



Studio Associato di Geologia

dott. Emanuela Cretti dott. Paolo Marchi

COMMITTENTE: COMUNE DI RIVA DEL GARDA

**“STUDIO UNITARIO” PRELIMINARE RIFERITO
ALLA VALUTAZIONE COMPLESSIVA DELLA
FASCIA LAGO RISPETTO ALLA CSP - IN FASE DI
PIANIFICAZIONE DELLA VARIANTE
URBANISTICA**

VARIANTE N°13 bis AL PRG

STUDIO DI COMPATIBILITA’



Arco, marzo 2025



INDICE

1	PREMESSA.....	pag. 2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pag. 3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 5
3.1	Inquadramento geolitologico	pag. 5
3.2	Inquadramento idrogeologico	pag. 7
3.3	Inquadramento sismico.....	pag. 15
4	STUDIO DI COMPATIBILITÀ	pag. 17
4.1	Considerazioni in merito alla penalità idraulica.....	pag. 20
4.1.1	compatibilità idraulica T. Albola e Varone.....	pag. 20
4.1.2	Rio Galanzana.....	pag. 71
4.1.3	Lago di Garda.....	pag. 72
4.1.4	falda freatica.....	pag. 73
4.2	Misure di mitigazione.....	pag. 75
5	CONCLUSIONI.....	pag. 94

1. PREMESSA

Il presente *STUDIO DI COMPATIBILITÀ PRELIMINARE* viene redatto su incarico del *COMUNE DI RIVA DEL GARDA* ed è riferito alla valutazione complessiva della “fascia lago” rispetto alla CSP, in fase di pianificazione della variante urbanistica. Infatti, come evidenziato dalla CaP, la variante in oggetto comprende varie destinazioni che ricadono in aree critiche per fenomeni alluvionali della CSP, individuate a penalità P4, P3 e P2. Lo studio di compatibilità elaborato, al fine di verificare la compatibilità delle varie destinazioni urbanistiche con la pericolosità evidenziata dalla CaP, si pone l’obiettivo di valutare l’intera area in variante e non solo le zone a penalità P4 e P3. In questa fase indica almeno in linea di massima le eventuali misure di mitigazione ed i vincoli ai quali la progettazione vera e propria deve attenersi.

A tal fine, sono stati quindi eseguiti accurati sopralluoghi che hanno consentito di raccogliere dati sulle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche di superficie. I dati raccolti sono stati implementati da quelli provenienti da indagini eseguite nelle aree limitrofe.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

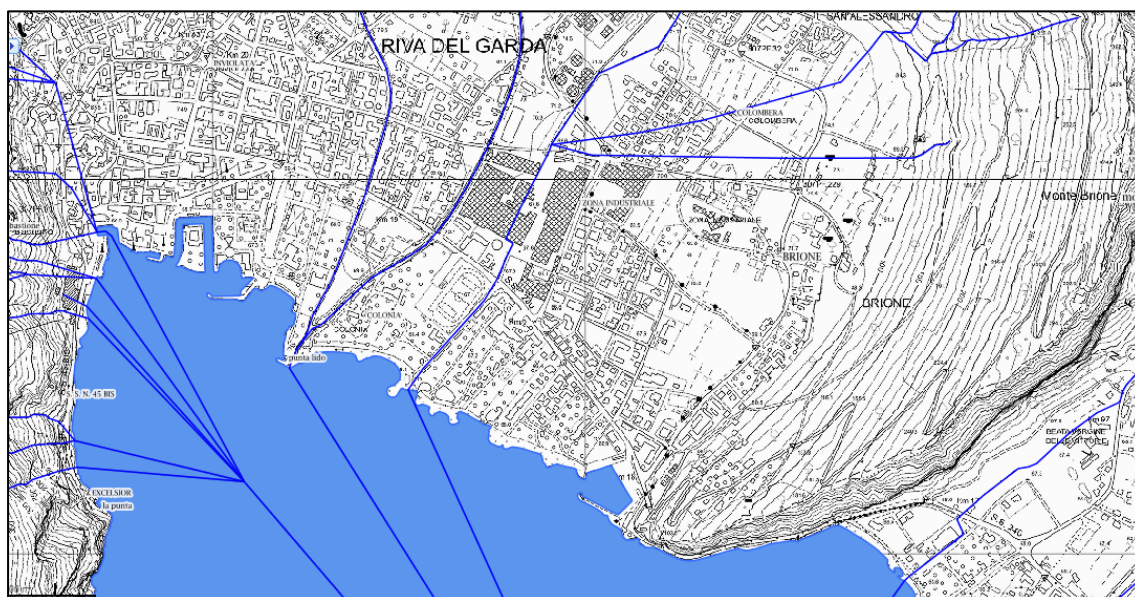
L'area in oggetto è compresa nel Comune di Riva del Garda e coincide con gran parte della “fascia Lago”, come risulta facilmente verificabile negli allegati cartografici proposti alle pagine seguenti:

1 - Estratto della Carta topografica P.A.T.

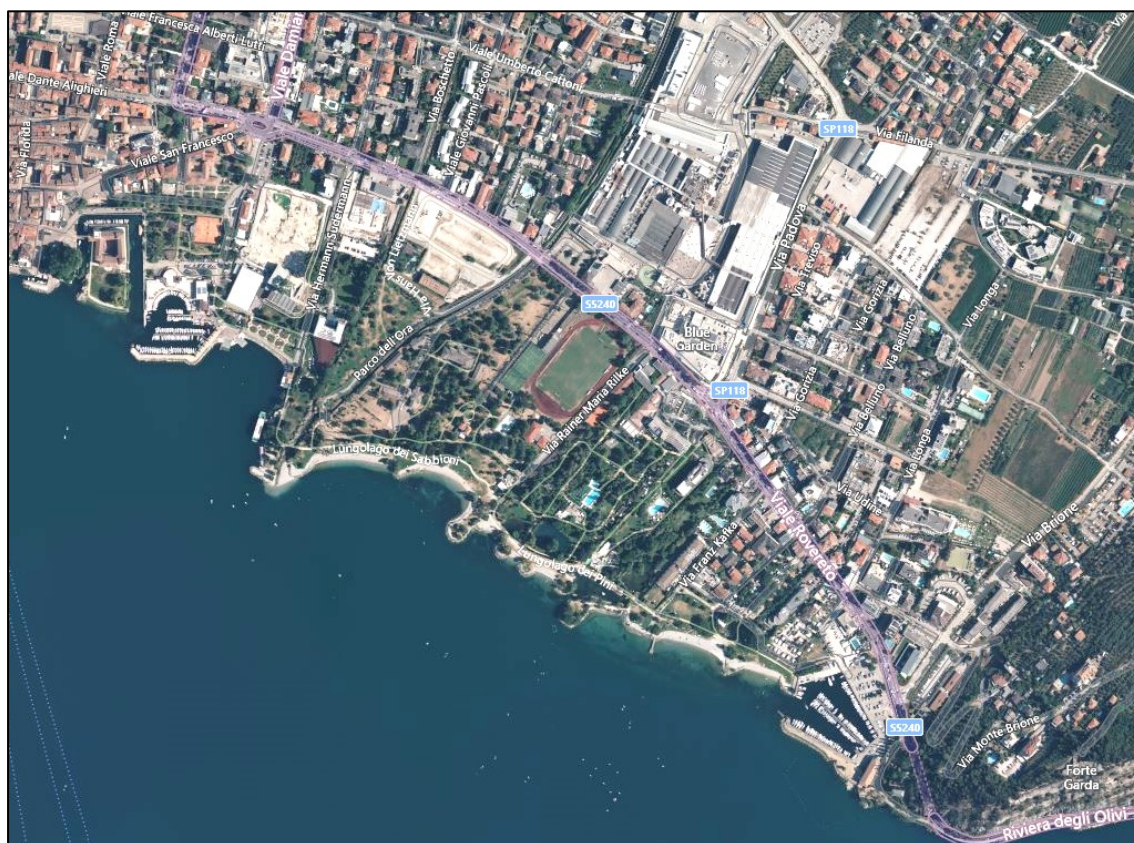
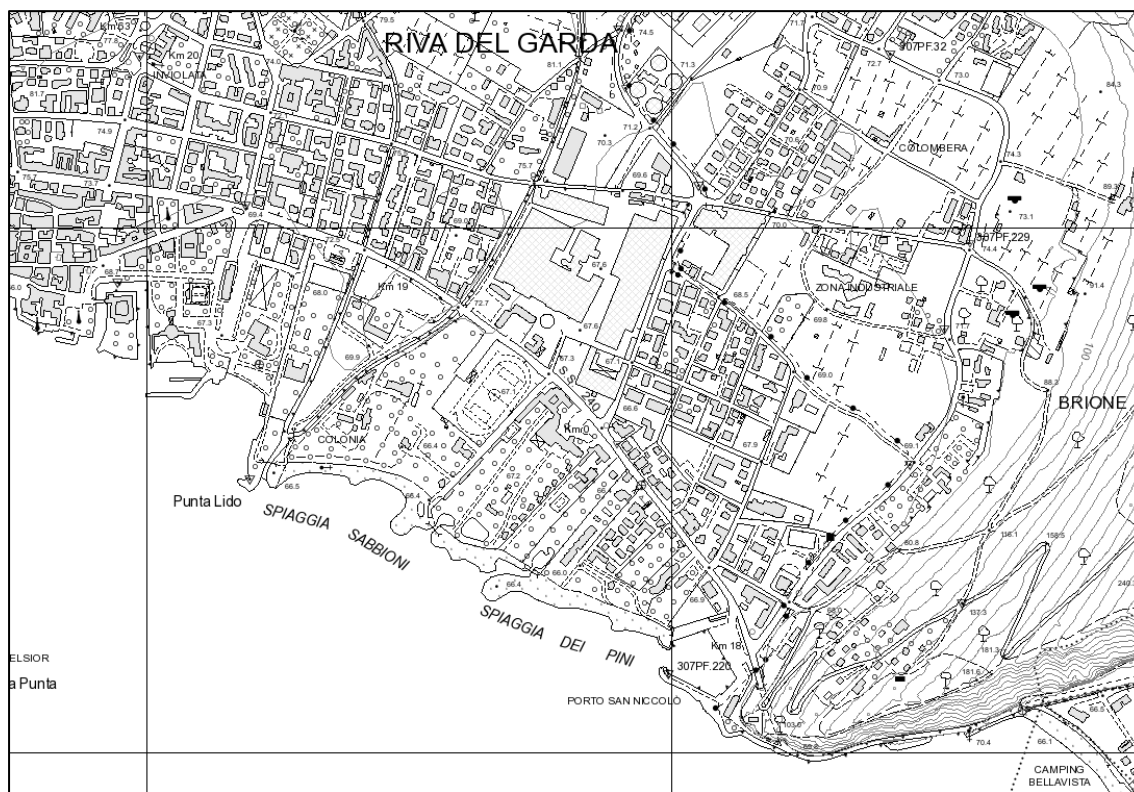
2 - Estratto Mappa C.C. Riva

L'area di studio è localizzata tra viale Rovereto e la riva settentrionale del lago di Garda ad est del centro storico della città.

L'area si trova ad una quota di poco superiore ai 65 m.s.l.m. ed è pianeggiante.



INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



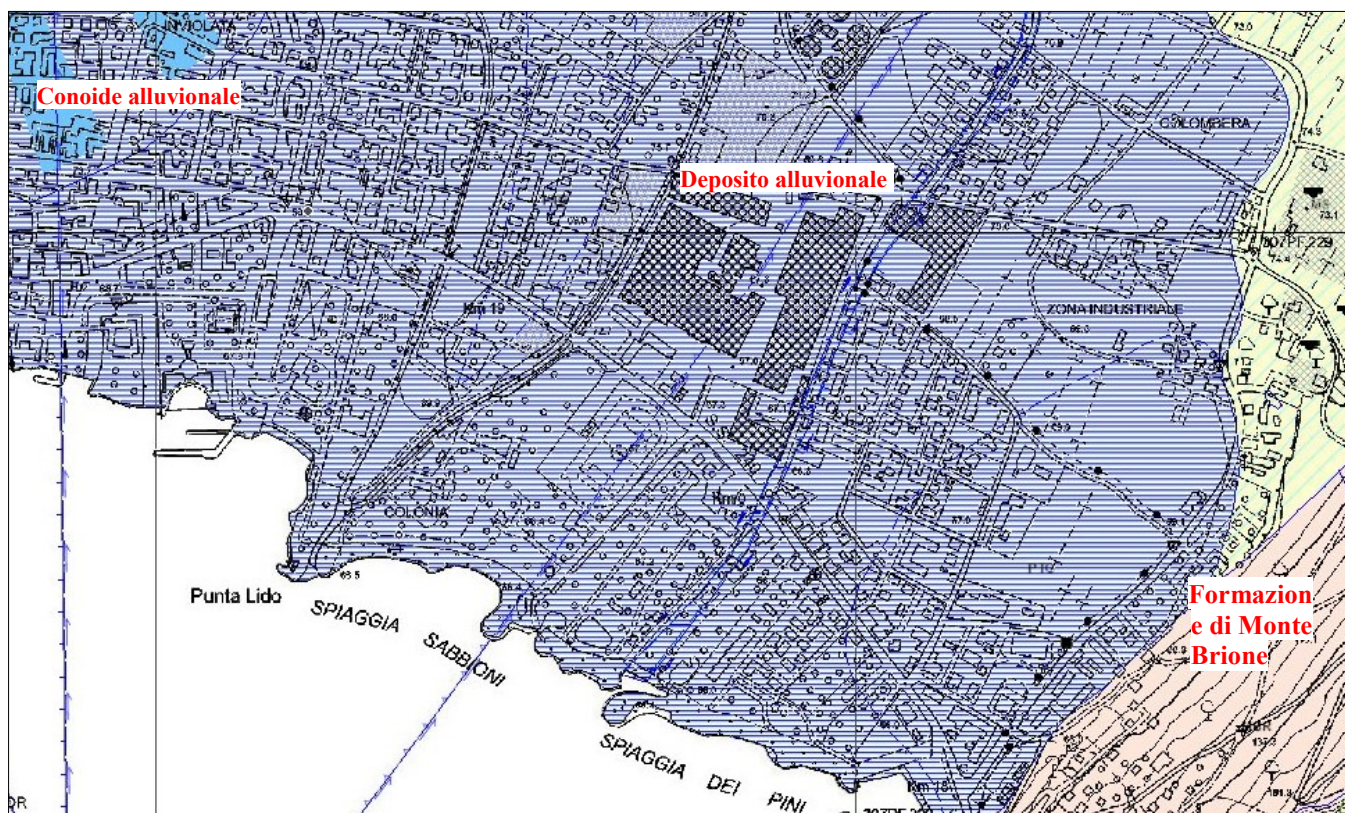
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

L'area sub-pianeggiante di fondovalle in cui ricade l'intervento in progetto, trae origine dalla sovrapposizione di corpi sedimentari il cui accumulo è legato all'azione di erosione, trasporto e deposito del fiume Sarca e dei torrenti Varone e Albola che hanno creato l'attuale aspetto di quel settore della valle del Basso Sarca.

La ricca bibliografia, l'analisi della Carta Geologica della PAT (estratto allegato), indagini e scavi eseguiti nelle vicinanze forniscono una conferma di quanto già in possesso della scrivente e cioè che in zona, per un notevole spessore, l'unica unità litostratigrafica presente è costituita dall'accumulo alluvionale.

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA DELLA PAT



Si tratta di una successione di molti episodi in distribuzione lenticolare caratterizzati alternativamente da: ghiaie con ciottoli di diametro fino a 10 cm e sabbie in quantità subordinata, ghiaie e ghiaie fini con ciottoli e sabbie, sabbie con ghiaie e rari ciottoli, sabbie con pochi elementi ghiaiosi e talora una piccola percentuale di matrice limosa. Si rinvencono anche intercalazioni chiaramente limose o con percentuali di elementi fini consistenti. Accumuli di questi ultimi in entità cospicue sono poco probabili ma non sono da escludere.

I sedimenti sono costituiti da terreni sciolti disposti in corpi lenticolari, a stratificazione incrociata, ciascuno dei quali caratterizzato da una granulometria prevalente. I singoli elementi sono caratterizzati da una forma arrotondata o comunque a spigoli smussati a testimonianza del lungo trasporto subito ad opera delle acque ed in molti casi, anche dei ghiacciai. Le litologie prevalenti sono derivanti dal disfacimento di roccia sedimentaria (calcari di varie facies, dolomie, marne ecc.) ma non mancano gli elementi d'origine metamorfica e ignea, sia intrusiva (graniti, granodioriti e tonaliti) sia effusiva (porfidi). Una tale abbondanza di facies, è giustificata dalla varietà delle formazioni che affiorano nel bacino del Sarca e che sono state oggetto d'erosione da parte del fiume e dei suoi affluenti. A ciò si aggiunge la presenza, in vaste aree, di una copertura morenica ivi trasportata ed abbandonata dai ghiacciai di provenienza anche esterna al bacino del Sarca. Tali depositi sono stati in seguito rimaneggiati dall'azione delle acque e degli agenti atmosferici, spinti verso valle e mescolati con gli elementi autoctoni.

3.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrologia superficiale è caratterizzata dalla presenza del lago di Garda sulla cui sponda settentrionale si affaccia l'area in esame e dai tre torrenti immissari (T. Varone, T. Albola e Rio Galanzana).

Le caratteristiche del bacino lacustre, desunte Comunità del Garda Fonte: Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.PO) - Ufficio di Mantova, sono le seguenti:

Ente regolatore	Agenzia Interregionale per il fiume Po
Bacino idrografico allo sbarramento lago	2260 km ²
Superficie lago	370 km ²
Volume d'invaso disponibile per la regolazione	458 Milioni di m ³
Coordinate GPS (WGS84)	45.439400° N - 10.692100° E
Zero idrometrico	
Limiti di regolazione - Massimo	1.4 m
Limiti di regolazione - Minimo	0,15 m ordinario, -0,05 m eccezionale
Inizio periodo di osservazione	01-11-1930

Altezza idrometrica Lago di Garda: 135.3 cm alle ore 14:00 del 05-06-2024

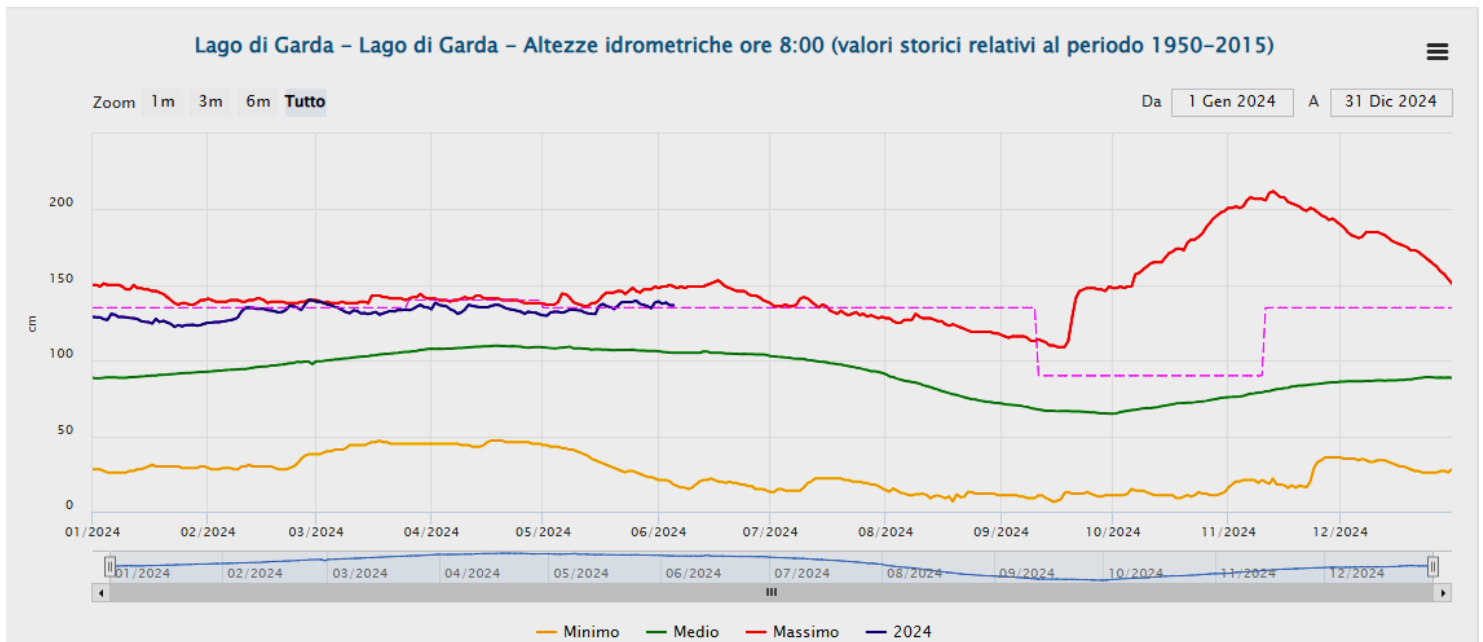
Lago di Garda	Periodo di osservazione 24 ore		Periodo di osservazione 24 ore								Dati storici dal 1950 al 2015			
	05-06-2024	04-06-2024	05-06-2024			04-06-2024		29-05-2024		Media	Minimo		Massimo	
	ore 14:00	ore 14:00	ore 08:00	Stato	%	ore 08:00	%	ore 08:00	%		ore 8:00	Anno	ore 8:00	Anno
Altezza idrometrica (cm) *	136.0	137.0	136.5	●	129.8	136.6	129.8	136.0	129.3	105.2	18.0	1953	149.0	1977
Quota invaso (m slm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Portata erogata (m ³ /sec)	160.0	160.0	160.0	●	217.7	160.0	217.7	150.0	204.1	73.5	12.0	2007	150.0	2013
Afflusso al lago (m ³ /sec) **	146.0	146.4	143.7	●	217.7	145.8	220.9	152.9	231.7	66.0	0.7	2005	179.0	1977
Volume invaso (10 ⁶ m ³)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La percentuale di altezza idrometrica, portata erogata ed afflusso è il rapporto fra il valore odierno e quello medio storico del medesimo giorno, calcolato solo in presenza di valori positivi.

La percentuale di volume invaso è il rapporto fra il valore odierno e quello massimo per concessione

* Valori calcolati in media mobile

** Valori medi decadal calcolati in media mobile



Misura del livello del lago di Garda al di sopra dello zero idrometrico (m 64,027 s.l.m.m.) e quantità dello scarico dall'edificio regolatore di Salionze relativo al periodo di inizio giugno 2024.

Data	Livello	Scarico
05 giu 2024	cm. 136.7	m ³ ./sec. 160
04 giu 2024	cm. 136,7	m ³ ./sec. 160
03 giu 2024	cm. 138,1	m ³ ./sec. 160
02 giu 2024	cm. 137,6	m ³ ./sec. 160
01 giu 2024	cm. 139,2	m ³ ./sec. 160

Come si può notare attualmente il livello del lago è piuttosto elevato, con quote prossime a quelle di massimo invaso. Questa situazione si protrae da inizio anno (vedi a inizio pagina) senza tuttavia che ciò crei problema alcuno alla realtà attuale (vedi foto).



Nel lago di Garda sfociano in corrispondenza dell'area esaminata tre immissari: i torrenti Varone e Albola che si uniscono a poche decine di metri dalla loro foce comune e il Rio Galanzana.



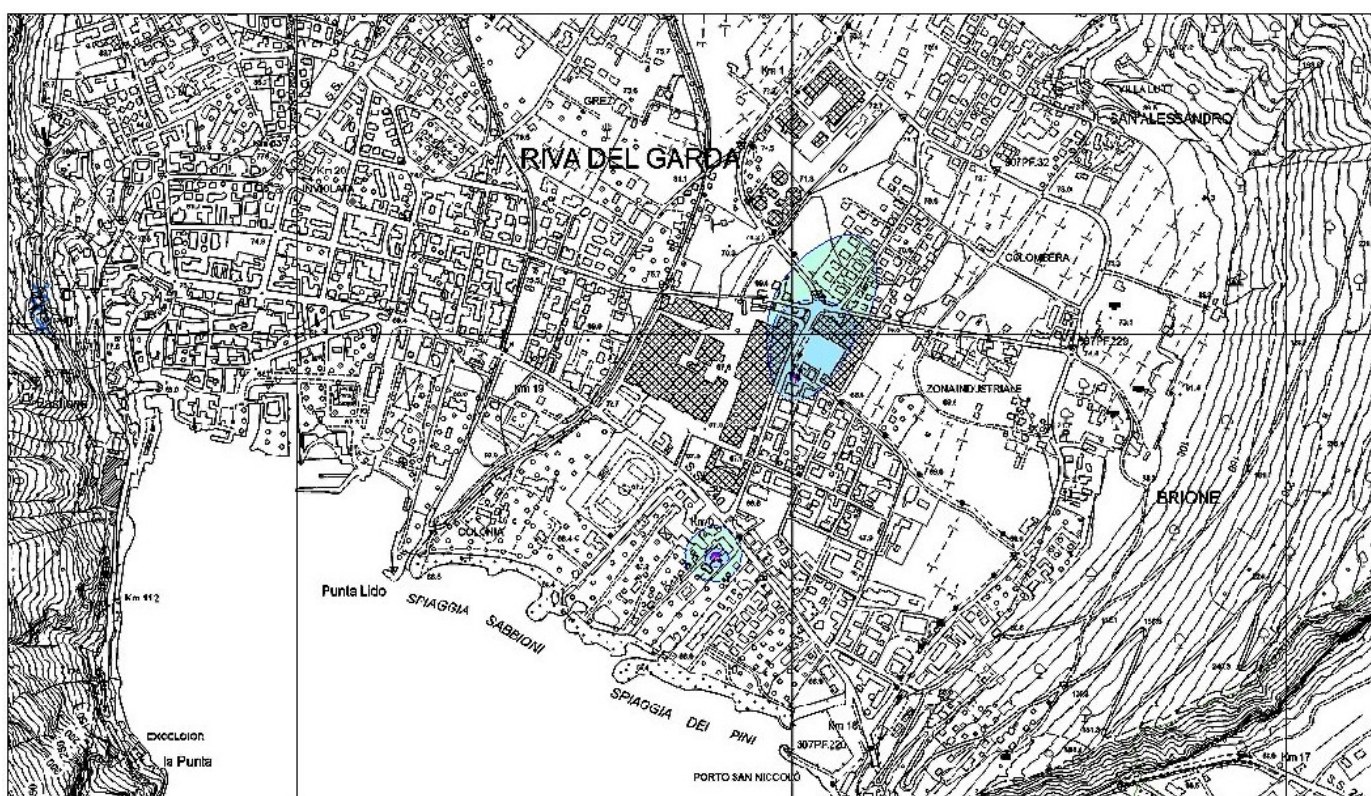
Il Rio Galanzana nella zona in esame scorre completamente interrato. Infatti, come è evidente anche dalla documentazione fotografica, dopo essere tornato a giorno a valle dell'area delle Cartiere del Garda, scorre per un piccolo tratto in superficie per poi nuovamente essere intubato all'incrocio con Viale Rovereto.





