P G T

Piano di Governo del Territorio

COMUNE DI BERGAMO

AREA POLITICHE DEL TERRITORIO
DIREZIONE PIANIFICAZIONE URBANISTICA
UFFICIO PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COORDINAMENTO UFFICIO PGT
ARCH. GIORGIO CAVAGNIS

TEAM DI PROGETTAZIONE
ARCH. GIORGIO CAVAGNIS
ARCH. GIANLUCA DELLA MEA
ARCH. MARINA ZAMBIANCHI

RESPONSABILE SCIENTIFICO
PROF. ARCH. BRUNO GABRIELLI

CONSULENZA ARCHITETTONICA
PROF. ARCH. AURELIO GALFETTI

UFFICIO PGT
ARCH. SILVIA PERGAMI
ARCH. ALESSANDRO SANTORO
DOTT. SERGIO APPIANI
DOTT. ANDREA CALDIROLI
DOTT. RAFFAELE PICARIELLO
DOTT. LARA ZANGA
con
DOTT. SILVIA CIVIDINI

CONSULENZA ASPETTI AMBIENTALI E PAESISTICI E VAS
ARCH. MARGHERITA FIORINA

CONSULENZA ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI
DOTT. GEOL. RENATO CALDARELLI
DOTT. GEOL. MASSIMO ELITROPI

CONSULENZA ASPETTI LEGALI
AVV. FORTUNATO PAGANO
AVV. PAOLO BONOMI

SIT (SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE)

Modificato e approvato con atto di rettifica non comportante variante (art 13 c.14bis della L.R. 12/05 e s.m.i.):
- ARPGT00 (Del. C.C. n. 6 Reg./60-2010 Prop. Del. in data 24/01/2011)
- ARPGT01 (Del. C.C. n. 146 Reg./46-2011 Prop. Del. in data 19/07/2011)
- ARPGT02 (Del. C.C. n. 99 Reg./25-2011 Prop. Del. in data 30/05/2011)
Pubblicato su Bollettino Ufficiale Regione Lombardia n. 38 in data 21/09/2011.

AGGIORNATO AL 21.09.2011

STUDI DI SETTORE

STUDIO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

(ai sensi della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008)

SG0

allegato 4

INTEGRAZIONI E APPROFONDIMENTI

Elaborazioni cartografiche: Ufficio PGT

studio associato
Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 **BERGAMO** – e-mail: bergamo@eurogeo.net
Tel. +39 035 248689 – +39 035 271216 – Fax +39 035 271216

REL. SS-20 17/11/2009

Comune di Bergamo

Piazza Matteotti, 27

INTEGRAZIONI E APPROFONDIMENTI ALLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA A SUPPORTO PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

PREMESSA

Sono descritti e approfonditi gli aspetti e le scelte effettuate nell'ambito della redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. di Bergamo per quanto riguarda le aree di conoide e le aree a potenziale pericolo di esondazione.

Le aree di conoide sono localizzate nella zona collinare e quindi nel settore centro settentrionale del territorio comunale mentre le aree a potenziale pericolo di esondazione occupano alcuni settori adiacenti le aste dei torrenti Morla e Quisa.

1. CONOIDI

In questo capitolo sono descritte le conoidi alluvionali cartografate nel territorio di Bergamo.

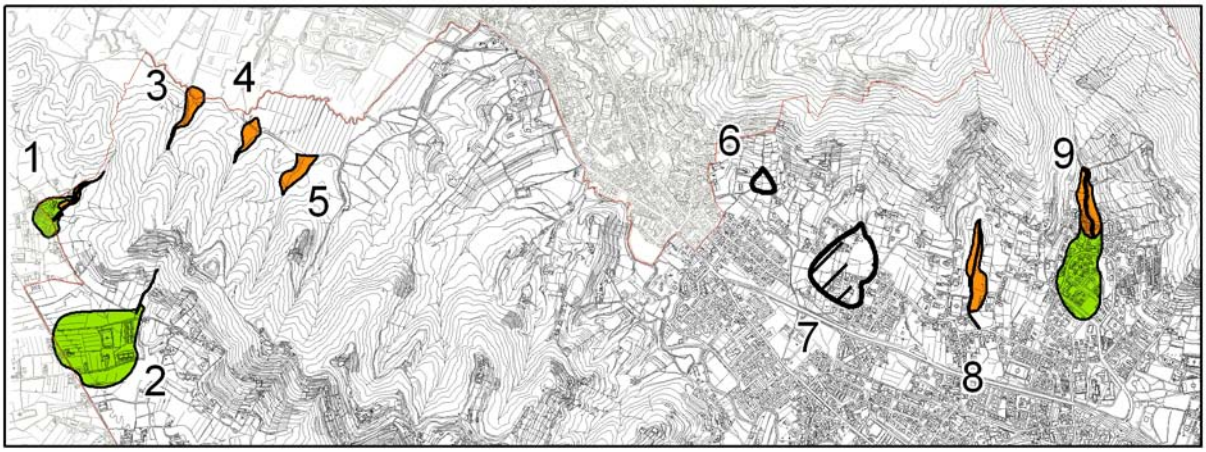


Figura 1: Quadro d'insieme delle conoidi rilevate

1.1. Conoide 1

La conoide identificata con il numero 1 è collocata in prossimità del confine comunale tra la città di Bergamo e il comune di Valbrembo, nei pressi della località Madonna della Castagna.

E' ad essa associata una forma di modeste dimensioni che si sviluppa ai piedi del colle Roccolone. L'asta centrale è lunga poco più di 500 metri e incide il versante meridionale dei colli bergamaschi attraversando le unità litologiche cretaciche che li costituiscono. I versanti sono caratterizzati dalla presenza di una copertura eluvio colluviale di spessore anche metrico e oggetto di soliflusso diffuso. La conoide occupa il fondovalle e litologicamente appartiene all'Unità di Brembate (Pleistocene medio).

La conoide è formata da un settore attivo, che coincide con l'asta torrentizia, una porzione quiescente, che interessa l'area grossomodo pianeggiante del fondovalle e da un'ampia porzione stabilizzata parzialmente antropizzata.

Causa le modeste dimensioni della conoide e del bacino da essa sotteso non sono disponibili informazioni bibliografiche relative agli aspetti idrogeologici.

Le caratteristiche morfometriche della conoide sono elencate nella seguente tabella.

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	500 m
Superficie settore attivo	703 m^2
Superficie settore quiescente	4.365 m^2
Superficie settore stabilizzato	18.109 m^2
Superficie totale	23.176 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	43.787 m^2

La valutazione della magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3	
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	3	26	
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,043		
	Hmax (km)	290		
	Hmin (km)	306		
	indice di Melton – Mb	0,33		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	4,2		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,043	40	26
	pendenza asta principale (%)	5,6		
	indice geologico - IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	3		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		

La portata liquida di picco della colata è stato effettuato utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) ed indicata nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e risulta pari a:

$$\mathbf{q = 0{,}33\ m^3/s}$$

La portata massima della colata stimata con la formula di Armanini (1996) è pari a:

$$\mathbf{Q_{df} = 3{,}39\ m^3/s}$$

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,043
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,73
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**0,34**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	0,34
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**3,39**

I modesti volumi di materiale coinvolti non giustificano la zonizzazione della pericolosità.

Foto 1: Conoide 1: porzione distale, si nota il canale centrale il cui alveo è largo alcuni decimetri. Poco a valle il canale viene intubato in corrispondenza di un attraversamento carrale

Foto 2: Particolare del canale centrale della conoide

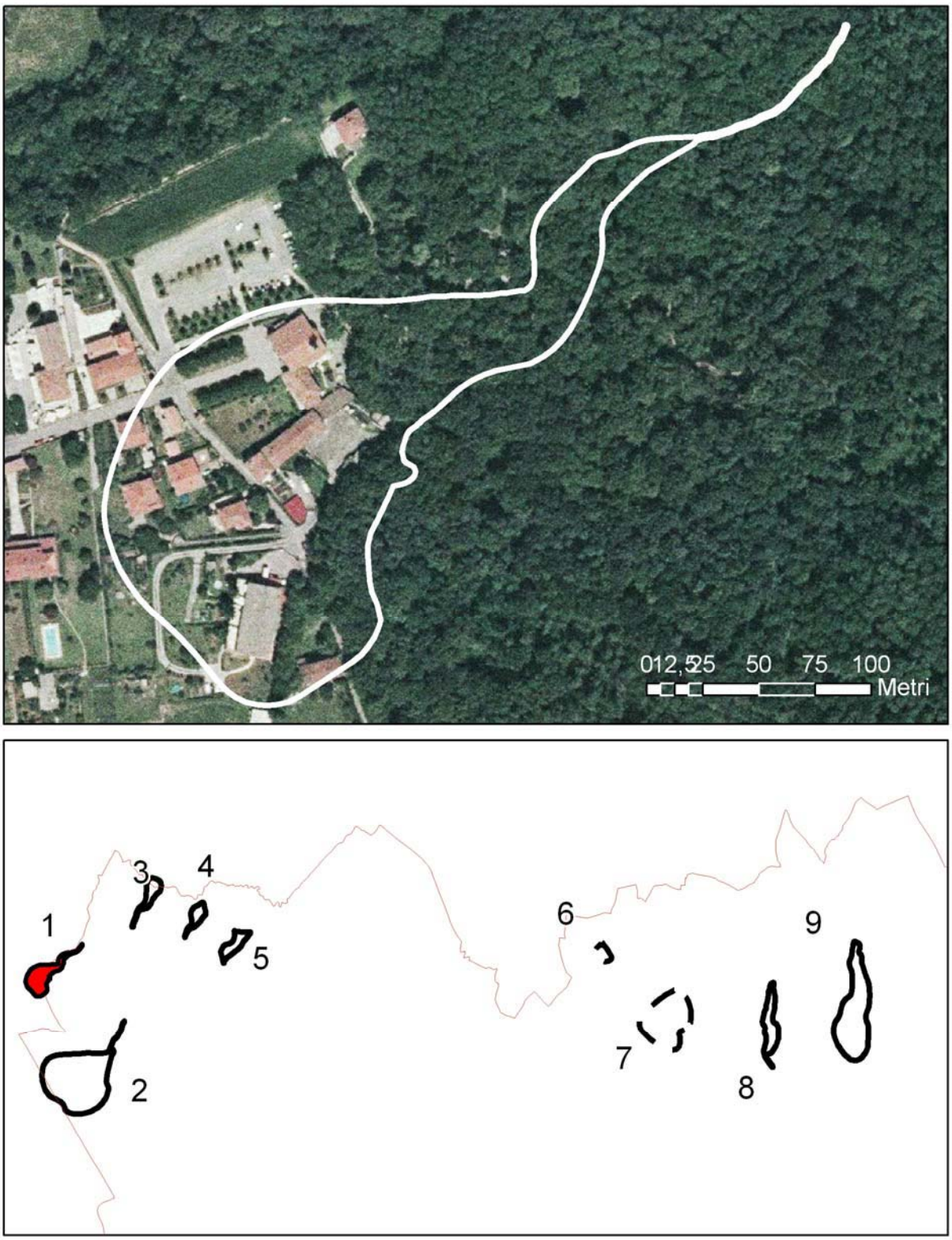


Figura 2: Inquadramento geografico della conoide n. 1

CONOIDE 1

Id conoide	1	Data compilazione		Rilevatore	
Nome località	MADONNA DELLA CASTAGNA		Nome torrente		
Comuni	BERGAMO		Provincia	BG	
C.T.R.	C5B2				

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,023	Larghezza max (m)	30
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	290	Pendenza media alveo (%)	4,2
Quota minima (m slm)	282	Lunghezza alveo (m)	500
Lunghezza max (m)	240	Indice di Melton	0,05

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,043	Pendenza media alveo princip.(%)	5,6
Quota minima (m slm)	290	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,5
Quota massima (m slm)	360	Densità di drenaggio (km/km^2)	11,63
Lunghezza alveo principale (km)	0,5	Indice di Melton	0,34

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice
bisettrice
destra
sinistra

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia
in roccia
in materiale incoerente
mista

Presenza di uno o più paleoalvei
si
no

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso		X		X		X
canale inciso						
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

Eventi storici

Localizzazione	attendib.	data	danni	fenomeno

Note:

1.2. Conoide 2

La conoide identificata con il numero 2 è collocata poche centinaia di metri a est della precedente ed è meno evidente nella sua parte distale. E' presente un canale centrale attivo che incide l'unità litologica del Conglomerato di Sirone, verso i colli e i depositi quaternari dell'unità di Brembate nella sua parte mediana e distale.

Il settore attivo coincide con il canale centrale che tuttavia è regimato ed è stato deviato in corrispondenza dell'incrocio con la strada di via Madonna della Castagna. Non è riconoscibile un settore quiescente ed è intuibile, seppure poco evidente, la porzione distale e stabilizzata della conoide che occupa un'ampia superficie ampiamente rimaneggiata, in parte coltivata e in parte antropizzata.

Causa le modeste dimensioni della conoide e del bacino da essa sotteso non sono disponibili informazioni bibliografiche relative agli aspetti idrogeologici.

Le caratteristiche morfometriche del conoide n. 2 sono elencate nella seguente tabella.

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	270 m
Superficie settore attivo	580 m^2
Superficie settore quiescente	
Superficie settore stabilizzato	116.742 m^2
Superficie totale	117.321 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	82.114 m^2

La valutazione delle magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3	
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	3	//	
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,082		
	Hmax (km)	0,402		
	Hmin (km)	0,288		
	indice di Melton – Mb	0,40		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	//		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,082	107	70
	pendenza asta principale (%)	8		
	indice geologico - IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	3		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		

La portata liquida di picco della colata è stata calcolata utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008, e risulta pari a:

$q = 0,63\ m^3/s$

La portata massima della colata, stimata con la formula di Armanini (1996) è:

$Q_{df} = 6,34\ m^3/s$

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,082
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,72
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**0,63**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	0,63
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**6,34**

I modesti volumi di materiale coinvolti nonché la regimazione del canale, intubato, non giustificano la zonizzazione della pericolosità.

Foto 3: Conoide 2, si notano blande pendenze obliterate dall'uso agricolo e residenziale.

Foto 4: L'asta centrale della conoide 2 è stato deviato e intubato in corrispondenza dell'attraversamento carrale.

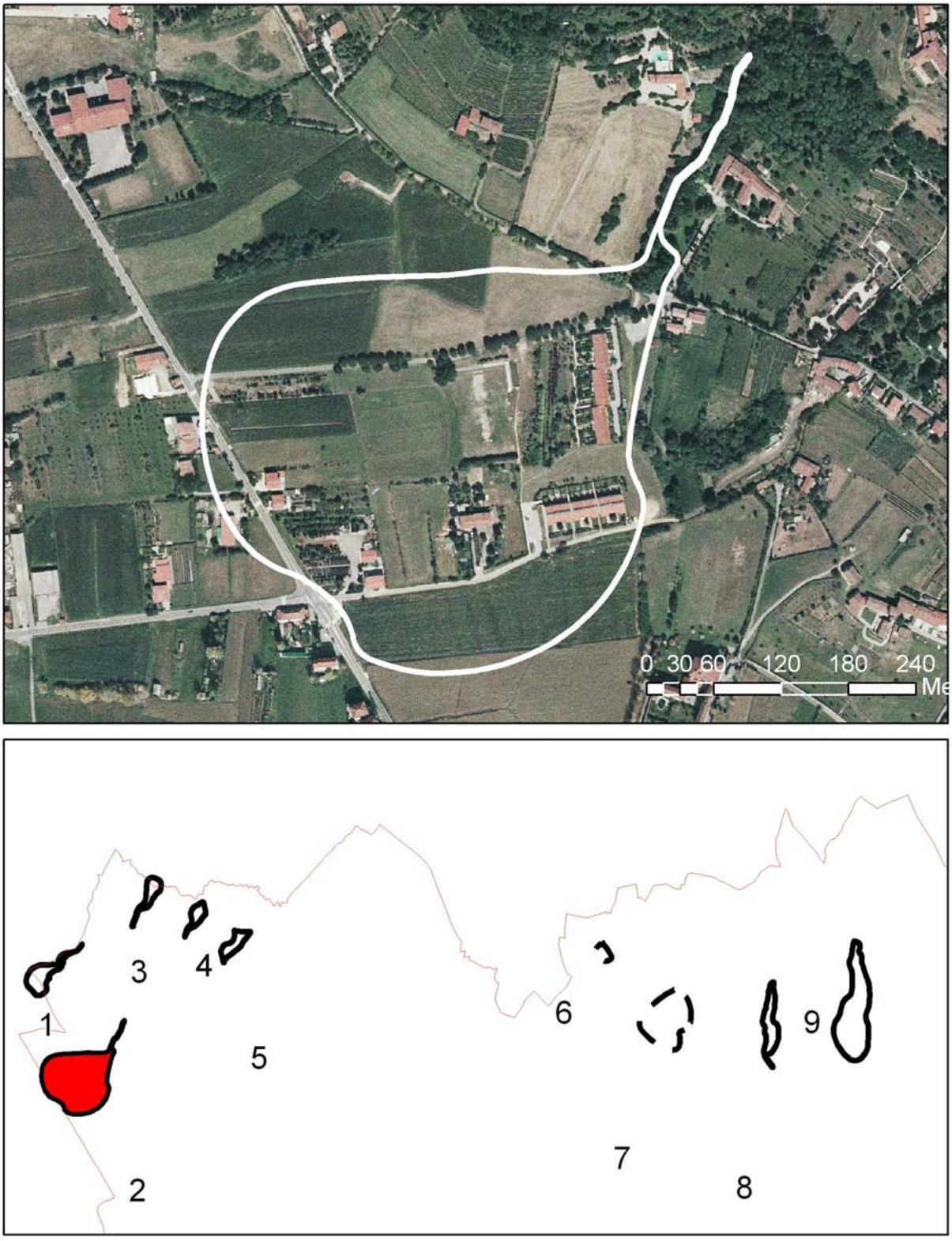


Figura 3: Inquadramento geografico della conoide n. 2

CONOIDE 2

Id conoide	2	Data compilazione		Rilevatore	

Nome località	S.ROCCO	Nome torrente	
Comuni	BERGAMO	Provincia	BG
C.T.R.	C5B2		

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	1,17	Larghezza max (m)	
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)		Pendenza media alveo (%)	0
Quota minima (m slm)		Lunghezza alveo (m)	310
Lunghezza max (m)		Indice di Melton	0

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,82	Pendenza media alveo princip.(%)	8
Quota minima (m slm)	288	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,3
Quota massima (m slm)	402	Densità di drenaggio (km/km^2)	0,37
Lunghezza alveo principale (km)	0,3	Indice di Melton	0,13

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice
bisettrice
destra
sinistra

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia	FOTO
in roccia	
in materiale incoerente	
mista	

Presenza di uno o più paleoalvei	
si	
no	

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		X
canale inciso		x				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

Id conoide	3	Data compilazione		Rilevatore	

Nome località	BACINO DI PETOSINO	Nome torrente	
Comuni	BERGAMO	Provincia	BG
C.T.R.	C5B2		

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,012	Larghezza max (m)	90
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	309	Pendenza media alveo (%)	7,6
Quota minima (m slm)	290	Lunghezza alveo (m)	290
Lunghezza max (m)	316	Indice di Melton	0,17

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,093	Pendenza media alveo princip.(%)	9
Quota minima (m slm)	309	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,65
Quota massima (m slm)	362	Densità di drenaggio (km/km^2)	6,99
Lunghezza alveo principale (km)	0,65	Indice di Melton	0,17

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice	
bisettrice	
destra	
sinistra	

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia		
in roccia		
in materiale incoerente		
mista		

Presenza di uno o più paleoalvei	
si	
no	

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		X
canale inciso		X				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

1.3. Conoidi 3, 4 e 5

Le conoidi n. 3, 4 e 5 si collocano in prossimità del bacino di Petosino e si sviluppano verso nord. Litologicamente sono costituite da materiali fini (argille e limi con clasti millimetrici residuali) con un basso angolo di attrito interno che ne determina una morfologia a basso rilievo e piuttosto irregolare. Sono attraversate dal torrente in posizione decentrata rispetto all'asse della conoide e la parte distale è a volte troncata dal torrente Quisa.

Le tre conoidi incidono le rocce del Flysch di Pontida (che affiorano localmente) e l'unità quaternaria postglaciale.

La parte attiva è rappresentata dal canale centrale il quale risulta spesso decentrato rispetto all'asse. Nel'immediato intorno del canale e coincidente grossomodo con il fondovalle si estendono le parti quiescenti.

Le caratteristiche morfometriche della conoide n. 3 sono elencate nella seguente tabella.

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	290 m
Superficie settore attivo	NON VALUTABILE
Superficie settore quiescente	12.095 m^2
Superficie settore stabilizzato	//
Superficie totale	12.095 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	93.051 m^2

La valutazione delle magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	3	58
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,093	
	Hmax (km)	0,362	
	Hmin (km)	0,309	

	indice di Melton – Mb	0,17		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	7,6		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,093	136	89
	pendenza asta principale (%)	9		
	indice geologico - IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	3		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		

La portata liquida di picco della colata è stata calcolata utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e risulta pari a:

$q = 0,72\ m^3/s$

La portata massima della colata, stimata con la formula di Armanini (1996) è:

$Q_{df} = 7,18\ m^3/s$

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,093
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,72
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**0,72**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	0,72
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**7,18**

Le caratteristiche morfometriche della conoide n. 4 sono elencate nella seguente tabella.

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	180 m
Superficie settore attivo	NON VALUTABILE
Superficie settore quiescente	9.018 m^2
Superficie settore stabilizzato	//
Superficie totale	9.018 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	82.451 m^2

La valutazione delle magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3	
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	3	73	
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,082		
	Hmax (km)	0,402		
	Hmin (km)	0,308		
	indice di Melton – Mb	0,33		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	6,5		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,082	134	88
	pendenza asta principale (%)	10		
	indice geologico - IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	3		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		

La portata liquida di picco della colata è stata calcolata utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e risulta pari a:

$q = 0,64\ m^3/s$

La portata massima della colata, stimata con la formula di Armanini (1996) è:

Q_{df} = 6,37 m^3/s

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,082
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,72
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**0,64**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	0,64
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**6,37**

Le caratteristiche morfometriche della conoide n. 5 sono elencate nella seguente tabella.

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	205 m
Superficie settore attivo	NON VALUTABILE
Superficie settore quiescente	12.253 m^2
Superficie settore stabilizzato	//
Superficie totale	12.253 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	160.914 m^2

La valutazione delle magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3	
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	3	57	
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,016		
	Hmax (km)	0,402		
	Hmin (km)	0,309		
	indice di Melton – Mb	0,23		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	3,4		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,16	314	205
	pendenza asta principale (%)	12		

	indice geologico - IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	3		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		

La portata liquida di picco della colata è stata calcolata utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e risulta pari a:

$q = 1{,}24\ m^3/s$

La portata massima della colata, stimata con la formula di Armanini (1996) è:

$Q_{df} = 12{,}39\ m^3/s$

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,16
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,7
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**1,24**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	1,24
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**12,39**

Le modeste dimensioni delle conoide 3, 4 e 5 e dei bacini da esse sottesi non giustificano la zonizzazione della pericolosità.

