60 m

Settore mediano: ~ 175 m

Settore terminale: ~ 60 m

Dimensione massima dei blocchi presenti nei settori apicale, mediano, terminale (diametro medio)

Settore apicale: ~ 0.5 m

Settore mediano: ~ 0.15 m

Settore terminale: ~ 0.5 m

CONFLUENZA F. TOCE

Quota: ~ 270 m s.l.m.

Attività prevalente del tributario o del ricettore: valutazione non possibile.

Presenza di sedimenti trasportati dal tributario nella zona di confluenza.

INFRASTRUTTURE

Opere sul conoide

Opere viarie: vecchia Str. Statale n°33 del Sempione, ferrovia Domodossola-Iselle-Briga, strade comunali.

Attraversamenti: ponti

Manufatti: edifici d'abitazione, attività commerciali

Stima % aree edificate: ~ 70%

Canale di scarico attivo

Presenza di opere di difesa illustrate nella Tav. 5 *Carta delle opere di difesa idraulica* e nell'Allegato 3 – *Schede di rilevamento delle opere di difesa idraulica - SICOD*.

Opere interferenti con il canale di scarico

Attraversamenti: vecchia Str. Statale n°33 del Sempione, ferrovia Domodossola-Iselle-Briga, strade comunali.

Opere interferenti con antichi canali di scarico

Rilevato ferroviario.

POSSIBILI PUNTI DI DISALVEAMENTO

In apice di conoide, in corrispondenza del punto di minore altezza della sponda sinistra, a monte del ponte della strada per Mocogna; in sponda sinistra subito a monte del ponte della vecchia Str. Statale n°33 del Sempione. Trattasi di pericolosità di tipo residuo, potenzialmente pericolosi in caso di demolizione della briglia filtrante di Boione.

5.3 CONOIDE ALLUVIONALE DEL RIO DI ANZUNO

DATA DI COMPILAZIONE: 2003; Revisione del 2022/2024

TRIBUTARIO: RIO DI ANZUNO

CORSO D'ACQUA RICETTORE: F. TOCE

POSIZIONE RISPETTO AL CORSO D'ACQUA RICETTORE: DESTRA

SEZIONI BDTRE DI RIFERIMENTO: 051120

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Conoide appoggiato su superfici di fondovalle, non più interessato dall'azione del corso d'acqua ricettore.

DANNI

-

OSSERVAZIONI SUL CANALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'APICE

Caratteristiche generali prevalenti

L'alveo è impostato direttamente sul substrato roccioso con locali accumuli di depositi alluvionali a pezzatura estremamente variabile.

Anche le pareti sono costituite dalle rocce del substrato; vegetazione arborea ad alto fusto ed arbustiva caratterizza le scarpate.

Processi prevalenti

Trasporto di materiale grossolano.

Granulometria prevalente dei materiali mobilizzabili

In alveo i materiali mobilizzati di recente sono costituiti soprattutto da blocchi e ciottoli frammisti a ghiaie.

APICE DEL CONOIDE

Quota: ~300 m s.l.m.

Stima pendenza dell'alveo nel tratto a monte: ~20° (lettura da C.T.R.).

Stima pendenza dell'alveo nel tratto a valle: ~6° (lettura da C.T.R.).

Caratteristiche della soglia: substrato roccioso.

Immissione del canale in conoide: curva a sinistra.

CONOIDE

Sulla superficie del conoide non si osservano sedimenti di recente deposizione.

CANALE DI SCARICO ATTIVO

Posizione del canale di scarico attivo: decentrato a sinistra.

Migrazione presumibile avvenuta nel tempo del canale attivo: non individuata.

Caratteristiche del canale di scarico attivo

Settori apicale, mediano e distale: canale inciso per tutto il suo sviluppo; regimato con opere di difesa lungo tutto il canale di scarico in conoide.

Altezza minima delle sponde dal fondo alveo

Settore apicale: ~ 2 m;

Settore mediano: ~ 3 m;

Settore terminale: ~ 2 m;

Ampiezza media del canale di scarico attivo

Settore apicale: ~ 6 m

Settore mediano: ~ 8 m

Settore terminale: ~ 10 m

Dimensione massima dei blocchi presenti nei settori apicale, mediano, terminale (diametro medio)

Settore apicale: ~ 0.2 m

Settore mediano: ~ 0.2 m

Settore terminale: ~ 0.15 m

CONFLUENZA F. TOCE

Quota: ~ 240 m s.l.m.

Attività prevalente: ricettore.

INFRASTRUTTURE

Opere sul conoide

Opere viarie: vecchia strada statale del Sempione, ferrovia Novara-Domodossola, strade comunali

Attraversamenti: ponti

Manufatti: edifici; in particolare, presenza di un fabbricato ascritto alla Classe IIIC, in apice di conoide (sponda sinistra), per cui è prevista la demolizione entro l'anno 2025.

Stima % aree edificate: ~ 35%

Canale di scarico attivo

Presenza di opere di difesa illustrate nella Tav. 5 *Carta delle opere di difesa idraulica* e nell'Allegato 2 – *Schede di rilevamento delle opere di difesa idraulica dei corsi d'acqua principali*.

Opere interferenti con il canale di scarico

Attraversamenti: vecchia strada statale del Sempione, ferrovia Novara-Domodossola, strade comunali.

Opere interferenti con antichi canali di scarico

Non rilevate.

POSSIBILI PUNTI DI DISALVEAMENTO

Evidenziati nelle tavole allegate, inerenti la valutazione della pericolosità della conoide alluvionale secondo il metodo proposto da Aulitzky (1973).