La CARTA DELLE RISORSE IDRICHE della P.A.T. (vedi estratto) individua, all'interno della zona in esame, un'area in tutela, rispetto e protezione di un pozzo.

ESTRATTO CARTA DELLE RISORSE IDRICHE DELLA P.A.T. – FOGLIO RIVA



17/5/2024, 14:24:09

- Confine Provinciale
- Confini Comunali
- Inquadramento 10.000

Legenda

Zona di Tutela Assoluta

- Sorgenti
- Sorgenti Minerali
- Acque Superficiali
- Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

1:10.000
0 0,075 0,15 0,3 mi
0 0,125 0,25 0,5 km



Provincia Autonoma di Trento

In tale zone, al fine di salvaguardare le condizioni fisiche dei terreni e quindi le caratteristiche chimiche e batteriologiche delle acque:

+ nelle **aree di rispetto idrogeologico** sono vietate (come indicato nell'**articolo 21 comma 3 della Legge provinciale 27 maggio 2008, n° 5**) le seguenti attività.

- dispersione di fanghi ed acque reflue anche se depurati;
- accumuli di concimi organici, fertilizzanti o pesticidi;
- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazze e strade;
- aree cimiteriali;
- apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione e alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- impianti di trattamento e gestione rifiuti;
- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pascolo e stabulazione di bestiame che possano compromettere la risorsa idrica.
- nelle medesime zone, per gli insediamenti o le attività di cui al punto precedente preesistenti, i comuni adottano, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

3.3 INQUADRAMENTO SISMICO

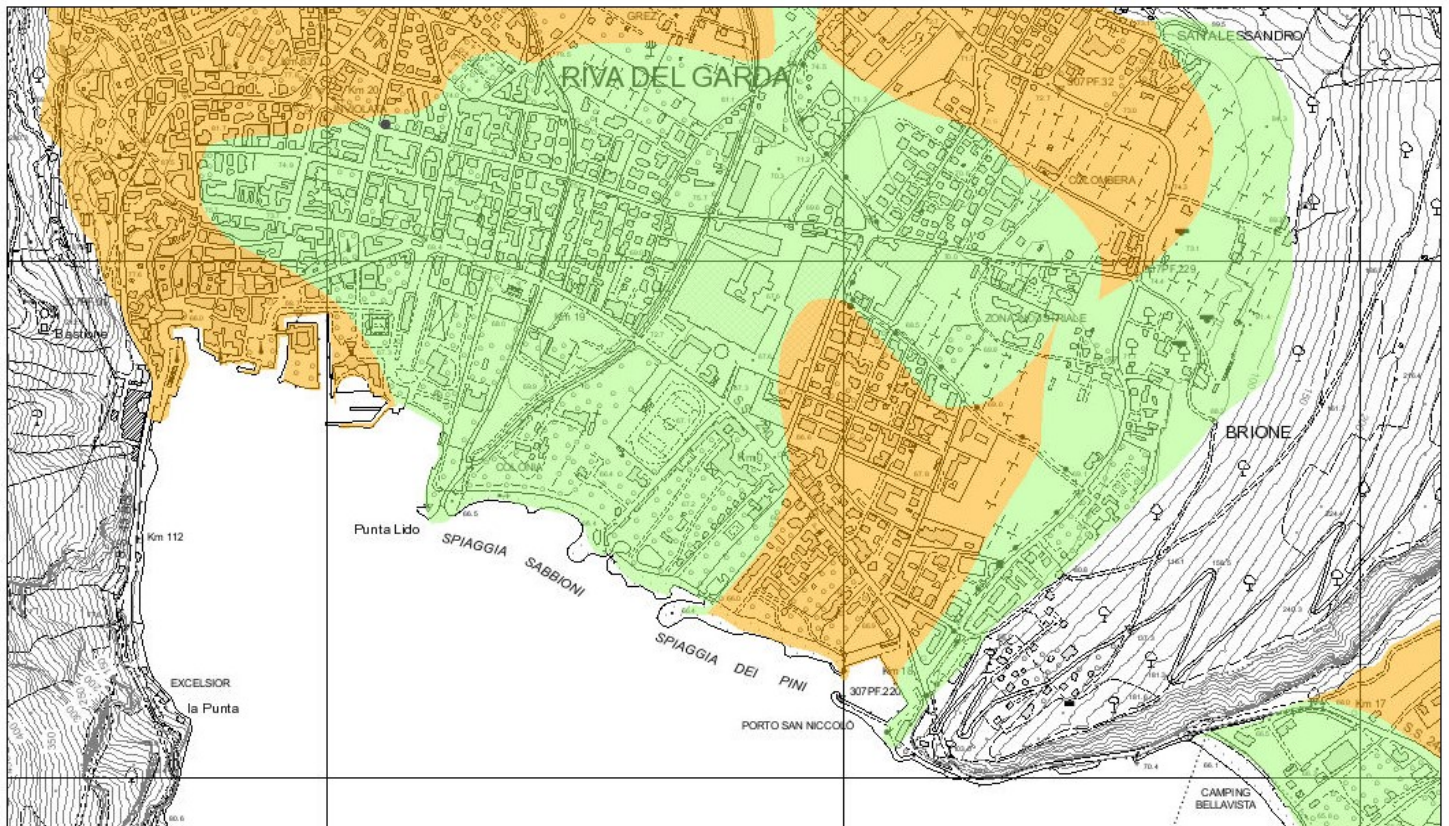
Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.
- Si arriva quindi alla definizione della ***pericolosità sismica di sito***. Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

Riguardo a quest'ultimo aspetto si allega la classificazione dei terreni di fondazione ai fini dell'azione sismica di progetto, tratta dalla zonizzazione sismica del territorio provinciale eseguita dal Servizio Geologico della P.A.T. Dall'analisi della CARTA DELLE CARATTERISTICHE SISMICHE DEI SUOLI DI FONDAZIONE (vedi allegato alla pagina seguente) si può affermare che i valori di Vs30 consentono di inserire l'area in esame, in **categoria B o categoria C** a cui corrispondono le definizioni riportate.

E' naturalmente opportuno che per interventi significativi tali valori vengano verificati con ulteriori indagini specifiche puntuali.

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI DI FONDAZIONE



06/06/2024, 15:26:39

Classificazione sismica suoli di fondazione (agg.01/2023)

- | | |
|--|--|
| <p>■ A: $> 800 \text{ m/s}$ ----- prof $< 3 \text{ m}$</p> <p>■ B: $360 \text{ m/s} < VS_{30} < 800 \text{ m/s}$</p> <p>■ C: $180 \text{ m/s} < VS_{30} < 360 \text{ m/s}$</p> | <p>■ D: $100 \text{ m/s} < VS_{30} < 180 \text{ m/s}$</p> <p>■ E: Terreni C o D con spessore $< 30 \text{ m}$</p> <p>■ ($VS < 100$)</p> |
|--|--|

1:10,000
 0 0.07 0.15 0.3 mi
 0 0.13 0.25 0.5 km

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

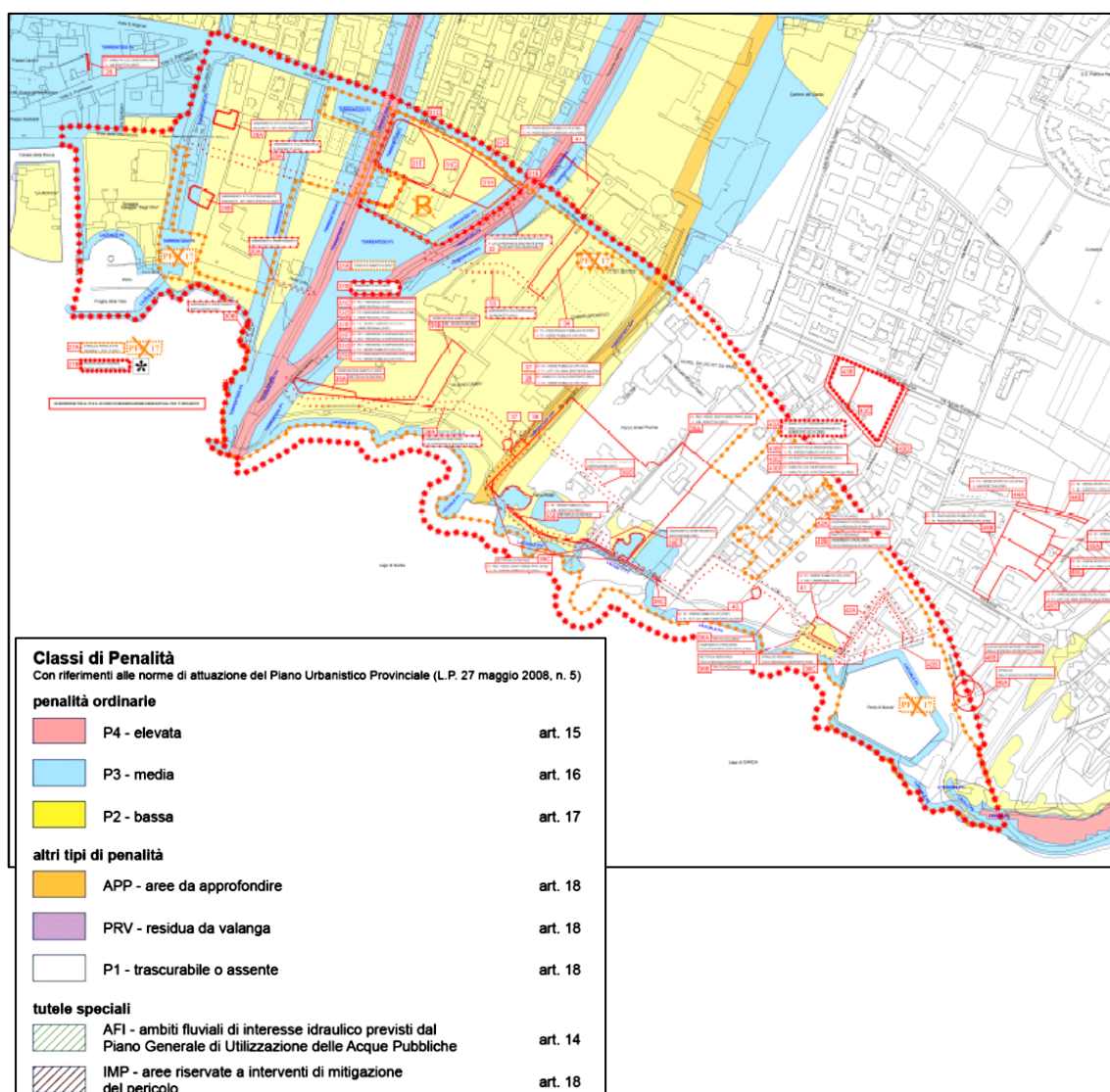
- ❖ **Categoria B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- ❖ **Categoria C** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

4. STUDIO DI COMPATIBILITA'

La **CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ** della P.A.T. inserisce alcune aree in PENALITÀ P1 TRASCURABILE, P2 BASSA, P3 MEDIA nonché in APP (DA APPROFONDIRE) - vedi estratti allegati.

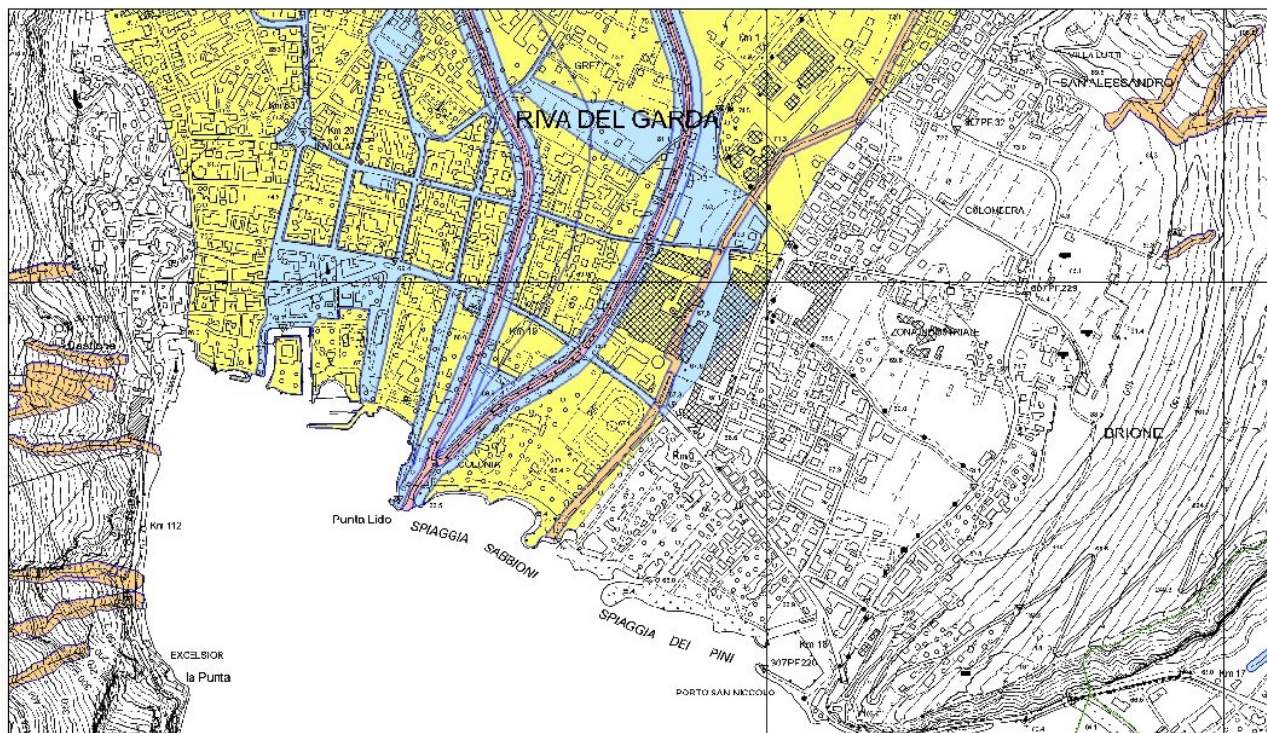
In queste aree, le norme di attuazione del PUP (allegato C - *Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità*), negli art. 15 e segg. specificano che i progetti devono essere corredati da un apposito studio di compatibilità che dimostri, in relazione all'analisi della situazione locale che le destinazioni d'intervento siano compatibili.

ESTRATTO DELLA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'



In particolare segnala una PENALITÀ PER RISCHIO TORRENTIZIO (P4, P3, P2 E APP - IN APPROFONDIMENTO) ed una PERICOLOSITÀ LITOGEO MORFOLOGICA (H1) TRASCURABILE.

ESTRATTO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' TORRENTIZIA



17/5/2024, 14:04:13

- Confine Provinciale
- Confini Comunali
- inquadramento 10.000

torrentizia



1:10.000
0 0,075 0,15 0,3 mi
0 0,125 0,25 0,5 km



Provincia Autonoma di Trento

ESTRATTO DELLA CARTA PERICOLOSITA' LITOGEO MORFOLOGICA



17/5/2024, 14:07:39

- Confine Provinciale
- Confini Comunali
- inquadramento 10.000

1:10.000
0 0,075 0,15 0,3 mi
0 0,125 0,25 0,5 km



Provincia Autonoma di Trento

Legenda - CARTE DELLA PERICOLOSITA'

Classi di pericolosità ordinaria

- H4 - elevata
- H3 - media
- H2 - bassa
- H1 - trascurabile

Classi di pericolosità straordinaria

- HP - potenziale
- HR4 - residua elevata
- HR3 - residua media
- HR2 - residua bassa

4.1 CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA PENALITÀ IDRAULICA

Come verificabile e spiegato alle pagine precedenti, la carta di sintesi inserisce la zona nelle aree a rischio torrentizio.

4.1.1 COMPATIBILITÀ IDRAULICA T. ALBOLA E VARONE

Per questa ragione il **dott. ing. Ruggero Cazzolli** ha provveduto a redigere la specifica analisi di compatibilità idraulica e della mitigazione del rischio idraulico relativamente ai T. Albola e Varone che si allega di seguito.

INTERFERENZE IDRAULICHE TRA I TORRENTI ALBOLA E VARONE E LE AREE PROSPICIENTI IL LAGO DI GARDA

Sommario

PREMESSA.....	.....
INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO .....	.....
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....	.....
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	.....
• Torrente Albola.....	.....
• Torrente Varone .....	.....
CENNI STORICI.....	.....
• Torrente Albola.....	.....
• Torrente Varone .....	.....
ANALISI IDROLOGICA .....	.....
• Trasporto solido.....	.....
ANALISI IDRAULICA.....	.....
Dati di input.....	.....
Parametri geometrici e topografici.....	.....
Parametri di resistenza al moto.....	.....
Parametri idraulici.....	.....
Caratterizzazione del modello idraulico .....	.....
RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA .....	.....
CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI DI MITIGAZIONE .....	.....
Prescrizioni di mitigazione.....	.....

ALLEGATO A	PLANIMETRIE E SEZIONI DI RILIEVO
ALLEGATO B	SIMULAZIONI IDRAULICHE

PREMESSA

La presente relazione rappresenta una analisi idraulica del percorso di fondovalle dei torrenti Albola e Varone, con particolare riferimento all'ultimo tratto di entrambi, lungo poco più di 500 metri, prima che essi si uniscano nello sbocco nel Lago di Garda.

Lo studio ottempera a quanto disposto dalla Deliberazione della Giunta Provinciale n. 1317 del 04/09/2020: Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità [...] e approvazione delle modifiche apportate al documento di "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate medie o basse e le aree con altri tipi di penalità".

L'analisi idraulica sviluppata nel presente documento si avvale, quale indispensabile base conoscitiva e di inquadramento, di un corposo studio prodotto nel 2006 per conto del Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento^{1,2}. Ad esso si fa riferimento per gli aspetti introduttivi e ad esso si rimanda per eventuali approfondimenti di analisi idrologica legati alle caratteristiche morfometriche del bacino e di analisi idraulica legati alle caratteristiche morfologiche dell'alveo di fondovalle. Successivamente allo studio citato, sia il Varone che – soprattutto – l'Albola sono stati oggetto di numerosi interventi eseguiti da parte del Servizio Bacini montani della PAT, che ne hanno ridefinito le caratteristiche sia dal punto di vista strutturale che idraulico, al fine di consentire lungo tutto il tratto di fondovalle di entrambi il transito delle portate bicentenarie calcolate negli studi idrologici.

¹ *Analisi idraulica del torrente Albola nel tratto compreso tra la località San Giacomo e lo sbocco nel lago di Garda. Gennaio 2006 – ing. Ruggero Cazzolli per Provincia Autonoma Di Trento - Servizio Sistemazione Montana*

² *Analisi idraulica del torrente Varone nel tratto compreso tra la Cascata di Varone e lo sbocco nel lago di Garda. Dicembre 2005 – ing. Ruggero Cazzolli per Provincia Autonoma Di Trento - Servizio Sistemazione Montana*

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

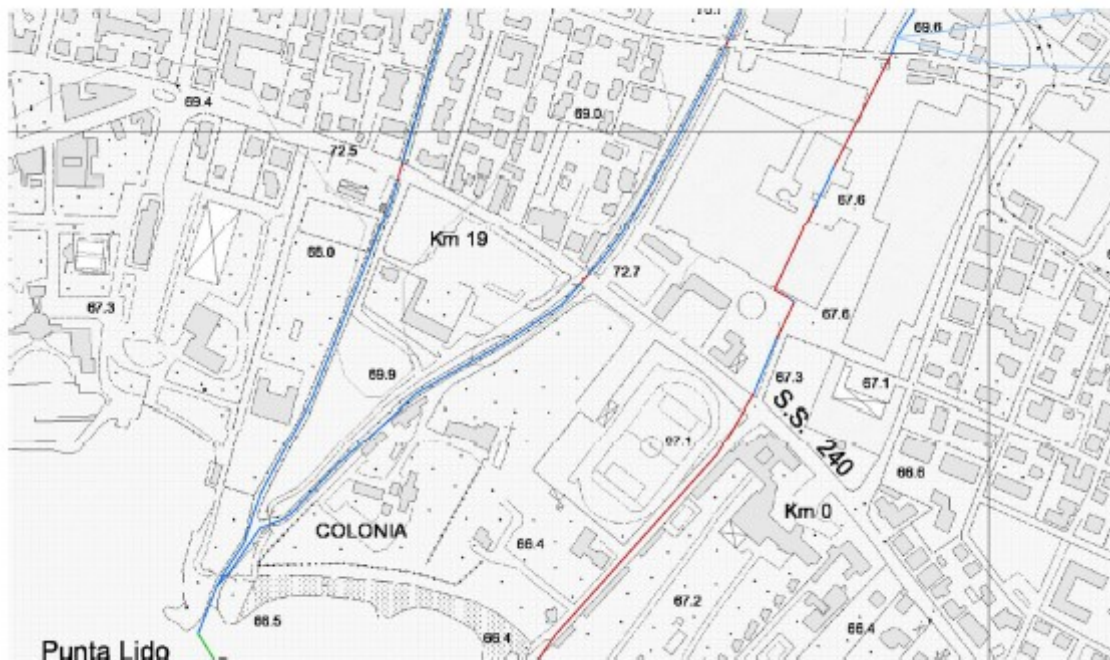


FIGURA 1. Inquadramento su Carta Tecnica Provinciale dell'area oggetto di studio.
In blu è riportato il reticolo idrografico superficiale, in rosso quello tombinato.



FIGURA 2. Ortofoto del tratto analizzato. Da sinistra a destra : torrente Albola, torrente Varone, rio Galanzana (intubato).

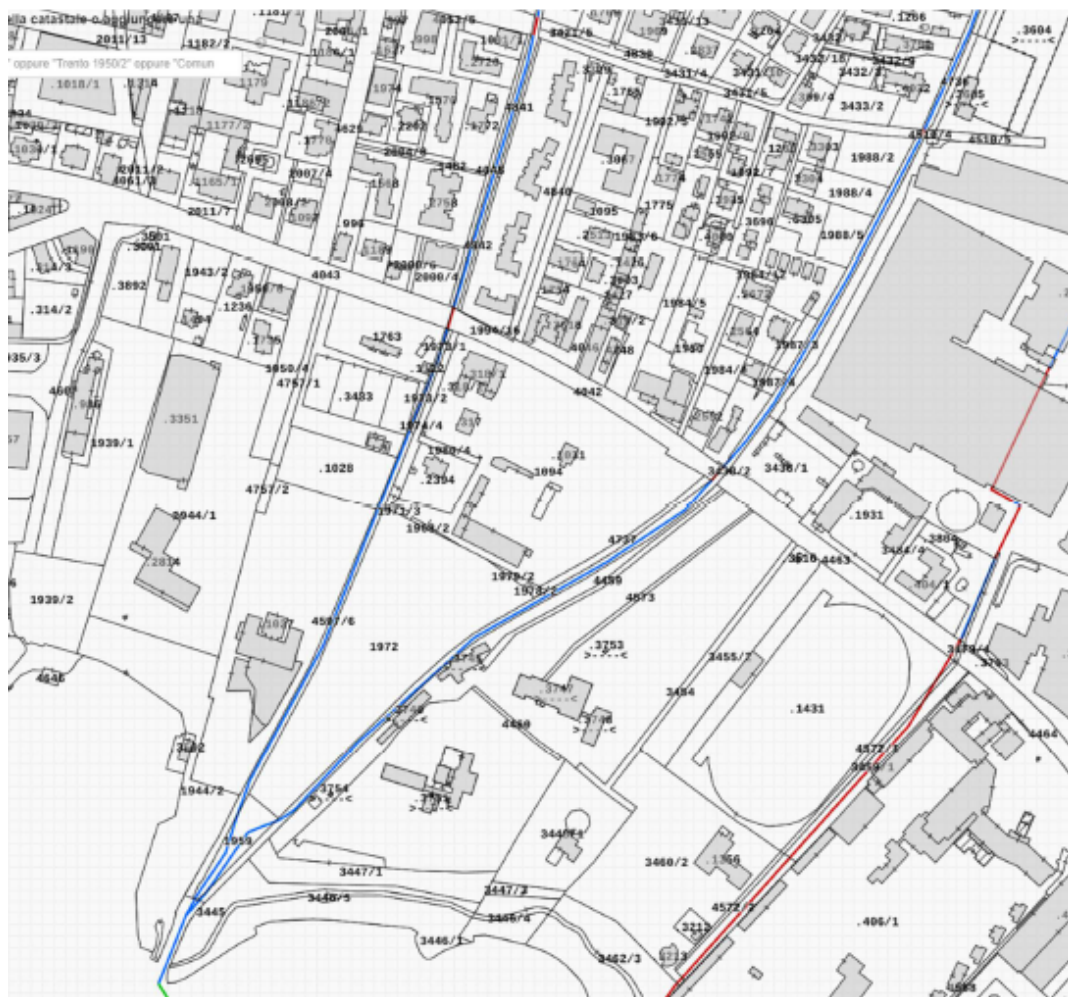


FIGURA 3. Estratto mappa catastale.