Foto 5: Conoide 3

Foto 6: Conoide 4

Foto 7: Conoide 4, affioramento laterale dell'incisione, si nota il substrato roccioso subaffiorante e disgregato nella sua porzione subsuperficiale.	*Foto 8: Conoide 5 in prossimità del taglio stradale.*

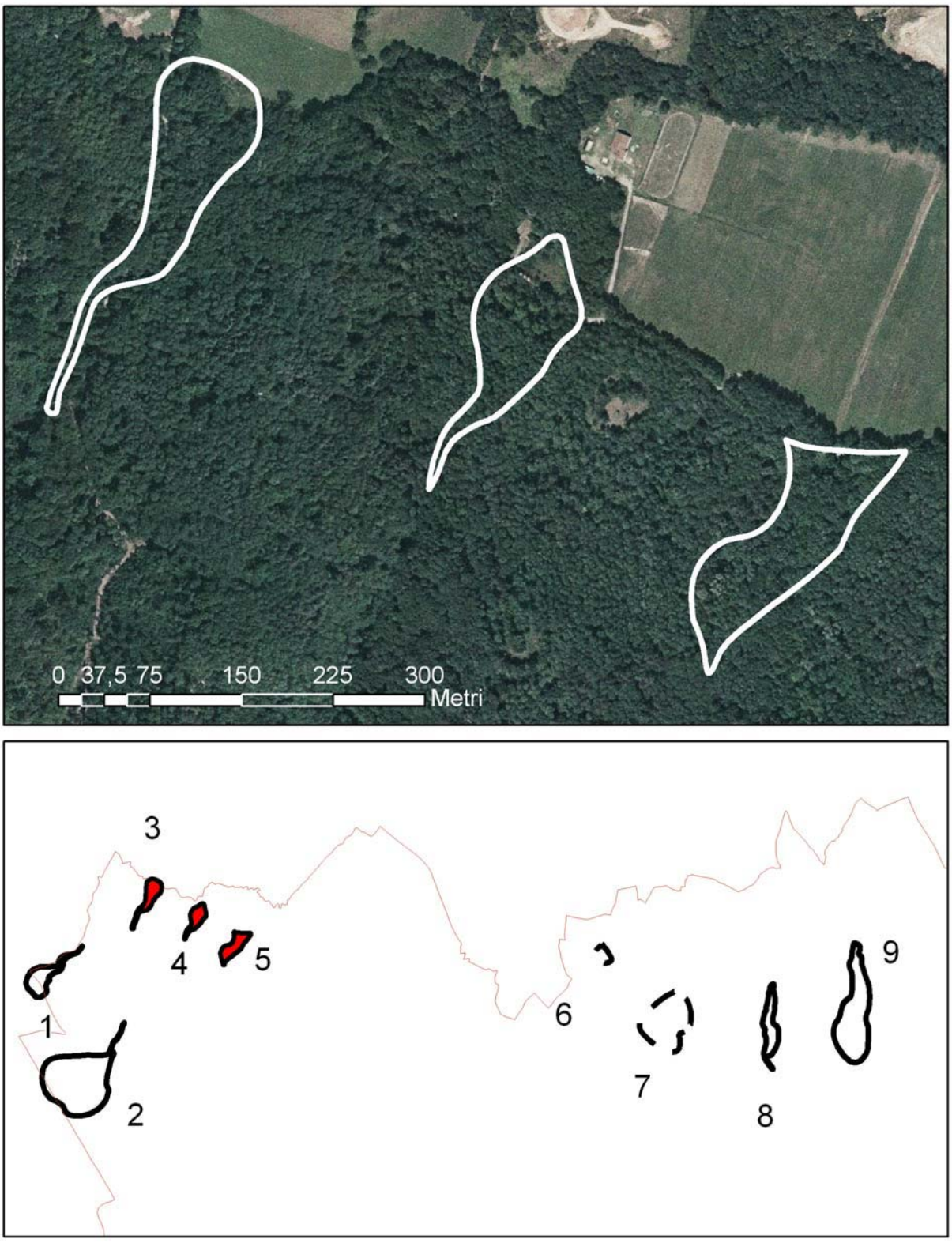


Figura 4: Inquadramento geografico della conoidi n. 3, 4 e 5

CONOIDE 3

Id conoide	3	Data compilazione		Rilevatore	
Nome località	BACINO DI PETOSINO		Nome torrente		
Comuni	BERGAMO		Provincia	BG	
C.T.R.	C5B2				

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,012	Larghezza max (m)	90
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	309	Pendenza media alveo (%)	7,6
Quota minima (m slm)	290	Lunghezza alveo (m)	290
Lunghezza max (m)	316	Indice di Melton	0,17

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,093	Pendenza media alveo princip.(%)	9
Quota minima (m slm)	309	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,65
Quota massima (m slm)	362	Densità di drenaggio (km/km^2)	6,99
Lunghezza alveo principale (km)	0,65	Indice di Melton	0,17

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice	
bisettrice	
destra	
sinistra	

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia	
in roccia	
in materiale incoerente	
mista	

Presenza di uno o più paleoalvei	
si	
no	

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		X
canale inciso		X				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

Eventi storici

Localizzazione	attendib.	data	danni	fenomeno

Note:

CONOIDE 4

Id conoide	4	Data compilazione		Rilevatore	

Nome località	BACINO DI PETOSINO	Nome torrente	
Comuni	BERGAMO	Provincia	BG
C.T.R.	C5B2		

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,082	Larghezza max (m)	80
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	308	Pendenza media alveo (%)	6,5
Quota minima (m slm)	290	Lunghezza alveo (m)	180
Lunghezza max (m)	220	Indice di Melton	0,06

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,082	Pendenza media alveo princip.(%)	10
Quota minima (m slm)	308	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,62
Quota massima (m slm)	402	Densità di drenaggio (km/km^2)	7,56
Lunghezza alveo principale (km)	0,62	Indice di Melton	0,33

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice
bisettrice
destra
sinistra

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia
in roccia
in materiale incoerente
mista

Presenza di uno o più paleoalvei
si
no

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso		X		X		X
canale inciso						
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

Eventi storici

Localizzazione	attendib.	data	danni	fenomeno

Note:

CONOIDE 5

Id conoide	5	Data compilazione		Rilevatore	

Nome località	S.ROCCO	Nome torrente	
Comuni	BERGAMO	Provincia	BG
C.T.R.	C5B2		

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,012	Larghezza max (m)	60
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	309	Pendenza media alveo (%)	3,4
Quota minima (m slm)	290	Lunghezza alveo (m)	205
Lunghezza max (m)	206	Indice di Melton	0,17344548

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,16	Pendenza media alveo princip.(%)	8
Quota minima (m slm)	309	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,8
Quota massima (m slm)	402	Densità di drenaggio (km/km^2)	5,00
Lunghezza alveo principale (km)	0,7	Indice di Melton	0,23

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice
bisettrice
destra
sinistra

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia
in roccia
in materiale incoerente
mista

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Presenza di uno o più paleoalvei
si
no

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		X
canale inciso		x				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

Id conoide	3	Data compilazione		Rilevatore	

Nome località	BACINO DI PETOSINO	Nome torrente	
Comuni	BERGAMO	Provincia	BG
C.T.R.	C5B2		

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,012	Larghezza max (m)	90
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	309	Pendenza media alveo (%)	7,6
Quota minima (m slm)	290	Lunghezza alveo (m)	290
Lunghezza max (m)	316	Indice di Melton	0,17

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,093	Pendenza media alveo princip.(%)	9
Quota minima (m slm)	309	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	0,65
Quota massima (m slm)	362	Densità di drenaggio (km/km^2)	6,99
Lunghezza alveo principale (km)	0,65	Indice di Melton	0,17

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Sviluppo del collettore rispetto all'apice	bisettrice
	destra
	sinistra

Caratteristiche della soglia	in roccia
	in materiale incoerente
	mista

Presenza di uno o più paleoalvei	si
	no

Presunta migrazione del canale attivo

sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		X
canale inciso		X				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						
canale assente						

1.4. Conoide presunte n. 6

La conoide identificata con il numero 6 è una conoide presunta collocata sul versante meridionale del Colle della Maresana, poco a est della località Moscheni.

La conoide è riportata nell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del PAI ma trova scarse evidenze in sito.

I rilievi in campagna mostrano un blando versante collinare mantenuto a prato e inciso nella porzione mediana da un solco rettilineo antropizzato. La tipica forma a ventaglio delle conoidi è poco riconoscibile anche se le pendenze descrivono una leggera convessità centrata sul solco di ruscellamento.

Inoltre la conoide è collocata su un versante con pendenza compresa tra il 10 e il 20%, posizione anomala per la tipologia di deposito a conoide.

Non è stato ritenuto necessario approfondire lo studio in base a quanto riportato nell'allegato 2 alla D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Foto 9: Conoide presunta numero 6, è riconoscibile un solco di ruscellamento.

Foto 10: visuale del basso della conoide presunta numero 6.

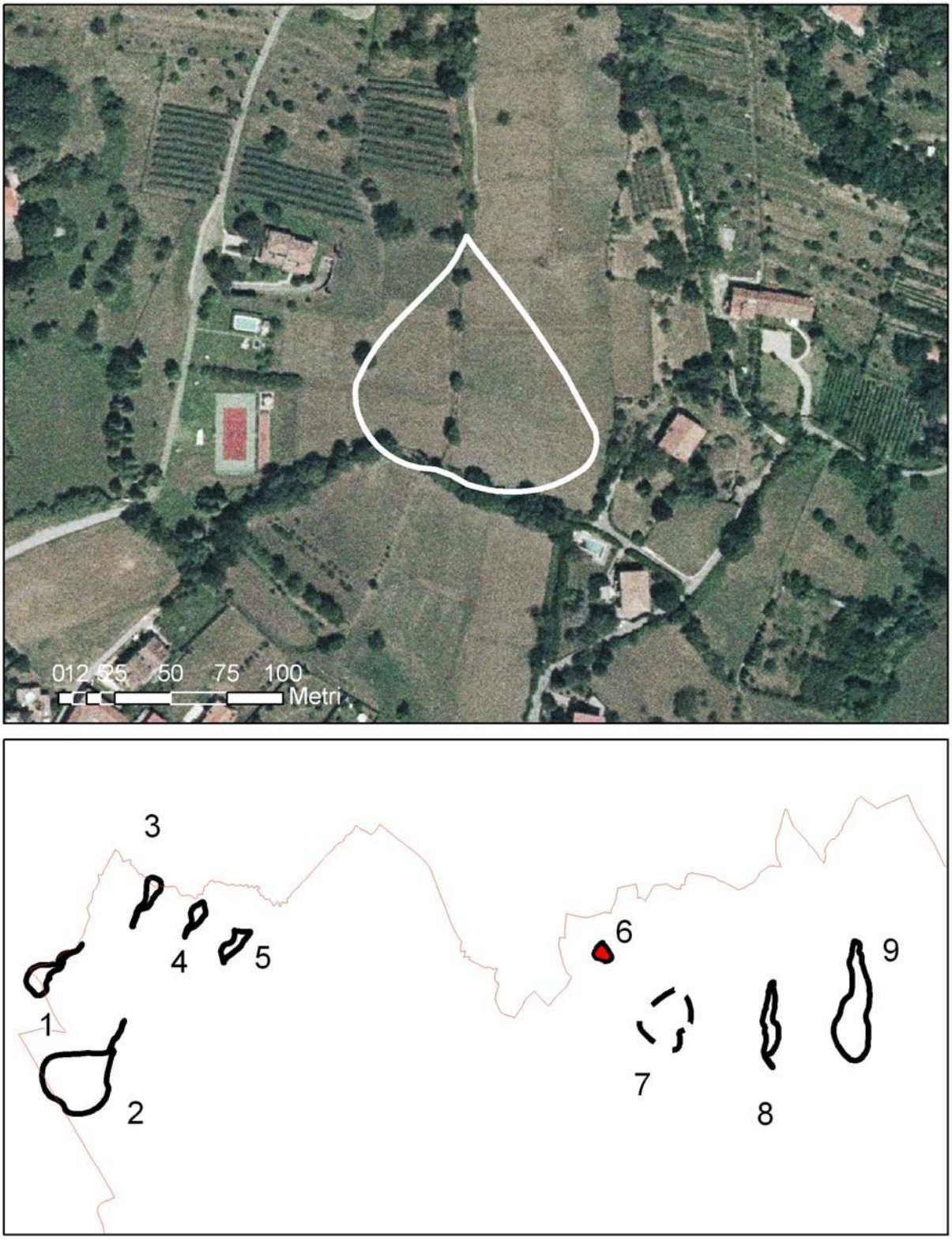


Figura 5: Inquadramento geografico della conoide presunta n. 6

1.5. Conoide presunto 7

La conoide n. 7 è anch'essa una conoide presunta posta sul versante meridionale del Colle della Maresana, in prossimità della località Barbaroli.

La conoide è riportata nell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del PAI ma trova scarse evidenze in sito.

I rilievi in campagna hanno individuato una roggia di limitate dimensioni il cui corso è stato deviato in corrispondenza dell'incrocio con via Barbolini. E' forse possibile intuire una forma a ventaglio molto blanda ma fortemente rimaneggiata dall'attività antropica. La sezione stratigrafica visibile all'interno di un'area di cantiere individua uno spessore di depositi argillosi, limosi privi di evidenze particolari di facies di conoide.

Non è stato ritenuto necessario approfondire lo studio in base a quanto riportato nell'allegato 2 alla D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Foto 11: Affioramento sul lato destro della conoide presunta numero 7

Foto 12: particolare dell'affioramento

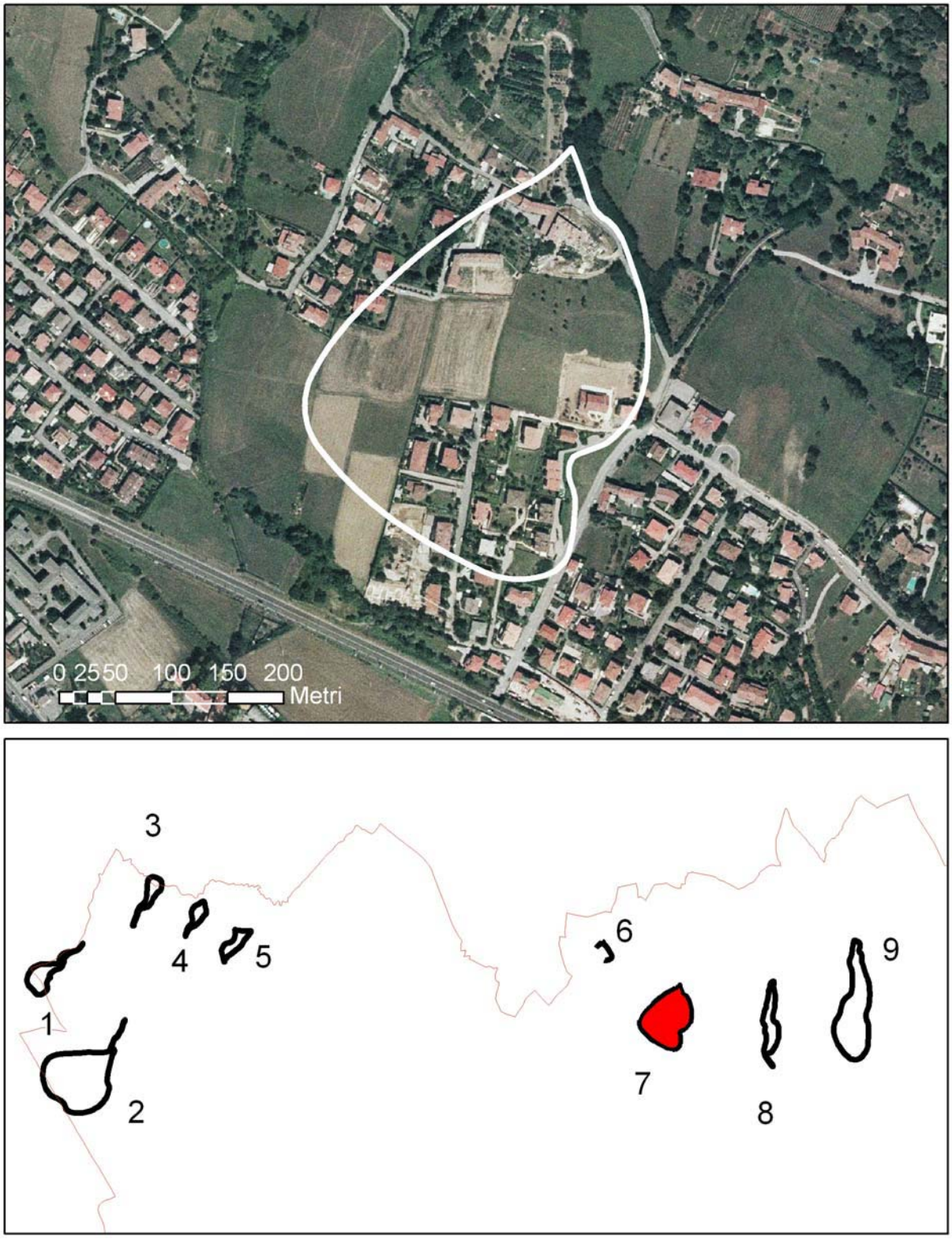


Figura 6: Inquadramento geografico della conoide presunta n. 7

1.6. Conoide 8

La conoide n. 8 si estende sul versante meridionale del colle della Maresana, nei pressi della località Quintino basso.

Il solco di ruscellamento che individua la conoide si sviluppa per una lunghezza di circa un chilometro e per circa 530 metri sul corpo della conoide. E' intubato in corrispondenza dell'attraversamento di via Quintino Basso. L'alveo è inciso all'interno dell'unità litologica del Sass de la Luna, a monte e nei depositi quaternari del Complesso Alteritico (argille limose derivanti dall'alterazione del substrato roccioso sottostante) a valle.

Nel bacino idrologico il substrato roccioso è affiorante o subaffiorante con copertura eluvio, colluviale di modesto spessore. Nella parte mediana lo spessore dei materiali sciolti è maggiore e sono presenti fenomeni di soliflusso e di dissesto generalizzati.

Foto 13: Solco di ruscellamento

Foto 14: Idem

Foto 15: Sezione del canale della conoide 8 intubata in corrispondenza di un attraversamento carrale.

La conoide ha una forma piuttosto allungata. E' riconoscibile una parte centrale attiva che coincide con il corso d'acqua, poco più di un ruscello, e una parte quiescente che si sviluppa nell'area di fondovalle. L'attività antropica ha alterato in maniera consistente la parte distale della conoide.

Causa le modeste dimensioni della conoide e del bacino da essa sotteso non sono disponibili informazioni bibliografiche relative agli aspetti idrogeologici.

Le caratteristiche morfometriche della conoide sono riportate nella seguente tabella.

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	530 m
Superficie settore attivo	1.596 m^2
Superficie settore quiescente	22.110 m^2
Superficie settore stabilizzato	//
Superficie totale	23.706 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	267.721 m^2

La valutazione delle magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3	
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	5,4	288	
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,267		
	Hmax (km)	571		
	Hmin (km)	299		
	indice di Melton – Mb	0,53		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	3		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,267	532	484
	pendenza asta principale (%)	17		
	indice geologico – IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	1		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		
Bianco	Area del bacino – A (km^2)	0,267	5.532	
	pendenza media dell'asta torrentizia del bacino – i	0,17		
	indice geologico – IG	3		

La portata liquida di picco della colata è stata calcolata utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e risulta pari a:

$q = 2,05\ m^3/s$

La portata massima della colata, stimata con la formula di Armanini (1996) è:

$Q_{df} = 20,55\ m^3/s$

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,267
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,68
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**2,05**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	2,05
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**20,55**

I valori di magnitudo stimati, le evidenze di terreno nonché la presenza di tratti intubati non giustificano la zonizzazione della pericolosità.

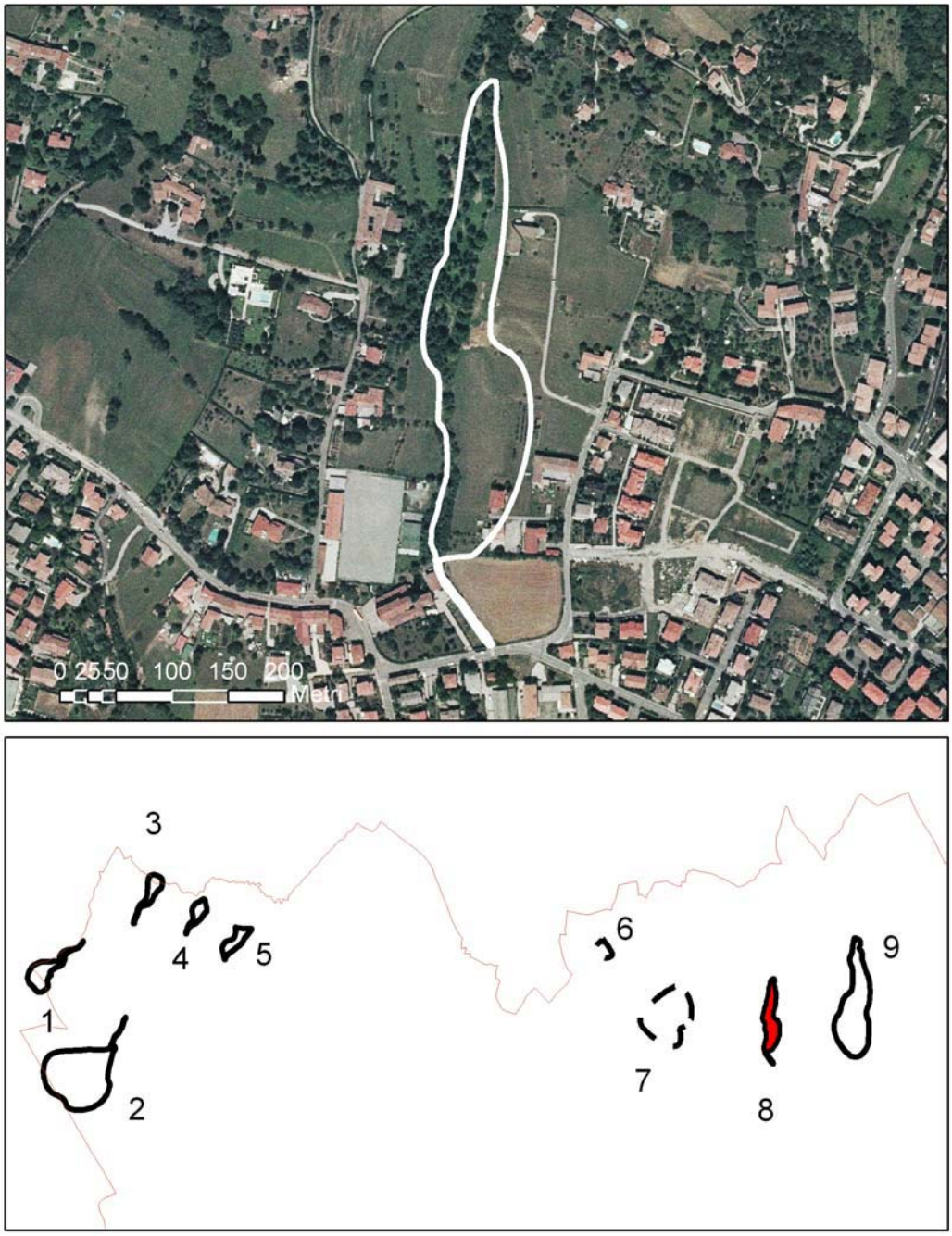


Figura 7: Inquadramento geografico della conoide n. 8

CONOIDE 8

Id conoide	8	Data compilazione		Rilevatore	
Nome località	QUINTINO BASSO		Nome torrente		
Comuni	BERGAMO		Provincia	BG	
C.T.R.	C5B2				

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,023	Larghezza max (m)	80
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	276	Pendenza media alveo (%)	3
Quota minima (m slm)	266	Lunghezza alveo (m)	290
Lunghezza max (m)	420	Indice di Melton	0,07

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,26	Pendenza media alveo princip.(%)	17
Quota minima (m slm)	299	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	1,2
Quota massima (m slm)	571	Densità di drenaggio (km/km^2)	4,62
Lunghezza alveo principale (km)	1,2	Indice di Melton	0,53

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice
bisettrice
destra
sinistra

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia	
in roccia	
in materiale incoerente	
mista	

Presenza di uno o più paleoalvei
si
no

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		
canale inciso		X				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						X
canale assente						

Eventi storici

Localizzazione	attendib.	data	danni	fenomeno

Note:

1.7. Conoide 9

La conoide n. 9 si estende sul versante meridionale del colle della Maresana, in prossimità della località Monte Rosso.

Il solco di ruscellamento che caratterizza la conoide ha una lunghezza di 1.200 metri circa e per circa 400 metri si sviluppa sul corpo della conoide, sino al suo tombinamento, in corrispondenza dell'attraversamento di via Monterosso.

L'alveo del canale è piuttosto inciso all'interno dell'unità litologica del Sass de la Luna nel tratto di monte e, nei depositi quaternari dell'unità di Valtesse, a valle.

La parte alta del bacino è formata da substrato roccioso affiorante o subaffiorante con coperture eluvio-colluviali di modesto spessore. Nella parte mediana lo spessore del terreni sciolti è maggiore sono diffusi i fenomeni di soliflusso. La porzione più a valle del versante è occupata dai depositi fini dell'Unità di Valtesse.

La conoide ha una forma piuttosto allungata. E' riconoscibile una parte centrale attiva che coincide con il canale, una parte quiescente che si sviluppa nell'area pianeggiante del fondovalle e rilevata di circa 2 metri dal fondo alveo e una porzione stabilizzata ormai urbanizzata. La parte distale e stabilizzata della conoide è stata riconosciuta oltre che mediante il rilievo sul terreno anche con l'ausilio del modello digitale del terreno realizzato ad hoc per lo studio geologico del comune di Bergamo.

Causa le modeste dimensioni della conoide e del bacino da essa sotteso non sono disponibili informazioni bibliografiche relative agli aspetti idrogeologici.

Le caratteristiche morfometriche della conoide sono elencate nella seguente tabella:

PARAMETRI MORFOMETRICI DELLA CONOIDE	
Lunghezza asta	400 m
Superficie settore attivo	2.733 m^2
Superficie settore quiescente	19.288 m^2
Superficie settore stabilizzato	64.476 m^2
Superficie totale	23.706 m^2
Superficie del bacino (dall'apice della conoide)	784.449 m^2

La valutazione delle magnitudo, cioè del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su conoide, è stata

effettuata utilizzando le formule empiriche indicate dalla Regione Lombardia e sono sintetizzate nella seguente tabella.

AUTORI	PARAMETRI	VALORE PARAMETRO	MAGNITUDO m^3	
Crosta, Ceriani, Frattini, Quattrini	K	3	308	
	Area del bacino – Ab (km^2)	0,78		
	Hmax (km)	648		
	Hmin (km)	302		
	indice di Melton – Mb	0,40		
	pendenza collettore sul conoide Scl_c (%)	3		
	Indice di Frana – IF	3		
D'Agostino et. Al. (1996)	Area del bacino – Ab (km^2)	0,78	2.424	1.585
	pendenza asta principale (%)	19		
	indice geologico – IG	3		
	indice di trasporto (Aulitzky)	3		
	Coefficiente di sistemazione C.S.	0,1		

La portata liquida di picco della colata è stata calcolata utilizzando la formula suggerita da Anselmo (1985) nell'allegato 2 della D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008 e risulta pari a:

$q = 5,92\ m^3/s$

La portata massima della colata, stimata con la formula di Armanini (1996) è:

$Q_{df} = 59,21\ m^3/s$

AUTORE	PARAMETRI	
Anselmo (1985)	area del bacino – S (km^2)	0,78
	portata specifica liquida – q ($m^3/s/km^2$)	7,55
	portata complessiva liquida (m^3/s)	**5,92**
Armanini (1996)	concentrazione colata – Cdf (0,9*Cx)	0,675
	Cx	0,75
	portata massima liquida – Q_1 (m^3/s)	7,55
	portata massima della colata – Q_{df} (m^3/s)	**59,21**

Alle aree con differente grado di attività della conoide n. 9 sono stati assegnate le relative classi di pericolosità, utilizzando le direttive tecniche per le conoidi di piccole dimensioni (< 0,1 km^2). Al canale centrale è stata assegnata la classe di pericolosità

H4, alla zona quiescente la classe di pericolosità H3 e alla zona stabilizzata la classe di pericolosità H1.