FIGURA 4. Montaggio di estratto mappa su ortofoto con reticolo.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1. Torrente Varone. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso monte



1. FOTO 2. Torrente Varone. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 3. Torrente Varone. ponte di viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 4. Torrente Varone. ponte di viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 5. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 6. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 7. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso monte

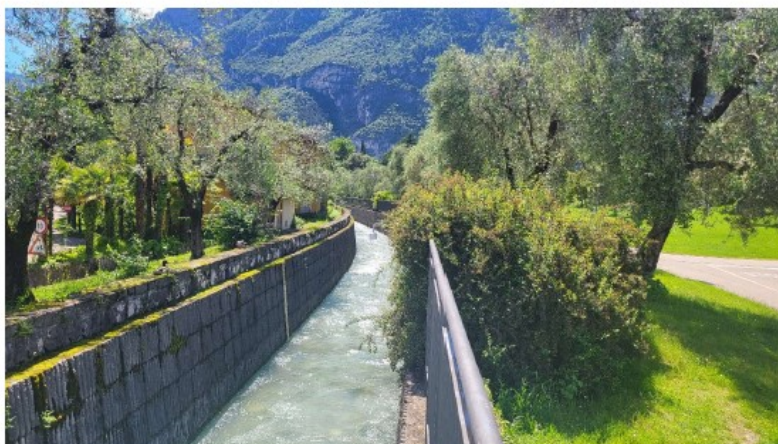


FOTO 8. Torrente Varone. Tratto sotto viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 9. Torrente Varone. Stazione idrometrica e di rilevamento della portata



FOTO 10. Torrente Varone. Vista verso monte



FOTO 11. Torrente Varone. Nuova passerella in legno a monte della confluenza



FOTO 12. Torrente Varone. Nuova passerella in legno, vista da valle



FOTO 13. Torrente Varone. Confluenza con l'Albola



FOTO 14. Confluenza verso il lago vista da valle (Varone a ds, Albola a sin)



FOTO 15. Confluenza verso il lago vista da monte



FOTO 16. Sbocco a lago. Si noti che alla data della foto (03.06.2024) il lago è a quota +1.40m sullo zero idrometrico, quindi a un livello molto alto sia rispetto alla stagione sia in termini assoluti. Ciò nonostante, il deflusso dei due torrenti appare assolutamente regolare e privo di rigurgiti o impedimenti di sorta.



FOTO 17. Torrente Albola. Tratto terminale prima della confluenza nel Varone

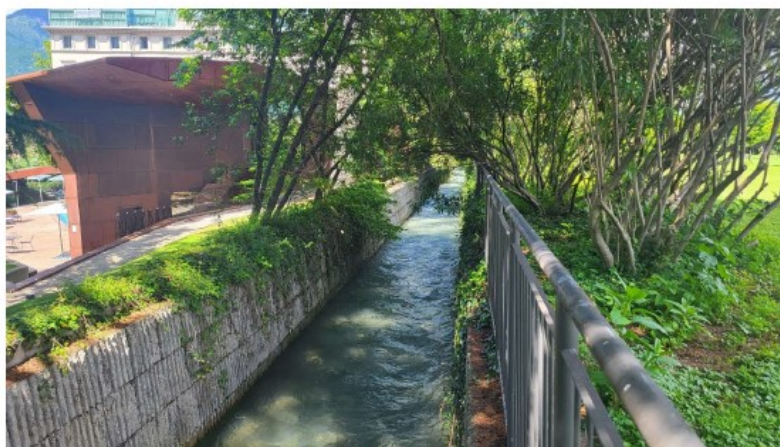


FOTO 18. Torrente Albola. Tratto terminale, vista verso monte

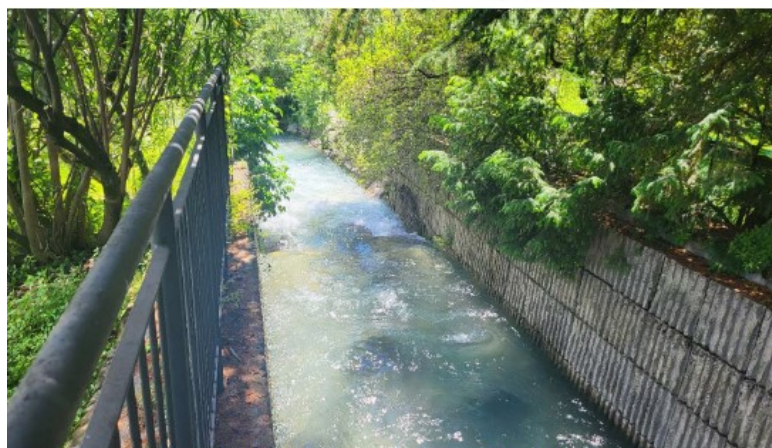


FOTO 19. Torrente Albola. Tratto terminale, vista verso valle

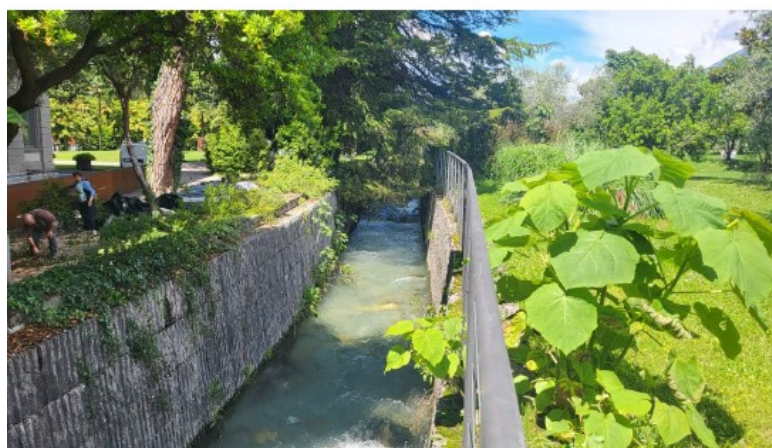


FOTO 20. Torrente Albola. Tratto presso Hotel Lido, vista verso monte



FOTO 21. Torrente Albola. Tratto presso Hotel Lido, vista verso valle



FOTO 22. Torrente Albola. Stazione idrometrica e di rilevamento della portata



FOTO 23. Torrente Albola. Tratto a valle di viale Rovereto, vista verso monte



FOTO 24. Torrente Albola. Tratto a valle di viale Rovereto, vista verso valle. Si noti lo scarico proveniente dal cantiere Palacongressi.

STUDIO PRELIMINARE DI COMPATIBILITA



FOTO 25. Torrente Albola. ponte di viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 26. Torrente Albola. ponte di viale Rovereto : vista verso valle



FOTO 27. Torrente Albola. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso monte



FOTO 28. Torrente Albola. Tratto a monte di viale Rovereto : vista verso valle

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Torrente Albola

Il bacino che insiste sulle sezioni di controllo analizzate nel presente studio è localizzato nella bassa Valle del Sarca, si articola interamente nel comune di Riva del Garda, e si sviluppa poco a monte del centro abitato stesso - in destra idrografica rispetto al fondovalle principale - tra le quote 65 (sbocco a lago) e 2083 m s.m.



FIGURA 6. Inquadramento generale su ortofoto.

Area totale bacino	16.9 km ²
Perimetro	29.3 km
Quota minima	65 m s.l.m.
Quota massima	2083 m s.l.m.
Quota media	1149 m s.l.m.
Pendenza media del bacino	31.2° - 60.5 %
Esposizione prevalente	E - SE
Lunghezza collettore principale	9.81 Km
Lunghezza collettore principale sino allo spartiacque	9.59 km
Pendenza media del collettore principale	19.96 %
Coefficiente di forma (Gravelius)	1.99

TABELLA 1. Principali parametri morfometrici ed idrografici del bacino del torrente Albola.

I collettori principali che drenano le acque del bacino sono il torrente Albola e il rio Val Mera. L'Albola conferisce le acque del bacino fino al Lago di Garda; qui si immette formando un piccolo aggetto - detto infatti "Punta Lido" - che costituisce di fatto il limite settentrionale del lago, dopo aver attraversato con alveo pensile il grande conoide alluvionale su cui sorge l'abitato di Riva del Garda.

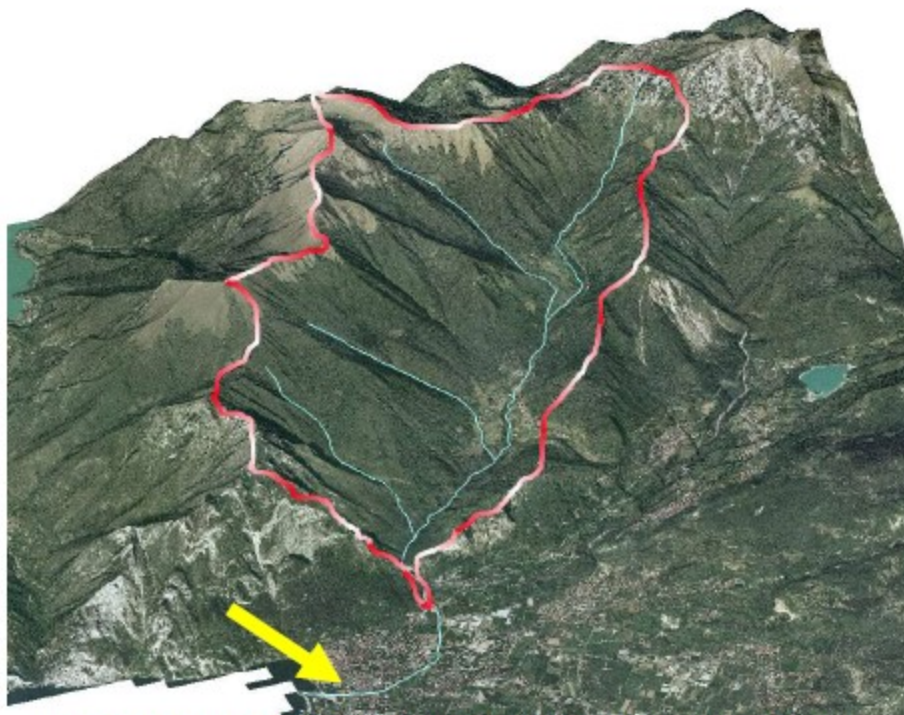


FIGURA 7. Bacino del Torrente Albola, e posizione del tratto analizzato.

Il tratto di fondovalle è lungo 2300 m dallo sbocco nel lago fino alla località San Giacomo; qui il torrente scorre in un alveo geometrico confinato di dimensione abbastanza costante, frutto di un progetto ottocentesco. La superficie di pertinenza del bacino, alla sezione di controllo, è di poco inferiore a 17 kmq.

Torrente Varone

Il bacino del torrente Varone è localizzato nella bassa Valle del Sarca e si sviluppa nel comune di Tenno fino al conoide alluvionale, che invece ricade nel comune di Riva del Garda.

Il bacino si sviluppa tra le quote 78 (sbocco a lago) e 2134 m s.m. Lo spartiacque del bacino (circa 11.5 km²), è caratterizzato da una forma alquanto particolare, allungata, ma con una singolare insenatura in sinistra idrografica dovuta alla discordanza tra lo spartiacque morfologico e quello idrografico (Fig. 1.1). Il bacino afferente al lago di Tenno (circa 18 km²), infatti, se dal punto di vista morfologico rientra in pieno nel bacino del Varone, così non è dal punto di vista

idrologico. Gran parte dei suoi deflussi, infatti, una volta raggiunto il lago di Tenno, perviene alla valle del Sarca ed al lago di Garda attraverso processi di circolazione idrica profonda, favorita anche dal carattere carsico delle rocce carbonatiche che caratterizzano il versante che sovrasta il conoide di Riva del Garda. Solo una parte marginale dei deflussi prodotti dal bacino di Tenno (Rio Secco), raggiunge il Varone attraverso un'immissione naturale posizionata poco a valle (circa 300 m) del ponte Magnone e derivante dal materasso detritico costituente lo sbarramento che ha creato il lago di Tenno. Questa immissione non è in grado di influire in maniera significativa sui deflussi di piena del Varone, apportando portate in condizioni di piena (es. alluvioni 2000 e 2002), valutabili in $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

All'interno del bacino è presente una serie di altre sorgenti sia captate che non captate, con portate variabili tra 0.1 fino a 10 l/s, che probabilmente raccolgono parte dei deflussi profondi provenienti dal bacino del Rio Secco. Si tratta comunque di input idrici non in grado di influenzare in maniera evidente il regime di piena del Varone.

I collettori principali che drenano le acque del bacino "idrologico" sono il torrente Varone (codice acqua pubblica 2325), il rio Laurel o di Ville del Monte (codice acqua pubblica 2332) ed il rio Canali (codice acqua pubblica 2329). Il Varone, in particolare, conferisce le acque del bacino fino al Lago di Garda, attraversando il grande conoide alluvionale su cui sorge l'abitato di Riva del Garda.

In particolare, il tratto di fondovalle ha una lunghezza di circa 4000 m dallo sbocco nel lago fino alla cascata in località Varone. Qui il torrente scorre in un alveo geometrico confinato di dimensione abbastanza costante.

L'identificazione dello spartiacque del bacino è stata eseguita mediante una procedura automatizzata, partendo dal DTM (*digital terrain model*) 10 x 10 m in dotazione alla PAT; analogamente si sono eseguite tutte le elaborazioni morfometriche. In tabella 1.1 si sintetizzano i principali parametri morfometrici del bacino desunti da queste elaborazioni.

Area totale bacino	11.7 km ²
Perimetro	25.2 km
Quota minima	148 m s.l.m.
Quota massima	2134 m s.l.m.
Quota media	904 m s.l.m.
Pendenza media del bacino	29.8° - 57.3 %
Esposizione prevalente	E - SE
Lunghezza collettore principale	6.99 Km
Lunghezza collettore principale sino allo spartiacque	7.09 km
Pendenza media del collettore principale	26.4 %
Densità di drenaggio bacino	2.57 Km/Km ²
Coefficiente di forma (Gravelius)	2.06

TABELLA 2. Principali parametri morfometrici ed idrografici del bacino del torrente Varone.

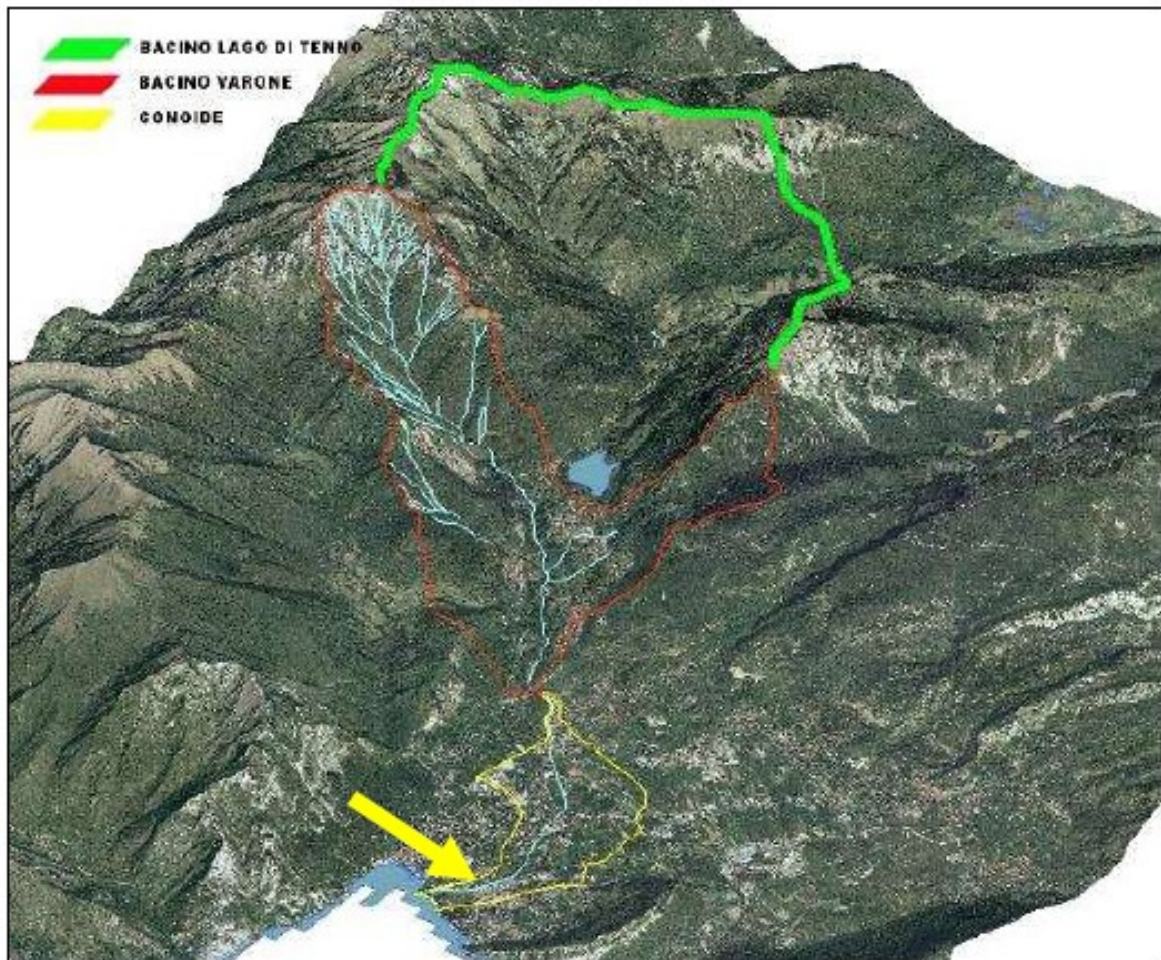


Figura 12. Vista aerea del bacino del Torrente Varone. Si noti la discordanza tra lo spartiacque "morfologico" e quello "idrologico".

CENNI STORICI

Torrente Albola

Il torrente Albola non è certo nuovo ad eventi di carattere intenso che hanno messo in seria difficoltà l'abitato di Riva del Garda. Solo per citare gli eventi del secolo scorso, si ricordano le piene del maggio 1926, del novembre 1951 e dell'ottobre 1988. In occasione di alcuni di questi eventi, l'Albola ruppe gli argini e le acque si riversarono in centro, causando danni non catastrofici solo per il fatto che all'epoca non vi erano garage interrati, e le attività commerciali situate al piano terra degli edifici erano sicuramente meno sviluppate di oggi.



FIGURA 8. Mappa acquerellata seicentesca raffigurante il territorio suburbano di Riva del Garda, delimitato dal duplice emiciclo dei torrenti Albola (più interno) e Varone (più esterno). Segnato con la freccia il tratto ogaetto di studio.

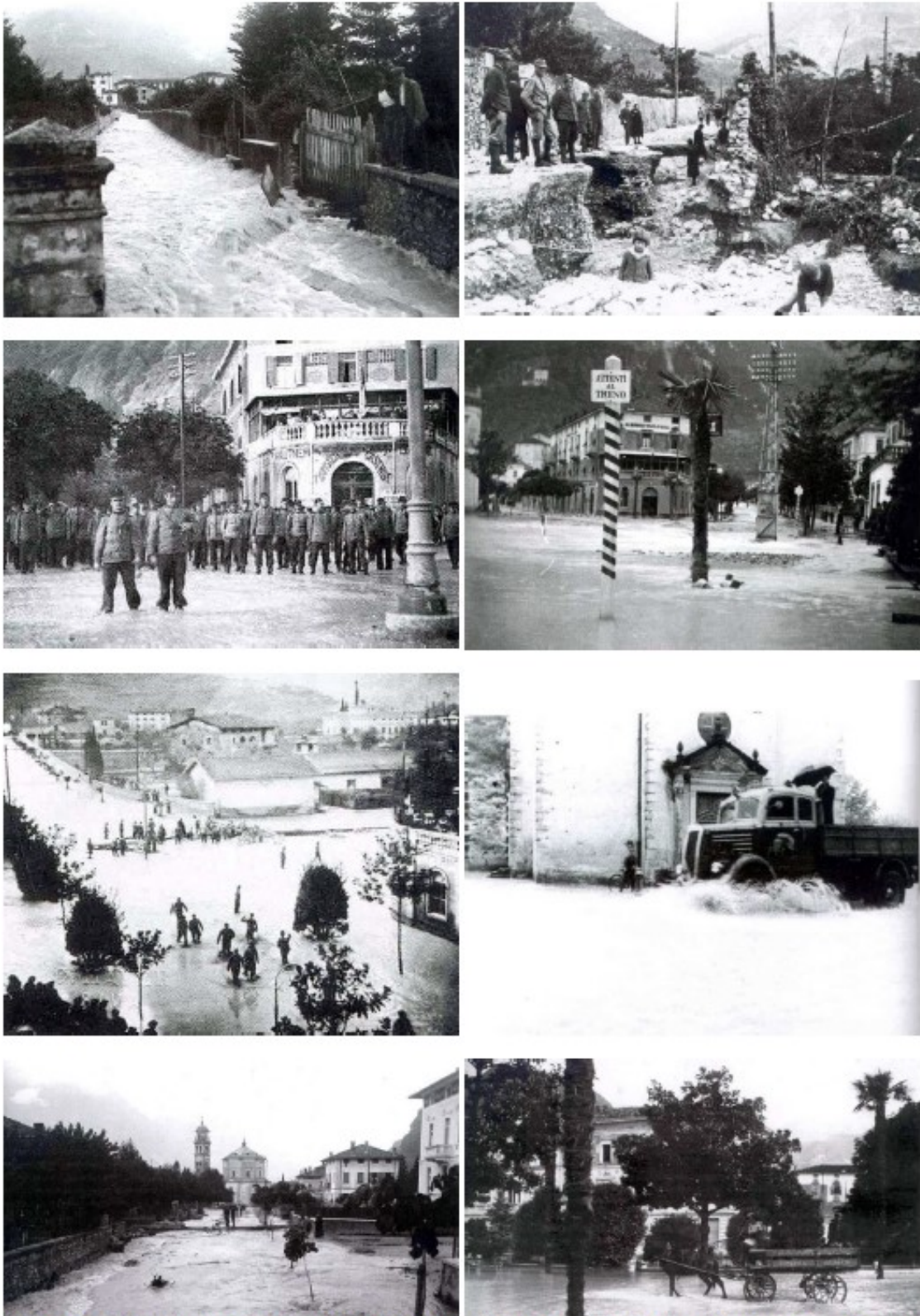


FIGURA 9. Alcune immagini storiche delle piene del 1926 e del 1951, raffiguranti la situazione degli argini e le condizioni del centro di Riva del Garda a seguito delle esondazioni dell'Albola.

Facendo seguito allo studio idraulico e delle condizioni strutturali dell'alveo, che evidenziarono sia criticità idrauliche (con punti in cui la portata massima transitabile era di circa 8 mc/s), a partire dal 2006 è stato messo in opera da parte del Servizio Bacini Montani della PAT un piano di finanziamenti e di successivi interventi che ha consentito di risolvere tutte le criticità sia idrauliche (legate soprattutto alla presenza di numerosi ponti) sia strutturali (legate alla tipologia di costruzione del canale, realizzato con pietrame e malta).

Questi interventi hanno consentito di elevare di molto il livello di sicurezza con riferimento alla possibilità di esondazione e/o di rottura dei paramenti arginali ; oggi si riesce a garantire - in condizioni di ottima tenuta strutturale - il passaggio di una portata di piena bicentenaria con picco pari a 30 mc lungo tutto il tratto di fondovalle.



FIGURA 10. Aprile 2005. Ponte di via Grez.



FIGURA 11. Ottobre 2021. Ponte di via Grez visto da monte. Dopo i lavori effettuati da SBM PAT la luce sotto il ponte è pressoché raddoppiata, i muri arginali sono stati rettificati e ricostruiti, il fondo è stato stabilizzato.

Torrente Varone

Come l'Albola, anche il torrente Varone non è nuovo ad eventi di carattere intenso che hanno messo in seria difficoltà l'abitato di Riva del Garda. In occasione di alcuni di questi eventi, il Varone ruppe gli argini e le acque si riversarono in centro, causando danni presumibilmente limitati dal fatto che all'epoca non vi erano garage interrati, e le attività commerciali situate al piano terra degli edifici erano sicuramente meno sviluppate di oggi.

Facendo seguito allo studio idraulico e delle condizioni strutturali dell'alveo, che evidenziarono alcune criticità, a partire dal 2006 è stato messo in opera da parte del Servizio Bacini Montani della PAT un piano di finanziamenti e di successivi interventi che ha consentito di risolvere tutte le criticità sia idrauliche (legate soprattutto alla presenza di numerosi ponti) sia strutturali (legate soprattutto alla presenza di due "ponti canale" in corrispondenza di via Trento e di via Grez).

Questi interventi hanno consentito di elevare di molto il livello di sicurezza con riferimento alla possibilità di esondazione e/o di rottura dei paramenti arginali ; oggi si riesce a garantire - in condizioni di ottima tenuta strutturale - il passaggio di una portata di piena bicentenaria con picco pari a poco meno di 30 mc lungo tutto il tratto di fondovalle. L'unico punto critico che potrebbe necessitare di interventi risolutivi è il cosiddetto "ponte di via Masetto", attualmente chiuso al traffico veicolare e dotato di due paratie mobili da azionare in caso di emergenza per ripristinare la continuità idraulica in caso di eventi di piena significativi.