Foto 16: Alveo del canale centrale della conoide numero

Foto 17: Settore quiescente destro della conoide 9

Foto 18: Imbocco del tratto tombinato

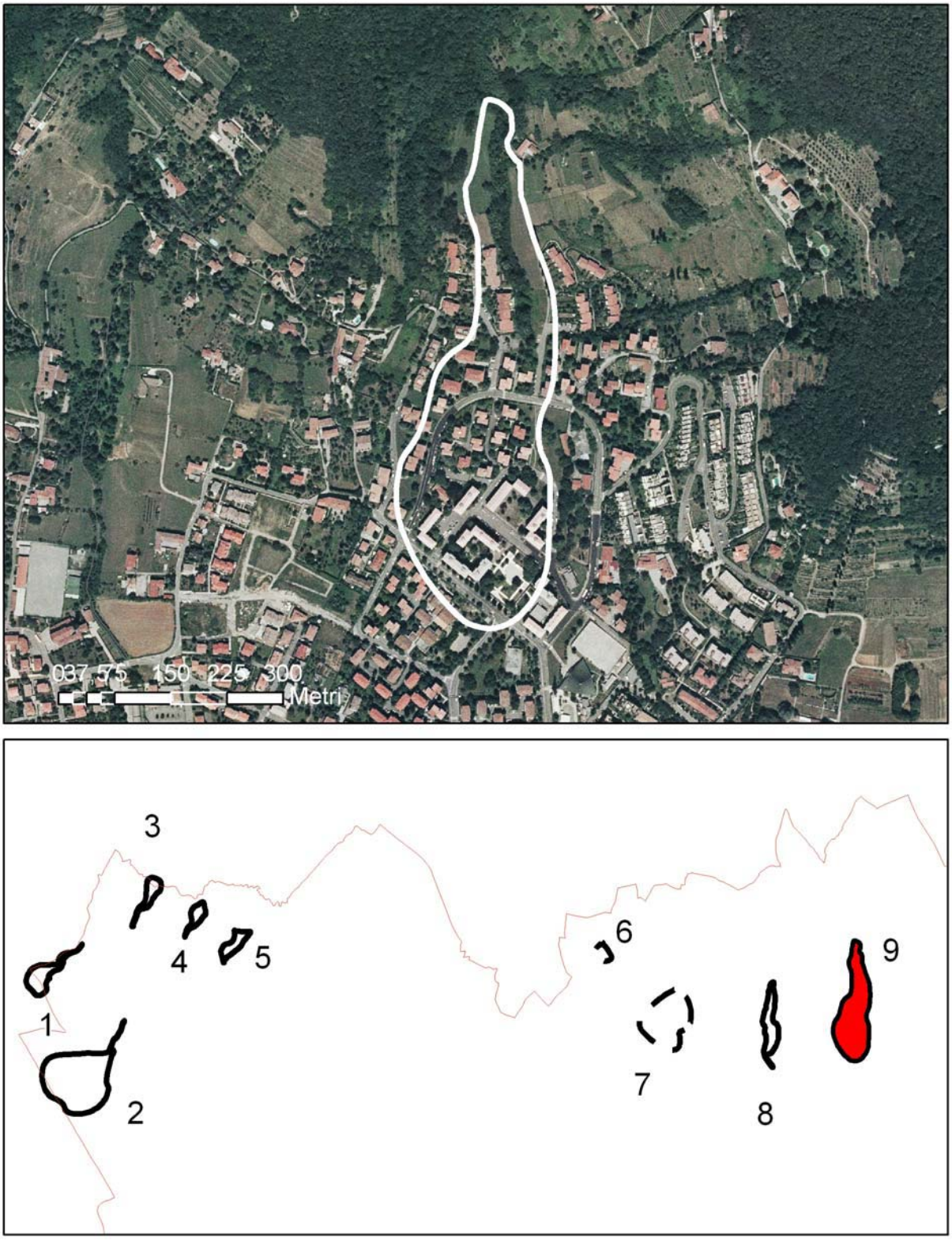


Figura 8: Inquadramento geografico della conoide n. 9

CONOIDE 9

Id conoide	9	Data compilazione		Rilevatore	

Nome località	MONTE ROSSO	Nome torrente	
Comuni	BERGAMO	Provincia	BG
C.T.R.	C5B2		

Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2)	0,023	Larghezza max (m)	100
Volume (m^3)		Pendenza media (%)	
Quota massima (m slm)	292	Pendenza media alveo (%)	2,5
Quota minima (m slm)	280	Lunghezza alveo (m)	400
Lunghezza max (m)	340	Indice di Melton	0,08

Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2)	0,78	Pendenza media alveo princip.(%)	19
Quota minima (m slm)	292	Lunghezza tot. rete idrografica(km)	3
Quota massima (m slm)	648	Densità di drenaggio (km/km^2)	3,85
Lunghezza alveo principale (km)	1,2	Indice di Melton	0,40

			FOTO
Dimensione max del materiale (m^3)	apice		
	zona mediana		
	zona distale		

Presunta migrazione del canale attivo		
sin-centro	sin-dx	dx-sin
dx-centro	centro-dx	centro-sin

Sviluppo del collettore rispetto all'apice
bisettrice
destra
sinistra

Dinamica dell'alveo			
Apice	Mediana	Distale	
			approfondimento
			equilibrio
			innalzamento

Caratteristiche della soglia
in roccia
in materiale incoerente
mista

Presenza di uno o più paleoalvei
si
no

Caratteristiche dell'apice	
Pendenza tratto a monte (%)	
Pendenza tratto a valle (%)	

Caratteristiche del canale attivo sul conoide

	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso				X		
canale inciso		X				
canale pensile						
canale pensile per intervento antropico						
canale regimato con opere di difesa						
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato						
alveo tombinato						X
canale assente						

Eventi storici

Localizzazione	attendib.	data	danni	fenomeno

Note:

2. AREE ESONDABILI

2.1. Torrente Morla

Lungo l'alveo del torrente Morla è stata identificata un'area potenzialmente allagabile in caso di eventi meteorologici di particolare intensità. Tale area è stata individuata con criteri morfologici, sulla base del rilievo e delle quote delle forme della superficie Topografica.

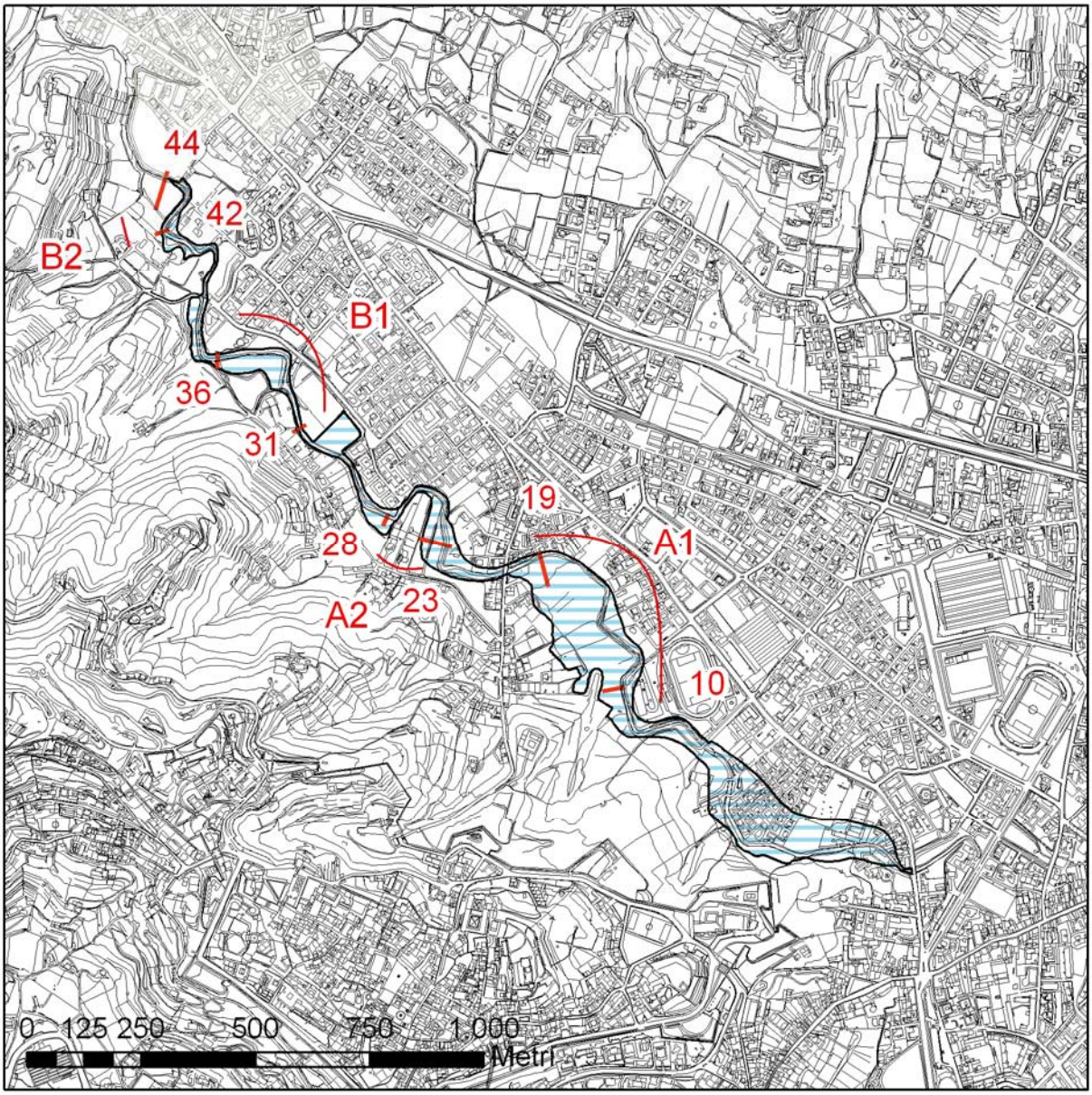


Figura 9: Area esondabile lungo il torrente Morla

Lo studio idrologico e idraulico a supporto del progetto denominato "*GreenWays del Torrente Morla*" redatto dall'Ing. Pasinetti nel 2005 è stato reso disponibile a supporto di tale analisi.

Nello studio sono state realizzate 46 verifiche idrauliche su altrettante sezioni dell'asta torrentizia, dall'ingresso del Torrente nel territorio comunale di Bergamo sino all'attraversamento di via Baioni, dove il corso d'acqua perde la sua naturalità assumendo il carattere di un canale scolmatore.

L'analisi idraulica ha preso in considerazione le portate di piena al colmo per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

Utilizzando i valori di portata di piena con tempo di ritorno a 200 anni sono stati individuati dall'Ing. Pasinetti quei tratti del torrente Morla "*che risultano interessati da possibile esondazione o comunque risultano a rischio di tracimazione per il ridotto franco idraulico o per la conformazione morfologica delle aree contermini.*". In particolare si tratta di quattro aree, denominate A1, B1, B2 e C2, in corrispondenza delle quali sono proposti alcuni interventi di riprofilatura delle sezioni di deflusso (figura 9).

I tratti lungo i quali sono state riconosciute le criticità dell'alveo sono compresi nella perimetrazione del pericolo di esondazione con criterio geomorfologico che peraltro, nella maggior parte dei casi, è più ampia rispetto alla perimetrazione idraulica.

Occorre peraltro osservare che le criticità stimate per un tempo di ritorno di 200 anni sulla base delle quali sono state espresse le considerazioni conclusive dello studio idraulico, sono più cautelative rispetto a quanto previsto dalla normativa che prevede l'utilizzo di un tempo di ritorno pari a 100 anni per lo svolgimento delle analisi idrologiche.

Lo studio redatto dall'ing. Pasinetti al termine della trattazione idraulica propone una serie di interventi per contenere i potenziali fenomeni di esondazione con tempo di ritorno di 200 anni. La proposta di accorgimenti costruttivi appare compatibile con una pericolosità idraulica H3 e con la fattibilità di classe 3 (3d) alla quale sono state associate le aree a potenziale pericolo di esondazione limitrofe l'asta del Torrente Morla.

La stessa perimetrazione è stata inserita nella carta del dissesto con legenda uniformata al P.A.I. (quale proposta di aggiornamento all'Elaborato 2 del P.A.I.) come un'area potenzialmente soggetta a fenomeni di esondazione con pericolosità media o moderata (Em). Pertanto su tale superficie vigono le limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo secondo quanto indicato nel comma 6bis dell'art. 9 delle Norme di Attuazione del P.A.I..

2.2. Torrente Quisa

Il torrente Quisa individua grossomodo il confine di Bergamo con il comune di Sorisole, dove nasce, dai rilievi montuosi del Monte Canto Alto. Raccoglie le acque di numerosi sottobacini dell'area pedecollinare e allo sbocco nell'alta pianura assume un andamento irregolare, alternando tratti meandriformi a tratti più regolari, rettilinei. A valle del Colle di Sombreno il Quisa si dispone parallelamente al Fiume Brembo nel quale confluisce a sud di Ponte San Pietro.

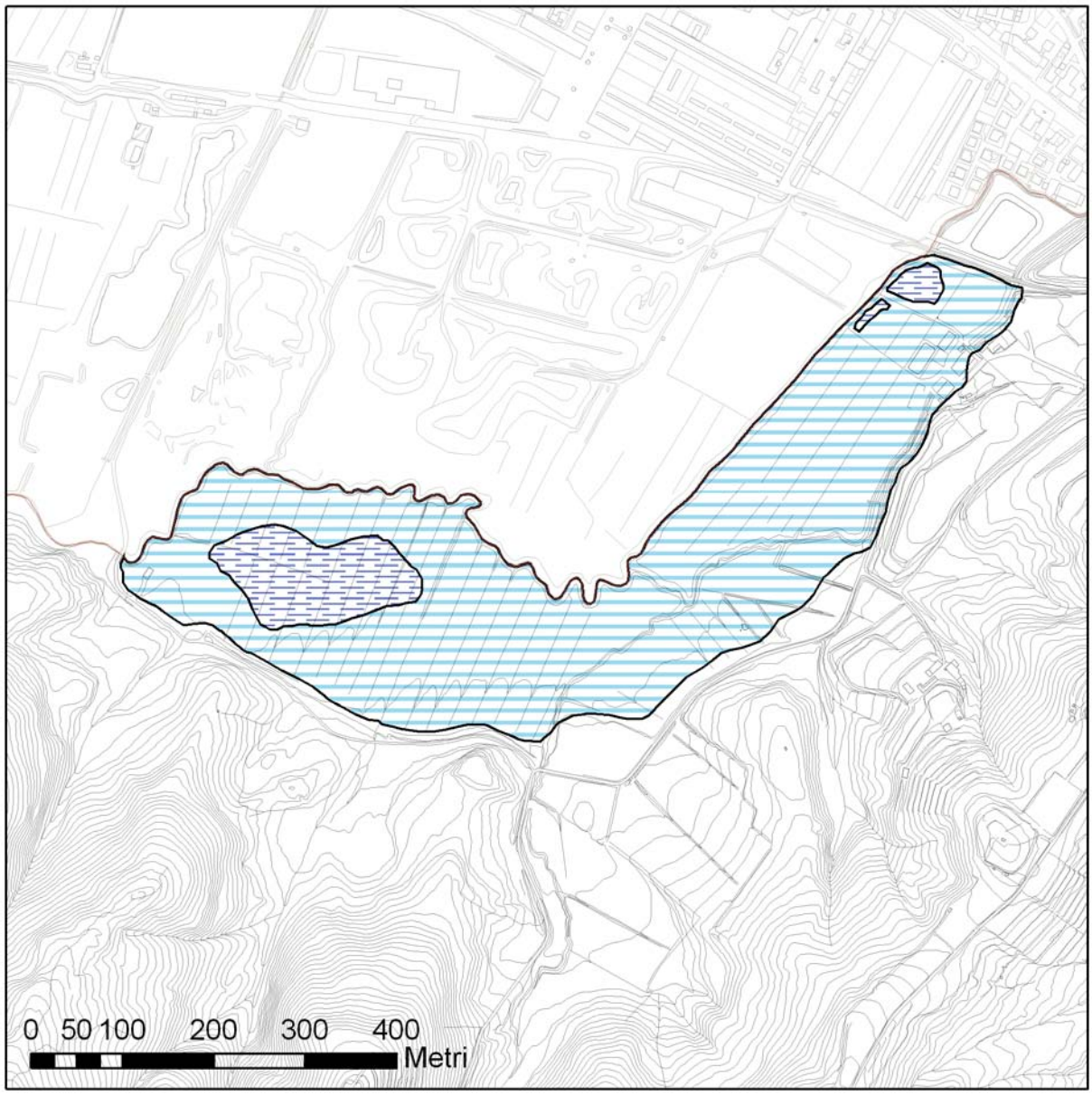


Figura 10: area esondabile e di ristagno collocata in corrispondenza del Bacino di Petosino.

In corrispondenza del confine nord-occidentale con il comune di Sorisole è stata evidenziata un'area potenzialmente esondabile con possibilità di ristagno delle acque superficiali.

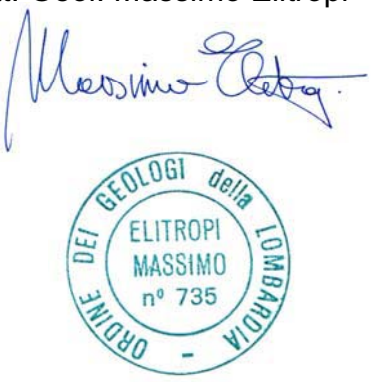
La delimitazione di tale area è stata effettuata su base morfologica, rilevando sul terreno le zone depresse e di accumulo delle acque, e utilizzando il modello digitale del terreno ottenuto per interpolazione Kriging le quote della topografia superficiale.

In questo settore sono presenti i depositi lacustri postglaciali del Bacino di Petosino, costituiti da terreni a tessitura prevalentemente argilloso-limosa che rendono difficoltoso il drenaggio delle acque superficiali.

Questa zona è stata inserita nella carta del dissesto con legenda uniformata al P.A.I. (quale proposta di aggiornamento all'Elaborato 2 del P.A.I.) come un'area potenzialmente soggetta a fenomeni di esondazione con pericolosità media o moderata (Em). Pertanto su tale superficie vigono le limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo secondo quanto indicato nel comma 6bis dell'art. 9 delle Norme di Attuazione del P.A.I..

Dott. Geol. Renato Caldarelli

Dott. Geol. Massimo Elitropi



Allegati:
1. Carte geomorfologiche delle conoidi;
2. Carta della pericolosità della conoide 9;
3. Relazione idrologica e idraulica a supporto del progetto "GreenWays del torrente Morla".

ALLEGATI

ALLEGATO 1

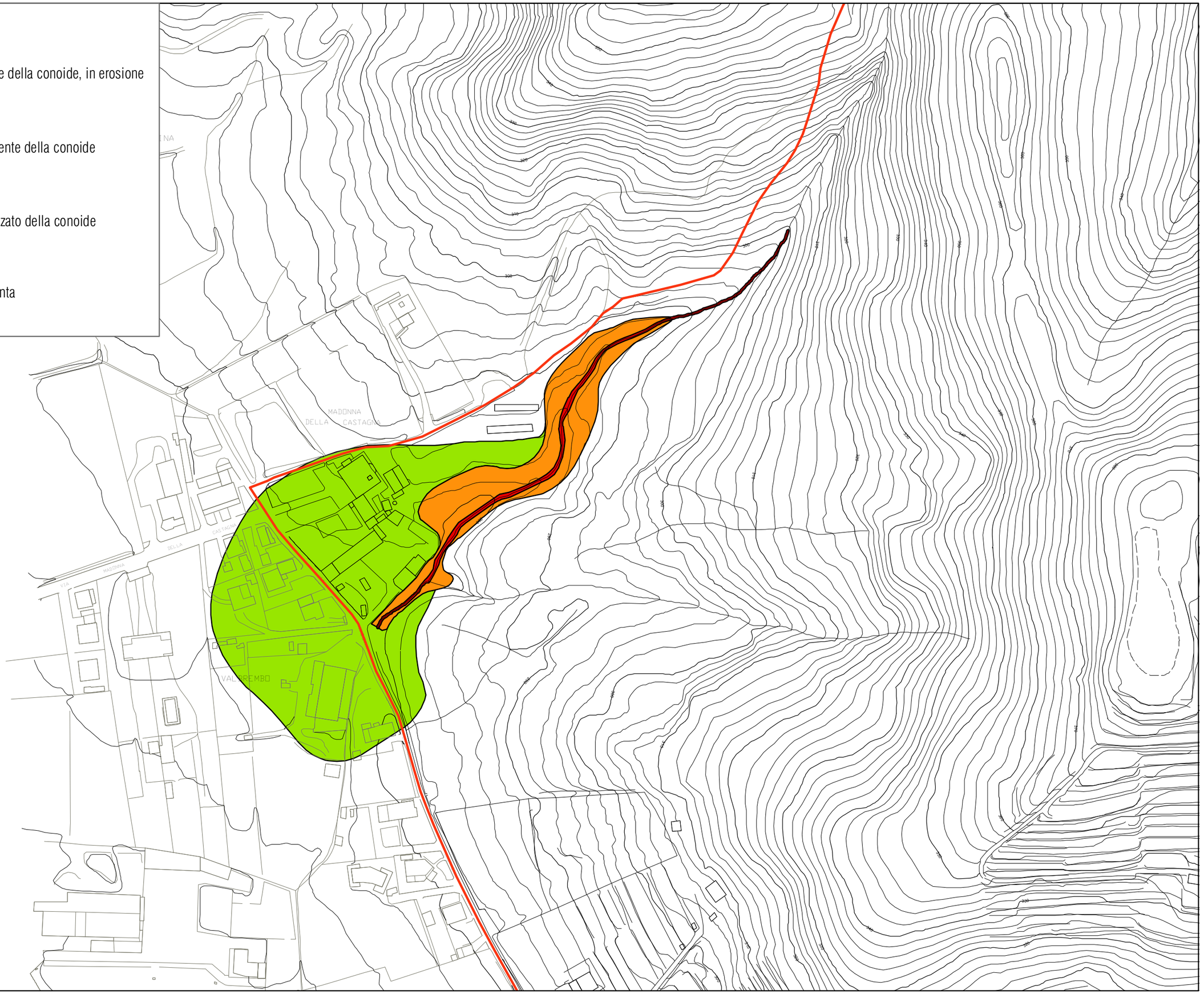
CARTE GEOMORFOLOGICHE DELLE CONOIDI

Conoidi

- Canale centrale della conoide, in erosione
- Settore quiescente della conoide
- Settore stabilizzato della conoide
- Conoide presunta

CONOIDE 1

SCALA 1:2.000



Conoidi

Canale centrale della conoide, in erosione

Settore quiescente della conoide

Settore stabilizzato della conoide

Conoide presunta

CONOIDE 2

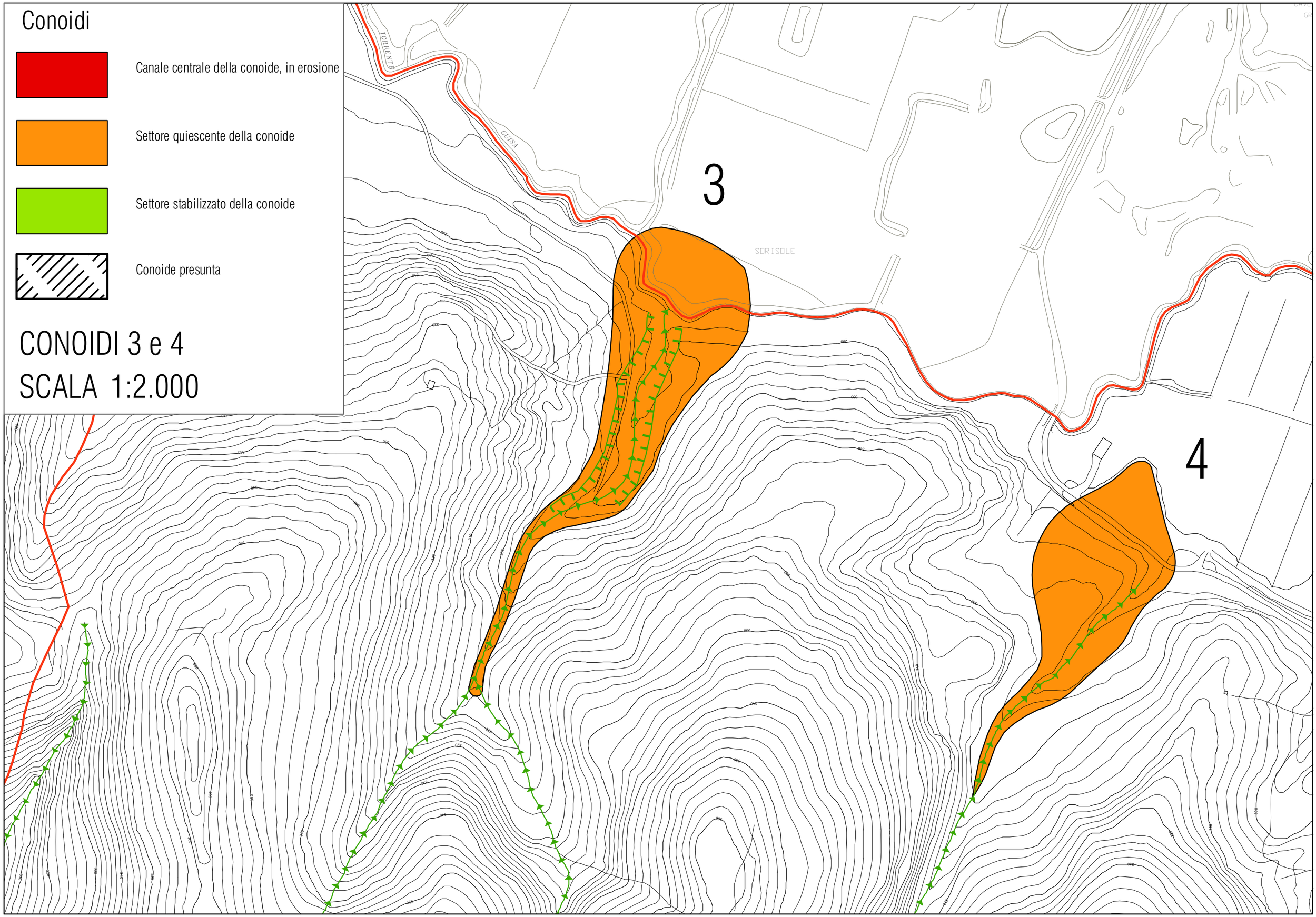
SCALA 1:2.000

Conoidi

- Canale centrale della conoide, in erosione
- Settore quiescente della conoide
- Settore stabilizzato della conoide
- Conoide presunta