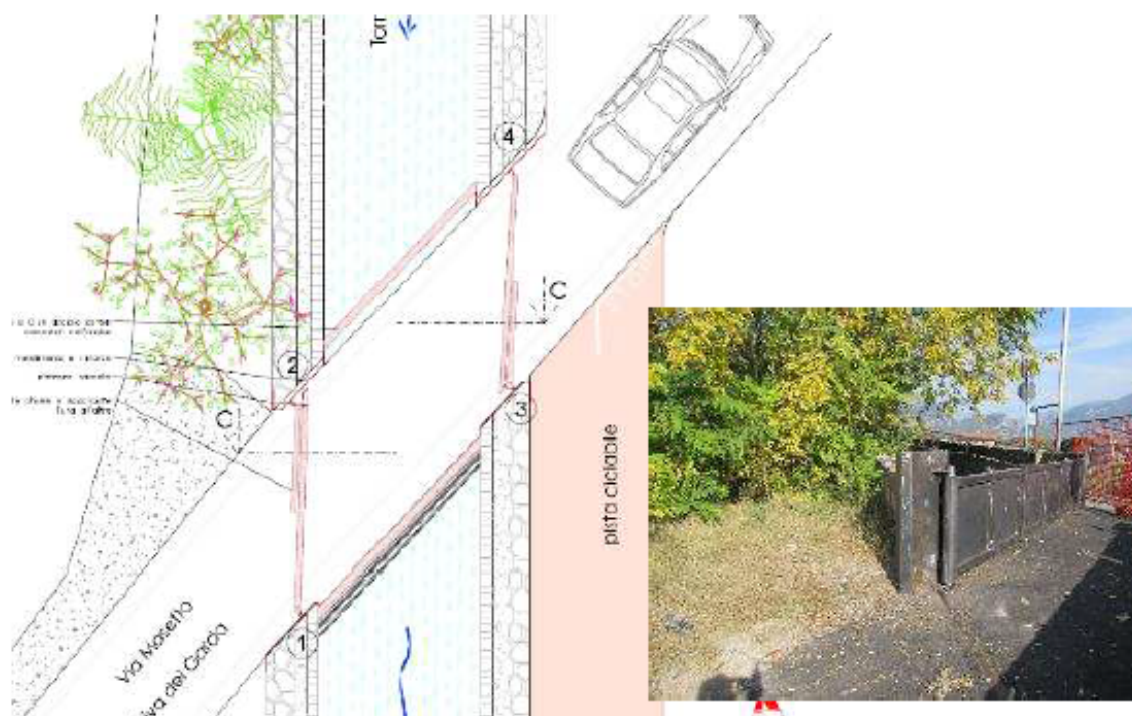


FIGURA 12. Paratie mobili sul ponte di via Masetto, da azionare in caso di allarme proveniente dalle stazioni idrometriche. Progetto e direzione dei lavori a cura dello scrivente, su incarico di Garda Cartiere SpA, supervisione Servizio Bacini Montani PAT.

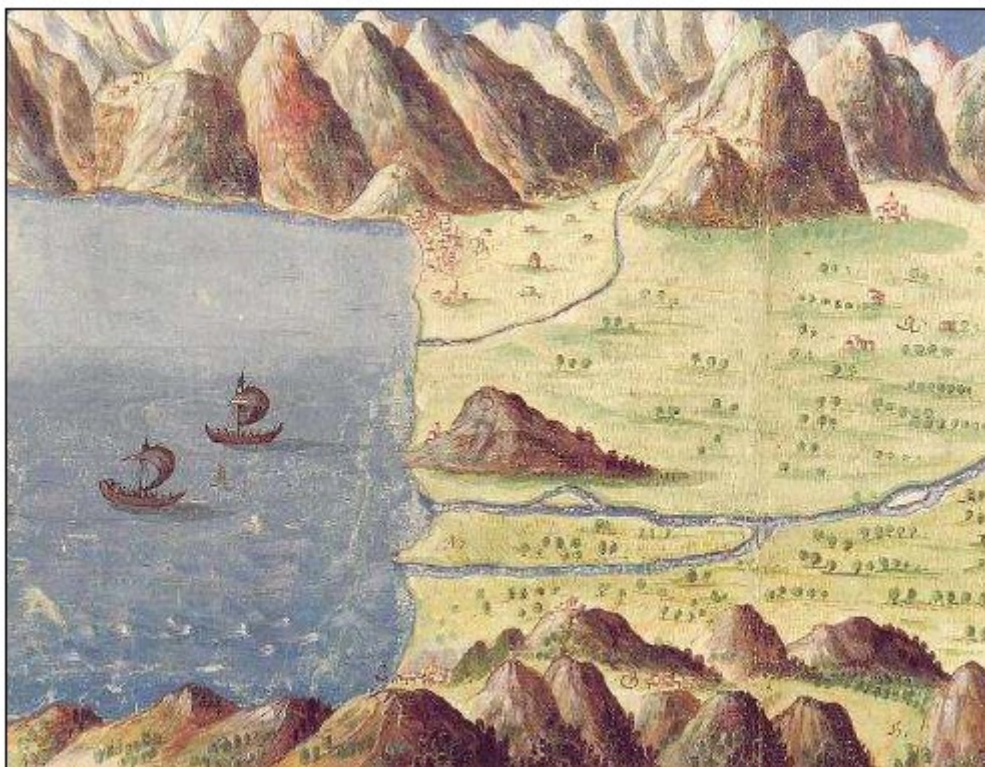


FIGURA 13. Particolare tratto dal disegno "Accessi e passi dal Lago di Garda alla Signoria di Riva e alla Contea di Arco", 1615, tavola XIV del Codice Enipontano III.

ANALISI IDROLOGICA

La stima dei deflussi di massima piena ha avuto come input i seguenti parametri :

- la morfometria del bacino, dalla quale sono stati ricavati i parametri morfologici ed idrologici utilizzati nelle simulazioni numeriche; direzioni del deflusso, area drenata, reticolo sintetico, sviluppo della rete idrografica e dei versanti;
- i parametri cinematici di propagazione dei deflussi alla sezione di chiusura del bacino, ossia le velocità di deflusso canalizzato nella rete idrografica e sui versanti;
- la carta dell'uso del suolo, dalla quale si ricava il parametro CN (*Curve Number*);
- la precipitazione di progetto, ovvero l'evento di "**pioggia critica**". Tale precipitazione è stata determinata sulla base di simulazioni successive (metodo *trial & error*) sino a quando non viene individuata quella che, per intensità, durata, altezza cumulata e distribuzione temporale, fornisce la risposta massima del bacino in termini di portata liquida. **Il tempo di ritorno della precipitazione scelto come evento di riferimento è pari a 200 anni**, come richiesto dalle normative Provinciali (PGUAP) in materia.

L'elaborazione numerica di questi parametri ha consentito di ottenere, come risultato utilizzato poi nelle elaborazioni, le tabelle e i grafici seguenti, che rappresentano la portata di picco di un evento in funzione del tempo di ritorno dello stesso :

Portata [m³/s]	Tr [anni]	Portata [m³/s]	Tr [anni]	Portata [m³/s]	Tr [anni]	Portata [m³/s]	Tr [anni]
1	0.3	9	4	15.31	20	22	64.9
2	0.6	10	4.8	16	22.7	23	73.7
3	0.9	10.2	5	17	26.6	24	82.5
4	1.2	11	6.6	17.86	30	25	91.2
5	1.5	12	8.6	18	31.2	26	100
6	1.8	12.7	10	19	39.4	27	129
6.66	2	13	11.2	20	47.5	28	157.9
7	2.3	14	15	20.3	50	29	186.8
8	3.1	15	18.8	21	56.1	29.46	200

TABELLA 3. Torrente Albola : andamento della portata massima al crescere del tempo di ritorno.

Portata [m³/s]	Tr [anni]	Portata [m³/s]	Tr [anni]	Portata [m³/s]	Tr [anni]	Portata [m³/s]	Tr [anni]
1	0.26	9	2.95	16	15.88	23	68.74
2	0.52	10	3.64	17	18.86	24	90.44
3	0.79	11	4.33	17.38	20	24.44	100
4	1.05	11.98	5	18	23.89	25	114.68
5	1.31	12	5.06	19	30.21	26	140.91
6	1.57	13	7.49	20	36.52	27	167.13
7	1.84	14	9.93	21	42.83	28	193.36
7.62	2	14.03	10	22	49.14	28.25	200
8	2.26	15	12.89	22.14	50		

TABELLA 4. Torrente Varone : andamento della portata massima al crescere del tempo di ritorno.

Trasporto solido

Le caratteristiche morfologiche ed il profilo delle aste di entrambi i torrenti sono tali da non favorire fenomeni di trasporto massivo dei sedimenti, ma piuttosto fenomeni di piena caratterizzati da concentrazioni solide massime compatibili con il trasporto di fondo

Per quanto riguarda l'Albola, ciò vale almeno nel tratto a monte della soglia morfologica posta a quota 300 m slm. A valle di questa, le pendenze del fondo non sono assolutamente compatibili con fenomeni di trasporto al fondo molto intensi e con elevate concentrazioni volumetriche dei sedimenti, né tanto meno con fenomeni di trasporto di massa. Ci si può attendere, perciò, una progressiva cernita del materiale trasportato a valle, con fenomeni di deposito diffusi nei tratti a minor pendenza.

Scendendo dalla località San Giacomo, punto di monte del presente studio idraulico, la pendenza si riduce progressivamente passando da valori prossimi al 10-12% sino a valori di poco superiori all' 1.5-2%. Ciò comporta una riduzione della concentrazione volumetrica potenziale del flusso dai valori del 5-9% a valori inferiori o vicini all'1%.

Tutto ciò si traduce in potenziali fenomeni di deposizione lungo tutto il tratto terminale che attraversa l'abitato di Riva del Garda; ci si attendono fenomeni di deposizione, seppur non ingenti, che possono portare ad un innalzamento del letto in corrispondenza delle fasi più intense dell'evento di progetto e ad una sua successiva parziale auto-ripulitura dovuta alle portate di esaurimento dell'onda di piena.

Le simulazioni, condotte per tempi di ritorno 30, 100 e 200 anni, portano ad una portata di progetto liquida+solida rispettivamente di **18.42, 27.08 e 30.86 m³/s.**

Si sottolinea che, nel novero degli interventi di sistemazione idraulica effettuati a partire dal 2006, va citata la realizzazione di una briglia selettiva posizionata all'apice del conoide, che ha la funzione di bloccare il sedimento in arrivo dalla parte alta del bacino, e di evitare quindi fenomeni di deposito che limiterebbero di fatto la sezione idraulica dell'alveo.

Per quanto riguarda il Varone, la presenza della cascata a quota 249 m slm, importante soglia morfologica (dislivello circa 100 m), è in grado di influenzare il trasporto solido mediante una selezione granulometrica e dissipazione energetica localizzata della corrente, che ai piedi del salto scarica gran parte del materiale solido in essa conglobato.

A valle della cascata, nonostante un primo tratto ove la pendenza risulta ancora vicina ai valori a monte della cascata (4-7%), la livelletta va via via degradando verso valle fino a valori compresi tra 0.5 e 2%, che caratterizzano l'intero tratto canalizzato fino al Lago di Garda. Su queste pendenze, escludendo la possibilità di ulteriori prelievi di materiale dal fondo, la potenziale capacità di trasporto si aggira su concentrazioni volumetriche variabili tra 0.05% (acqua chiara con trasporto in sospensione) e 0.5% (trasporto selettivo tipo *bedload* delle sole frazioni fini della curva granulometrica). È comunque opportuno fare una valutazione sulla

portata complessiva solido-liquida, da considerare in sede di dimensionamento delle opere idrauliche: si fa riferimento perciò ad una concentrazione volumetrica massima a saturazione nel tratto terminale oggetto della verifica idraulica, che, per il torrente in esame, può essere cautelativamente stimata intorno all'1% (0.01). Questo fattore di concentrazione, più noto come "bulk factor", rappresenta il coefficiente per il quale bisogna moltiplicare la portata dedotta dai calcoli idrologici per ottenere la portata "solido-liquida" complessiva. Il "bulk factor" (f_b) è dato dal rapporto fra il volume totale della massa solido-liquida ed il volume d'acqua e può esprimersi con la relazione:

$$f_b \cong \frac{1}{(1-c_v)}$$

Nel caso in esame, assumendo prudenzialmente $c_v=0.01$, risulta un valore di f_b pari ad 1.01, il che implica che la portata volumetrica complessiva (solido-liquida) si ottiene incrementando di un 1% la portata idrologica.

Si sottolinea che, nel novero degli interventi di sistemazione idraulica effettuati a partire dal 2006, va citata la sistemazione dei ponti canale di viale Trento e di via Grez, e il riempimento con massi di scogliera delle buche a valle delle soglie di fondo presenti nel suddetto tratto.

ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica si sviluppa dalla necessità di avere una verifica numerica più completa rispetto alla semplice applicazione delle formule di moto uniforme. Infatti, queste sono rappresentative di una situazione idraulica reale solo nel caso in cui vengano rispettate alcune importanti condizioni al contorno:

1. regolarità della sezione geometrica per lunghi tratti;
2. pendenza costante e tale che le sezioni perpendicolari all'alveo possano essere considerate praticamente verticali;
3. velocità media della corrente costante all'interno di una sezione trasversale;
4. portata costante.

Queste condizioni si traducono, in termini grafici, con un parallelismo tra le linee che individuano il fondo del canale, la linea piezometrica e la linea dei carichi totali.

Ovviamente tali vincoli non possono rappresentare una condizione al contorno accettabile nel caso in cui si abbia necessità di effettuare una verifica delle criticità di un alveo variamente sviluppato in termini planialtimetici.

Ci si avvale allora di un'analisi a **moto permanente**, ammettendo che il profilo liquido possa essere ascendente o discendente rispetto alla linea di fondo, in funzione della geometria (intesa come forma e quota) della sezione considerata: in altri termini, le tre linee del fondo, del pelo libero e dei carichi totali non sono parallele.

Qualora si desiderasse indagare l'andamento di un profilo di moto durante lo svolgersi di un evento a portata variabile (p.es. una piena), in modo da considerare anche la capacità di invaso

del collettore, sarebbe necessario operare una analisi a **moto vario**: le caratteristiche del problema in esame, oltre a indubbie difficoltà di ordine numerico per quanto riguarda la stabilità dei risultati, portano a rinunciare a tale tipo di approccio, consapevoli dello scarso incremento di significatività dei risultati rispetto ad una meno complessa analisi a moto permanente.

Premesso questo, nei paragrafi successivi si analizzano i parametri al contorno necessari per effettuare l'analisi a moto permanente, e di seguito si caratterizza il problema attraverso una suddivisione del tratto in esame in sotto-tratti.

Dati di input

Indipendentemente dal fatto che si effettuino analisi numeriche su situazioni rilevate in campo o su configurazioni di progetto che prendono spunto dalle situazioni rilevate, i parametri necessari al modello idraulico per poter effettuare le simulazioni del moto della corrente si possono suddividere in:

1. Parametri geometrici ricavati dal rilievo strumentale:
 - Forma delle sezioni trasversali;
 - Quota assoluta dei punti formanti le sezioni;
 - Distanza tra le sezioni.
2. Parametri di resistenza al moto:
 - Scabrezza rappresentativa dell'alveo e delle sponde;
3. Parametri idraulici:
 - Portata in funzione del tempo di ritorno.

Parametri geometrici e topografici

La determinazione della geometria all'interno della quale si svolgono i fenomeni idraulici è stata ottenuta per mezzo di un rilievo strumentale, che ha permesso di indagare le caratteristiche geometriche dell'alveo stesso e delle zone limitrofe. Il rilievo è stato condotto nel 2005 lungo l'asta del torrente Albola, ed è stato aggiornato alla luce di tutti gli interventi effettuati negli ultimi 15 anni. Per quanto riguarda il torrente Varone, il rilievo condotto nel 2005 è da considerarsi ancora attuale visto che non si sono effettuati interventi di rilievo in alveo.

Parametri di resistenza al moto

Nel corso dei rilievi si è posta particolare attenzione alle caratteristiche dell'alveo e delle sponde, in modo da stimare un valore di scabrezza da assegnare ai vari tratti esaminati. La valutazione della resistenza al moto in un alveo tiene conto di due diversi processi dissipativi dell'energia della corrente: uno legato alla forma, alla dimensione e alla disposizione degli elementi che determinano la scabrezza (*grain resistance*), l'altro agli ulteriori effetti dissipativi

imputabili ai macrovortici generati dalle separazioni di flusso idrico nei bruschi cambiamenti di direzione, di forma e di livelletta.

Facendo riferimento alla tabella riportata di seguito si sono determinati i coefficienti di scabrezza secondo Manning.

A Coefficienti di scabrezza per canali e condotte				
Tipo di canalizzazione	Bazin $\gamma \text{ (m}^{1/2}\text{)}$	Kutter $m \text{ (m}^{1/2}\text{)}$	Gauckler-Strickler $K \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$	Manning $n \text{ (m}^{-1/3} \text{ s}\text{)}$
Pareti di cemento perfettamente liscio e pareti metalliche senza risalti nei giunti, ambedue con curve.	0,10	0,18	90+85	0,012
Pareti di cemento in non perfette condizioni. Muratura ordinaria più o meno accurata.	0,23+0,36	0,35+0,55	70+65	0,014+0,015
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo. Muratura irregolare (o di pietrame).	0,46	0,55+0,75	60	0,018
Terra con erba sul fondo. Corsi d'acqua naturali regolari.	1,30	1,50	40	0,025
Canali in abbandono con vegetazione. Corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo.	2,0+2,3	3,00	30	0,035

TABELLA 5. Coefficienti di scabrezza per canali a pelo libero.

Nel caso in esame si è scelto un valore costante lungo il tratto pari a $0,01818 \text{ s}^{1/3}/\text{m}$ (corrispondente ad un coefficiente di Strickler pari a $55 \text{ m/s}^{1/3}$, in accordo con la tabella 5).

Si noti comunque che la peculiarità geometrica dell'alveo (elevato tirante rispetto al contorno bagnato) fa sì che l'influenza della scabrezza di alveo e sponde sia molto limitata rispetto ad una situazione tipica di alveo naturale in cui a bassi tiranti corrispondono elevati sviluppi di superfici bagnate.

Solo nel tratto di confluenza che porta al lago si è prudenzialmente aumentata la scabrezza fino a un valore pari a $40 \text{ m/s}^{1/3}$.

Parametri idraulici

L'analisi idrologica evidenzia portate relative a diversi tempi di ritorno. Nel presente studio idraulico si farà riferimento ai seguenti parametri:

	Tempo di ritorno [anni]	Portata di piena [m^3/s]
Albola	200 (Q_{tr200})	31
Varone	200 (Q_{tr200})	28.25

TABELLA 6. Portate massime al variare dei tempi di ritorno.

Caratterizzazione del modello idraulico

La verifica idraulica condotta ha ricompreso alcune sezioni a monte e a valle dei ponti su viale Rovereto, in modo da caratterizzare al meglio il comportamento idraulico dei singoli tratti.

La verifica idraulica è stata effettuata avvalendosi del codice di calcolo denominato HEC-RAS³, un modello idraulico monodimensionale ampiamente testato in campo professionale e accademico. HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per reti di canali naturali o artificiali, effettuando simulazioni in moto permanente o in moto vario. La procedura di calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia. Le perdite valutate sono quelle per attrito e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni, tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica. L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni. Questo si verifica, in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti o confluenze.

Sono state condotte numerose simulazioni al fine di indagare il comportamento del modello al variare di alcuni parametri, ritenendo definite nel contempo le seguenti condizioni al contorno:

1. Tutte le simulazioni sono state condotte nell'ipotesi di fondo fisso, ovvero non suscettibile a variazioni di livello a causa di fenomeni deposizionali e di formazione di forme di fondo o fenomeni di scavo. Questa scelta è motivata dal fatto che si assume che eventuali detriti possano essere trattiene a monte del tratto terminale in virtù del buon funzionamento della briglia selettiva di monte;
2. Tutte le simulazioni sono condotte in regime di moto permanente. Infatti per il caso in esame le difficoltà di ordine numerico (stabilità della convergenza dei risultati) e pratico non verrebbero ripagate né in termini di apprezzabili differenze di tirante, né in termini di laminazione della portata lungo il tratto indagato;
3. Sono state effettuate dapprima simulazioni in regime di corrente mista, ritenendo che questo metodo fornisca una rappresentazione più confacente al reale comportamento della corrente. Si è tuttavia osservato che la continua variazione geometrica del fondo, con ripetuto alternarsi di brevi tratti a pendenze diverse e gradoni, va ad inficiare i risultati ottenuti con questo metodo risolutivo, rendendo la soluzione instabile. Nello specifico si sono osservate continue oscillazioni della superficie libera della vena fluida. Si è quindi deciso di eseguire le simulazioni in regime di corrente esclusivamente lenta; ciò restituisce un profilo longitudinale del corso d'acqua più uniforme e verosimile, pur mantenendo i valori massimi di tirante uguali a quelli ottenuti in condizione di corrente mista.
4. Al fine della simulazione idraulica, il limite arginale viene rappresentato introducendo la possibilità che la portata di massima piena venga contenuta totalmente all'interno dell'estensione dei suoi limiti geometrici; questo consente di analizzare portate superiori a quelle che il torrente è fisicamente in grado di contenere, risultando utile così alla progettazione di eventuali sovralti di contenimento della portata di input. Questa scelta modellistica permette inoltre, durante un'analisi monodimensionale come quella in oggetto, di osservare i punti in cui il tirante idrico supera il reale livello arginale, pur non inficiando i risultati della simulazione (in particolar modo il tirante) nelle sezioni poste più a valle.
5. Le simulazioni sono state condotte imponendo la condizione al contorno di moto uniforme sia nelle sezioni di immissione a monte che in quella di uscita a valle (corrispondente allo sfocio nel lago); quest'ultima in particolare è risultata essere la più verosimile in quanto, anche con livelli del lago eccezionalmente elevati (+1.40 m al di sopra dello zero idrometrico il giorno 03/06/2024), non si sono osservati fenomeni di rigurgito o risalita lungo il canale, ma viene sempre mantenuto il normale scorrimento.