CONOIDI 3 e 4

SCALA 1:2.000



Conoidi

Canale centrale della conoide, in erosione

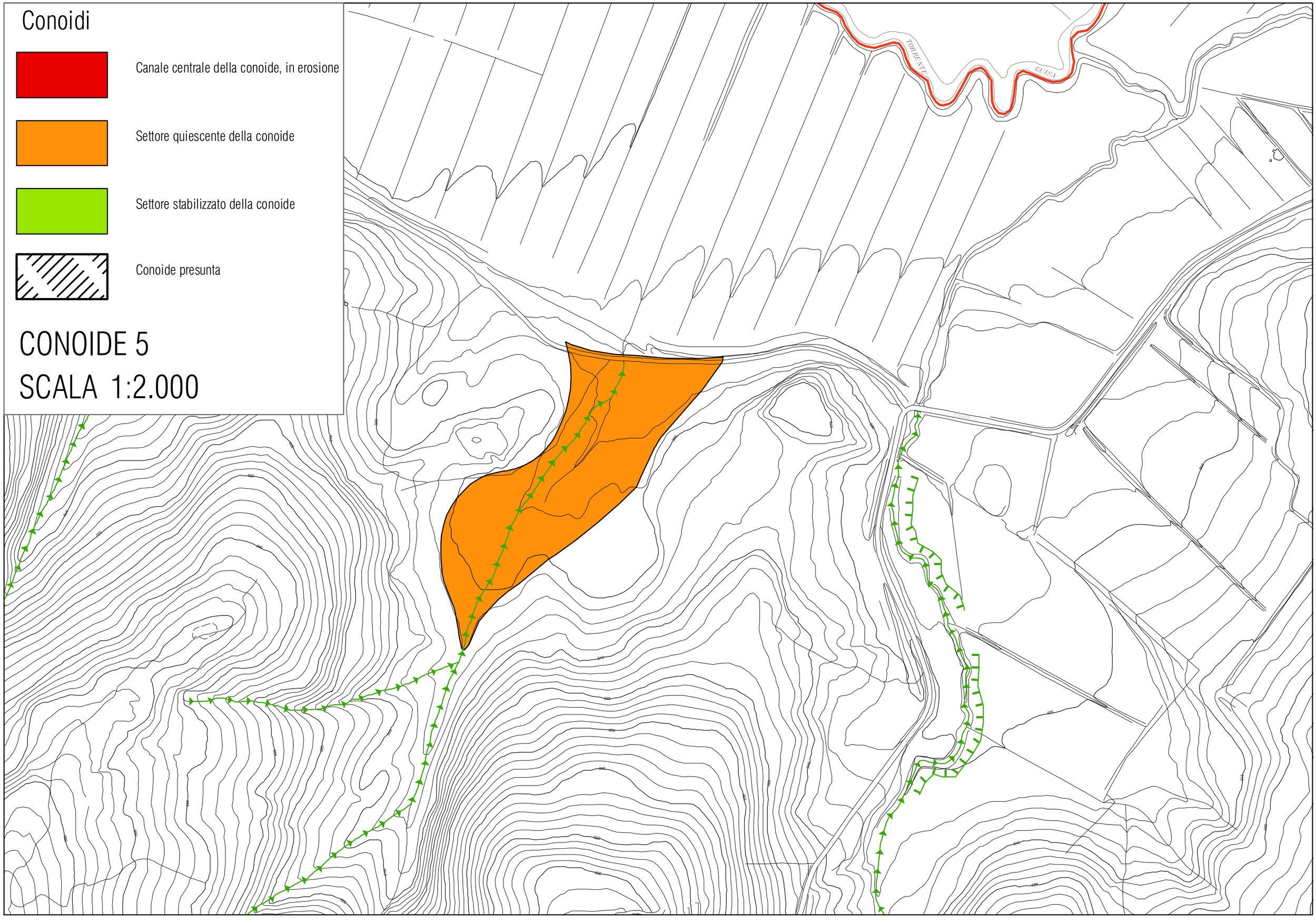
Settore quiescente della conoide

Settore stabilizzato della conoide

Conoide presunta

CONOIDE 5

SCALA 1:2.000



Conoidi

Canale centrale della conoide, in erosione

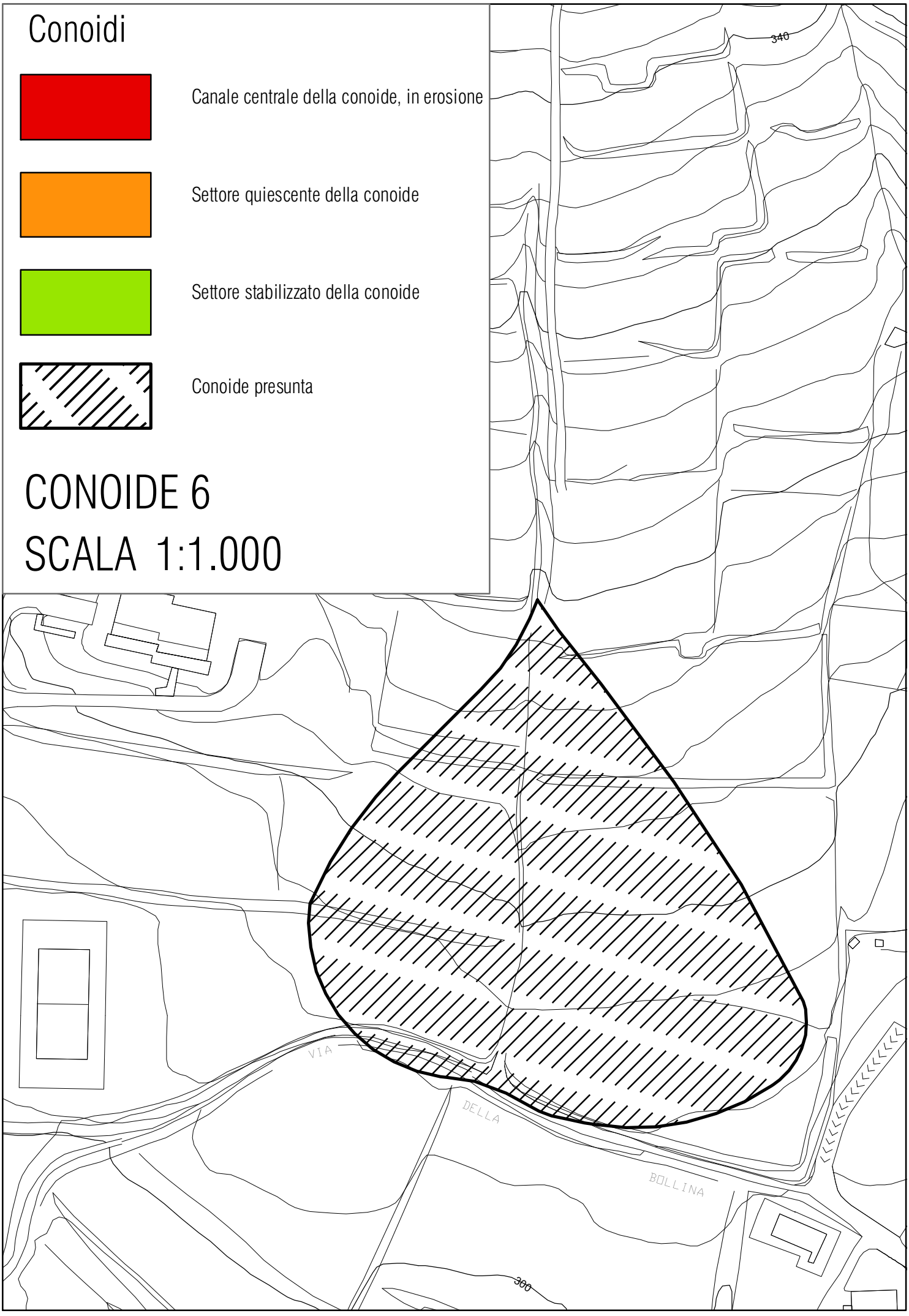
Settore quiescente della conoide

Settore stabilizzato della conoide

Conoide presunta

CONOIDE 6

SCALA 1:1.000



Conoidi

Canale centrale della conoide, in erosione

Settore quiescente della conoide

Settore stabilizzato della conoide

Conoide presunta

CONOIDE 7

SCALA 1:2.000

Conoidi

Canale centrale della conoide, in erosione

Settore quiescente della conoide

Settore stabilizzato della conoide

Conoide presunta

CONOIDE 8

SCALA 1:2.000

Conoidi

- Canale centrale della conoide, in erosione
- Settore quiescente della conoide
- Settore stabilizzato della conoide
- Conoide presunta

CONOIDE 9

SCALA 1:2.000

N

TORRENTE TREMANA

TREMANA

ALLEGATO 2

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DELLA CONOIDE N. 9

CONOIDE 9

H4 - Pericolosità alta

H3 - Pericolosità media

H1 - Pericolosità bassa

SCALA 1:2.000

N

TORRENTE

TREMANA

ALLEGATO 3

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA A SUPPORTO DEL PROGETTO “GREENWAYS DEL TORRENTE MORLA”

PROVINCIA DI BERGAMO

COMUNE DI BERGAMO

PISTA CICLOPEDONALE ”GREENWAYS” LUNGO IL TORRENTE MORLA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

Aprile 2005

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Dott. Ing. Giuseppe Pasinetti
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

INDICE

1 PREMESSA 3

2 CARATTERISTICHE DEL CORSO D'ACQUA 4

2.1 Morfologia del torrente Morla 4

2.2 Elementi caratteristici del bacino 6

2.3 Rilievo topografico 6

3 ANALISI IDROLOGICA 7

3.1 L'indagine pluviometrica 7

3.2 Parametri idrologici dei bacini 8
3.2.1 Il tempo di corrivazione 8
3.2.2 Le perdite ideologiche 9

3.3 Gli idrogrammi di piena 9
3.3.1 La trasformazione afflussi-deflussi: modello di Nash 10
3.3.2 Convoluzione 10

4 VERIFICA IDRAULICA 12

4.1 Premessa 12

4.2 Profilo di moto permanente 12

4.3 Ipotesi di calcolo adottate 14

4.4 Risultati e considerazioni 14

5 LE AREE DI ESEONDAZIONE E LE TIPOLOGIE DEGLI INTERVENTI 16

6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 17

7 DIMENSIONAMENTO DEI MANUFATTI 22

7.1 Verifica di stabilità della scogliera 23

7.2 Verifica al trasporto solido della scogliera 24

ALLEGATO 1: Simulazione idraulica dello stato di fatto e di progetto
ALLEGATO 2: Monografie dei punti di indagine

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

1 PREMESSA

Con la presente trattazione si individuano le aree potenzialmente esondabili lungo il corso del torrente Morla, interessate dal tracciato della pista ciclabile, individuando le opere di difesa spondale da realizzare per il contenimento dei fenomeni di piena, per la messa in sicurezza di alcuni tratti della pista ciclopedonale di cui è previsto lo sviluppo in adiacenza ad esso.

I risultati della presente relazione definiscono in dettaglio le relazioni tra i livelli d'acqua che si instaurano nel corso d'acqua e il tracciato della pista ciclabile ed indicano le aree che potenzialmente potrebbero essere interessate da fenomeni di esondazione in relazione ad eventi di piena riconducibili ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, affinché vengano individuate le opere idrauliche mirate al contenimento della corrente idrica, dimensionando le opere spondali necessarie, descritte nelle tavole grafiche allegate al presente progetto.

La ricostruzione del profilo di corrente in moto permanente, generato utilizzando un dettagliato modello del terreno, con sezioni trasversali rilevate ogni 100 metri, ha fornito le quote dei livelli d'acqua per il proporzionamento di eventuali opere di arginatura, quali le scogliere, ed ha permesso di definire le quote a cui posizionare gli intradossi degli impalcati dei ponti in progetto, affinché la corrente idrica defluisca con un adeguato franco idraulico di sicurezza, scagionando le aree contermini da esondazioni.

Le portate utilizzate per la ricostruzione del profilo di corrente, sono derivate da studi pregressi, effettuati sulla stessa area, ed in particolare sono state utilizzate le portate al colmo stimate per un tempo di ritorno di 200 anni per lo sviluppo del piano stralcio della Autorità di bacino all'interno delle attività di pianificazione del bacino del fiume Po, sottoprogetto SP 1.4 (*Lotti & Associati s.p.a.2002*) e dallo studio dell'idrologia del T. Morla, condotto per la richiesta di rinnovo delle concessioni per coperture, sottopassi fognari e scarichi di sfioratori in territorio del Comune di Bergamo (*Dott. Ing. G. Pasinetti - 2004*).

In allegato, oltre ai risultati della simulazione idraulica, vengono fornite le conclusioni delle indagini topografiche e fotografiche per ogni punto di singolarità evidenziato, fornendo una scheda che riporta:

- ✓ *i dati generali dell'interferenza con il corso d'acqua, comprendenti la denominazione del punto di indagine;*
- ✓ *gli stralci planimetrici con l'ubicazione sul corso d'acqua;*
- ✓ *il rilievo della sezione del corso d'acqua nel punto di indagine;*
- ✓ *la documentazione fotografica.*

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

2 CARATTERISTICHE DEL CORSO D'ACQUA

2.1 Morfologia del torrente Morla

Il torrente Morla prende origine dai rilievi del Canto Alto alla quota di circa 1000 m s.l.m., e si sviluppa con andamento Nord-Sud, fino al confine comunale. In un primo tratto, per circa 2,3 Km, il torrente si snoda incassato sino al paese di Sorrisole, poi attraversa una zona fortemente urbanizzata tra le località di Ponteranica, Valbona e Pontesecco, sottendendo un bacino di circa 14 Km^2.

Da tale località ha inizio il tratto di torrente che interessa la città di Bergamo, in parte a cielo aperto ed in parte tombinato, ed a ricevere quindi i contributi del bacino urbano, sia da bacini naturali in tempo di pioggia sia da bacini urbani serviti da sistemi fognari misti di fognatura, per una superficie rispettivamente pari a 5,88 e 4,55 Km^2.

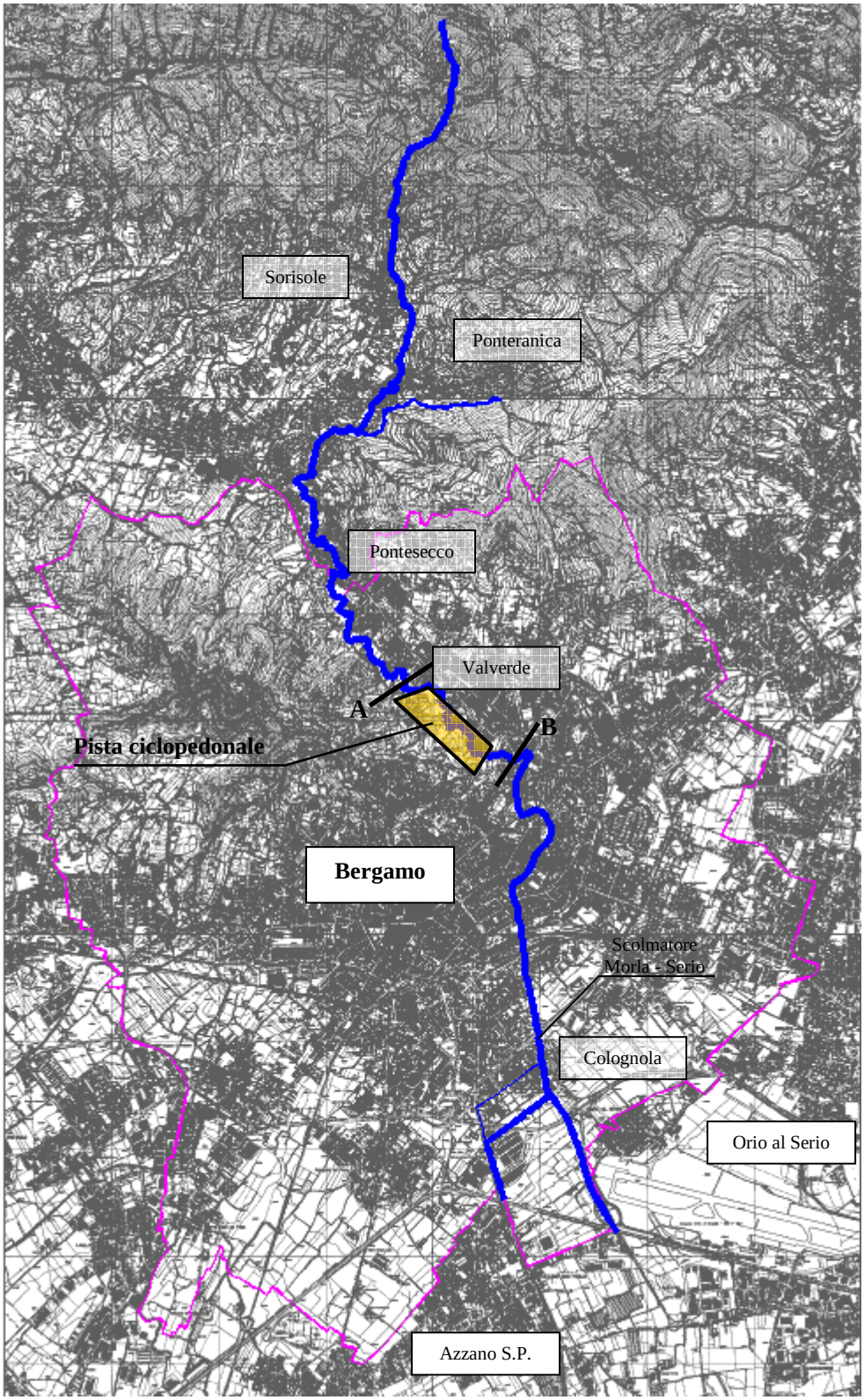
Oltrepassato il tratto urbano, in sinistra orografica, è presente lo scolmatore Morla-Serio, una rilevante opera idraulica che ha la funzione di alleggerire il torrente Morla sfiorando le portate più elevate per scaricarle nel fiume Serio, difendendo le aree di valle ed in particolare i territori dei comuni di Orio al Serio e di Azzano. Il canale scolmatore, in parte a cielo aperto ed in parte in galleria artificiale, è in grado di convogliare una portata di circa 88 m^3/s, prevedendo di lasciare proseguire verso valle in località Comun Nuovo circa 7 m^3/s. Nel progetto di tale opera idraulica veniva valutata una portata centennale di 70 m^3/s, alla sezione iniziale del canale. Fino alla sezione iniziale dello scolmatore il bacino totale sotteso risulta quindi di circa 20 Km^2.

A valle di tale opera il torrente attraversa l'abitato di Campagnola, per poi suddividersi in due rami paralleli, il ramo di Orio e quello di Zanica - Comun Nuovo fino ai confini comunali.

Il tracciato della pista ciclopedonale interessa il corso d'acqua del Torrente Morla per uno sviluppo di circa 3,3 Km, per un dislivello complessivo di circa 25 m, ed una pendenza media del fondo dell'alveo pari a 0,8%.

Di seguito viene riportato un inquadramento territoriale dell'intera asta torrentizia interessata dalla nuova struttura in progetto.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it



STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

2.2 Elementi caratteristici del bacino

Nell'ambito del presente studio sono state individuate due sezioni di rilevanza idrologica (sezione A e B), che sottendono altrettanti bacini idrologici, e per le quali si è proceduto alla determinazione delle onde di piena per assegnati tempi di ritorno. Da monte verso valle, la prima, la sezione A, sottende il tratto iniziale dell'asta fluviale, la parte più collinare ed il primo tratto in territorio del comune di Bergamo fino alla località Valverde; la seconda, denominata B, è posizionata all'ingresso dell'abitato cittadino, nei pressi della zona dello stadio comunale.

Per ciascun bacino individuato, sono stati valutati i parametri geometrici caratteristici, da cui saranno in seguito desunte le caratteristiche idrauliche. Vengono quindi definiti la superficie A del bacino sotteso, la lunghezza L dell'asta fluviale fino alla sezione di chiusura, la quota della sezione di chiusura H_{min}, la quota media H_m. I risultati sono riportati nella tabella seguente.

Sezione di chiusura	Superficie A	Lunghezza L	Quota min H_{min}	Quota media H_m
	[km^2]	[m]	[m]	[m]
A	12.29	8.0	272	477
B	16.50	10.0	260	443

2.3 Rilievo topografico

Al fine di modellare correttamente l'andamento tiranti idrici del tratto di interesse, l'analisi viene condotta sull'alveo del torrente Morla, per un sviluppo di circa 3 km, dalla località Pontesecco ai piedi della Valmarina sul confine del comune di Bergamo, fino in via Baioni in zona urbana del comune, utilizzando un totale di 46 sezioni, ricavate dal rilievo di dettaglio predisposto specificatamente per poter definire esattamente i livelli idrici che si instaurano nell'alveo di frequenza riconducibile a 200 anni. Nelle tavole grafiche allegate sono riportate le tracce delle sezioni trasversali del torrente utilizzate per condurre la verifica idraulica.

Per esigenze di calcolo, le sezioni trasversali di rilievo vengono individuate con una indicazione numerica progressiva crescente da valle: le sezioni di chiusura dei bacini A e B sono definite immediatamente a monte dell'ultima sezione di rilievo ed immediatamente a valle della prima.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

3 ANALISI IDROLOGICA

Viene ora illustrata la metodologia ed i risultati dell'analisi idrologica per la definizione degli idrogrammi di piena per diversi tempi di ritorno utilizzati nella successiva fase di modellazione e verifica idraulica.

La stima delle portate di piena drenate da un generico bacino, è stata effettuata a mezzo di un modello di trasformazione afflussi - deflussi. L'utilizzazione di tale modello ha richiesto la determinazione dei parametri idrologici dei bacini esaminati e la predisposizione di uno studio sull'andamento pluviometrico delle precipitazioni nel territorio che ha permesso di costruire le curve di possibilità climatica. Tali elaborazioni saranno utilizzate quali dati di ingresso del modello che simula il comportamento idrologico del bacino in esame.

3.1 L'indagine pluviometrica

Come è generalmente accettato la determinazione della precipitazione di progetto avviene attraverso la preliminare ricostruzione di uno ietogramma sintetico derivante dall'elaborazione delle piogge intense registrate all'interno e nelle aree contermini al bacino da modellare.

Questa fase conduce alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica media da associare a tale territorio, ossia delle curve che legano, per assegnati tempi di ritorno, le altezze di precipitazione h alle corrispondenti durate t.

Il legame funzionale tra altezza di pioggia h(t) e durata t viene di solito espresso da una relazione monomia del tipo:

$$h(t) = a\, t^n$$

dove a ed n sono i parametri caratteristici della stazione e rappresentano rispettivamente l'altezza di precipitazione relativa alla durata di un'ora e n la pendenza della retta che rappresenta la precedente relazione in un cartogramma probabilistico:

$$\log h = \log a + n \log t$$

La stima dei parametri a ed n viene effettuata riportando su tale piano le coppie di punti (t, h) e regolarizzandoli su una retta (quando non risulti più conveniente l'uso di una spezzata a due o più lati). Tali punti devono ovviamente essere tra loro omogenei, nel senso che devono avere un medesimo tempo di ritorno T.

Nel presente studio i tempi di ritorno prescelti per ricoprire il campo di interesse tecnico sono 20, 100, 200, 500 anni.

Le analisi statistiche vengono condotte sulla base dei dati di pioggia registrati nella stazione pluviometrica di Bergamo: per assegnati tempi di ritorno sono state calcolate le altezze di pioggia relative a durate di pioggia fissate (1, 3, 6, 12, 24 ore) mediante la stima dei parametri a ed n, e sono

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

state ricostruite per diversi tempi di ritorno le curve di possibilità pluviometrica per durate superiori ad 1 ora.

Stazione di Bergamo	Tr=20 anni	Tr=100 anni	Tr=200 anni	Tr=500 anni
a	49.050	62.571	68.342	75.956
n	0.2634	0.2580	0.2563	0.2545

Come ingresso del modello di calcolo è stato inserita una pioggia di progetto ad intensità costante con durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino. L'intensità di pioggia è stata ricavata dalle precedenti curve di possibilità pluviometriche, in funzione della durata di pioggia e del tempo di ritorno T, secondo la relazione

$$i_{c,T} = a\, t_c^{\,n-1}$$

3.2 Parametri idrologici dei bacini

Dopo aver delimitato i bacini idrologici alle sezioni di interesse, ed averne determinato le caratteristiche geometriche, vengono desunte le caratteristiche idrologiche caratteristiche di ogni bacino.

Per piogge uniformi di limitata durata il colmo dell'idrogramma si verifica alla fine dell'evento con un certo ritardo che dipende essenzialmente dalle caratteristiche morfologiche del bacino. Se poi la pioggia mantiene una intensità costante per un tempo sufficientemente lungo, in maniera da raggiungere le condizioni di regime, l'idrogramma si presenterà, dopo il ramo ascendente, con un colmo appiattito, a cui seguirà, dopo la fine della pioggia, un ramo discendente.

3.2.1 Il tempo di corrivazione

Si intuisce dunque che esiste un valore limite t_c della durata di una pioggia di intensità costante necessario perché tutta la pioggia, caduta in qualsiasi punto del bacino, raggiunga la sezione finale. Tale durata si assume praticamente indipendente dall'intensità di pioggia ed è uguale al tempo che impiega una particella d'acqua caduta nel punto più lontano del bacino a raggiungere la sezione di chiusura (*tempo di corrivazione*). In Italia la letteratura idrologica suggerisce la formula empirica proposta da Giandotti secondo cui il tempo di corrivazione t_c vale

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5L}{0.8\sqrt{H}}$$

in cui A (Km^2) è la superficie del bacino preso in considerazione, L (Km) la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo, H (m) l'altitudine media rispetto alla sezione di chiusura.

La tabella seguente identifica il tempo di corrivazione dei bacini considerati.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Sezione di chiusura	Tempo di corrivazione tc
	[h]
A	2.3
B	2.9

3.2.2 Le perdite ideologiche

Passando ora a considerare le perdite idrologiche, si ritiene congruo applicare ai volumi di pioggia un coefficiente di afflusso Φ <1 (rapporto tra i volumi defluiti e quelli di afflusso meteorico) ritenuto costante durante l'evento.

Per l'intero bacino drenato dal corso d'acqua viene adottato un coefficiente d'afflusso stimato dal rapporto tra le aree urbanizzate e quelle non urbanizzate e dai dati bibliografici del Servizio Idrografico Nazionale (Carta dei coefficienti di afflusso).

Il valore di tale coefficiente dipende dunque dalle caratteristiche di permeabilità. Introdotto l'indice di impermeabilità Imp (rapporto tra l'area impermeabile e l'area totale di ogni bacino scolante), viene utilizzata di solito la seguente espressione:

$$\Phi = Imp\ C_i + (1-Imp)C_p$$

dove:

C_i: è il coefficiente di afflusso delle sole aree impermeabili;

C_p: è il coefficiente di afflusso relativo alle aree permeabili.

Per la sezione di calcolo terminale, quindi, viene calcolato il coefficiente di afflusso Φ del bacino totale, a partire dagli indici Imp.

Pur essendo questa un'area ad alta densità abitativa, le aree urbanizzate vengono prevalentemente drenate dai collettori cittadini, mentre nel torrente Morla vengono recapitati prevalentemente scoli da superfici non urbanizzate. Si ritiene dunque che possa essere adottato un valore pari a

coefficiente di afflusso Φ	0.45

3.3 Gli idrogrammi di piena

Lo studio dei fenomeni di piena consiste nella ricerca dei valori massimi di portata al colmo associati a prefissati tempi di ritorno, nonché alla simulazione dell'intera formazione delle onde di piena durante una data precipitazione, di progetto o reale.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

I modelli di formazione dei deflussi di piena si propongono di rappresentare matematicamente i complessi processi idrologici del bacino collegando la distribuzione spazio-temporale delle piogge (ingresso i(x,y,t) del sistema), al corrispondente idrogramma dei deflussi (risposta q(t) del sistema).
Tra i modelli utilizzati in letteratura si è deciso di fare riferimento al modello di trasformazione afflussi-deflussi di Nash.