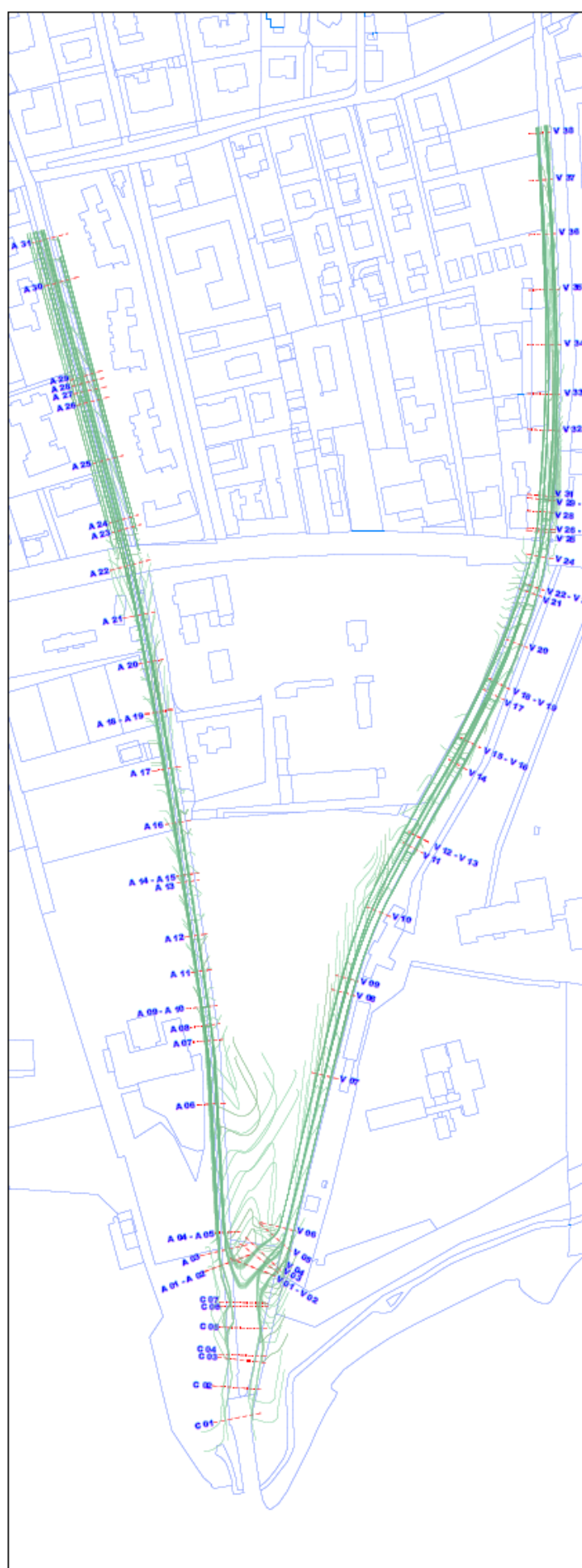
RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IDRAULICA

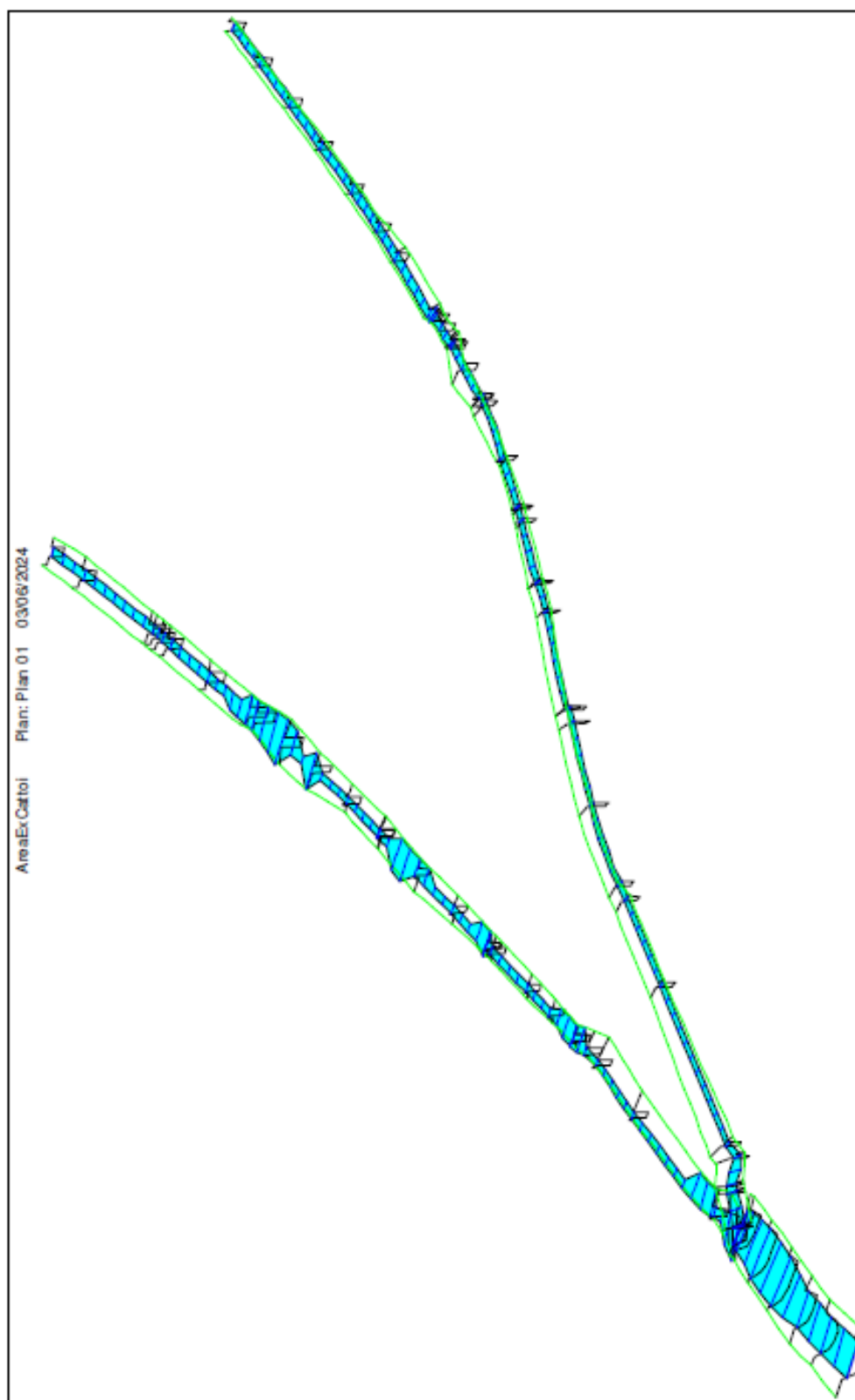
Nell' ALLEGATO B sono riportati gli output prodotti dalla simulazione numerica condotta sui tratti descritti in precedenza. Si ricorda che sono stati riprodotti scenari corrispondenti a eventi di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni. Dai risultati presentati e di seguito riassunti si può affermare che in generale lavori eseguiti negli ultimi 15 anni (soprattutto lungo il corso del torrente Albola) permettono di confinare all'interno degli argini picchi di piena molto estremi pressoché ovunque lungo il tratto oggetti di studio. Si sono osservati solo alcuni punti, descritti nei paragrafi successivi, in cui il tirante idraulico supera il sovralzato arginale di pochi centimetri.

Con particolare riferimento al solo torrente Albola (si veda l'immagine allegata relativa al profilo longitudinale simulato), si nota come il tratto iniziale presenti una pendenza sostenuta per oltre 100 m in cui si instaura una corrente uniforme con tirante contenuto. Procedendo verso valle si incontra una brusca riduzione dell'inclinazione del fondo che induce un vistoso rigurgito verso monte del profilo di corrente: ciò determina in questa zona il superamento del livello arginale su entrambi i lati, seppur di soli pochi centimetri. Il tratto successivo risulta essere meno uniforme, composto da un continuo alternarsi di brevi tratti a diverse pendenze e gradoni/salti di fondo che inducono oscillazioni del profilo di corrente longitudinale: in alcuni punti il profilo del pelo libero lambisce la testa dell'argine, sovralzandola di pochi centimetri.

Anche il torrente Varone (si veda anche in questo caso l'immagine allegata corrispondente al profilo longitudinale) presenta un tratto d'ingresso piuttosto uniforme con pendenza sostenuta, seguito da un tronco centrale in cui si osserva la presenza di numerosi salti di fondo (realizzati con lo scopo di ridurre l'inclinazione media dell'alveo). Segue un nuovo tratto finale piuttosto uniforme. La corrente che si instaura nel torrente Varone presenta un regime generalmente più veloce con tiranti conseguentemente più bassi; nei tratti iniziale e finale il profilo è molto uniforme, in quello centrale si osservano delle oscillazioni dovute alle discontinuità dell'alveo, che risultano tuttavia molto contenute e non raggiungono mai quote tali da superare il livello arginale: la portata di picco è quindi contenuta ovunque all'interno dell'alveo. L'unico accorgimento apportato in sede di simulazione idraulica è stato il livellamento delle buche a valle dei gradoni del fondo, operazione per altro già effettuata dal Servizio Bacini Montani PAT nel corso degli anni su gran parte delle soglie collocate lungo l'alveo, allo scopo di prevenire problemi strutturali legati a fenomeni di sottoscavo e sifonamento.

I due corsi d'acqua convergono infine nel breve tratto di confluenza che si getta a sua volta nel lago (visibile in entrambi i profili longitudinali allegati). Qui la simulazione riceve in input una portata corrispondente alla somma delle singole portate dei due corsi d'acqua di cui sopra. Il canale presenta una sezione decisamente più larga e in grado contenere fino alla foce e senza problemi tutto il volume scaricato.





Schema tridimensionale dei tratti simulati

HEC-RAS Plan: 02 River: confluenza Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	01	59.50	64.17	65.90	65.90	66.55	0.005190	3.57	16.67	12.86	1.00
Reach 1	02	59.50	64.29	66.15	66.15	66.80	0.005139	3.57	16.67	12.80	1.00
Reach 1	03	59.50	64.65	66.36	66.24	66.90	0.004764	3.25	18.30	13.14	0.86
Reach 1	04	59.50	65.00	66.70	66.31	66.97	0.002314	2.30	25.89	19.04	0.63
Reach 1	05	59.50	65.00	66.75	66.31	67.00	0.002070	2.22	26.86	19.16	0.60
Reach 1	06	59.50	65.00	66.75	66.41	67.12	0.002965	2.67	22.29	15.04	0.70
Reach 1	07	59.50	65.63	66.99	66.99	67.60	0.005369	3.47	17.13	13.93	1.00

Confluenza di valle

HEC-RAS Plan: 02 River: Albola Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	01	31.00	65.55	67.21	67.21	67.81	0.003669	3.44	9.02	7.51	1.00
Reach 1	02	31.00	65.55	67.21	67.21	67.81	0.003651	3.43	9.04	7.52	1.00
Reach 1	03	31.00	65.55	67.32	67.32	67.96	0.003648	3.59	8.63	6.56	1.00
Reach 1	04	31.00	65.55	67.81	67.81	68.74	0.005017	4.25	7.29	3.95	1.00
Reach 1	05	31.00	65.15	68.32	68.32	69.15	0.005372	4.03	7.59	4.53	1.00
Reach 1	06	31.00	66.67	68.96	68.96	69.91	0.006943	4.33	7.17	3.76	1.00
Reach 1	07	31.00	66.85	69.14	69.14	70.19	0.007351	4.54	6.83	3.24	1.00
Reach 1	08	31.00	66.89	69.59	69.13	70.28	0.004580	3.67	8.46	3.87	0.75
Reach 1	09	31.00	66.89	69.75	69.08	70.33	0.003650	3.37	9.21	3.85	0.69
Reach 1	10	31.00	67.56	69.79	69.79	70.72	0.006719	4.29	7.23	3.85	1.00
Reach 1	11	31.00	67.71	69.98	69.98	70.91	0.006748	4.28	7.25	3.89	1.00
Reach 1	12	31.00	67.89	70.19	70.19	71.11	0.006758	4.28	7.27	3.92	1.00
Reach 1	13	31.00	68.23	70.58	70.58	71.49	0.006915	4.28	7.24	3.90	1.00
Reach 1	14	31.00	68.23	70.74	70.58	71.53	0.005497	3.93	7.89	3.91	0.88
Reach 1	15	31.00	68.44	70.75	70.75	71.58	0.006782	4.27	7.25	3.91	1.00
Reach 1	16	31.00	68.73	70.96	70.96	71.89	0.006751	4.29	7.23	3.85	1.00
Reach 1	17	31.00	69.27	71.54	71.54	72.47	0.006752	4.27	7.26	3.92	1.00
Reach 1	18	31.00	69.42	71.88	71.87	72.65	0.005284	3.87	8.01	3.94	0.87
Reach 1	19	31.00	69.43	71.87	71.58	72.66	0.005114	3.94	7.86	3.99	0.83
Reach 1	20	31.00	69.69	71.87	71.87	72.91	0.007267	4.52	6.86	3.30	1.00
Reach 1	21	31.00	69.70	72.81	71.94	73.33	0.003013	3.19	9.72	3.39	0.60
Reach 1	22	31.00	69.80	73.15	71.63	73.42	0.001283	2.31	13.40	4.01	0.40
Reach 1	23	31.00	69.85	73.24	71.61	73.45	0.000671	2.04	15.20	4.78	0.37
Reach 1	24	31.00	69.92	73.23	71.71	73.46	0.000982	2.13	14.52	4.70	0.39
Reach 1	25	31.00	70.94	73.15	72.31	73.55	0.001788	2.69	11.52	4.64	0.54
Reach 1	26	31.00	71.11	73.01	72.88	73.75	0.004491	3.80	8.17	4.48	0.90
Reach 1	27	31.00	71.23	73.00	73.00	73.85	0.005470	4.08	7.59	4.47	1.00
Reach 1	28	31.00	71.30	73.07	73.07	73.92	0.005470	4.08	7.60	4.46	1.00
Reach 1	29	31.00	71.35	73.13	73.13	73.98	0.005556	4.10	7.56	4.40	1.00
Reach 1	30	31.00	72.29	74.07	74.07	74.93	0.005536	4.10	7.56	4.42	1.00
Reach 1	31	31.00	72.74	74.51	74.51	75.36	0.005466	4.08	7.60	4.47	1.00

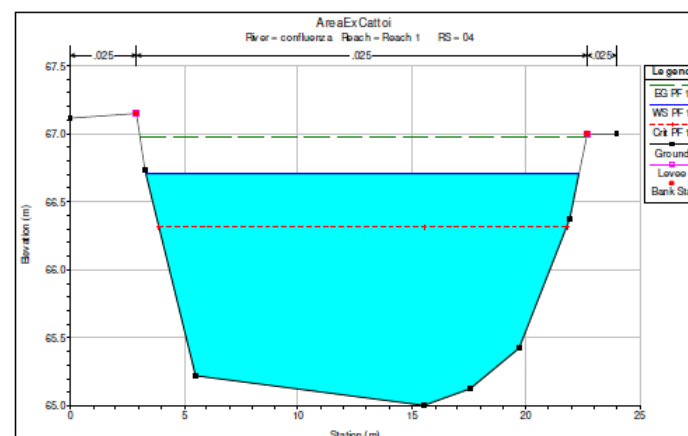
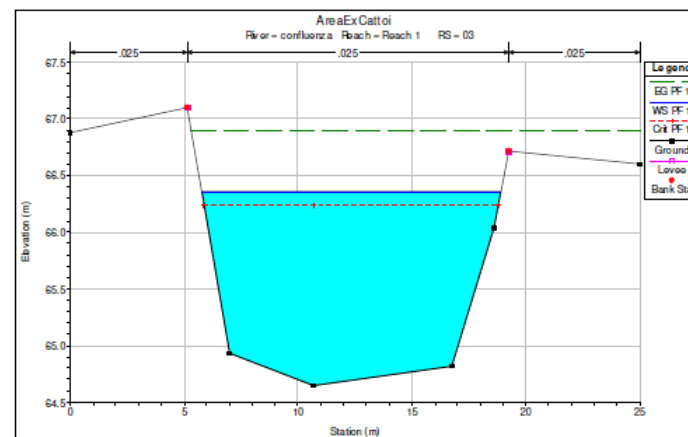
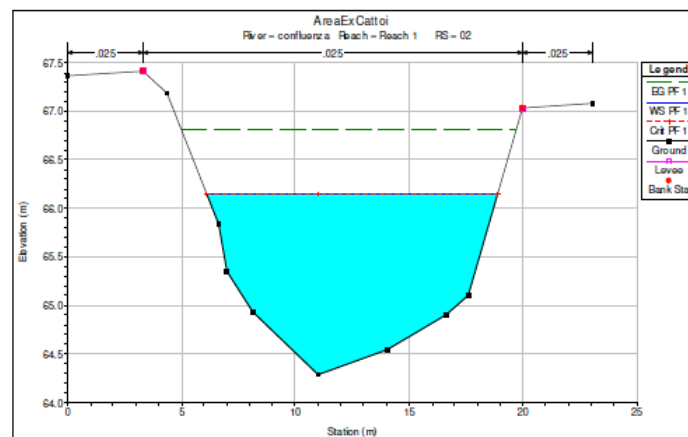
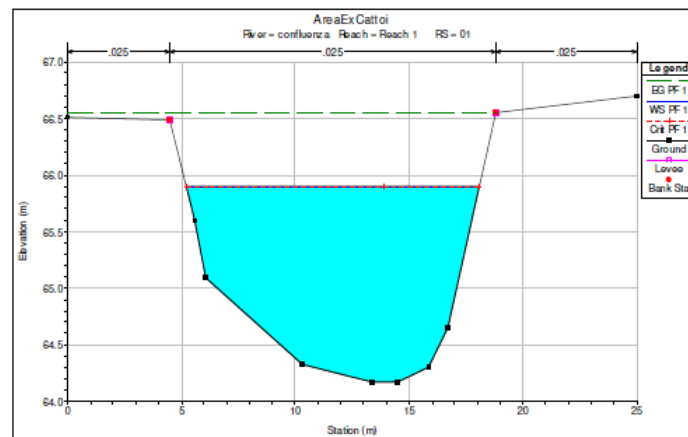
Torrente Albola

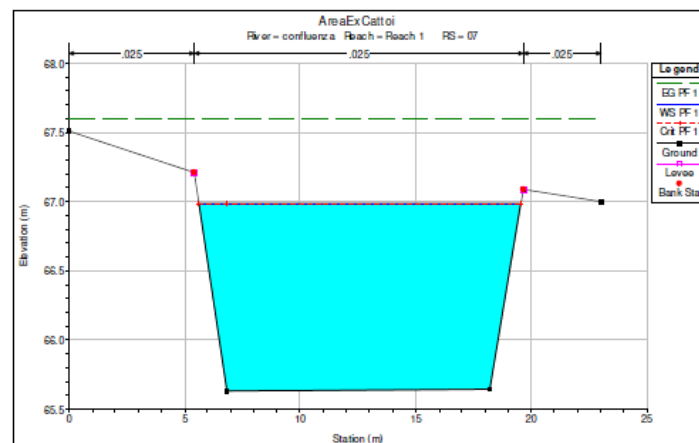
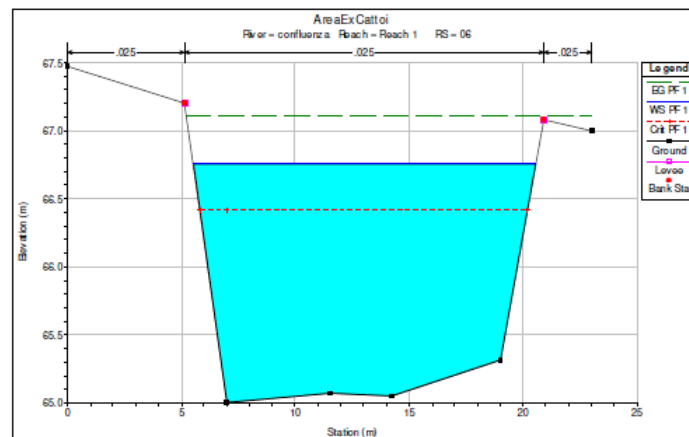
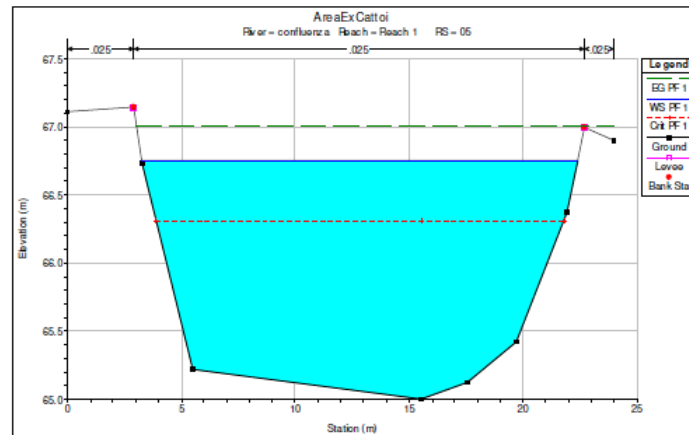
HEC-RAS Plan: 02 River: Varone Reach: Reach 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	01	28.50	65.69	67.40	66.95	67.64	0.001215	2.17	13.11	9.83	0.60
Reach 1	02	28.50	65.69	67.40	66.95	67.64	0.001214	2.17	13.11	9.83	0.60
Reach 1	03	28.50	65.69	67.35	67.03	67.70	0.001810	2.59	11.02	8.03	0.70
Reach 1	04	28.50	65.69	67.32	67.08	67.72	0.002204	2.80	10.16	7.56	0.77
Reach 1	05	28.50	65.69	67.35	67.35	67.98	0.004162	3.53	8.08	6.40	1.00
Reach 1	06	28.50	65.80	67.75	67.75	68.68	0.009409	4.26	6.70	3.63	1.00
Reach 1	07	28.50	66.45	68.41	68.41	69.34	0.009417	4.26	6.69	3.62	1.00
Reach 1	08	28.50	66.95	68.92	68.92	69.82	0.005146	4.21	6.77	3.76	1.00
Reach 1	09	28.50	66.99	69.06	69.06	69.99	0.005422	4.28	6.66	3.57	1.00
Reach 1	10	28.50	67.12	69.64	69.06	70.20	0.003369	3.31	8.61	3.61	0.68
Reach 1	11	28.50	67.25	69.76	69.20	70.33	0.003427	3.32	8.58	3.56	0.69
Reach 1	12	28.50	67.25	69.79	69.21	70.35	0.003383	3.30	8.63	3.53	0.67
Reach 1	13	28.50	68.22	70.17	70.17	71.11	0.006552	4.28	6.66	3.57	1.00
Reach 1	14	28.50	68.58	70.52	70.48	71.38	0.005803	4.10	6.95	3.77	0.96
Reach 1	15	28.50	68.58	70.76	70.55	71.46	0.004505	3.71	7.69	3.93	0.85
Reach 1	16	28.50	68.95	70.90	70.90	71.77	0.005969	4.14	6.89	3.95	1.00
Reach 1	17	28.50	69.15	71.33	70.97	71.91	0.003384	3.36	8.45	4.19	0.75
Reach 1	18	28.50	69.15	71.36	70.99	71.93	0.003271	3.33	8.57	4.25	0.75
Reach 1	19	28.50	69.52	71.34	71.34	72.17	0.005494	4.05	7.04	4.22	1.00
Reach 1	20	28.50	69.63	71.71	71.38	72.29	0.003463	3.38	8.43	4.29	0.77
Reach 1	21	28.50	70.09	71.83	71.83	72.67	0.005525	4.05	7.05	4.23	1.00
Reach 1	22	28.50	70.09	71.87	71.87	72.72	0.005737	4.08	6.99	4.10	1.00
Reach 1	23	28.50	70.33	72.11	72.11	72.95	0.005737	4.08	6.98	4.13	1.00
Reach 1	24	28.50	70.35	72.56	72.04	73.05	0.002830	3.10	9.19	4.20	0.67
Reach 1	25	28.50	70.39	72.54	72.14	73.11	0.003436	3.34	8.53	4.03	0.73
Reach 1	26	28.50	70.51	72.43	72.30	73.17	0.004597	3.79	7.51	4.15	0.90
Reach 1	27	28.50	70.82	72.61	72.61	73.45	0.005612	4.06	7.02	4.18	1.00
Reach 1	28	28.50	70.85	72.96	72.58	73.51	0.003265	3.30	8.64	4.27	0.74
Reach 1	29	28.50	70.85	73.02	72.60	73.53	0.002932	3.16	9.01	4.52	0.72
Reach 1	30	28.50	71.75	73.42	73.42	74.21	0.005151	3.93	7.25	4.59	1.00
Reach 1	31	28.50	71.76	73.63	73.43	74.24	0.003618	3.45	8.25	4.85	0.85
Reach 1	32	28.50	71.92	73.80	73.54	74.35	0.003164	3.28	8.69	5.00	0.80
Reach 1	33	28.50	72.00	73.84	73.63	74.43	0.003469	3.39	8.41	4.91	0.83
Reach 1	34	28.50	72.24	73.86	73.86	74.62	0.005004	3.85	7.38	4.83	1.00
Reach 1	35	28.50	72.54	74.22	74.22	75.02	0.005277	3.95	7.22	4.53	1.00
Reach 1	36	28.50	72.75	74.45	74.45	75.34	0.005230	3.95	7.22	4.54	1.00
Reach 1	37	28.50	72.94	74.63	74.63	75.42	0.005223	3.94	7.23	4.56	1.00
Reach 1	38	28.50	73.25	74.99	74.99	75.79	0.005226	3.96	7.19	4.47	1.00

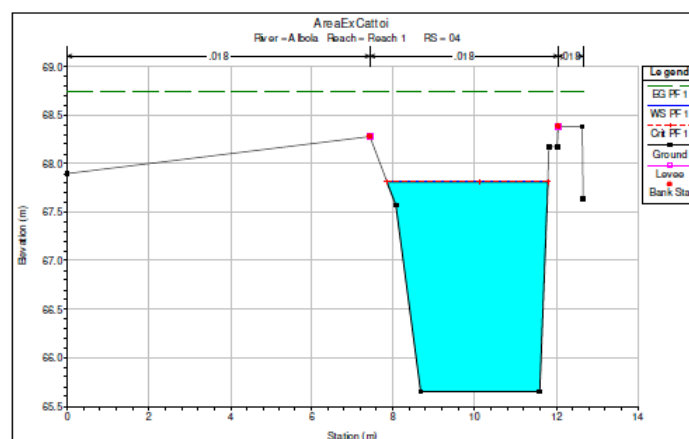
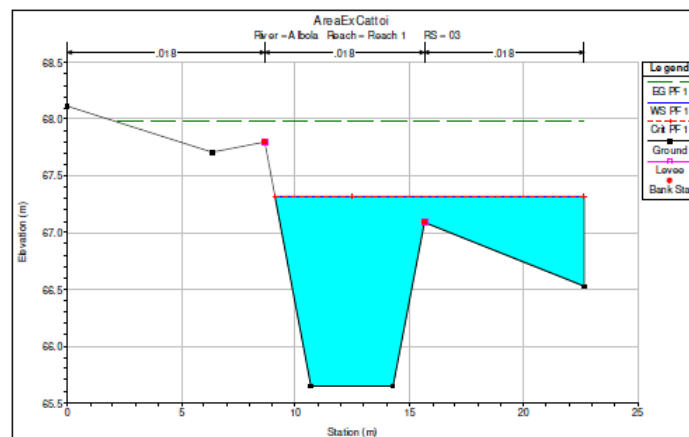
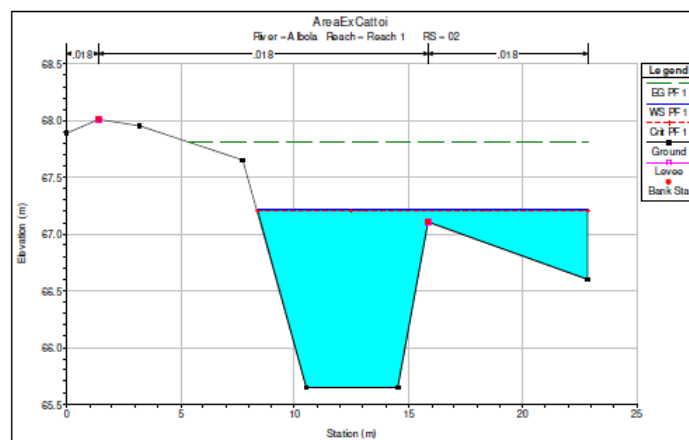
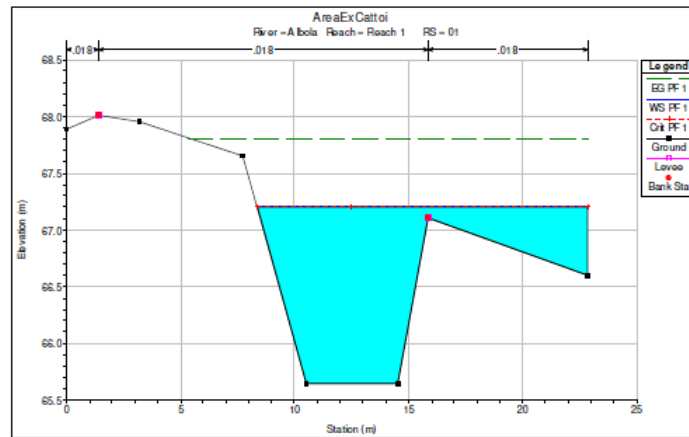
Torrente Varone

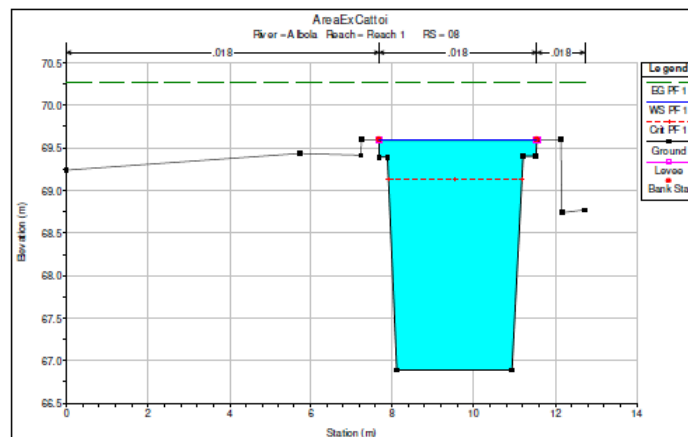
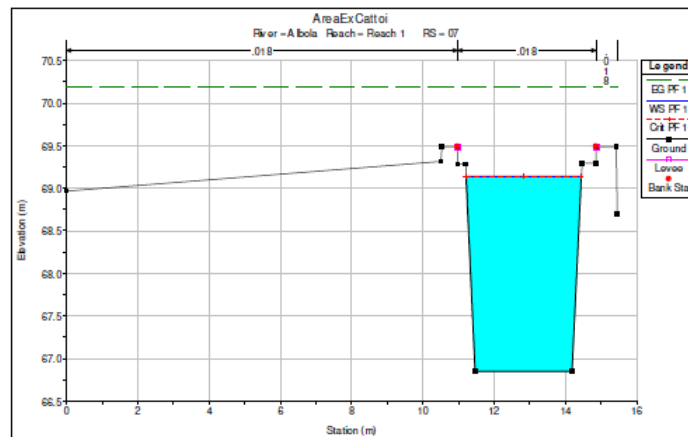
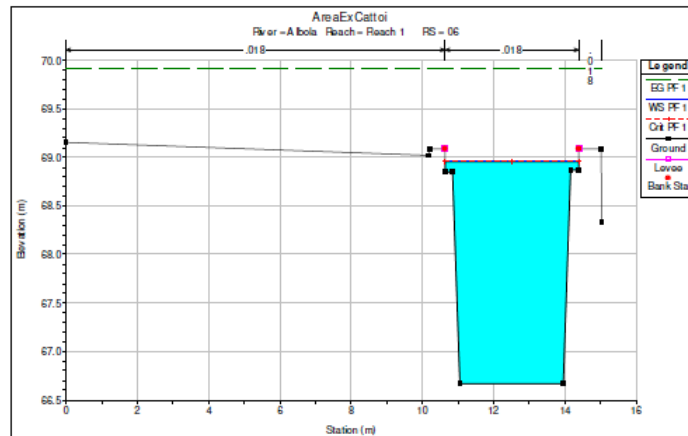
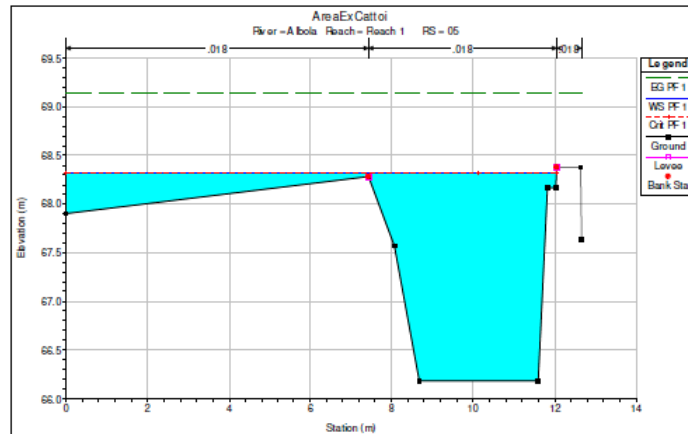
SEZIONI TRASVERSALI LUNGO IL TRATTO DI CONFLUENZA
(numerazione progressiva da valle verso monte)

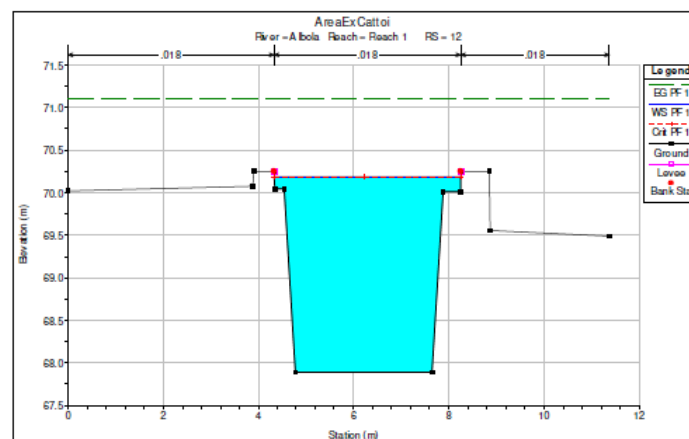
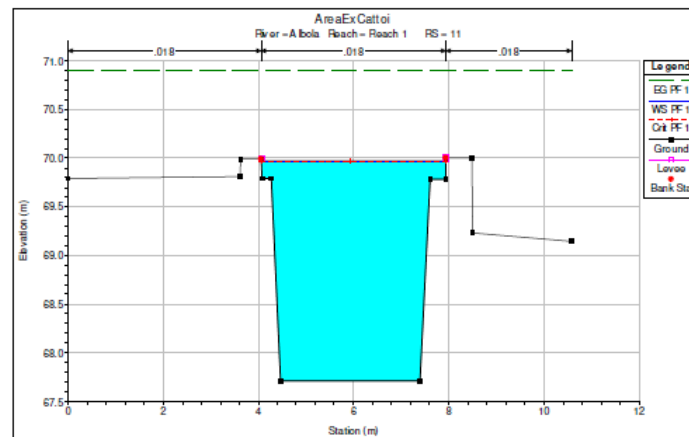
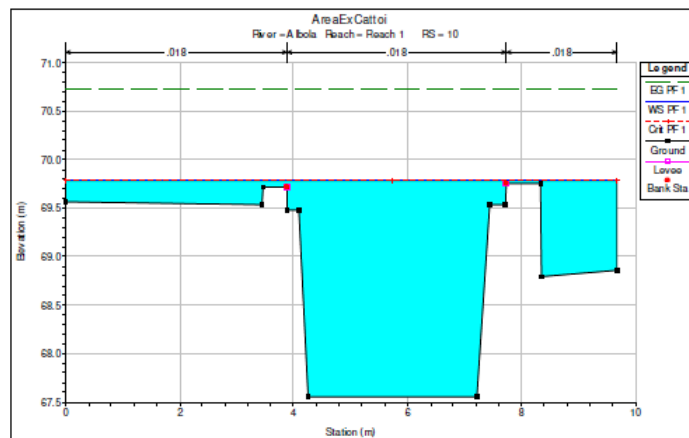
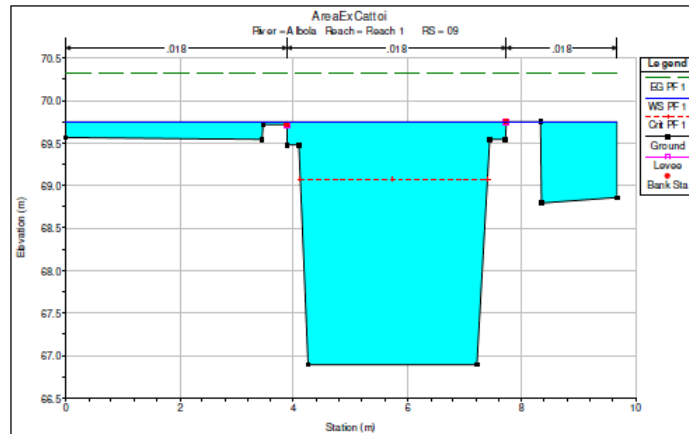


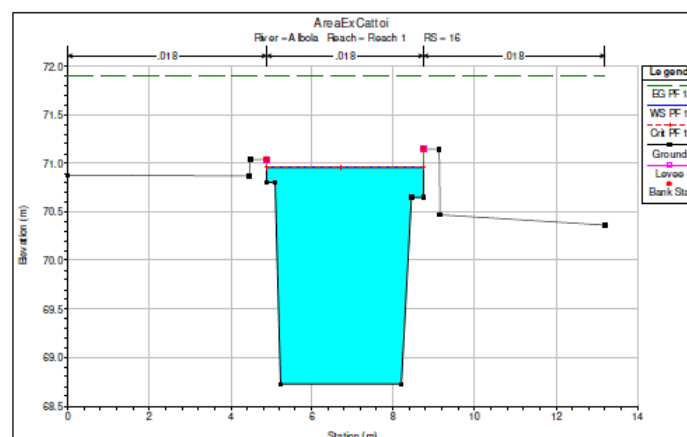
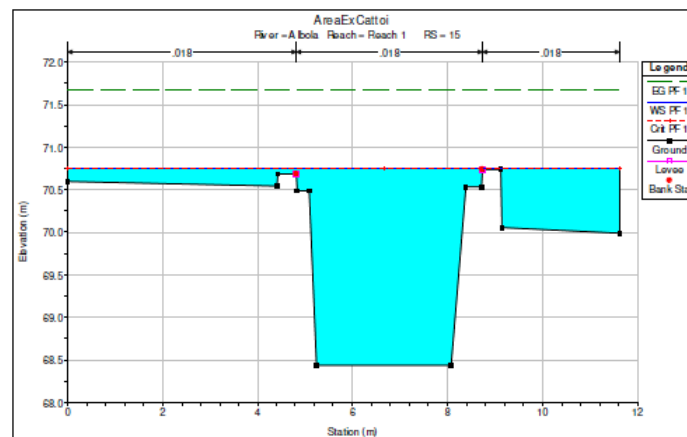
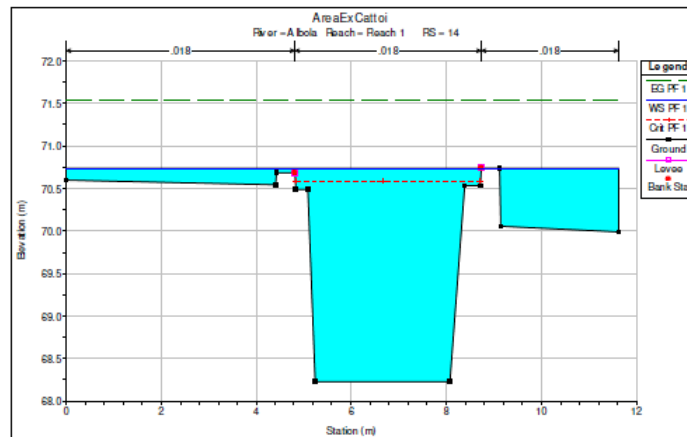
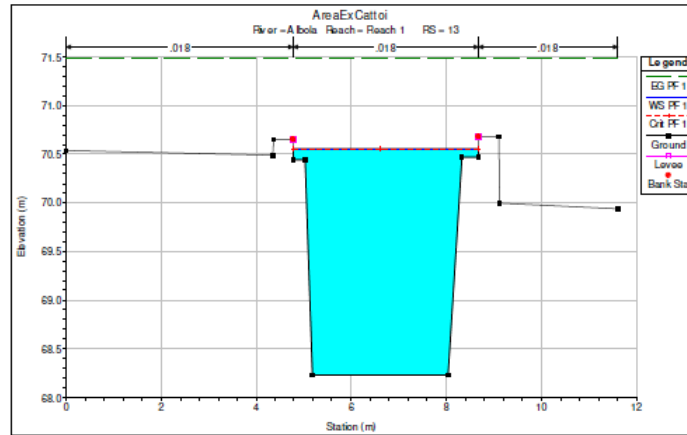


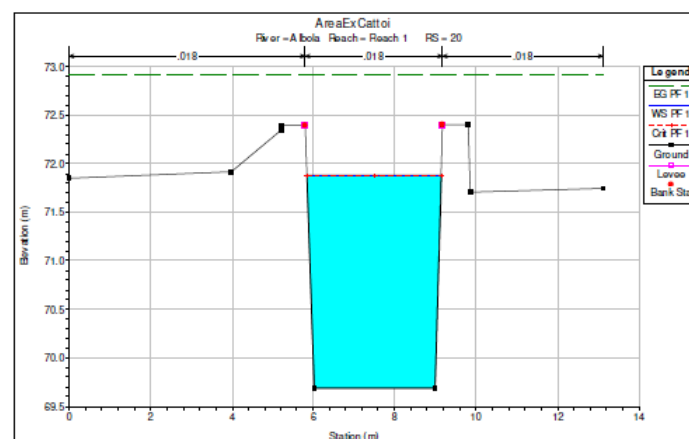
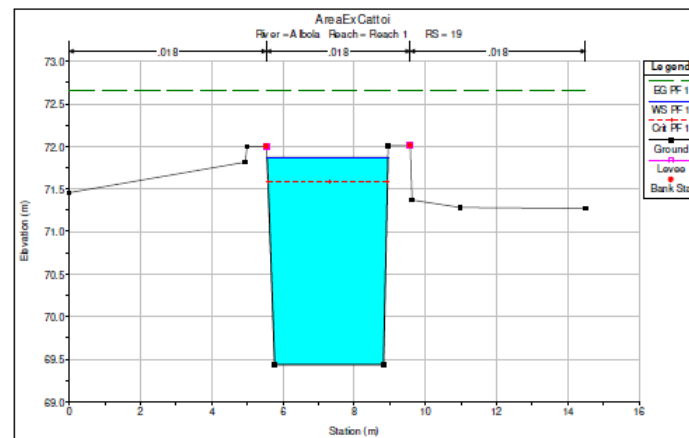
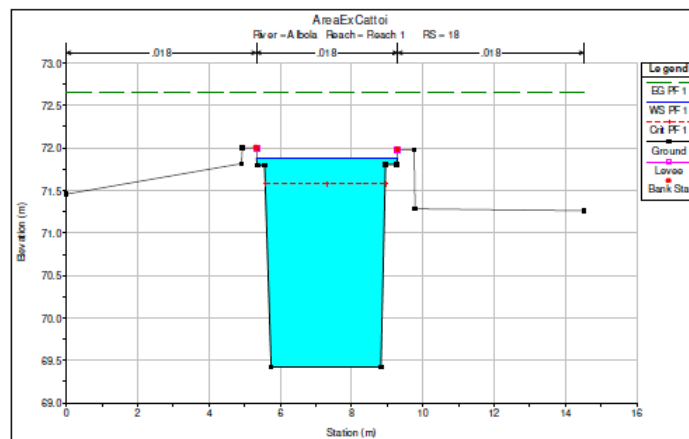
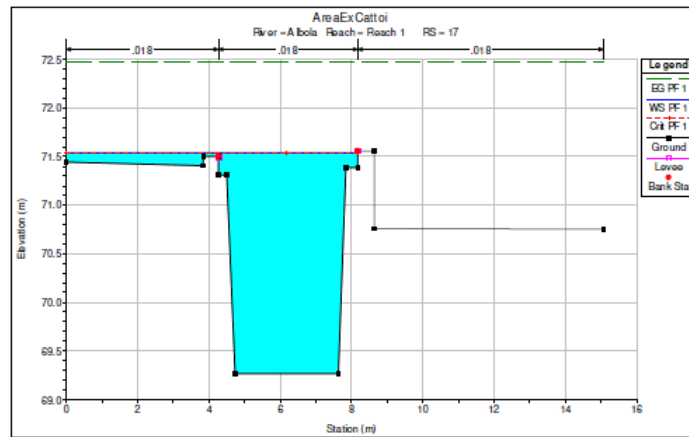
SEZIONI TRASVERSALI LUNGO IL TRATTO DI TORRENTE ALBOLA
(numerazione progressiva da valle verso monte)

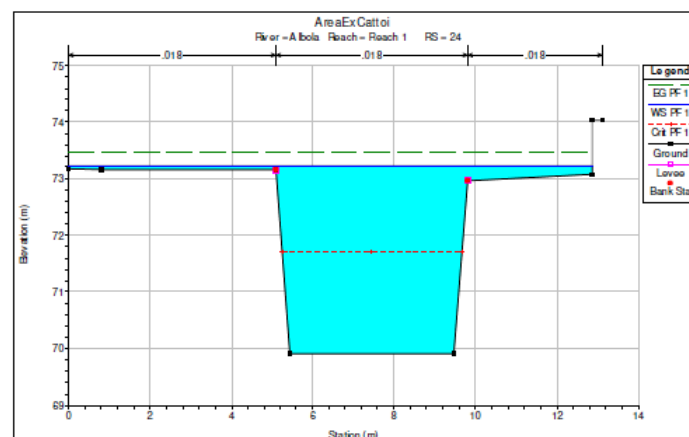
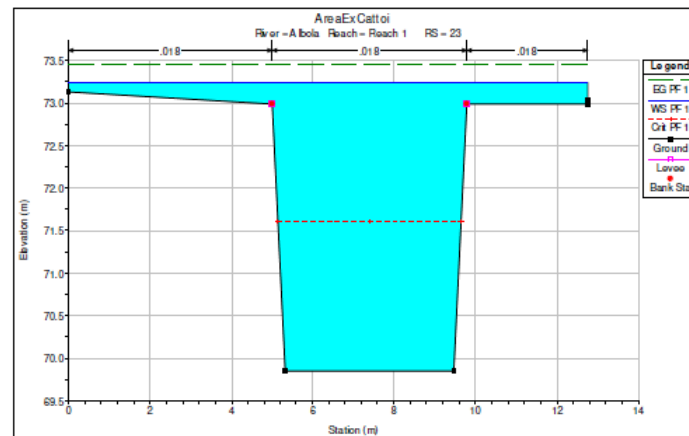
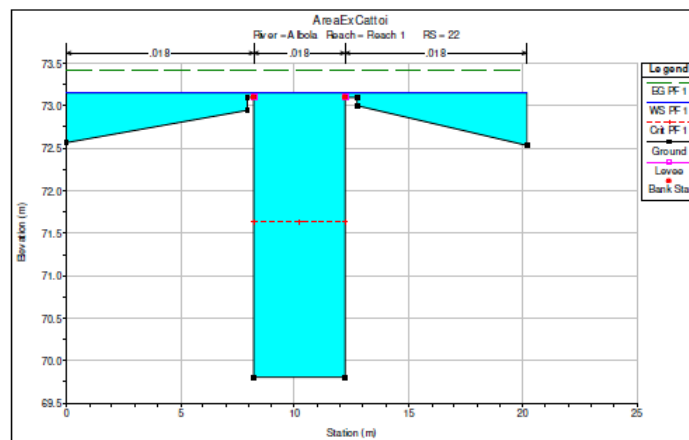
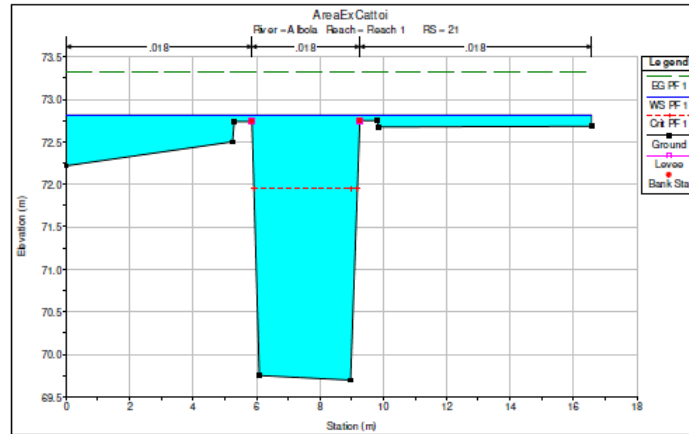


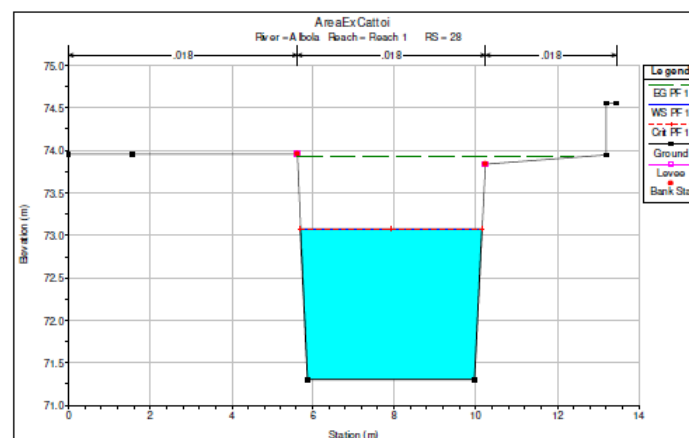
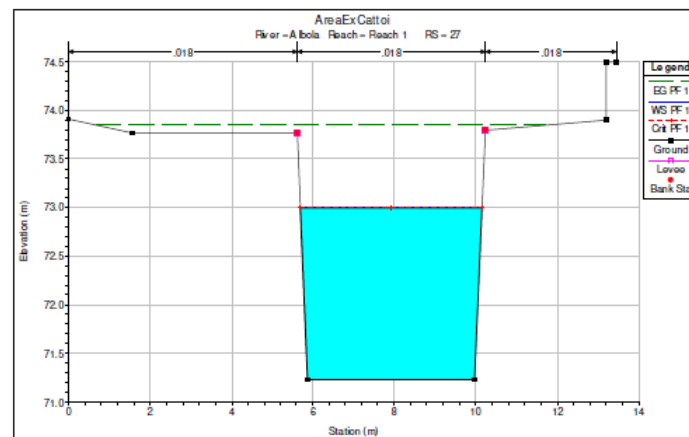
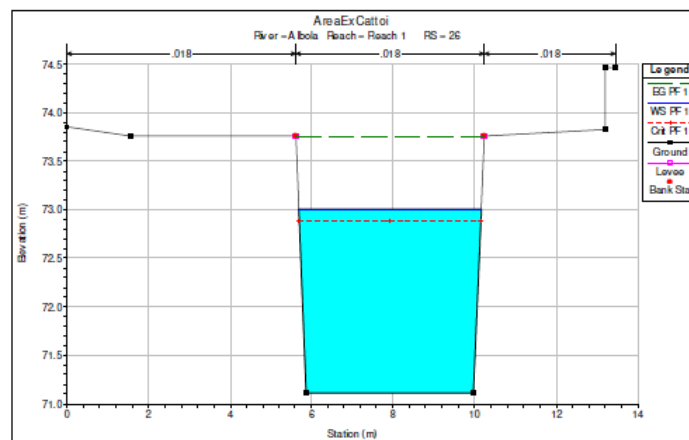
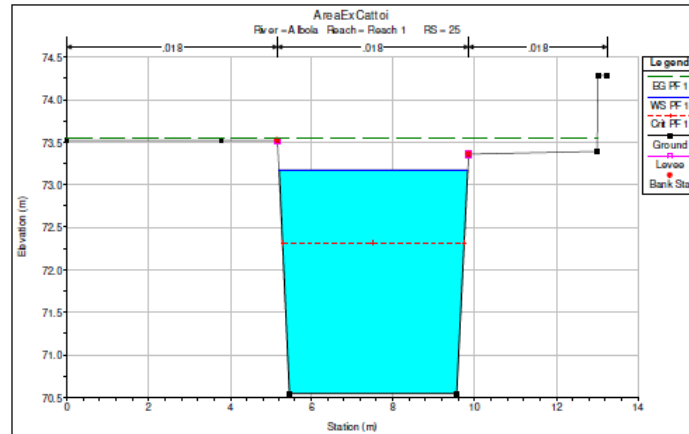


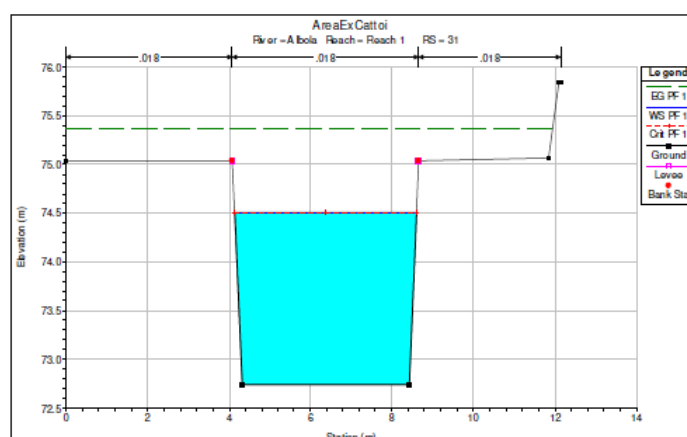
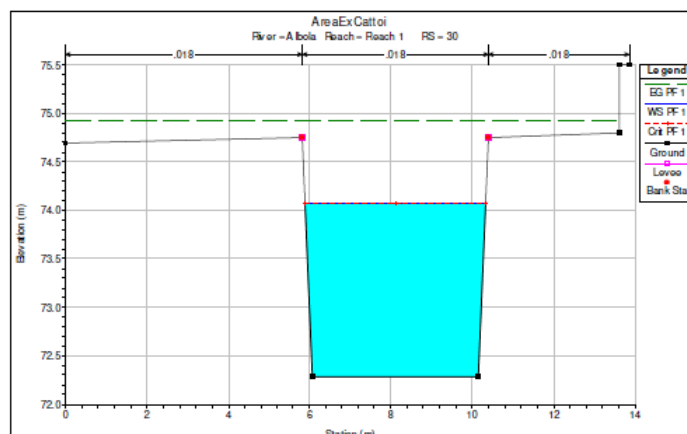
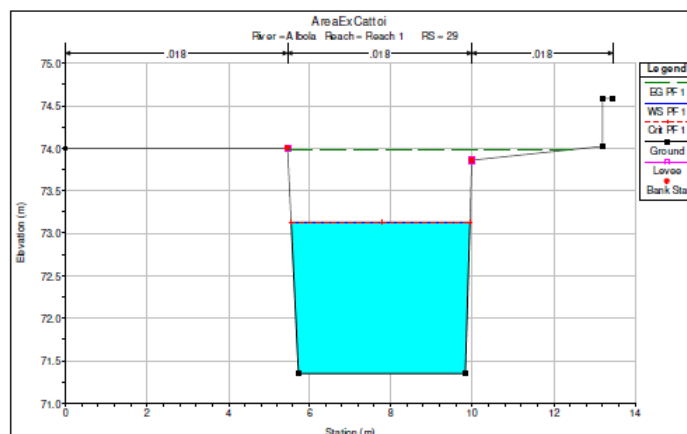