3.3.1 La trasformazione afflussi-deflussi: modello di Nash

Per il bacino del torrente Morla viene proposto uno schema che ipotizza una successione di serbatoi in cascata, secondo il modello afflussi-deflussi proposto da Nash: la procedura prevede la taratura dei suoi parametri caratteristici attraverso le conoscenze sperimentali.
Il modello di Nash simula il comportamento del bacino mediante n serbatoi posti in serie caratterizzati dalla stessa costante K di invaso e nessun canale.
L'idrogramma istantaneo unitario assume la forma:

$$u(t) = \frac{1}{k(n-1)!}(t/k)^{n-1}e^{-t/k}$$

Dove k è la costante caratteristica dei serbatoi (supposti tutti uguali) e n il numero degli stessi. Per n e k esistono in letteratura formule empiriche. Nei bacini naturali la scelta di n e k deve essere effettuata in modo da riprodurre attendibilmente il tempo di risposta caratteristico del bacino.
Per la taratura dei parametri del modello viene utilizzata la seguente relazione

$$K = t_p / (n-1) \qquad \text{con} \qquad t_p = 0.5t_c$$

funzione del tempo di corrivazione, calcolato con il metodo di Giandotti.
La tabella seguente riporta per il bacino di interesse la scelta dei parametri utilizzati.

Sezione di chiusura	k	n
A	0.575	3
B	0.725	3

3.3.2 Convoluzione

Il modello adottato si basa sulla teoria dell'idrogramma unitario istantaneo, in cui la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi viene eseguita numericamente attraverso la convoluzione di un idrogramma unitario istantaneo (IUH) scelto opportunamente tra i diversi tipi esistenti. L'IUH racchiude in sé le caratteristiche fisiche del bacino che influenzano la formazione delle piene, come per esempio la capacità di invaso ed il tempo di risposta del bacino.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Mediante il programma di analisi idrologica "Urbis", è stata eseguita la trasformazione degli ietogrammi sintetici in onde di piena relativamente ai tempi di ritorno assegnati.
Il programma, partendo dalle curve di possibilità climatica, dallo ietogramma di progetto e dall'idrogramma istantaneo unitario, integra le equazioni del sistema e, con il metodo della convoluzione, fornisce l'andamento dell'onda di piena.

Di seguito vengono riportati i valori di portata al colmo Q_c delle onde di piena generate con le ipotesi anzidette per ciascun bacino analizzato

Sezioni di chiusura	Tempo di ritorno T=20anni	Tempo di ritorno T=100anni	Tempo di ritorno T=200anni	Tempo di ritorno T=500anni
	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
A	**40.12**	**51.03**	**55.38**	**61.67**
B	**44.89**	**56.97**	**61.68**	**68.68**

I valori sopra riportati vengono assunti quali dati in ingresso che verranno utilizzato per la successiva ricostruzione dei profili in moto permanente, necessari per la verifica idraulica da utilizzare per la progettazione esecutiva delle opere in alveo del tratto di del Torrente Morla interessato dalla pista ciclopedonale. In particolare per le opere in progetto viene considerata la portata evidenziata, ritenuta di idoneo tempo di ritorno e cautelativa per il tratto di alveo che interagisce con l'opera viaria, e comunque di frequenza indicata dai criteri di pianificazione introdotti dal "Piano stralcio pere l'Assetto Idrologico (PAI) - direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica".

Si è potuto osservare come sia gli studi pregressi che quelli più recenti, come ad esempio quelli che hanno portato a redigere la monografia sul torrente Morla predisposte dalla Autorità di Bacino, mostrino un sostanziale accordo di risultati con la presente trattazione sulle condizioni di deflusso del corso d'acqua in condizioni di eventi di piena con medesimo tempo di ritorno.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

4 VERIFICA IDRAULICA

4.1 Premessa

Di seguito viene valutato il contenimento delle portate definite nel precedente capitolo, nell'alveo del Torrente M orla in esame.
Il tratto di corso d'acqua interessato dalla presente simulazione idraulica si sviluppa da Nord-Ovest a Sud-Est per circa 3 Km fino alle porte dell'abitato di Bergamo. Un rilievo topografico di dettaglio, esteso su tutto il tratto dell'asta torrentizia, mirato alla conoscenza della pendenza del fondo dell'alveo ed alla definizione di 46 sezioni complessive, costituisce la valida base geometrica per la determinazione del profilo di corrente in moto permanente del corso d'acqua e quindi l'informazione necessaria riguardante l'altezza dei tiranti d'acqua che si presenteranno in tempo di piena in ogni singola sezione trasversale dell'alveo.
Tali informazioni permettono quindi di individuare le aree interessate da esondazione, ove il livello delle sponde risulti inferiore alla quota del pelo libero della corrente.
Sulla base di questa indagine, si potrà prevedere la realizzazione di idonee arginature, o risezionamento dell'alveo tali da contenere l'onda di piena in ogni sezione d'alveo.

4.2 Profilo di moto permanente

La simulazione idraulica viene condotta tramite la ricostruzione del profilo in moto permanente dell'onda di piena, affinché venga determinato l'incremento di livello del tirante idrico con particolare riferimento ai punti oggetto di concessione.
Le considerazioni che seguono hanno lo scopo di evidenziare le premesse teoriche ed i presupposti secondo cui l'algoritmo utilizzato (HEC-RAS, dell'Hydrologic Engineerig Center) conduce i calcoli.

Con il codice di calcolo adottato si intende tracciare il profilo di corrente, calcolandone l'altezza d'acqua incognita e da qui tutti i parametri idraulici ad essa connessi.
Il programma procede in prima analisi risolvendo l'equazione di conservazione dell'energia o equazione di Bernoulli, che esprime l'energia H di una corrente come

$$H = z + y + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

dove:
z = quota del fondo
y = altezza del pelo libero
$\alpha \frac{V^2}{2g}$ = energia cinetica dipendente dalla velocità V della corrente
Inserita la quota di fondo z, poiché la velocità V della corrente dipende dalla altezza d'acqua y, il programma risolve l'equazione di conservazione dell'energia tra una determinata sezione e quella di

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

monte, ricercando, tramite opportuni algoritmi di calcolo, la corretta altezza d'acqua y che soddisfi la relazione di Bernoulli

$$H_1 = H_2 + \Delta H_{12}$$

con: H_1 = energia nella generica sezione 1

H_2 = energia nella generica sezione 2, a monte della sezione 1

ΔH_{12}= perdite di carico tra la generica sezione 1 e la sezione 2

Nel caso ci si trovi in presenza di correnti veloci, le variazioni di energia in funzione dell'altezza d'acqua diventano troppo repentine e l'algoritmo di calcolo passa automaticamente a trattare il problema idraulico del tracciamento dei profili in moto permanente, attraverso l'imposizione dell'equazione di equilibrio della quantità di moto, cioè sostanzialmente un equilibrio delle forze agenti nel tratto tra due sezioni successive che può essere espressa come

$$\frac{dh}{dx} = \frac{\frac{\beta V^2}{gA} + i - \frac{\tau_0}{\gamma R} - (2\beta V - u)\frac{q}{gA} - \frac{V^2}{g} - \frac{d\beta}{dx}}{1 - F_r^2}$$

dove:

B= larghezza del pelo libero;

V= velocità media nella sezione;

q= portata per unità di larghezza;

u= componente secondo l'asse della velocità della portata q;

β= coefficiente di Boussinesq;

τ0= tensione tangenziale media sul perimetro bagnato;

Fr= numero di Froude caratteristico della corrente, $Fr = V / \sqrt{gA/B}$

Il calcolo viene condotto verso monte se la corrente è lenta, verso valle se è veloce. Il passaggio dalla condizione di corrente lenta a veloce nel senso del moto avviene in modo continuo passando attraverso la condizione critica k. Il passaggio inverso si manifesta attraverso la localizzazione del risalto idraulico, con il conseguente calcolo delle altezze coniugate.

I tabulati di calcolo riportano i dati di input utilizzati nella definizione della geometria del problema e delle condizioni idrauliche al contorno, e quelli di output come appunto l'altezza d'acqua ed i parametri ad essa coniugati (la pendenza della linea dell'energia, la velocità della corrente, ecc…).

Nell'ultima colonna del tabulato di calcolo, viene riportato il numero adimensionale di Froude, che indica il regime della velocità della corrente, lenta se minore dell'unità, veloce se maggiore dell'unità.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

4.3 Ipotesi di calcolo adottate

La simulazione idraulica ha consentito di individuare il tirante idrico per la portate di calcolo, corrispondenti rispettivamente a tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, e per queste di valutare i corrispondenti livelli idrici.

Nella ricostruzione dei profili si è tenuto conto dei diversi parametri di scabrezza del fondo a seconda che l'alveo sia inerbito (sponde), naturale in ciottoli, o in calcestruzzo (sottopassi o ponti con alveo artificiale):

- K strickler = 30 per alveo naturale fortemente scabro (aree spondali);
- K strickler = 40 per alveo naturale debolmente scabro (fondo in ciottoli);
- K strickler = 50 per alveo in calcestruzzo (alveo artificiale);

4.4 Risultati e considerazioni

Nell'allegato di calcolo vengono riassunti i risultati della simulazione dell'attuale capacità di convogliamento dell'alveo nelle condizioni di deflusso di piena con tempo di ritorno di 200 anni. Vengono messe a confronto le situazioni dello stato di fatto e di progetto, indicando:

- la planimetria con l'ubicazione delle sezioni;
- il modello tridimensionale utilizzato per la simulazione del tratto di canale;
- il profilo longitudinale del torrente;
- la traccia delle sezioni trasversali con l'indicazione del profilo di corrente;
- una tabella che riassume per ogni sezione i seguenti parametri caratteristici:
  - valori di portata (Q total);
  - distanze parziali tra la sezione in oggetto e quella successiva di valle (Length Channel);
  - distanze progressive tra la sezione in oggetto e quella iniziale (Cumulate Channel Lenght);
  - quota del fondo del canale (Min Channel Elevation);
  - coefficiente di scabrezza di Manning (Mann Wtd Total);
  - quota d'acqua (Water Surface Elevation);
  - altezza d'acqua (Hydr Depth);
  - altezza critica (Critic Water Surface);
  - altezza e pendenza della linea dell'energia (E.G Elevation and Slope);
  - velocità della corrente (Velocity Channel);
  - area di flusso (Flow Area);
  - n. di Froude (Froude # Channel).

Dall'analisi del deflusso idrico sono state evidenziati alcuni tratti di alveo che risultano interessati da possibile esondazione o comunque risultano a rischio di tracimazione per il ridotto franco idraulico o

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

per la conformazione morfologica delle aree contermini. Tali tratti, per i quali viene previsto un determinato intervento numerato in senso crescente da valle verso monte, vengono individuati all'interno delle aree di progetto tra due sezioni trasversali di rilievo, come indicato nella tabella di seguito riportata.

AREA DI PROGETTO	TRATTO DI ALVEO	INTERVENTO
Area A1	dalla sezione 10 alla sezione 19	1
Area B1	dalla sezione 23 alla sezione 28	2
Area B2	dalla sezione 31 alla sezione 36	3
Area C2	dalla sezione 42 alla sezione 44	4

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

5 LE AREE DI ESEONDAZIONE E LE TIPOLOGIE DEGLI INTERVENTI

Negli elaborati grafici sono state indicate planimetricamente le aree di potenziale esondazione, in relazione alle quali sono stati individuati i possibili interventi da attuare per annullare i fenomeni di allagamento.

Nella progettazione della difese spondali e delle sistemazioni ambientali si è cercato, per quanto possibile, di uniformarsi con gli interventi preesistenti, in modo che il presente intervento risulti omogeneo con quanto già realizzato.

Nel definire la geometria delle opere di protezione spondale si è anche tenuto conto della necessità di alterare il meno possibile le sezioni trasversali del torrente, e comunque di non provocare alcun brusca variazione di sezione, tale da non alterare in alcun modo il regime di deflusso naturale.

Vengono individuati alcune tipologie di sistemazione dell'alveo e delle aree spondali:

- ✓ **SISTEMAZIONE DI TIPO A** - *Scogliera*: realizzazione di una berma in massi ciclopici intasati in terreno naturale, con paramento inclinato con scarpa 3:2, piede di fondazione di 2.00 m di larghezza e 1.50 m di profondità; la scogliera verrà deposta su geostuoia ed ultimata con massi a faccia vista intasati in terreno naturale, trattato con idrosemina; tale intervento viene previsto soprattutto in quei tratti dove la corrente idrica provoca una forte erosione delle sponde;
- ✓ **SISTEMAZIONE DI TIPO B** - *Risezionamento e riprofilatura dell'alveo*: si prevede di sagomare con sezione trapezia i tratti di alveo ritenuti a rischio di esondazione; la sezione avrà larghezza di fondo compatibile con l'attuale geometria dell'alveo e delle aree contermini, paramento laterale di scarpa 3:2 e argine che si eleva 0.50 – 1.00m al di sopra dell'attuale quota del terreno, prestando particolare cura nella definizione delle quote di progetto della sponda destra del corso d'acqua, più facilmente tracimabile. Le sezioni trasversali, ove necessario, subiscono anche modifiche nella quota di fondo, affinché venga regolarizzato anche il profilo longitudinale del corso d'acqua, eliminando brusche variazioni di pendenza;
- ✓ **SISTEMAZIONE DI TIPO C** – *Pulizia straordinaria in alveo*: alcuni tratti, pur non essendo direttamente a rischio di possibili tracimazioni, si presentano in pessime condizioni di manutenzione; si prevede quindi un accurato sfalcio della vegetazione e la rimozione di ogni possibile ostacolo al deflusso idrico, senza prevedere intervento di movimentazione di terreno.
- ✓ **SISTEMAZIONE DI TIPO D** – *Parapetto prefabbricato*: alcuni tratti spondali, pur non essendo direttamente sommersi dall'evento di piena ipotizzato, costituiscono zona di particolare rischio per chi usufruisce dell'opera viaria; in particolare in zona Valverde si è individuato un tratto in cui il tracciato, per esigenze urbanistiche, viene posizionato a ridosso del corso d'acqua: in tale tratto si prevede di innalzare l'attuale argine in calcestruzzo con una protezione di circa 1.50m, intestando sul manufatto esistente un parapetto prefabbricato con massi a vista dello stesso tipo di quelli presenti attualmente nel tratto.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

In base ai criteri sopra esposti, vengono di seguito descritti da valle verso monte gli interventi in progetto per le diverse aree di esondazione individuate.

1. **AREA A1**: nel tratto compreso tra via Turani e via Maironi da Ponte (zona Valverde) in destra idrografica, il livelli massimi dell'acqua interessano l'arginatura esistente per un tratto di circa 480m, sormontandola fino ad invadere la vasta zona depressa a margine del corso d'acqua. In tale tratta il tracciato della pista ciclabile, modificato opportunamente, non viene interessato dalla esondazione, mentre l'area a ridosso di Via Maironi da Ponte di cui è prevista la riqualificazione, potrà essere soggetta ad allagamento.

   INTERVENTO 1

   Pur non interessando direttamente il tracciato della pista ciclopedonale, si ritiene opportuno mettere in sicurezza tale area, tra la sezione 10 e la sezione19, con una adeguata risezionatura e riprofilatura dell'alveo (sistemazione di TIPO B), mirate a sovralzare l'arginatura esistente e a regolarizzare il profilo di fondo. In particolare in sponda destra idrografica è opportuno prevedere la realizzazione di una scogliera in massi ciclopici (sistemazione di TIPO A) lungo i tratti che risultano soggetti alla erosione dalla corrente, come quello tra la sezione 10 e 11.

   Più in dettaglio vengono descritti gli interventi da realizzare per ogni sezione trasversale, da intendersi come indicazione per il tratto a monte e a valle della sezione stessa, per interpolazione con la sezione precedente e seguente:

	INTERVENTO 1:	
	Sistemazione tipo B: risezionamento e riprofilatura dell'alveo Sistemazione tipo D: realizzazione di parapetto prefabbricato	Sistemazione
Sez. 10	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 8.73m e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente. Non viene definita topograficamente la sponda sinistra.	Tipo B
Sez. 11	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 8.30m e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B
Sez. 12	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 9.00m e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B
Sez. 13	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.14m, per i limitati spazi a disposizione, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B
Sez. 14	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.80m e sponde con scarpa 3:2, realizzando sia in sponda destra che sinistra un argine che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente, poiché in tale tratto anche la sponda sinistra risulta non avere un adeguato franco idraulico.	Tipo B
Sez. 15	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 8.50m,	Tipo B

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

	e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	
Sez. 16	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B
Sez. 17	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 8.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B
Sez. 18	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B
Sez. 19	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 8.00m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente, e prevedendo in sponda sinistra un parapetto prefabbricato di altezza minima di 1.00m, per una lunghezza di circa 25m. L'intera sistemazione dell'intervento 1 verrà estesa per circa 30.0m a monte della sezione 19.	TipoB Tipo D

2. **AREA B1**: nel tratto in zona Valverde all'interno della pronunciata ansa del Torrente, in destra orografica, il tracciato delle pista ciclabile viene interessata dall'area di esondazione per una sviluppo di circa 330 m dalla sezione 23 alla sezione 28. In corrispondenza della sezione 28 è infatti l'alveo del corso d'acqua presenta una accentuata curva ed una sezione non sufficiente a smaltire la portata di calcolo; il tratto immediatamente a valle, più depresso, risente quindi di una esondazione indiretta di monte, venendo allagato frequentemente, come riferito anche dai proprietari dei terreni limitrofi.

   INTERVENTO 2

   Per questo tratto di torrente è da prevedere un risezionamento e riprofilatura e dell'alveo (sistemazione di TIPO B) per tutto il tratto, ed in particolare in sponda destra orografica tra le sezioni 27 e 28, è da prevedere la realizzazione di una scogliera in massi ciclopici (sistemazione di TIPO A), poiché tale tratto risulta interessato da una forte erosine dalla corrente.

   Più in dettaglio vengono descritti gli interventi da realizzare per ogni sezione trasversale, da intendersi come indicazione per il tratto a monte e a valle della sezione stessa, per interpolazione con la sezione precedente e seguente:

	INTERVENTO 2:	
	Sistemazione tipo A: realizzazione di scogliera in massi ciclopici Sistemazione tipo B: risezionamento e riprofilatura dell'alveo	Sistemazione
Sez. 23	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.50m e sponde con scarpa 3:2.	Tipo B
Sez. 24	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 6.50m, per l'impossibilità di allargare maggiormente il fondo, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 0.50 m rispetto alla quota del terreno esistente.	Tipo B

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Sez. 25	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando argini sia in sponda destra che sinistra che si elevino di 0.50 m rispetto alla quota del terreno esistente, a difesa della vasta area depressa oltre la sponda destra.	Tipo B
Sez. 26	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.20m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente a difesa della vasta area depressa oltre la sponda destra, e raccordando la sponda sinistra al terreno naturale.	Tipo B
Sez. 27	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 6.50m, per l'impossibilità di allargare maggiormente il fondo, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 0.70 m rispetto alla quota del terreno esistente. A protezione della esondazione prevista in tale tratto con l'attuale geometria dell'alveo, e per limitare gli effetti di trascinamento della corrente, in sponda destra viene realizzata una scogliera in massi ciclopici nel tratto tra la sezione 27 e la sezione 28.	TipoA Tipo B
Sez. 28	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.30m, per l'impossibilità di allargare maggiormente il fondo, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente. A protezione della esondazione prevista in tale tratto con l'attuale geometria dell'alveo, e per limitare gli effetti di trascinamento della corrente, in sponda destra viene realizzata una scogliera in massi ciclopici nel tratto tra la sezione 27 e la sezione 28, che si estende per un tratto di 60 m più a monte. Particolare cura andrà posta nel realizzare una adeguata immissione del riolo a valle della sezione 28 in sponda destra.	TipoA Tipo B

3. **AREA B2**: nel tratto di alveo del Torrente in zona Pontesecco in destra orografica il livello del tirante idrico interessa l'area ove è prevista una ampia zona di riqualificazione e lo stesso tracciato della pista ciclabile. La zona esondabile potrà avere una conformazione variabile localmente in funzione della topografia del terreno.

   INTERVENTO 3

   Per questo tratto di torrente dello sviluppo di circa 310m, è da prevedere in sponda destra un risezionamento ed una riprofilatura dell'alveo (sistemazione di TIPO B) tra le sezioni 31 e 36.

   Particolare attenzione dovrà essere posta anche in sponda sinistra, poiché per esigenze contestuali il tracciato in tale tratto verrà posto in adiacenza al corso d'acqua: in corrispondenza della sezione 32, infatti, il muro di confine del campo sportivo costringe la pista ad una larghezza di 2.50m, imponendo la realizzazione di un sopralzo dell'attuale muretto di sponda. Si prevede quindi la realizzazione di un parapetto prefabbricato (sistemazione di TIPO D) con massi a vista alto almeno 1.50m, per uno sviluppo lineare di circa 60m, a partire dal nuovo ponte in progetto.

   Più in dettaglio vengono descritti gli interventi da realizzare per ogni sezione trasversale, da intendersi come indicazione per il tratto a monte e a valle della sezione stessa, per interpolazione con la sezione precedente e seguente:

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

	INTERVENTO 3:	
	Sistemazione tipo B: risezionamento e riprofilatura dell'alveo Sistemazione tipo D: realizzazione di parapetto prefabbricato	Sistemazione
Sez. 31	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 6.00m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda sinistra che si elevi di 0.70 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda destra il contenimento è dato da un muro in calcestruzzo che sostiene il ripido versante.	Tipo B
Sez. 32	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.00m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda sinistra il contenimento è dato da un muro in calcestruzzo che risulta insufficiente a contenere la piena di progetto: a protezione dell'area del campo sportivo viene previsto un parapetto prefabbricato che si elevi almeno di 1.50 m al di sopra del muro esistente per una lunghezza complessiva di circa 60 m, fino al nuovo ponte in progetto.	Tipo B Tipo D
Sez. 33	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 8.20m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 0.50 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda sinistra il contenimento è sufficiente, a meno di una sagomatura che formi un adeguato arginello. La sezione così sagomata permetterà un migliore deflusso al di sotto del ponte in progetto.	Tipo B
Sez. 34	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda sinistra il contenimento è sufficiente, a meno di una corretta sagomatura.	Tipo B
Sez. 35	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 6.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 0.80 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda sinistra il contenimento dato dal ripido versante è sufficiente.	Tipo B
Sez. 36	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 6.50m, e sponde con scarpa 3:2, che si raccorderanno a quelle esistenti per circa 1.20 m di altezza, poiché il contenimento esistente sembra sufficiente.	Tipo B

4. **AREA C1**: nel tratto del torrente in zona S. Antonio, tra la sezione 38 e la sezione 44, l'alveo presenta delle scarpate più ripide, ma un andamento più tortuoso, che provoca possibili esondazioni in destra idrografica in corrispondenza delle sezioni 42, 43 e 44, dovute per lo più al pessimo stato di manutenzione del corso d'acqua.

   INTERVENTO 4

   Pur non essendo direttamente interessato il tracciato della pista ciclopedonale, si ritiene necessario prevedere un intervento di risezionamento e riprofilatura lungo tutto il tratto dalla sezione 42 alla sezione 44, per circa 160m (sistemazione di TIPO B), mentre si considera sufficiente lungo tutto il restante tratto dalla sezione 38 alla sezione 42, per circa 150m, eseguire una pulizia straordinaria in alveo asportando i depositi di materiale in eccesso e riposizionando lo stesso materiale litoide di maggiore dimensione lungo le arginature in sponda destra (sistemazione di TIPO C).