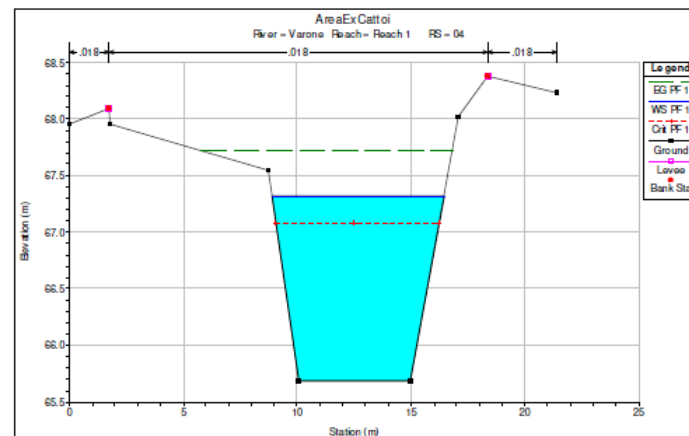
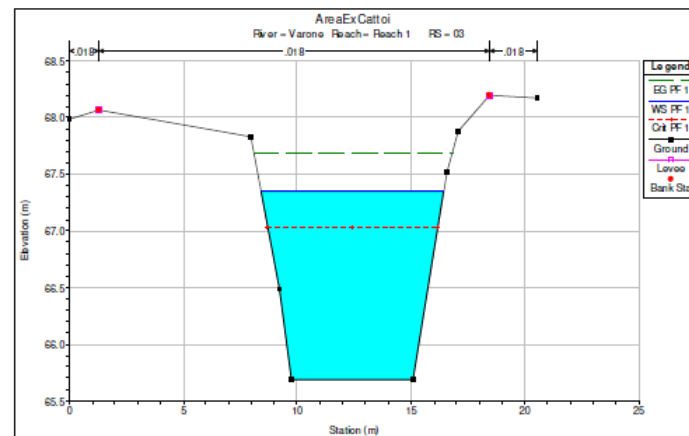
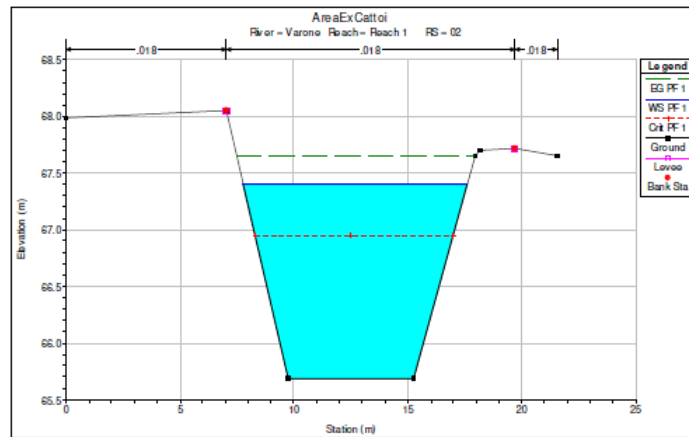
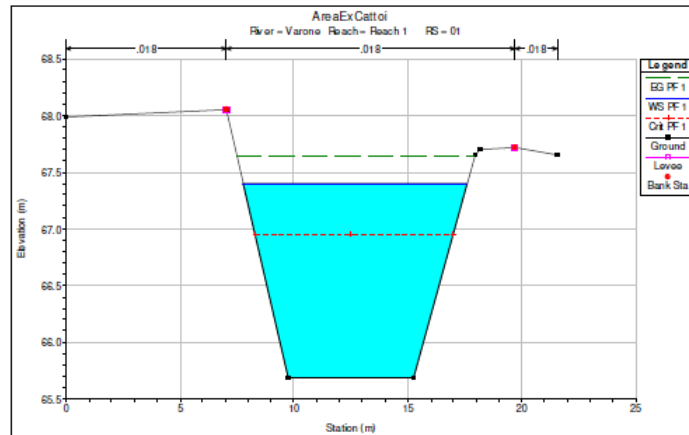


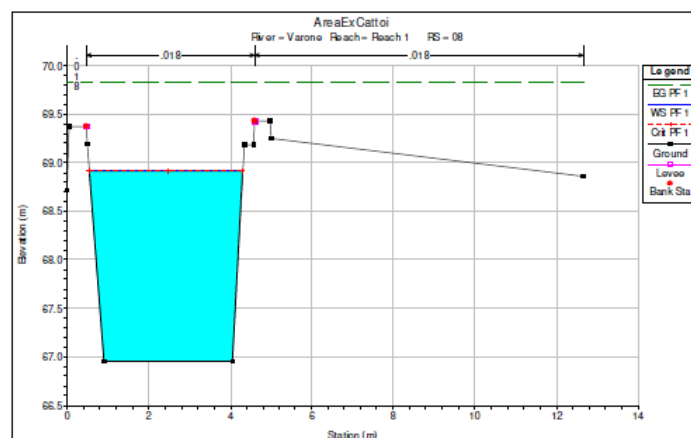
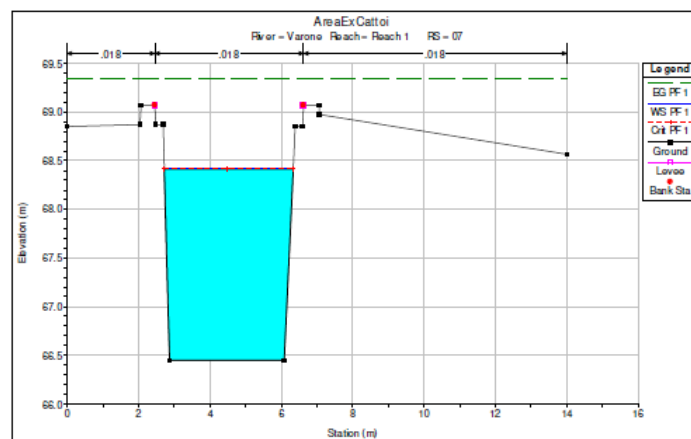
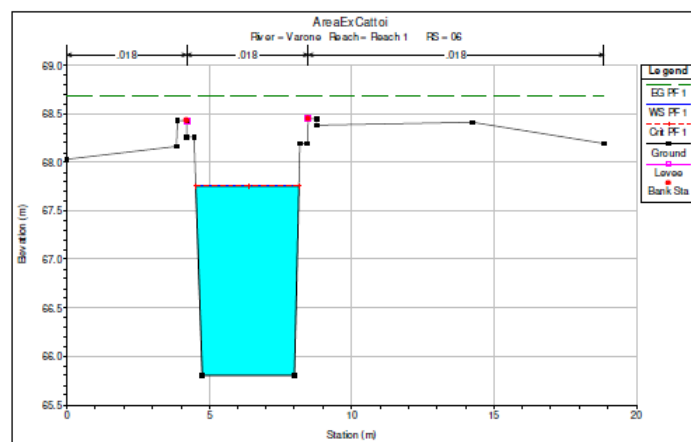
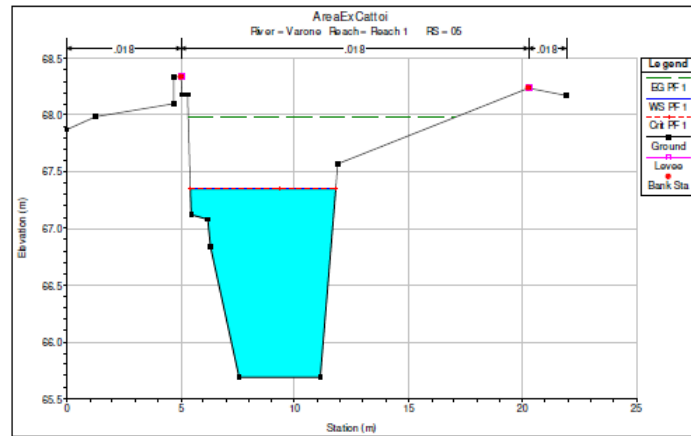


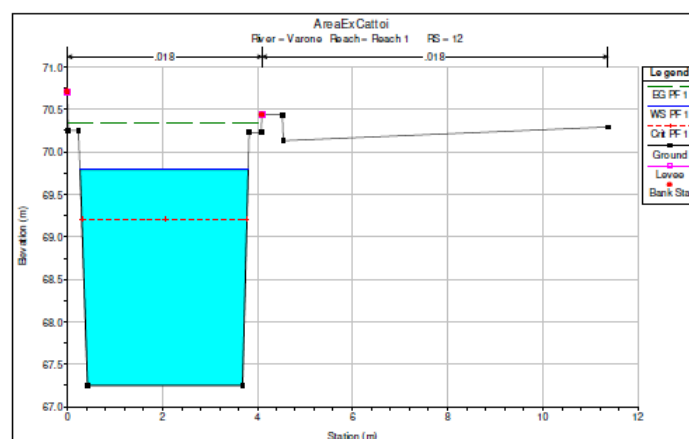
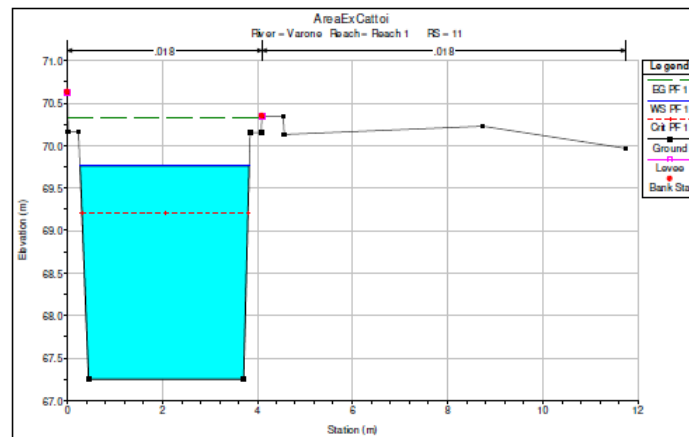
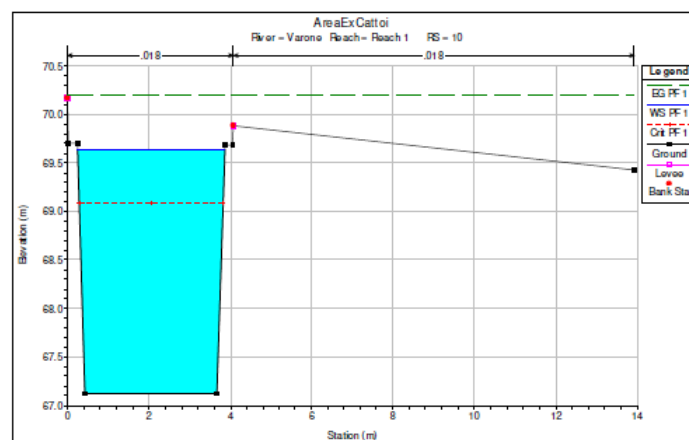
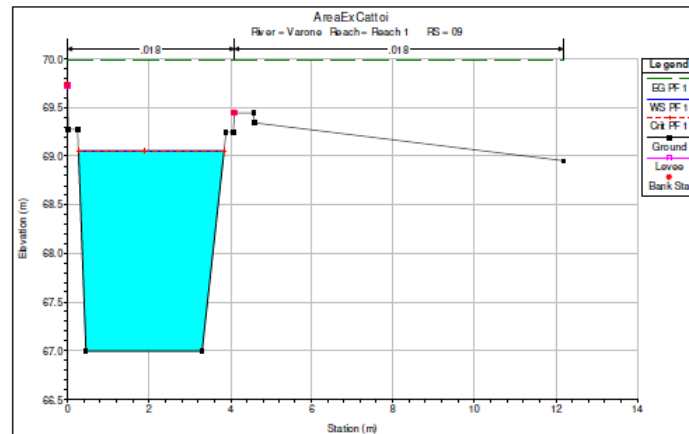


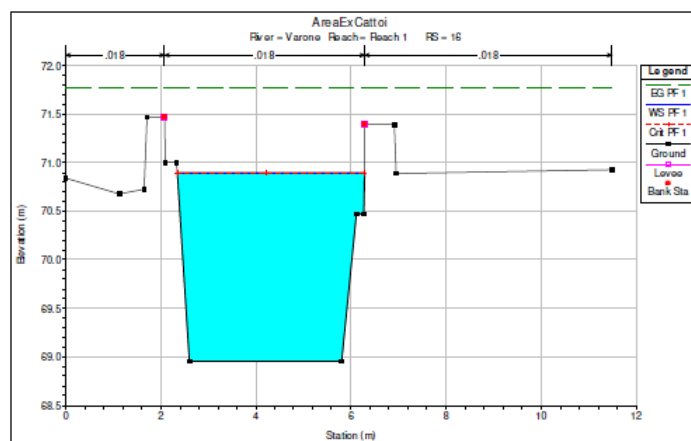
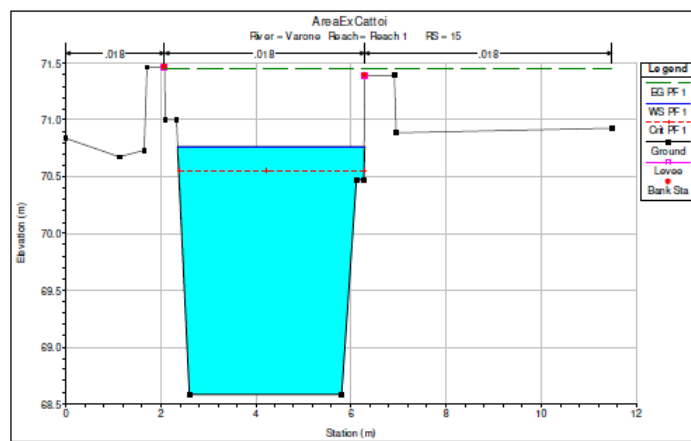
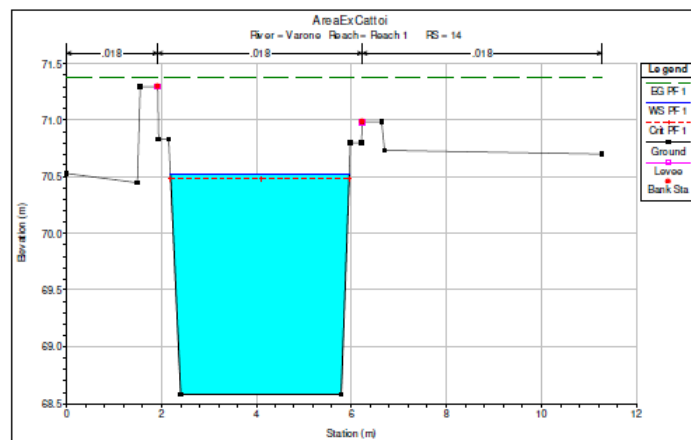
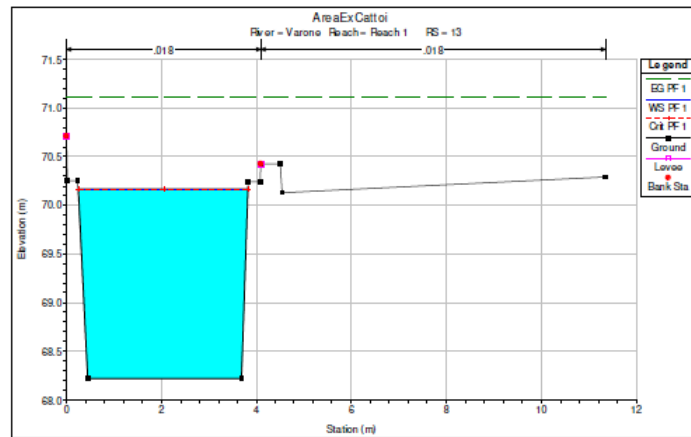


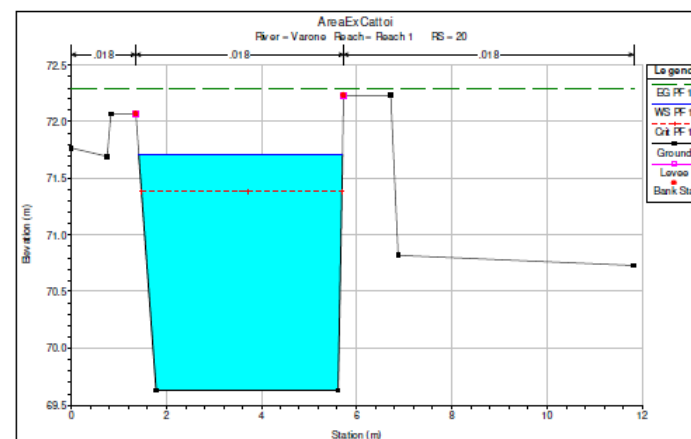
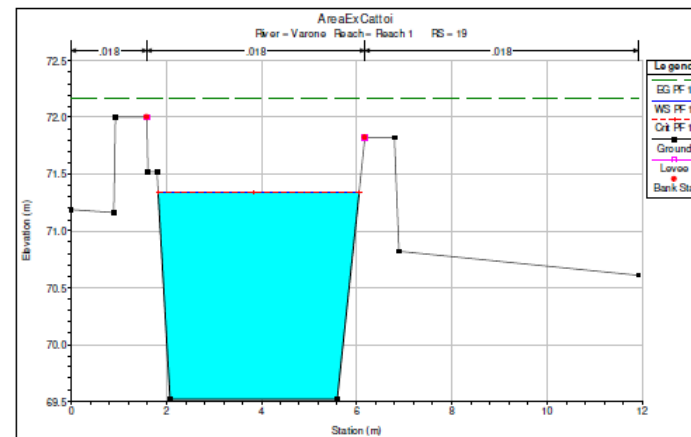
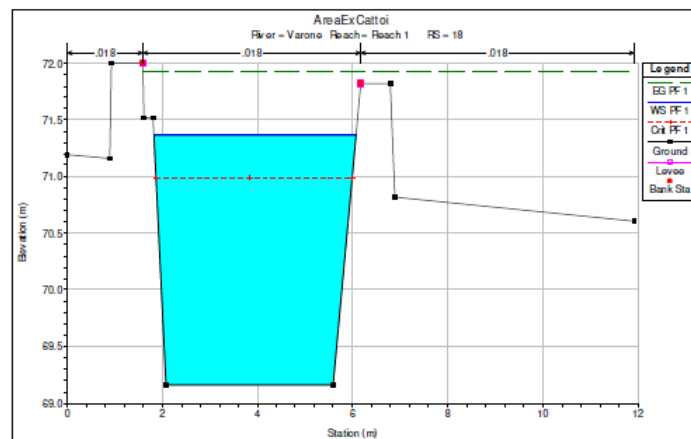
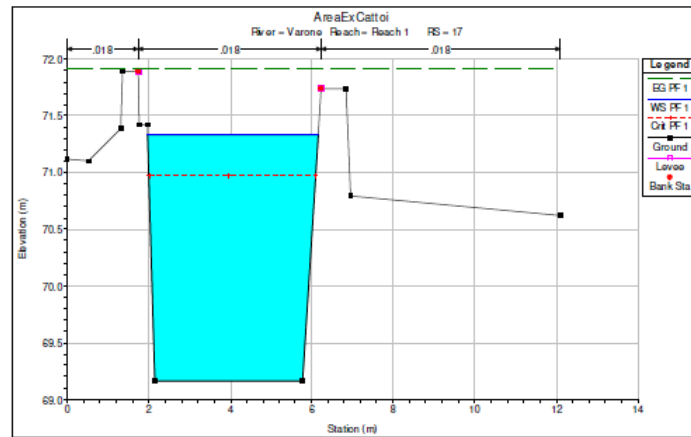
SEZIONI TRASVERSALI LUNGO IL TRATTO DI TORRENTE VARONE
(numerazione progressiva da valle verso monte)

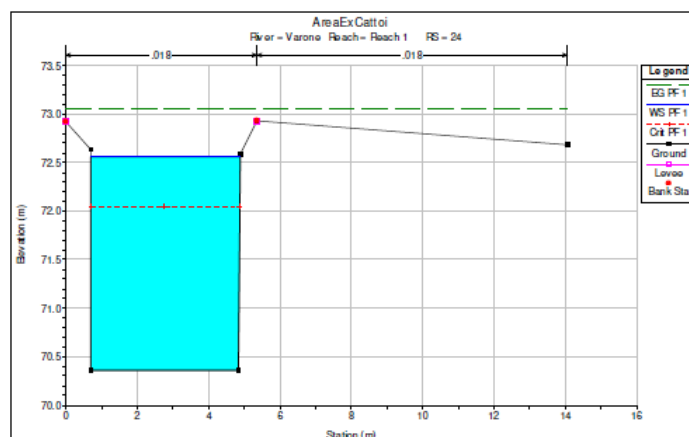
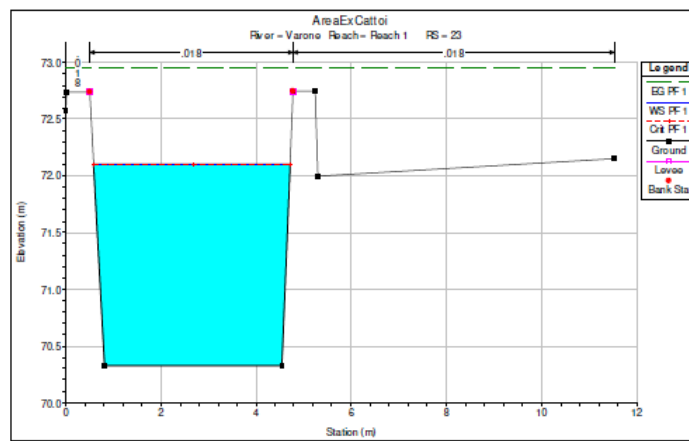
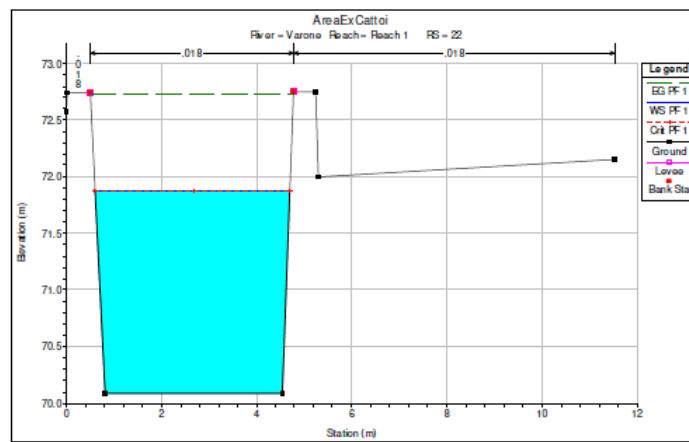
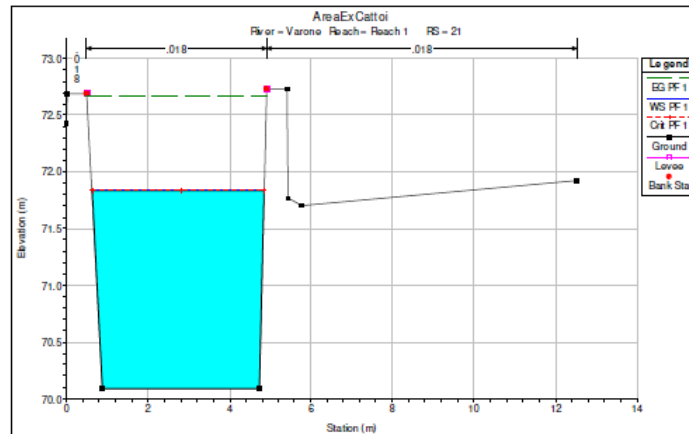