Più in dettaglio vengono descritti gli interventi da realizzare per ogni sezione trasversale, da intendersi come indicazione per il tratto a monte e a valle della sezione stessa, per interpolazione con la sezione precedente e seguente:

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

	INTERVENTO 4:	
	Sistemazione tipo B: risezionamento e riprofilatura dell'alveo Sistemazione tipo C: pulizia straordinaria in alveo	Sistemazione
Sez. 38-42	Nel tratto a monte della passerella di via Biava – via Solari, viene prevista una pulizia straordinaria del materiale di deposito presente sul letto del torrente ed una asportazione degli arbusti che potrebbero causare intasamento più a valle in corrispondenza della passerella pedonale.	Tipo C
Sez. 42	A causa della tortuosità del corso d'acqua, viene prevista una sagomatura in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 6.50m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda sinistra che si elevi di 0.50 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda destra il contenimento dato dal ripido versante è sufficiente.	Tipo B
Sez. 43	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.00m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda sinistra il contenimento è sufficiente, a meno di una corretta sagomatura.	Tipo B
Sez. 44	La sezione viene sagomata in forma trapezioidale, con larghezza di fondo di 7.00m, e sponde con scarpa 3:2, realizzando un argine in sponda destra che si elevi di 1.00 m rispetto alla quota del terreno esistente. In sponda sinistra il contenimento è sufficiente, a meno di una corretta sagomatura. Particolare cura andrà posta nella realizzazione del contenimento in sponda sinistra a valle della sezione 44, dove attualmente non vi è alcun argine.	Tipo B

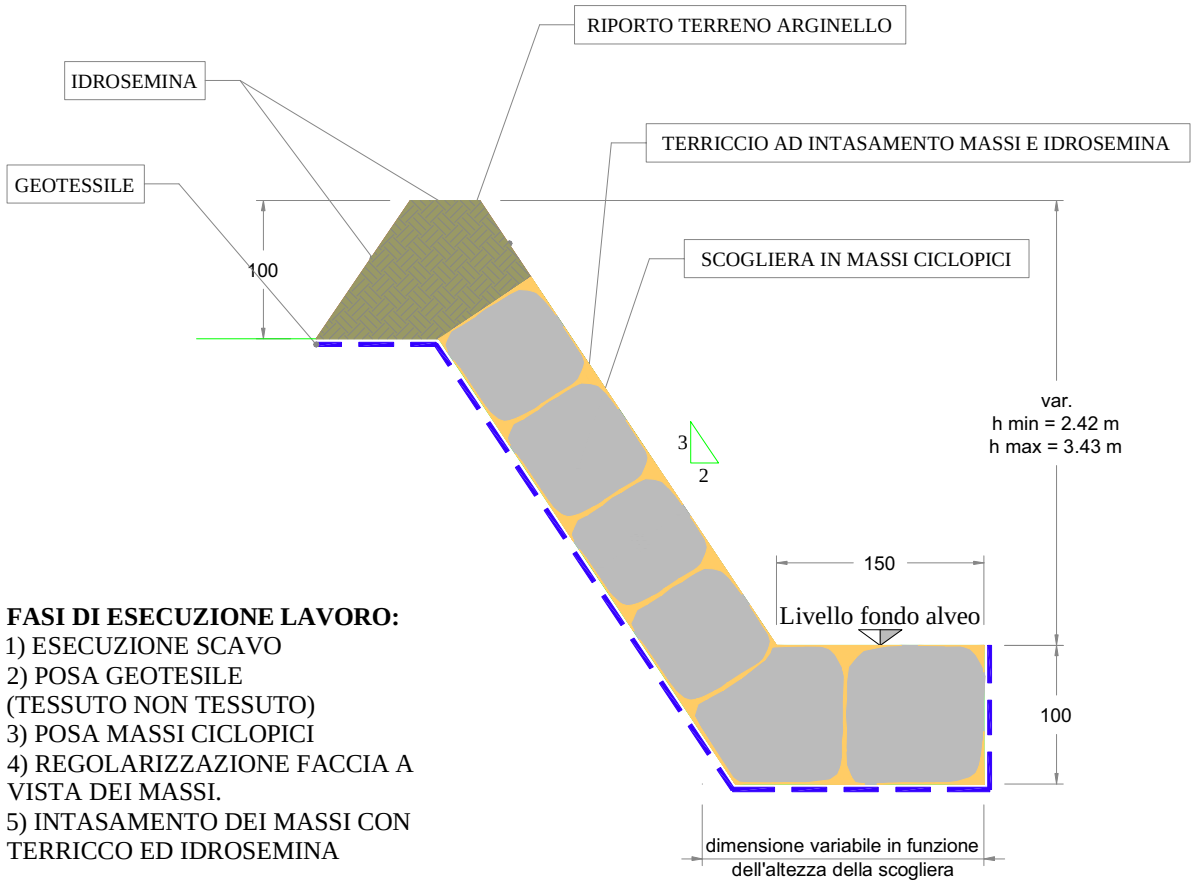
Per ultimo, per garantire un pronto e facile ingresso all'alveo, è da prevedersi la realizzazione di discenderie, nei tratti in cui la pista ciclabile ne abbia limitato un agevole accesso.

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

7 DIMENSIONAMENTO DEI MANUFATTI

Alcune delle opere in progetto previste per la sistemazione idraulico-ambientale del corso d'acqua, richiedono una verifica specifica delle condizioni di stabilità statica e di stabilità all'azione di trascinamento della corrente. In particolare verranno descritte le ipotesi di calcolo che conducono al dimensionamento dei tratti di scogliera indicati nelle tavole grafiche.

Viene verificata la scogliera da realizzare nella sezione più sfavorevole, tipologicamente qui di seguito riportata



FASI DI ESECUZIONE LAVORO:
1) ESECUZIONE SCAVO
2) POSA GEOTESILE
(TESSUTO NON TESSUTO)
3) POSA MASSI CICLOPICI
4) REGOLARIZZAZIONE FACCIA A VISTA DEI MASSI.
5) INTASAMENTO DEI MASSI CON TERRICCO ED IDROSEMINA

Il manufatto più imponente presenta una altezza di 3.00m ed una larghezza in sommità al coronamento di 0.80m, scarpate con inclinazione 3:2 sulla sponda interna dell'alveo, fino alla quota di fondo alveo, a cui è prevista un piede stabilizzante di 1.50m di larghezza ed 1.00m di profondità.

I massi che compongono la scogliera avranno diametro variabile da 0.5 a 0.8 metri, per un peso di almeno di 320 Kg ciascuno, e verranno intasati in calcestruzzo RcK 30 N/mm^2.

A tergo della mantella, sulla superficie di scavo, verrà predisposto uno strato di geotessile .

Per le verifiche seguenti vengono ipotizzati i seguenti pesi specifici per i materiali:

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

γ scogliera=	2600 Kg/m3
γ terreno=	1800 Kg/m3
γ acqua=	1000 Kg/m3

7.1 Verifica di stabilità della scogliera

In via cautelativa viene ipotizzato che la scogliera si comporti come un blocco monolitico privo di assestamenti interni: viene verificata quindi la stabilità dell'opera a scorrimento ed a ribaltamento secondo i metodi classici della geotecnica, in riferimento alla geometria della sezione più alta.

Per la verifica di stabilità a scorrimento vengono considerati come carichi instabilizzanti

- la spinta attiva del terreno S_{T1}
- i sovraccarichi in sommità alla scogliera S_Q
- la spinta dell'acqua nel terreno S_{W1}
- sottospinta dell'acqua S_{WS}

e come carichi stabilizzanti:

- il peso della scogliera P
- la spinta dell'acqua S_{W2}
- la resistenza per attrito S_A
- la spinta passiva del terreno S_{T2}

CARICHI INSTABILIZZANTI

spinta attiva terreno	S_{T1}	=	**1322**N
spinta dei sovraccarichi	S_Q	=	**0**N
spinta acqua nel terreno	S_{W1}	=	**500**N
		Σ	**1822**N

CARICHI STABILIZZANTI

peso scogliera	P	=	**1250**N
acqua lato struttura	S_{WP}	=	**225**N
acqua lato fiume	S_{W2}	=	**1125**N
spinta passiva terreno	S_{T2}	=	**147**N
		Σ	**2745**N

il fattore di sicurezza che si ricava dalla risultante delle forze stabilizzanti ed instabilizzanti è pari a

$$Fs = Sstab / Sinstab = 1.5$$

che verifica il minimo richiesto dalla normativa.

Per la verifica di stabilità a ribaltamento vengono calcolati i momenti stabilizzanti ed instabilizzanti relativi ai carichi sopra riportati ed in particolare

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

MOMENTI INSTABILIZZANTI

spinta attiva terreno	M_{T1}	=	**1763**N m
spinta dei sovraccarichi	M_{Q}	=	**0**N m
spinta acqua nel terreno	M_{W1}	=	**333**N m
		Σ	**2096**N m

MOMENTI STABILIZZANTI

peso scogliera	M_{P}	=	3120N m
acqua lato struttura	M_{WP}	=	188N m
acqua lato fiume	M_{W2}	=	**844**N m
spinta passiva terreno	M_{T2}	=	**73**N m
		Σ	**4225**N m

il fattore di sicurezza che si ricava dalla risultante dei momenti stabilizzanti ed instabilizzanti è pari a

$$Fs = Mstab / Minstab = 2.0$$

che verifica il minimo richiesto dalla normativa.

7.2 Verifica al trasporto solido della scogliera

Viene predisposta come cautela aggiuntiva la verifica di stabilità dei singoli massi all'azione di trascinamento della corrente.

A partire dalle caratteristiche del moto della corrente in condizione di piena con tempo di ritorno di 200 anni, viene applicata la teoria di Shields, per cui, assegnato un diametro di prima approssimazione del grano, viene calcolato il numero di Raynolds associato al moto idraulico, viene determinato il parametro di mobilità di Shields, e da qui determinato il valore del nuovo diametro minimo stabile. Se il diametro ottenuto è pari a quello ipotizzato, si è ottenuta la soluzione ottimale, altrimenti occorre reiterare la procedura di calcolo.

Viene dunque assegnato un diametro d* di primo tentativo all'ipotetico masso messo in movimento dal deflusso, e vengono definite le variabili idrauliche della corrente idrica definita in precedenza attraverso la determinazione del numero di Reynolds

$$R_e^* = \frac{u \cdot d^*}{v}$$

dove:
u = velocità di attrito
d* = diametro del grano ipotizzato
v = viscosità cinematica dell'acqua

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Viene quindi determinato il parametro di mobilità θ di Shields, tenendo conto della pendenza delle sponde attraverso il fattore moltiplicativo K

$$K = \cos\alpha\sqrt{1-\frac{\tan^2\alpha}{\tan^2\varphi}}$$

dove: α = angolo di inclinazione delle sponde
ϕ = angolo di attrito interno del materiale

Il parametro di mobilità critico può quindi essere calcolato come

$$\vartheta_c^s = K\cdot\vartheta_c$$

Nel caso in esame le caratteristiche idrauliche dalla corrente sono tali da ricadere nel campo di moto assolutamente turbolento, poiché il valore del numero di Reynolds risulta elevato (Re*=331294,19); per tale situazione è possibile fissare il parametro di mobilità θ di Shields al valore di 0.056, indipendentemente dal diametro del grano ipotizzato, entro una gamma di valori ragionevoli, senza dover ricorrere a successive iterazioni.
Posto che la pendenza della scogliera sia pari a 56° e l'angolo di attrito del materiale sia di 67°, il valore del parametro di mobilità θ di Shields risulta pari a

$$\vartheta_c^s = 0.0239$$

Il minimo diametro del grano messo in movimento dalla corrente idrica si ottiene dalla relazione di Shields

$$d = \frac{u^{*2}}{g\cdot\Delta\cdot\vartheta_c^s}$$

dove: $u = \sqrt{g\cdot h\cdot i}$ velocità di attrito
Δ = densità relativa del grano

che fornisce il valore della dimensione del singolo masso, pari a **0.78 m**, inferiore di 2 cm rispetto al diametro di 0.80 m ipotizzato. Risulta dunque soddisfatta anche la verifica alle azioni di trascinamento della corrente.
Verranno dunque utilizzati massi del diametro di 80 cm, che, considerando un peso specifico di 2600 Kg/m3, avranno un peso di 1300Kg.

IL PROGETTISTA
Dott. Ing. Giuseppe Pasinetti

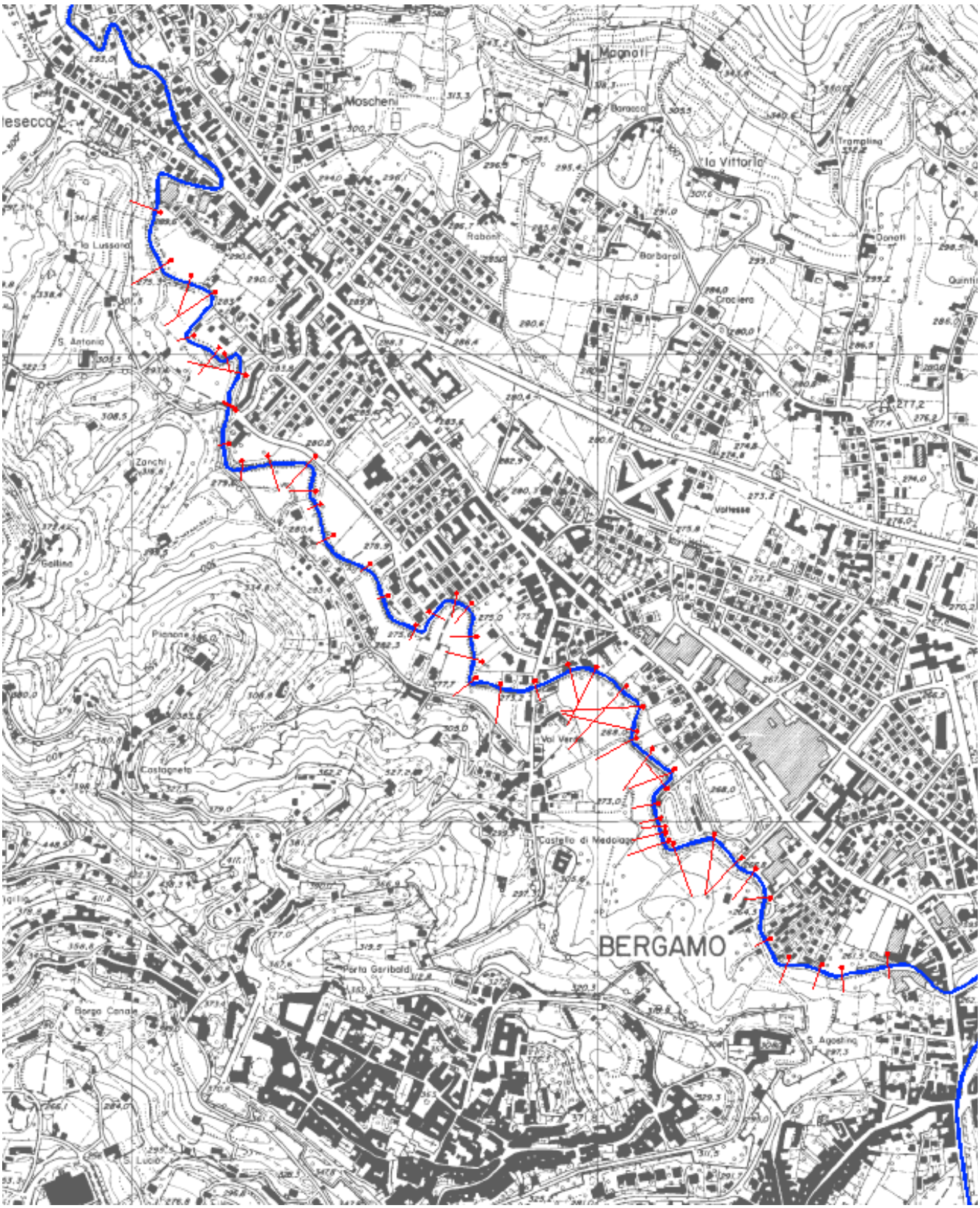
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Allegato 1:
simulazione idraulica

Modellazione idraulica
dello stato di fatto e di progetto
per portata $Q_{(Tr200)}$

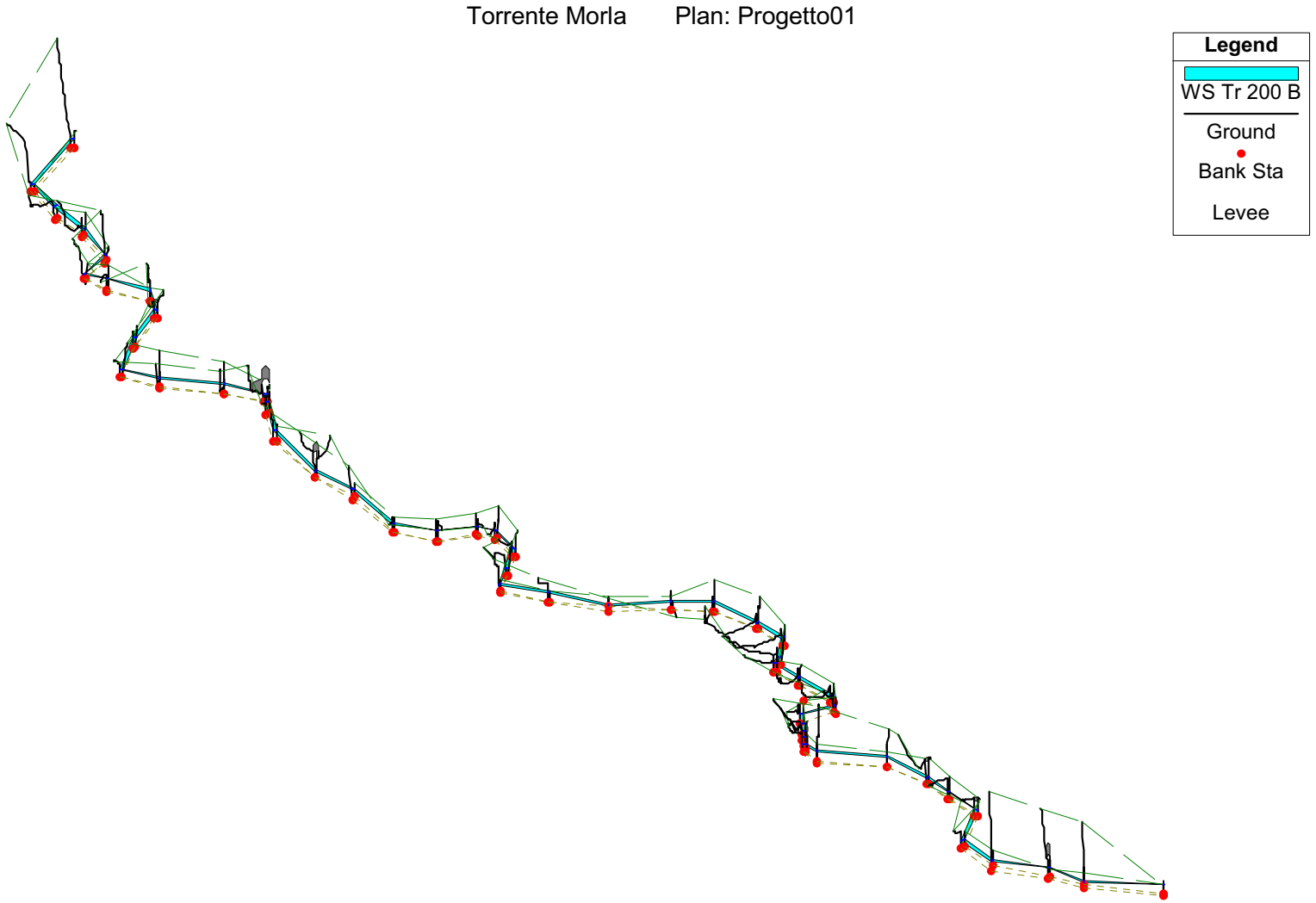
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Planimetria con ubicazione delle sezioni di calcolo



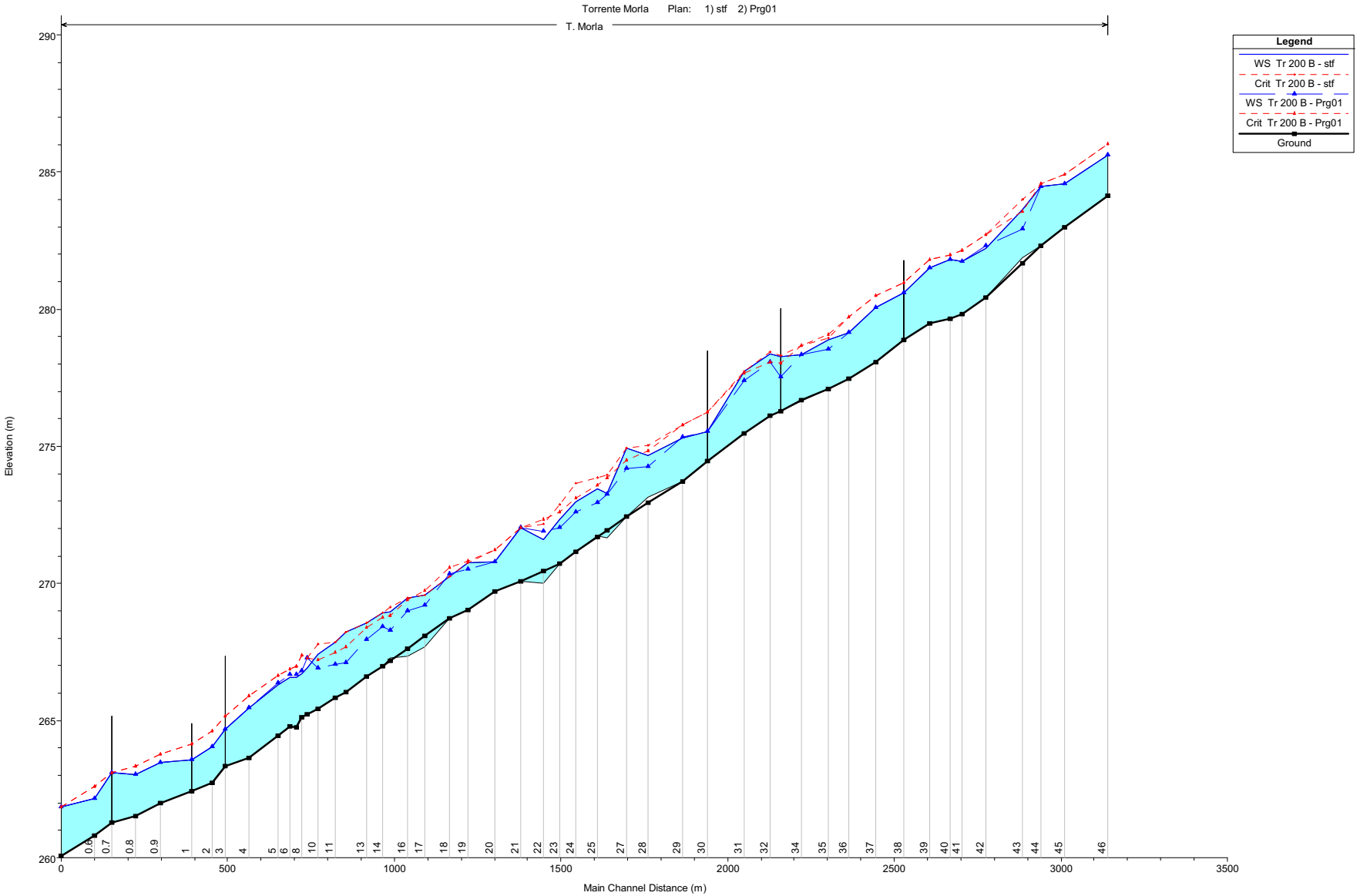
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Modello tridimensionale di calcolo



STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Profilo longitudinale



STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Sezioni trasversali

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Tabella dei risultati di calcolo

RAS: Plan: stf/prg01 River: T. Morla Reach: T. Morla Tr=200anni

River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Length Chnl (m)	Cum Ch Len (m)	Min Ch El (m)	Mann Wtd Total	W.S. Elev (m)	Hydr Depth (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude
46	stf	61.68	126.92	3139.61	284.12	0.021	285.62	1.15	286.01	286.94	0.008002	5.46	12.76	1.45
46	Prg01	61.68	126.92	3139.61	284.12	0.021	285.62	1.15	286.01	286.94	0.008002	5.46	12.76	1.45
45	stf	61.68	72.38	3012.69	282.99	0.021	284.57	1.12	284.91	285.88	0.008619	5.23	12.64	1.46
45	Prg01	61.68	72.38	3012.69	282.99	0.021	284.57	1.12	284.91	285.88	0.008619	5.23	12.64	1.46
44	stf	61.68	54.56	2940.31	282.31	0.021	284.48	1.5	284.57	285.36	0.003657	4.81	15.66	1.04
44	Prg01	61.68	54.56	2940.31	282.31	0.021	284.48	1.5	284.57	285.36	0.003657	4.81	15.66	1.04
43	stf	61.68	112.25	2885.75	281.87	0.021	283.63	1.01	284	285.02	0.008694	5.47	12.58	1.46
43	Prg01	61.68	112.25	2885.75	281.69	0.018	282.93	1.06	283.55	284.94	0.01035	6.51	10.41	1.87
42	stf	61.68	69.99	2773.5	280.41	0.021	282.2	1.04	282.71	283.85	0.012159	5.77	11.17	1.69
42	Prg01	61.68	69.99	2773.5	280.41	0.021	282.31	1.13	282.71	283.67	0.008874	5.23	12.38	1.47
41	stf	61.68	34.43	2703.51	279.83	0.021	281.75	0.89	282.16	283.07	0.008058	5.37	13.37	1.39
41	Prg01	61.68	34.43	2703.51	279.83	0.021	281.75	0.89	282.16	283.06	0.00803	5.36	13.38	1.39
40	stf	61.68	61.87	2669.08	279.65	0.021	281.81	1.43	281.96	282.76	0.004298	4.89	15.16	1.11
40	Prg01	61.68	61.87	2669.08	279.65	0.021	281.81	1.44	281.96	282.76	0.004256	4.88	15.21	1.1
39	stf	61.68	79.88	2607.21	279.5	0.021	281.51	0.96	281.82	282.49	0.004536	4.82	16.33	1.13
39	Prg01	61.68	79.88	2607.21	279.5	0.021	281.51	0.96	281.82	282.48	0.004527	4.82	16.34	1.13
38	stf	61.68	81.77	2527.33	278.89	0.016	280.59	1.53	280.97	282.09	0.004089	5.51	11.75	1.38
38	Prg01	61.68	81.77	2527.33	278.89	0.016	280.59	1.53	280.97	282.09	0.004086	5.51	11.75	1.38

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

37	stf	61.68	80.45	2445.56	278.06	0.021	280.05	1.55	280.5	281.66	0.006698	5.77	11.5	1.36
37	Prg01	61.68	80.45	2445.56	278.06	0.021	280.05	1.55	280.5	281.66	0.006696	5.77	11.51	1.36
36	stf	61.68	62.57	2365.11	277.45	0.021	279.14	1.08	279.72	280.96	0.011066	6.34	10.99	1.68
36	Prg01	61.68	62.57	2365.11	277.45	0.021	279.14	1.08	279.72	280.96	0.011066	6.34	10.99	1.68
35	stf	61.68	82.15	2302.54	277.1	0.021	278.87	1.25	278.93	280.29	0.007174	5.77	12.57	1.4
35	Prg01	61.68	82.15	2302.54	277.1	0.021	278.55	1.18	279.08	280.27	0.010019	6.11	11.23	1.62
34	stf	61.68	61.24	2220.39	276.67	0.02	278.33	0.38	278.67	279.55	0.00952	6.46	18.43	1.61
34	Prg01	61.68	61.24	2220.39	276.67	0.018	278.33	1.31	278.67	279.6	0.004627	5.29	13.47	1.31
33	stf	61.68	33.23	2159.15	276.27	0.021	278.26	1.45	278.3	279.09	0.00371	4.3	16.22	1.02
33	Prg01	61.68	33.23	2159.15	276.27	0.018	277.52	1.12	278.03	279.19	0.008204	5.84	11.31	1.67
32	stf	61.68	75.65	2125.92	276.12	0.021	278.36	1.01	278.44	278.94	0.002195	3.74	21.86	0.81
32	Prg01	61.68	75.65	2125.92	276.12	0.018	278.08	1.82	278.08	279.03	0.002531	4.37	15.11	1
31	stf	61.68	109.37	2050.27	275.48	0.021	277.74	1.75	277.74	278.78	0.00354	4.64	14.41	1.02
31	Prg01	61.68	109.37	2050.27	275.48	0.018	277.38	1.74	277.65	278.75	0.00381	5.26	12.59	1.22
30	stf	61.68	75.7	1940.9	274.45	0.016	275.54	0.87	276.24	277.97	0.01347	7.67	9.28	2.35
30	Prg01	61.68	75.7	1940.9	274.45	0.016	275.54	0.88	276.24	277.94	0.013249	7.62	9.33	2.33
29	stf	61.68	103.4	1865.2	273.73	0.021	275.32	1.29	275.79	276.9	0.008753	5.78	11.5	1.5
29	Prg01	61.68	103.4	1865.2	273.73	0.021	275.33	1.3	275.79	276.89	0.00866	5.76	11.54	1.49
28	stf	61.68	65.04	1761.8	273.14	0.021	274.65	0.55	275.02	275.92	0.008332	5.39	14.9	1.46
28	Prg01	61.68	65.04	1761.8	272.93	0.018	274.26	1.21	274.82	276.02	0.007859	5.96	10.99	1.65
27	stf	61.68	58.57	1696.76	272.43	0.016	274.93	1.99	274.93	275.97	0.001805	4.66	14.5	0.97
27	Prg01	61.68	58.57	1696.76	272.43	0.016	274.2	1.68	274.5	275.6	0.003339	5.28	12.15	1.27

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

26	stf	61.68	29.41	1638.19	271.65	0.021	273.28	1.03	273.94	275.6	0.017259	6.98	9.52	2
26	Prg01	61.68	29.41	1638.19	271.94	0.018	273.23	1.14	273.84	275.23	0.009473	6.42	10.41	1.8
25	stf	61.68	63.02	1608.78	271.73	0.021	273.46	1.18	273.84	275.03	0.008512	5.89	11.86	1.5
25	Prg01	61.68	63.02	1608.78	271.69	0.018	272.96	1.1	273.57	274.94	0.00975	6.43	10.47	1.82
24	stf	61.68	50.62	1545.76	271.16	0.021	272.96	1.39	273.65	274.53	0.007503	5.79	11.84	1.43
24	Prg01	61.68	50.62	1545.76	271.16	0.018	272.6	1.33	273.12	274.35	0.007017	5.94	11.02	1.58
23	stf	61.68	49.12	1495.14	270.73	0.021	272.34	1.24	272.89	274.08	0.009435	6.15	11.2	1.58
23	Prg01	61.68	49.12	1495.14	270.73	0.018	272.04	1.15	272.62	273.94	0.008913	6.28	10.69	1.75
22	stf	61.68	66.08	1446.02	270.02	0.021	271.59	1.09	272.17	273.5	0.014111	6.21	10.26	1.82
22	Prg01	61.68	66.08	1446.02	270.45	0.021	271.9	1.2	272.33	273.36	0.00924	5.45	11.8	1.52
21	stf	61.68	79.14	1379.94	270.09	0.021	272.04	1.49	272.04	272.8	0.003438	4.12	16.7	0.98
21	Prg01	61.68	79.14	1379.94	270.09	0.021	272.03	1.49	272.04	272.8	0.003503	4.14	16.6	0.99
20	stf	61.68	80.71	1300.8	269.7	0.016	270.79	0.91	271.24	272.32	0.008703	5.47	11.28	1.83
20	Prg01	61.68	80.71	1300.8	269.7	0.016	270.8	0.91	271.24	272.32	0.008667	5.46	11.3	1.82
19	stf	61.68	54.52	1220.09	269.02	0.019	270.75	0.81	270.75	270.84	0.000482	1.93	57.65	0.48
19	Prg01	61.68	54.52	1220.09	269.02	0.016	270.5	1.39	270.81	271.8	0.003915	5.09	12.75	1.33
18	stf	61.68	73.53	1165.57	268.73	0.02	270.25	0.59	270.25	270.31	0.000656	1.6	65.94	0.42
18	Prg01	61.68	73.53	1165.57	268.73	0.018	270.35	1.52	270.58	271.55	0.004151	4.93	13.31	1.24
17	stf	61.68	53.07	1092.04	267.7	0.02	269.59	0.56	269.59	269.63	0.000571	1.42	71.14	0.38
17	Prg01	61.68	53.07	1092.04	268.09	0.018	269.21	1.08	269.75	271.03	0.010084	6.02	10.51	1.81
16	stf	61.68	52.16	1038.97	267.34	0.02	269.47	0.43	269.47	269.59	0.001221	2.53	55.05	0.57
16	Prg01	61.68	52.16	1038.97	267.63	0.018	268.99	1.29	269.41	270.52	0.006635	5.54	11.73	1.52

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

15	stf	61.68	22.41	986.81	267.29	0.021	268.95	0.31	269.12	269.46	0.003615	3.91	29.59	0.99
15	Prg01	61.68	22.41	986.81	267.18	0.018	268.28	1.01	268.82	270.07	0.010309	6.01	10.8	1.83
14	stf	61.68	48.99	964.4	266.99	0.02	268.92	0.5	268.92	269.12	0.001623	2.83	42.11	0.67
14	Prg01	61.68	48.99	964.4	266.99	0.018	268.44	1.34	268.78	269.77	0.005312	5.18	12.59	1.37
13	stf	61.68	59.47	915.41	266.6	0.02	268.56	0.56	268.56	268.74	0.001396	2.68	42.55	0.63
13	Prg01	61.68	59.47	915.41	266.6	0.018	267.96	1.26	268.38	269.47	0.00651	5.5	11.84	1.51
12	stf	61.68	33.89	855.94	266.04	0.02	268.22	0.6	268.22	268.35	0.000875	2.31	50.69	0.51
12	Prg01	61.68	33.89	855.94	266.04	0.018	267.11	0.98	267.67	268.94	0.010995	6.1	10.69	1.88
11	stf	61.68	51.97	822.05	265.82	0.021	267.86	1.49	267.86	268.64	0.003482	4.41	16.66	1
11	Prg01	61.68	51.97	822.05	265.82	0.018	267.06	1.17	267.48	268.54	0.007214	5.44	11.79	1.56
10	stf	61.68	31.84	770.08	265.42	0.021	267.42	1.48	267.79	268.41	0.004483	4.93	15.09	1.13
10	Prg01	61.68	31.84	770.08	265.42	0.018	266.92	1.4	267.2	268.12	0.005738	4.92	13.04	1.28
9	stf	61.68	17.22	738.24	265.23	0.021	266.91	1.27	267.27	268.21	0.006771	5.37	13.01	1.35
9	Prg01	61.68	17.22	738.24	265.23	0.021	267.27	1.52	267.27	268.06	0.003226	4.24	16.84	0.97
8	stf	61.68	15.83	721.02	265.11	0.021	266.69	1.15	267.38	268.07	0.008122	5.7	12.56	1.47
8	Prg01	61.68	15.83	721.02	265.11	0.021	266.81	1.22	267.38	267.95	0.00618	5.22	13.83	1.3
7	stf	61.68	19.82	705.19	264.75	0.021	266.57	1.16	266.97	267.95	0.00777	5.83	12.66	1.45
7	Prg01	61.68	19.82	705.19	264.75	0.021	266.66	1.22	266.97	267.85	0.006328	5.44	13.61	1.32
6	stf	61.68	34.08	685.37	264.8	0.021	266.58	1.21	266.89	267.75	0.006224	4.98	13.53	1.28
6	Prg01	61.68	34.08	685.37	264.8	0.021	266.67	1.27	266.89	267.69	0.005024	4.65	14.58	1.16
5	stf	61.68	87.21	651.29	264.44	0.021	266.3	1.25	266.65	267.54	0.005942	5.36	13.56	1.29
5	Prg01	61.68	87.21	651.29	264.44	0.021	266.35	1.28	266.65	267.5	0.005341	5.18	14.1	1.23

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

4	stf	61.68	72.32	564.08	263.64	0.02	265.46	1.14	265.91	266.9	0.008673	6.52	12.29	1.56
4	Prg01	61.68	72.32	564.08	263.64	0.02	265.46	1.15	265.91	266.89	0.008567	6.49	12.35	1.55
3	stf	61.68	39.88	491.76	263.33	0.016	264.68	1.22	265.17	266.35	0.006231	5.73	10.96	1.63
3	Prg01	61.68	39.88	491.76	263.33	0.016	264.68	1.22	265.17	266.34	0.006179	5.72	10.99	1.63
2	stf	61.68	60.23	451.88	262.74	0.016	264.03	1.18	264.63	266.04	0.007827	6.3	10.04	1.82
2	Prg01	61.68	60.23	451.88	262.74	0.016	264.03	1.18	264.63	266.03	0.007792	6.29	10.05	1.82
1	stf	61.68	95.29	391.65	262.43	0.016	263.58	1.1	264.16	265.53	0.008307	6.22	10.17	1.86
1	Prg01	61.68	95.29	391.65	262.43	0.016	263.58	1.1	264.16	265.53	0.008293	6.21	10.18	1.86
0.9	stf	61.68	71.78	296.36	261.99	0.018	263.48	1.33	263.77	264.7	0.00517	4.9	12.84	1.34
0.9	Prg01	61.68	71.78	296.36	261.99	0.018	263.48	1.33	263.77	264.7	0.005166	4.9	12.84	1.34
0.8	stf	61.68	73.95	224.58	261.53	0.02	263.03	1.29	263.34	264.27	0.006818	4.95	12.72	1.37
0.8	Prg01	61.68	73.95	224.58	261.53	0.02	263.03	1.29	263.34	264.27	0.006817	4.95	12.72	1.37
0.7	stf	61.68	49.75	150.63	261.29	0.018	263.09	1.68	263.09	263.95	0.002606	4.13	15.48	0.99
0.7	Prg01	61.68	49.75	150.63	261.29	0.018	263.09	1.68	263.09	263.95	0.002606	4.13	15.48	0.99
0.6	stf	61.68	100.88	100.88	260.82	0.02	262.16	1.1	262.6	263.66	0.010239	5.42	11.47	1.64
0.6	Prg01	61.68	100.88	100.88	260.82	0.02	262.16	1.1	262.6	263.66	0.010239	5.42	11.47	1.64
0.5	stf	61.68			260.08	0.016	261.85	7.07	261.85	263.35	0.008588	5.51	11.75	0.1
0.5	Prg01	61.68			260.08	0.016	261.84	8.05	261.84	263.35	0.008822	5.51	11.74	0.1

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Legenda

DATI IN INGRESSO	
Reach	corso d'acqua
River Sta	n.° della stazione
Q Total	portata di verifica
Length Chnl	distanze parziali
Cum Ch Len	distanze progressive
Min Ch El	quota del fondo del canale
Mann Wtd Chnl	parametro di scabrezza di Manning

DATI IN USCITA	
W.S. Elev	quota dei livelli idrici
Hydr Depth	altezza dei livelli idrici
Crit W.S.	altezza critica
E.G. Elev	quota della linea dell'energia
E.G. Slope	pendenza della linea dell'energia
Vel Chnl	velocità del canale
Flow Area	area del flusso
Froude #	Numero di Froude

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Allegato 2:
Monografie
dei punti di indagine

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

PREMESSA

I punti di indagine, costituiti da coperture, interferenze fognarie e scarichi di sfioratori della rete di collettamento comunale, sono stati individuati principalmente attraverso:

- ✓ l'analisi della documentazione esistente in merito in possesso dell'Ufficio di Bergamo del Magistrato per il Po, ora denominato AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po -.
- ✓ l'analisi della cartografia comunale ed il successivo sopralluogo lungo tutto il corso d'acqua.
- ✓ l'analisi della rete di collettamento comunale ed il successivo sopralluogo lungo tutto il corso d'acqua.

Si è dunque resa necessaria una iniziale fase di ricerca ed approfondimento della documentazione esistente, che ha portato all'individuazione di 10 punti di indagine.

Di seguito viene riportata una tabella che riassume complessivamente tutti i punti di indagine censiti.

PUNTI DI INDAGINE

n.°	tipologia	Ubicazione
1	P	Passerella via Valverde - via Biava
13	P	Passerella via Valverde - via Solari
39	S	Scarico tubazione fognaria Valtesse - via Solari
14	A	Attraversamento subalveo Valtesse - via Solari
5	P	Ponte via Maironi da Ponte
20	S	Scarico sfioro tubazione fognaria (n.°2 sfior i in dx e sx, n.°19 e 14) - via Maironi da Ponte
40	P	Ponte riolo "Tiro a segno"
16	S	Immissione Riolo Tiro a segno
21	S	Scarico sfioro tubazione fognaria (2 sfiori n.°50 e n.°54) da città alta - Poligono tiro con l'ar co
22	P	Ponte via Baioni

tipologia: C: Copertura
P: Ponte / Passerella
S: Scarico / sfioro
A: Attraversamento di collettori

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Impostazione delle schede monografiche

Per ogni punto di indagine censito viene costituita una scheda che riporta:

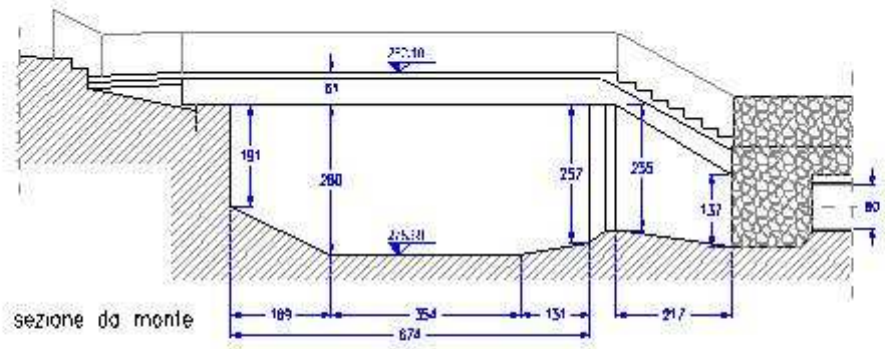
- I dati generali dell'interferenza con il corso d'acqua, comprendenti
  1. breve descrizione del punto di indagine;
  2. la tipologia dell'interferenza con il corso d'acqua, a seconda che sia
     - copertura (C),
     - ponte o passerella pedonale (P),
     - scarico o sfioro di collettori (S),
     - attraversamento di collettori (A),
- Il rilievo della sezione trasversale del corso d'acqua nel punto di interferenza;
- Lo stralcio planimetrico con l'ubicazione del punto di interferenza con il corso d'acqua, riprodotto su Cartografia Numerica del Comune di Bergamo - scala 1:1.000
- La documentazione fotografica, ove possibile.

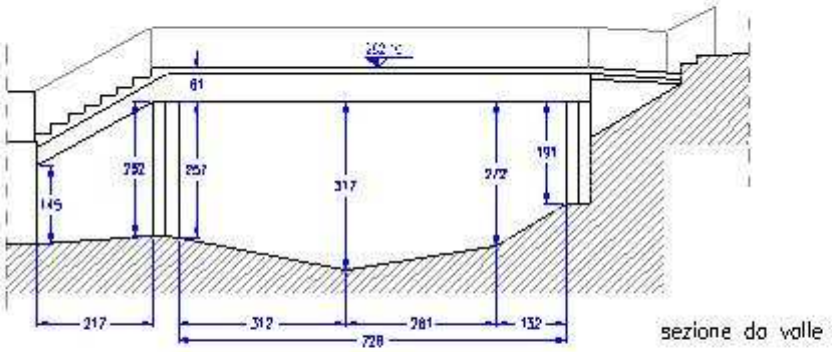
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

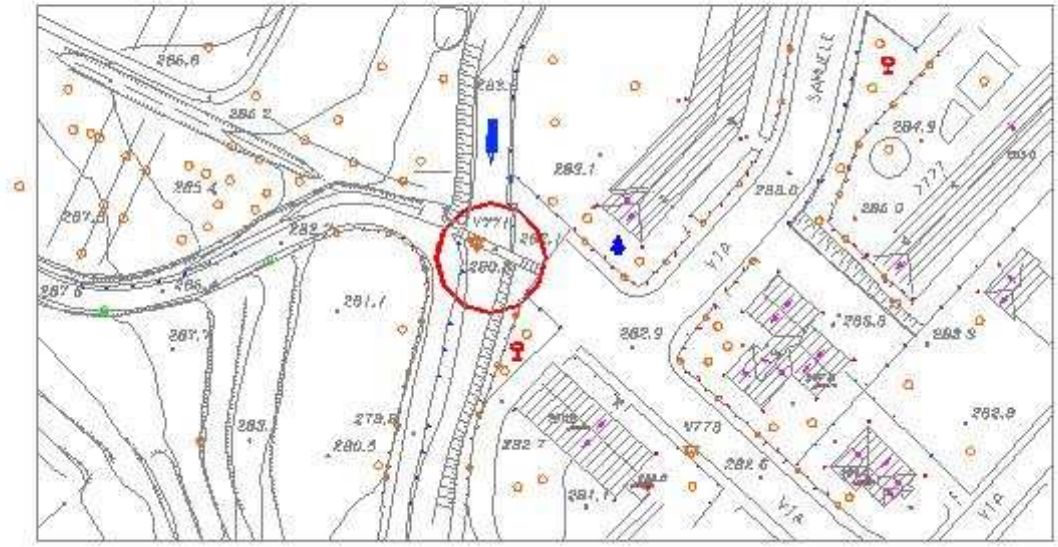
Passerella via Valverde - via Biava (n.° 1)

Descrizione

La concessione attiene la costruzione di una passerella pedonale in calcestruzzo nei pressi dell'abitato di Valverde, all'incrocio tra via Biava e via Solari.







STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da valle

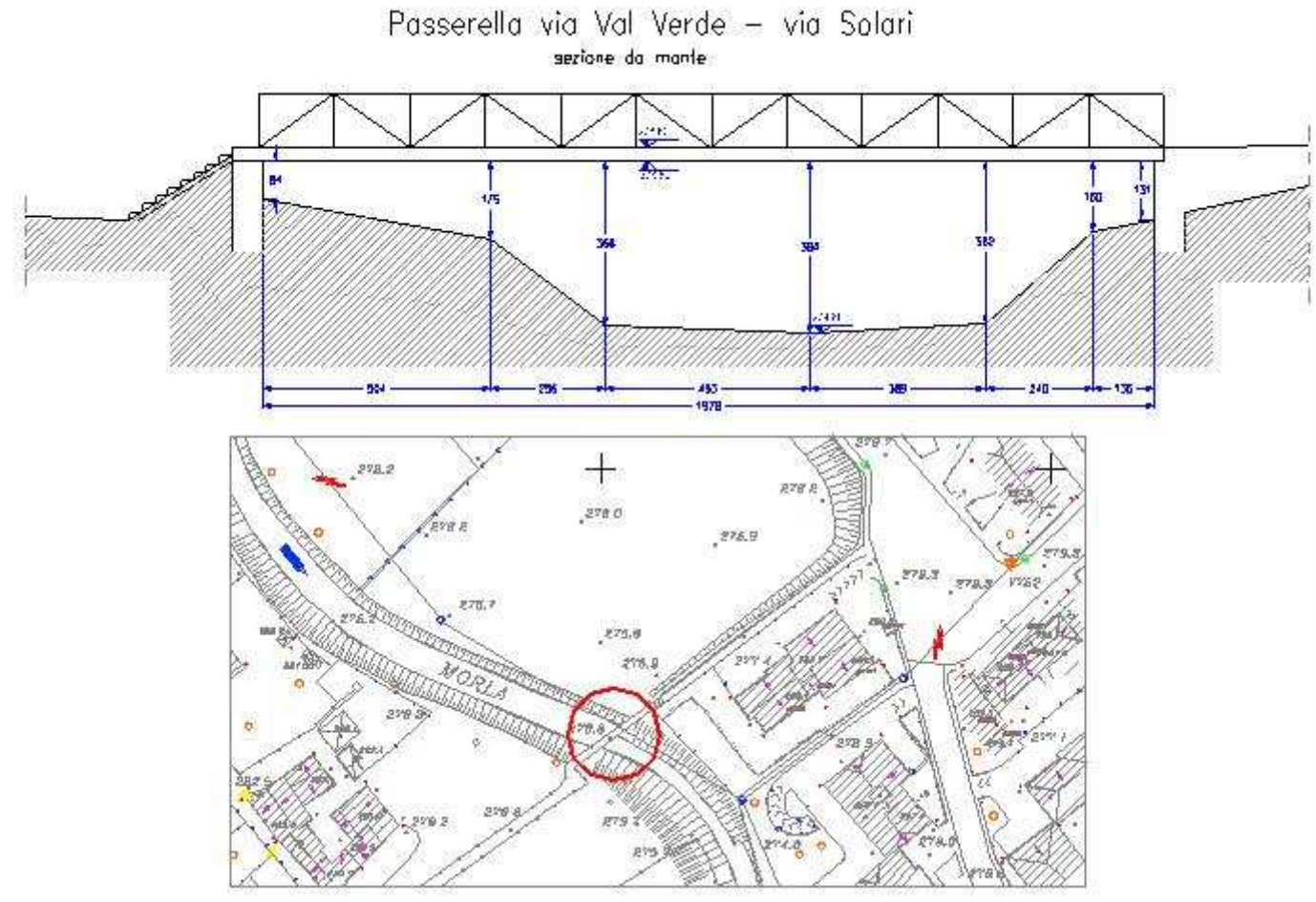
vista da monte

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Passerella via Valverde - via Solari (n.° 13)

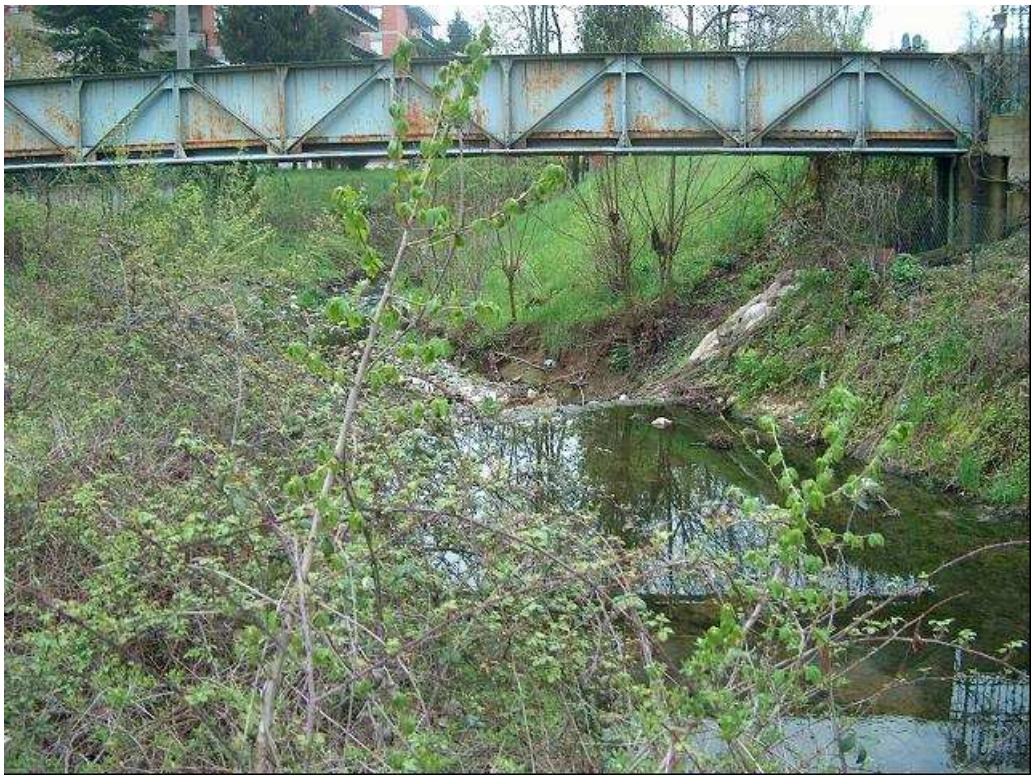
Descrizione

La concessione attiene alla passerella pedonale in ferro che da via Valverde permette di raggiungere l'incrocio delle vie Solari e Vacha. Dai dati in possesso al Magistrato per il Po è quindi stato possibile ricostruire la sezione trasversale, ma non l'andamento del profilo longitudinale in tale tratto, che ha necessitato di un rilievo mirato.



STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica



vista da monte

vista da valle

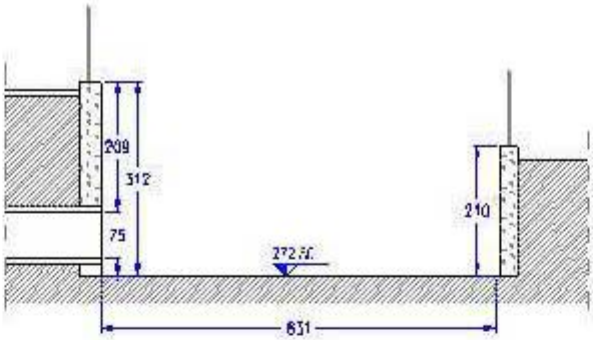
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

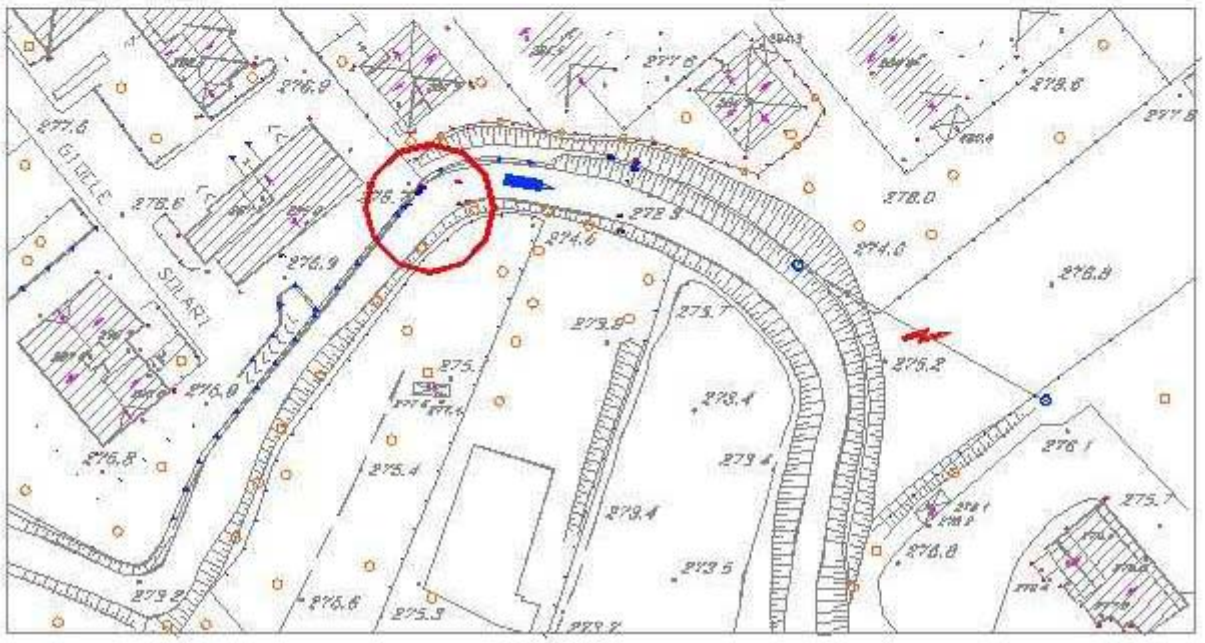
Scarico tubazione fognaria Valtesse - via Solari (n.° 39)

Descrizione

La concessione riguarda lo sfioro della rete fognaria comunale al pozzetto numerato con 633, che presenta, in corrispondenza della località Valtesse, nell'area residenziale al termine di via Solari, uno sfioro di dimensioni 40x30cm in gres che scarica le portate eccedenti nel torrente Morla.

Di tale tratto non vi è traccia nella documentazione esistente, ma è stato predisposto un rilievo di dettaglio del tratto, che viene utilizzato per le necessarie verifiche idrauliche.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

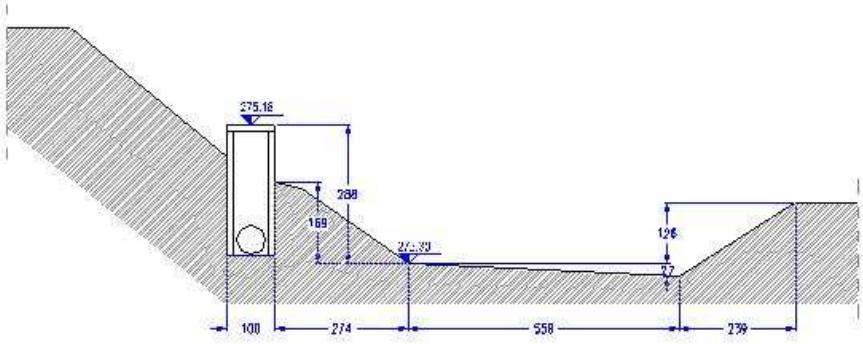
vista da monte

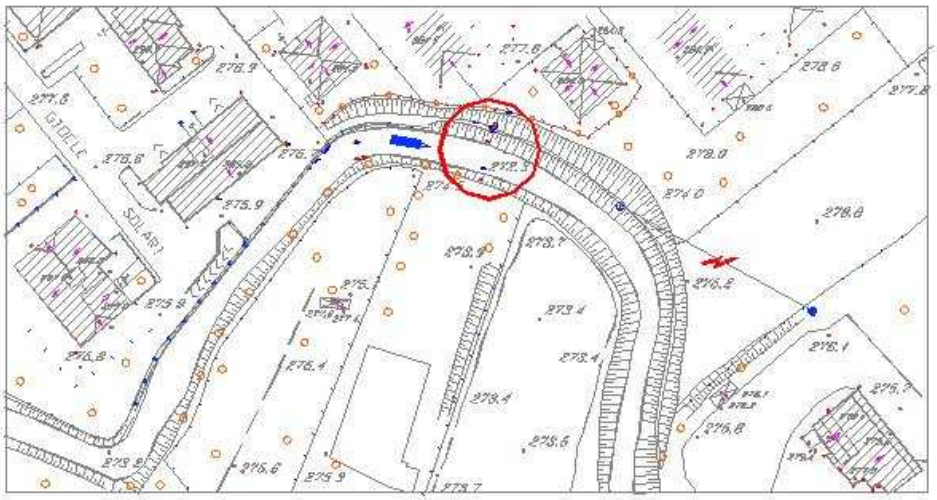
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Attraversamento subalveo Valtesse (n.° 14)

Descrizione

Nell'ambito della rete di collettamento della zona residenziale in località Valtesse, situata tra via Solari, via Vacha e via Maironi da Ponte, è stata richiesta la concessione per il posizionamento in alveo di un tratto di circa 70m del collettore fognario che da via Solari porta le acque nere in via Maroni da Ponte. Il collettore fognario ϕ600mm risulta incamiciato in un manufatto rettangolare di calcestruzzo di larghezza 1.1m e posto in sinistra idrografica. Dal progetto è stato possibile reperire una sezione trasversale del tratto di alveo interessato, ma non il profilo longitudinale: la documentazione è stata comunque integrata con un rilievo dell'area. La sezione si riferisce al tratto in curva, sul quale sorge il chiusino della rete fognaria.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da monte

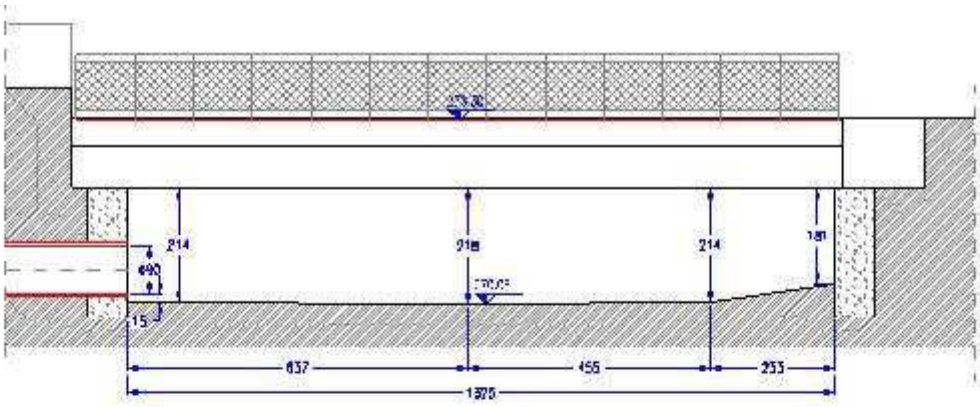
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Ponte via Maironi da Ponte (n.° 5)

Descrizione

La concessione riguarda il sovrappasso viario di Via Maironi da Ponte sul Torrente Morla, nei pressi della località Valesse.

Nel fascicolo in possesso dell'ufficio del Magistrato per Po è stato possibile reperire planimetrie e sezioni, ma non il profilo longitudinale del tratto in esame. Inoltre, dall'analisi della monografia svolta sul corso d'acqua nell'ambito dell'Attività di progettazione del Bacino del fiume Po (cfr. C. Lotti & AssociatiS.p.A. – Acquater A.p.A. – Hydrodata S.p.A.), appare una discordanza nel rilievo delle quote del fondo alveo di circa 60 cm, che è stata risolta effettuando un nuovo rilievo del sovrappasso.



STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da valle

vista da monte

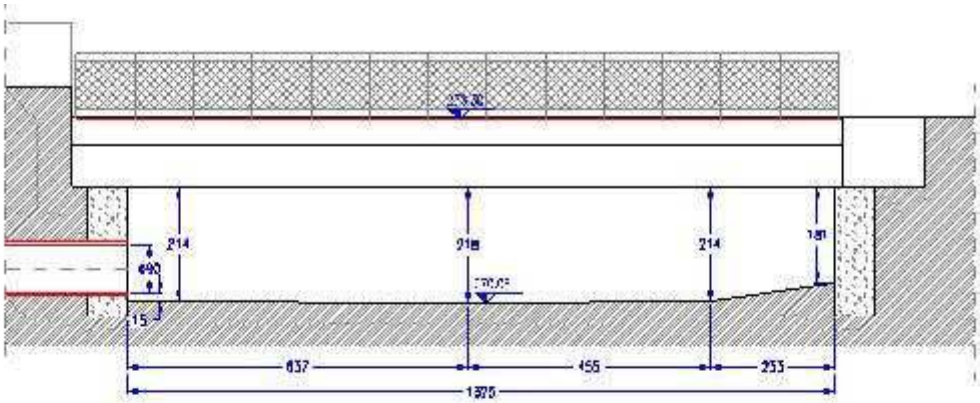
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

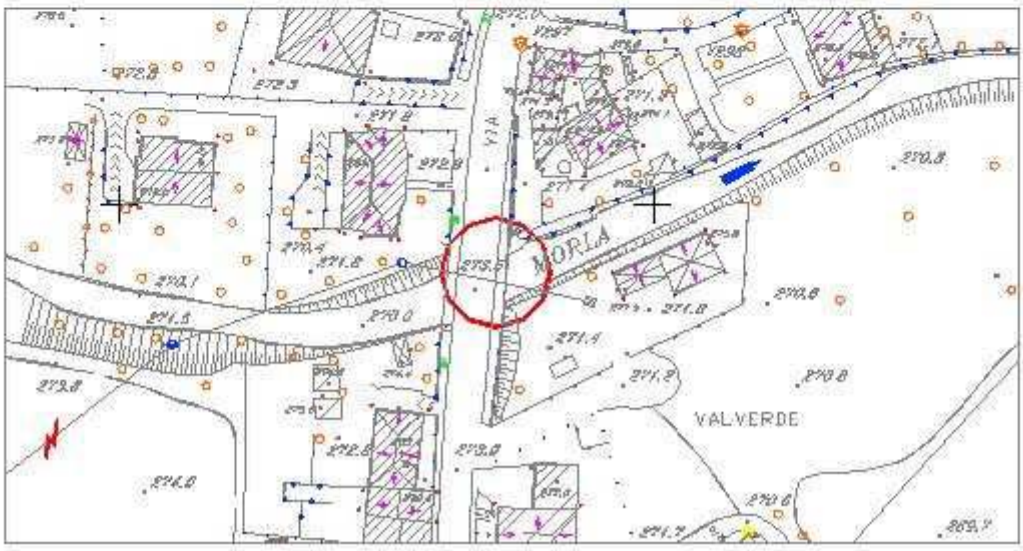
Scarico-sfioro tubazione fognaria via Maironi da Ponte (n.° 20)

Descrizione

In prossimità del ponte di via Maironi da Ponte l'alveo del torrente Morla è interessato da due sfioratori della rete fognaria comunale, uno in destra ed uno in sinistra idrografica, denominati dalla società che gestisce la rete, la B.A.S. S.p.A., con i numeri 19 e 14.

In particolare in sponda destra si rileva chiaramente una tubazione in calcestruzzo di diametro 1000mm, proveniente dal pozzetto indicato con il numero 1663, mentre in sponda sinistra è presente uno scarico del diametro di 300mm, proveniente dal pozzetto n.° 1656.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da valle

vista da monte

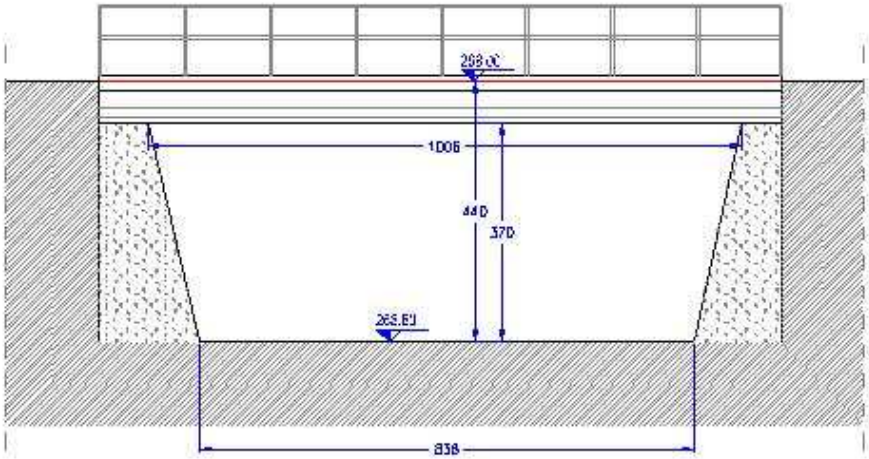
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

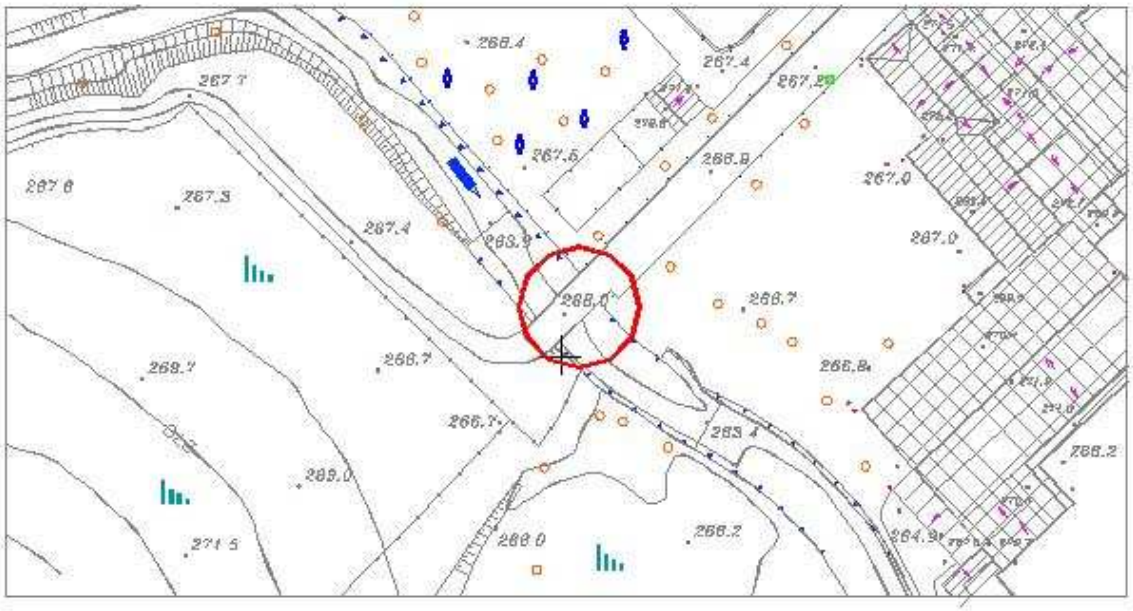
Ponte Riolo Tiro a segno (n.° 40)

Descrizione

La concessione si riferisce al ponte carrabile sul torrente Morla in prossimità del Campo Sportivo militare Utili, pochi metri a monte dello scarico del riolo detto "Tiro a Segno" per il fatto che il suo tracciato lambiva l'attuale spazio del Lazzaretto, un tempo sede del tiro a segno.

Di tale manufatto non vi è traccia nella documentazione dell'AIPO, quindi sono stati predisposti rilievi topografici di dettaglio per determinare la geometria della sezione trasversale, ed il profilo longitudinale dell'alveo.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da valle

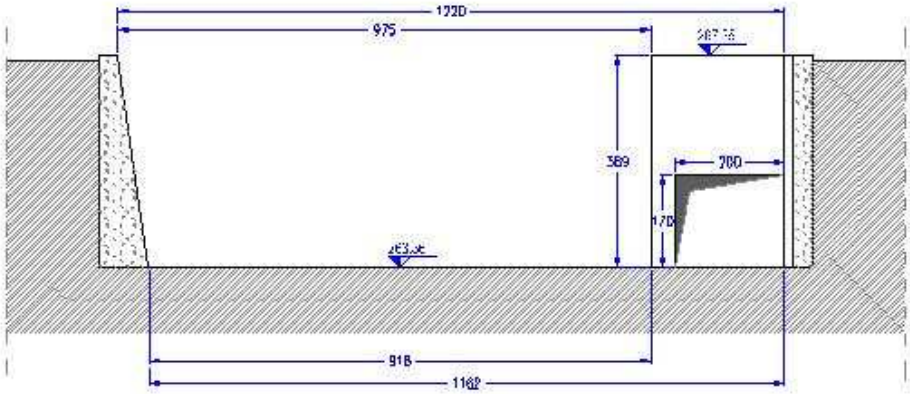
vista da valle

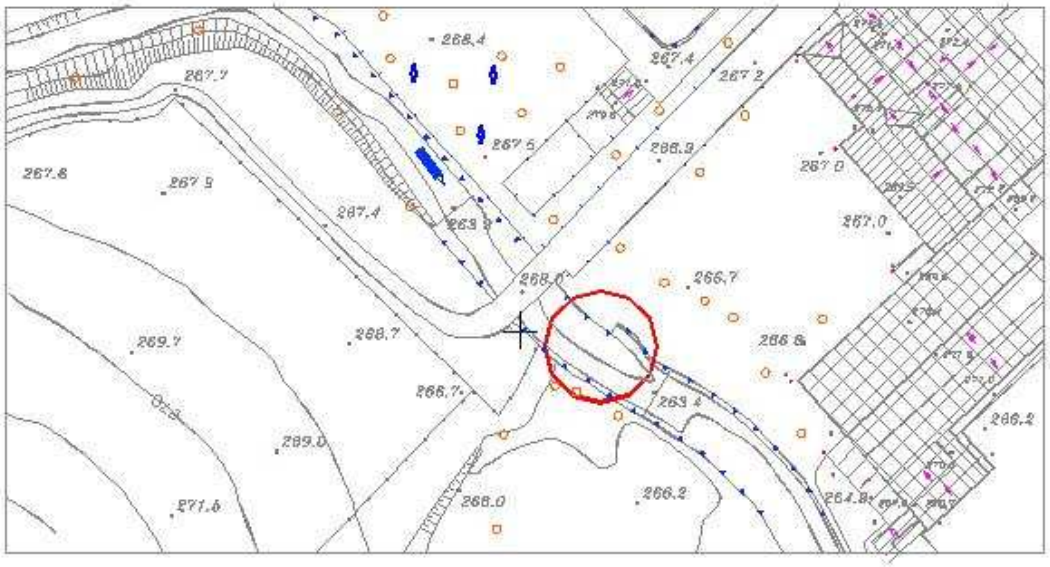
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Immissione Riolo Tiro a segno (n.° 16)

Descrizione

La concessione si riferisce allo scarico del condotto sfioratore al torrente Morla del riolo in sinistra idrografica in località Valtesse, detto "Tiro a Segno" per il fatto che il suo tracciato lambiva l'attuale spazio del Lazzaretto, un tempo sede del tiro a segno. Dalla documentazione, pur non essendo riportata una planimetria adeguata, è possibile risalire alla corretta ubicazione del punto di immissione, ma le tavole di progetto riportano i particolari del manufatto scaricatore (sezioni e profili) e non quelle del torrente.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da monte

vista da valle

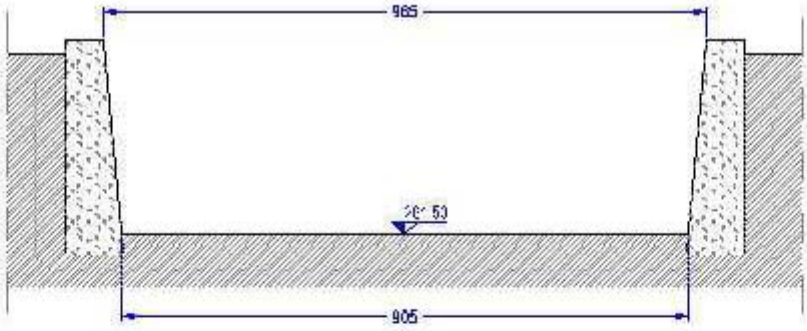
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

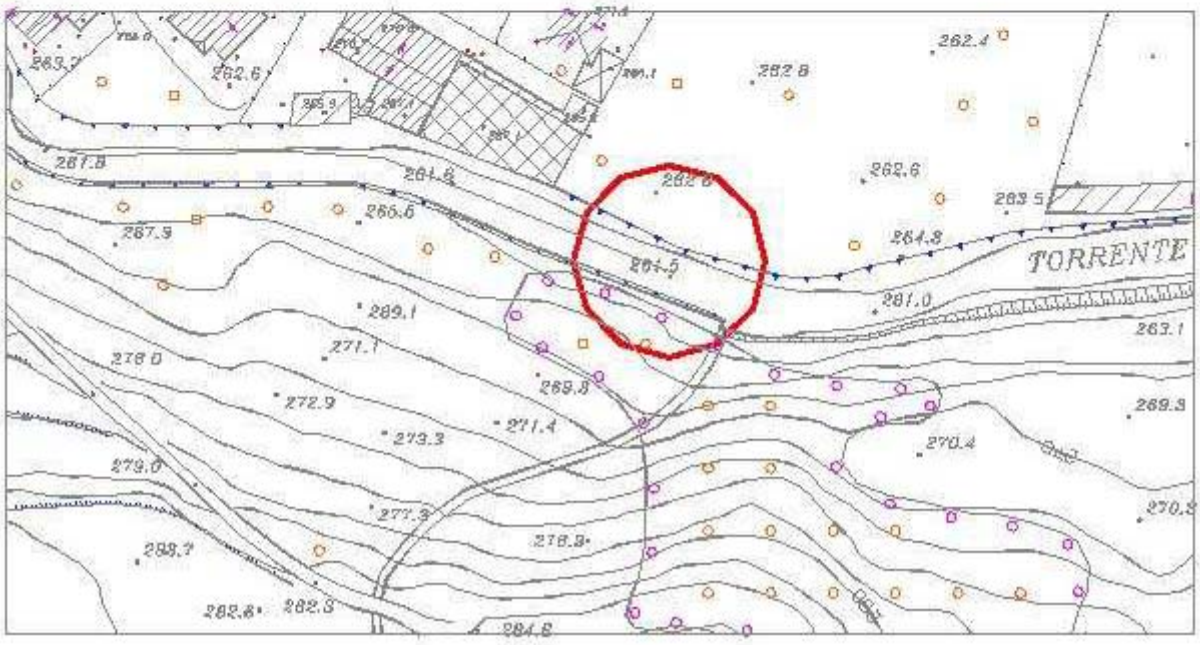
Scarico-sfioro rete fognaria "Poligono di tiro con l'arco" (n.° 21)

Descrizione

In prossimità dell'area adibita a poligono di tiro con l'arco è presente il manufatto di sfioro che raccoglie le acque di sgrondo provenienti da città alta. La società che gestisce la rete comunale, ha individuato i due sfioratori con il n.° 50 e 54.

Il manufatto risulta ricoperto dalla vegetazione e dunque non documentabile in maniera dettagliata sia fotograficamente che metricamente.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

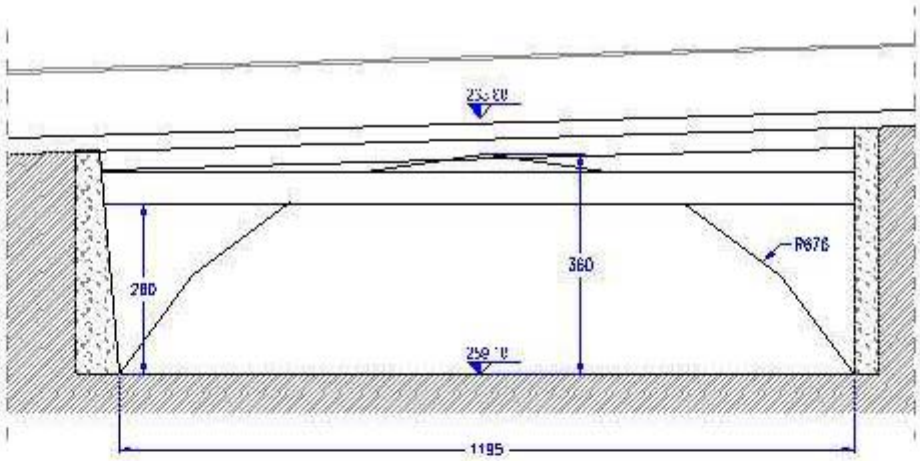
NON E' POSSIBILE DISPORRE DI DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.

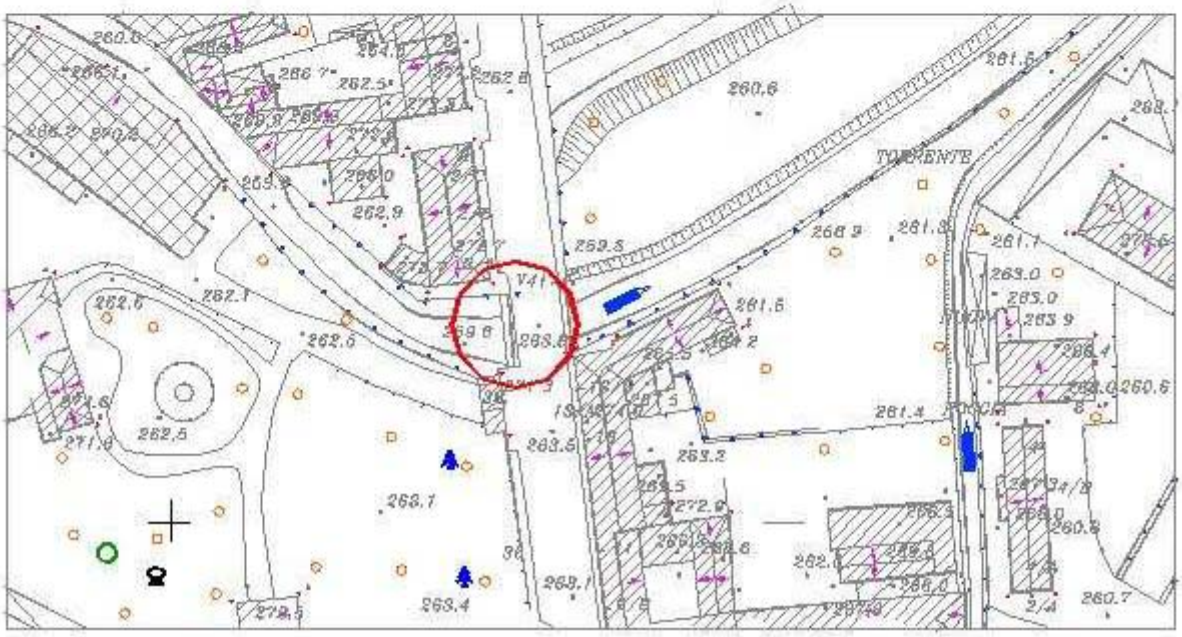
STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Ponte via Baioni (n.° 22)

Descrizione

La concessione riguarda il sovrappasso di via Baioni. Di tale manufatto non vi è traccia nella documentazione dell'AIPO, quindi sono stati predisposti rilievi topografici di dettaglio per determinare la geometria della sezione trasversale e del profilo longitudinale. E' da rilevare che il franco idraulico rispetto all'intradosso del ponte è ridotto a causa dell'attraversamento di numerose tubazioni parallele alla viabilità.





STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it

Documentazione fotografica

vista da monte

vista da monte

STUDIO DI INGEGNERIA PASINETTI
Via G. e G. Paglia, 10 – 24122 BERGAMO
Tel. 035 – 240 772 - fax 035 – 417 32 17 – E. mail: info@studiopasinetti.it