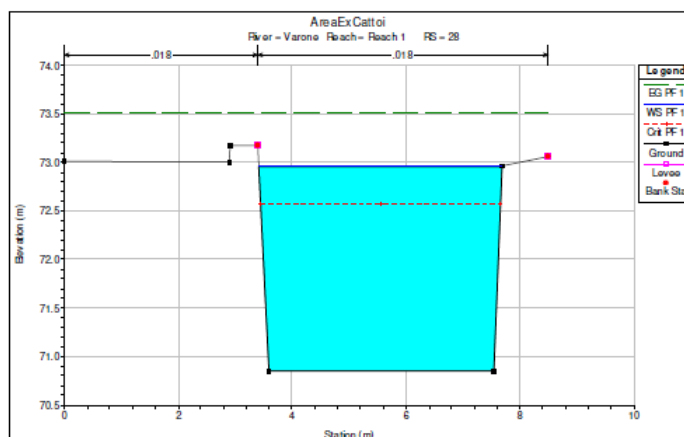
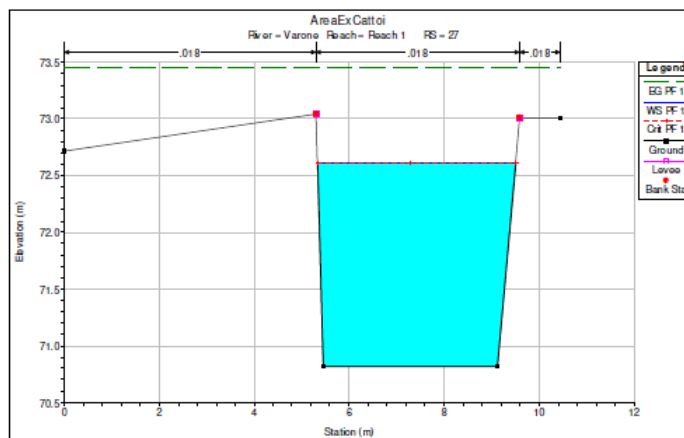
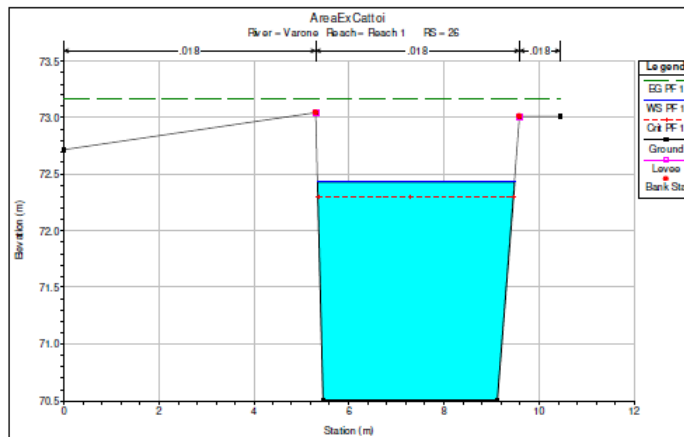
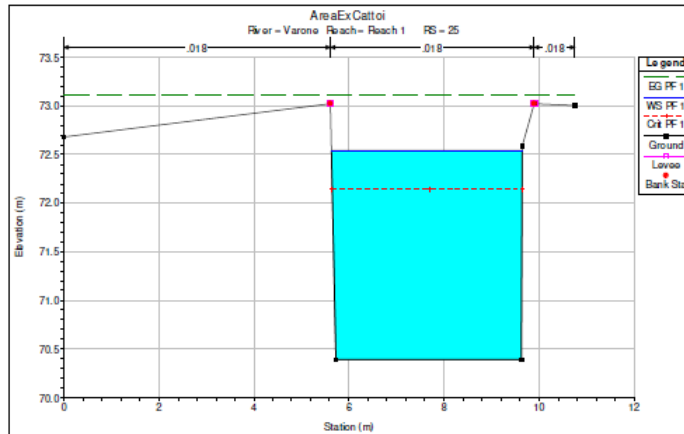


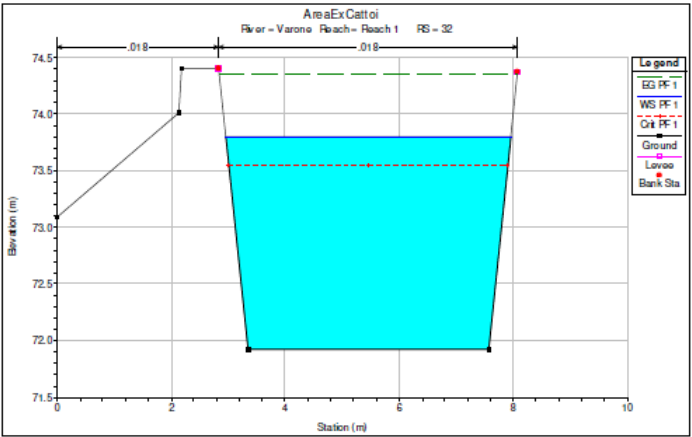
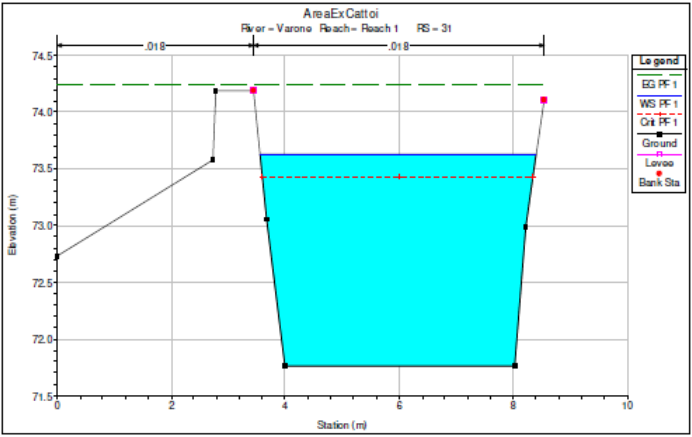
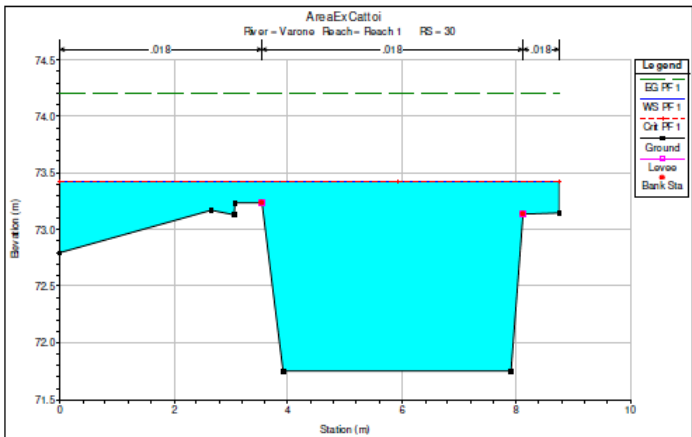
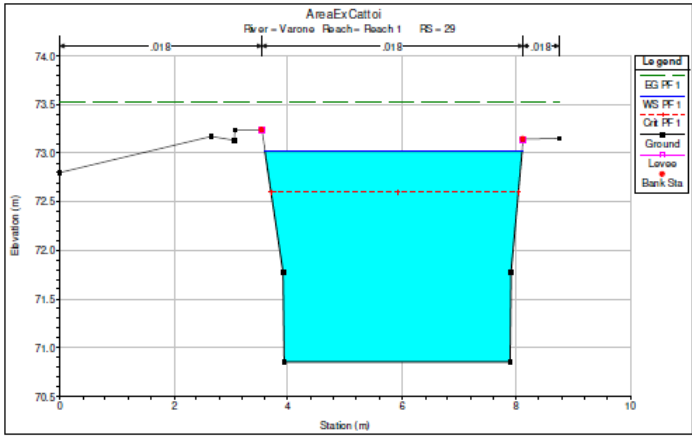


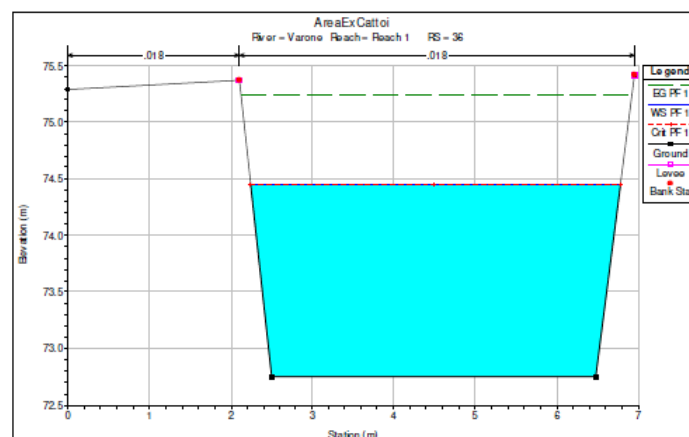
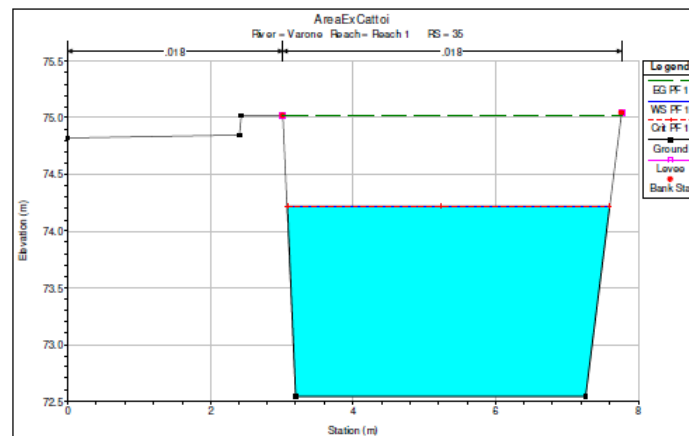
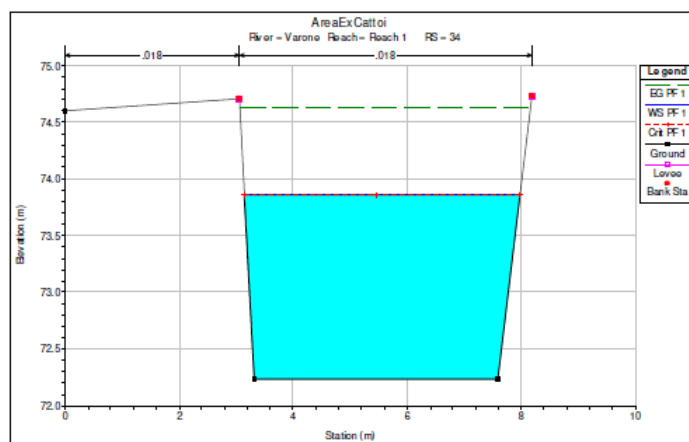
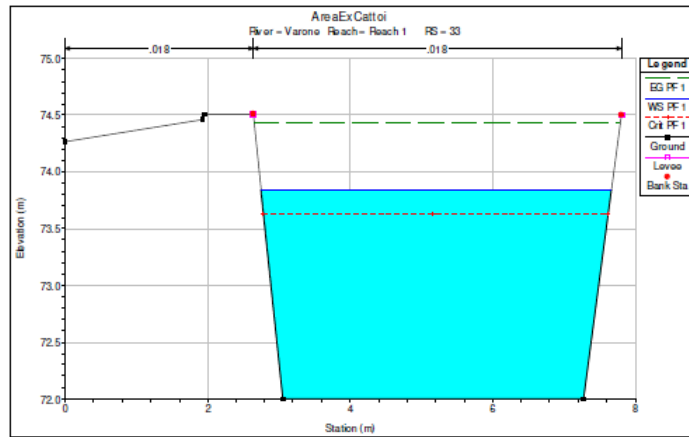


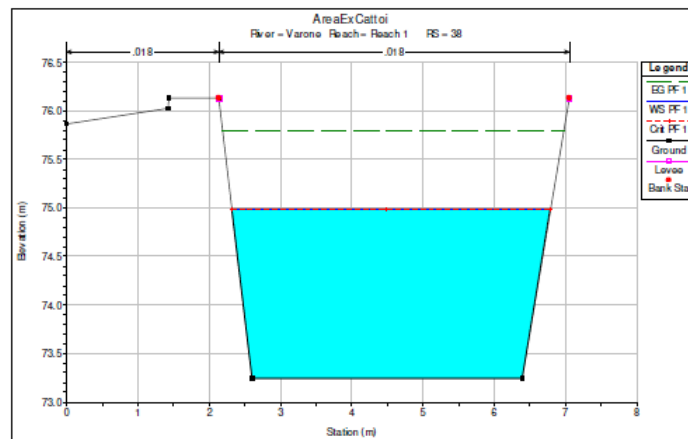
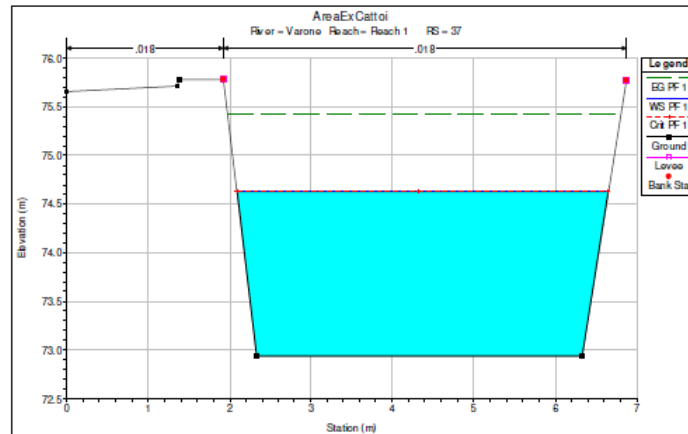












4.1.2 RIO GALANZANA

Per quanto riguarda l'interferenza con il **Rio Galanzana**, si ribadisce che il corso d'acqua corre, nella zona della variante, completamente intubato. Di esso è evidente l'ingresso poco prima dell'attraversamento di Viale Rovereto mentre non si è riusciti in questa fase a identificare con precisione il punto di uscita a lago e le condizioni della tubatura. La parte visibile tra la cartiera e Viale Rovereto presenta un alveo con buone capacità di deflusso come dimostra la situazione a inizio giugno, in corrispondenza di un periodo di intense precipitazioni e quindi di portate rilevanti. In ogni caso non si hanno notizie di episodi esondativi del corso d'acqua in corrispondenza della zona in esame.



4.1.3 LAGO DI GARDA

L'andamento del livello del *Lago di Garda* è, come detto in precedenza, regolato dalla gestione dei deflussi a Salionze e dai dati ufficiali, nel periodo successivo al 1950, il valore massimo raggiunto è stato di + 149 cm dallo zero idrometrico. Si tratta di una quota che non comporta alcun problema per la fascia lago in esame nel suo complesso (vedi ad esempio la foto con pista pedonale che si ubica distante e a quote superiori al valore massimo).



4.1.4 FALDA FREATICA

Importante in zona è l'interferenza/gestione delle acque bianche. Visto l'andamento freatico con la presenza di un corpo acquifero notevole a quote molto prossime al piano campagna e per non apportare ulteriori aggravii alla rete delle acque bianche, è opportuno impermeabilizzare il meno possibile il suolo e quindi utilizzare manti porosi (la pavimentazione permeabile immagazzina l'eccesso di precipitazione sotto la superficie e lo rilascia ad una velocità controllata, o consente una lenta infiltrazione nello strato sotterraneo) e se possibile, mantenere e incrementare le superfici verdi e alberate (anche attraverso coperture a "tetto verde").

Una porzione di quest'area è fortemente urbanizzata con edifici molto vicini, che si affacciano a piccole vie di accesso al lago perpendicolari a V.le Rovereto (vedi foto), in cui è posto il collettore delle acque bianche che spesso fatica a supportare il carico durante le piogge intense.

Il deflusso urbano non dipende solo dall'intensità degli eventi piovosi, ma anche dal grado di permeabilità del suolo e dalle capacità della rete fognaria. Negli ambienti naturali le acque meteoriche vengono dilavate e filtrate lentamente da e attraverso il suolo; nell'ambiente urbano, le superfici impermeabili ostacolano il naturale fenomeno di infiltrazione delle acque e causano un rapido deflusso verso i sistemi recettori finali. In caso di precipitazioni estreme il deflusso eccessivo e la limitata capacità dei recettori possono causare un allagamento temporaneo degli spazi urbani. A causa dei cambiamenti climatici si prevede che gli eventi estremi aumenteranno d'intensità e frequenza esercitando pressione aggiuntiva sui sistemi di drenaggio urbano ed esacerbando la loro inefficienza. Con questa tendenza, l'approccio oggi prevalente può rivelarsi sovente inadeguato (straripamento dei collettori). L'adattamento dei sistemi attuali per adeguarli ai picchi di portata viene spesso considerato una pratica insostenibile dal punto di vista degli investimenti. Tuttavia i benefici di un'inversione di tendenza porteranno alla riduzione complessiva della vulnerabilità delle aree urbane alle inondazioni e la riduzione di malfunzionamenti, inefficienze e interruzioni dei servizi anche in caso di eventi di entità rilevanti. Le misure di adattamento offrono inoltre importanti co-benefici di mitigazione dato che tutte le misure comprensive di vegetazione, contribuiscono all'assorbimento di CO₂: migliorare gli spazi verdi offre habitat per le specie urbane e nuovi spazi per attività ricreative. Le aree verdi possono anche contribuire a ridurre l'inquinamento dell'aria, limitare l'effetto "isola di calore urbana" e altri effetti dei cambiamenti climatici sulla salute.

E' bene quindi, in fase di ripianificazione, mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari di mitigazione.



4.2 MISURE DI MITIGAZIONE

Premessa

Lo studio di compatibilità e la relazione tecnica di compatibilità, previsti nel capo IV delle norme di attuazione del PUP, hanno la medesima finalità; assicurano in particolare l'analisi dettagliata, con le precisazioni di seguito indicate, delle condizioni di pericolosità a cui risultano esposte le previsioni o gli interventi di cui si propone la realizzazione, definendo anche gli accorgimenti costruttivi e di utilizzo, funzionali a rendere compatibili le previsioni urbanistiche o gli interventi edilizi medesimi rispetto al contesto esaminato.

Come indicato al capitolo 2 (paragrafo 2.2) del documento *“Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità”*, le intensità dei vari fenomeni variano in funzione della distribuzione spaziale e delle modalità di propagazione degli stessi, che a loro volta sono fortemente condizionate dalla morfologia del territorio e dalla presenza delle opere di difesa e prevenzione; particolare attenzione deve essere rivolta alla funzionalità di tali opere ed alla modellazione del terreno in quanto possono determinare effetti di dissipazione, di contenimento, di deviazione o trasferimento della pericolosità.

Lo studio di compatibilità e la relazione tecnica di compatibilità sono parte integrante e sostanziale del piano regolatore ed hanno contemplato, con riferimento al contesto, in maniera pertinente e commisurata alla rilevanza ed entità e alle caratteristiche costruttive e funzionali della previsione urbanistica, i seguenti elementi :

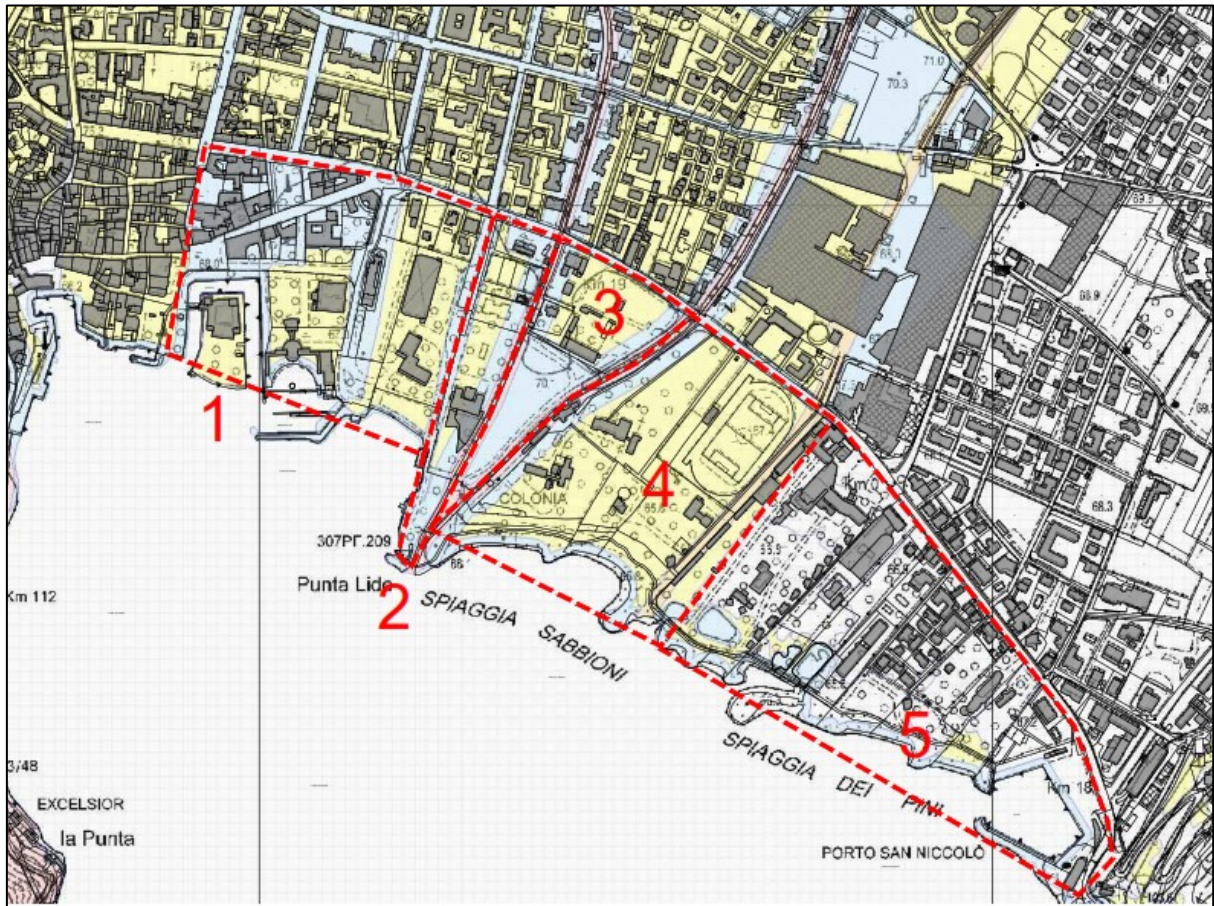
- individuazione dei fenomeni attesi distinti secondo le categorie e tipologie riportate nelle carte della pericolosità;
- nel caso vi sia concomitanza di più fenomeni, è stato approfondito l'ordine di importanza e relazione tra gli stessi e in particolare quale sia il fenomeno prevalente;
- analisi della pericolosità mediante la definizione dell'intensità e della probabilità di ogni tipologia di fenomeno;

- descrizione dei massimi effetti prevedibili causati dai fenomeni;
- definizione della vulnerabilità e dell'eventuale incremento del carico insediativo esposto a pericolo, rispetto a quanto si intende realizzare in relazione agli effetti prevedibili causati dai fenomeni;
- descrizione delle misure di mitigazione di tipo strutturale e delle misure di sicurezza di tipo non strutturale (piani di evacuazione, limitazione utilizzi e accorgimenti d'uso, monitoraggi, ecc.), ivi compresa la verifica degli effetti indiretti determinati dalle opere, e misure sul contesto di riferimento;
- definizione della sequenza di realizzazione delle opere di mitigazione funzionali alla realizzazione degli interventi progettuali previsti;
- conclusioni dello studio in ordine alla compatibilità dell'intervento e dettagliata descrizione di tutti gli elementi ai quali è subordinata tale compatibilità, finalizzata anche alla attestazione di eventuale declassamento.

I contenuti dello studio di compatibilità e della relazione tecnica di compatibilità assicurano la rispondenza alle presenti disposizioni. I medesimi studi e relazioni non sostituiscono ma integrano le relazioni e le verifiche tecniche di tipo geologico, geotecnico, idraulico e sismico richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Suddivisione in aree

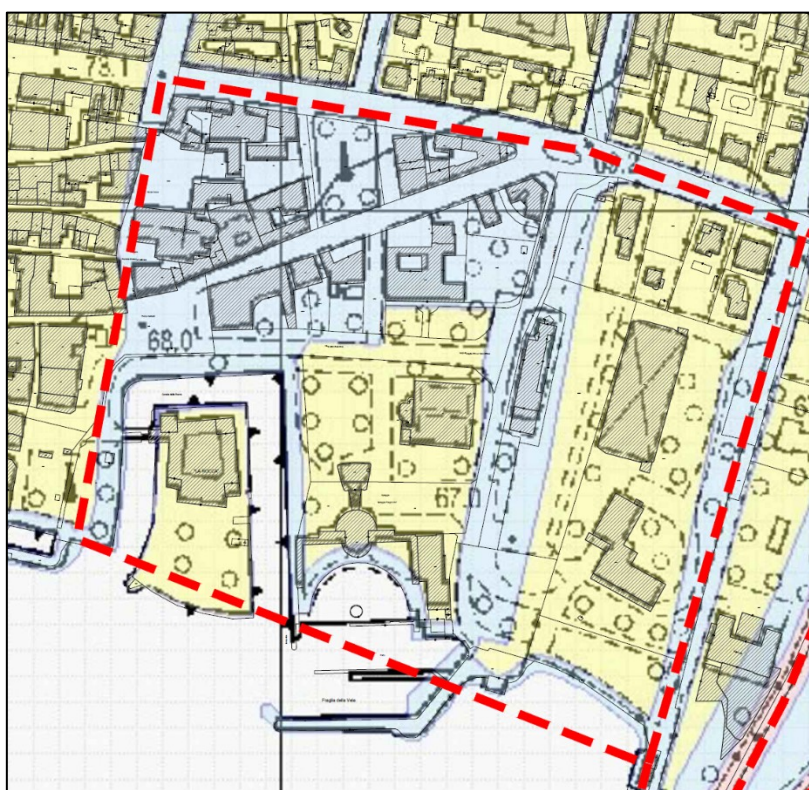
La fascia lago soggetta al presente studio di compatibilità è stata suddivisa in 5 zone, all'interno delle quali si ravvisano condizioni di omogeneità. A partire da ovest :



1. Zona 1 : Rocca / Palacongressi
2. Zona 2 : Hotel Lido
3. Zona 3 : compendio ex Cattoi
4. Zona 4: Miralago / Spiaggia Sabbioni
5. Zona 5 : Spiaggia dei Pini

Zona 1 : Rocca / Palacongressi

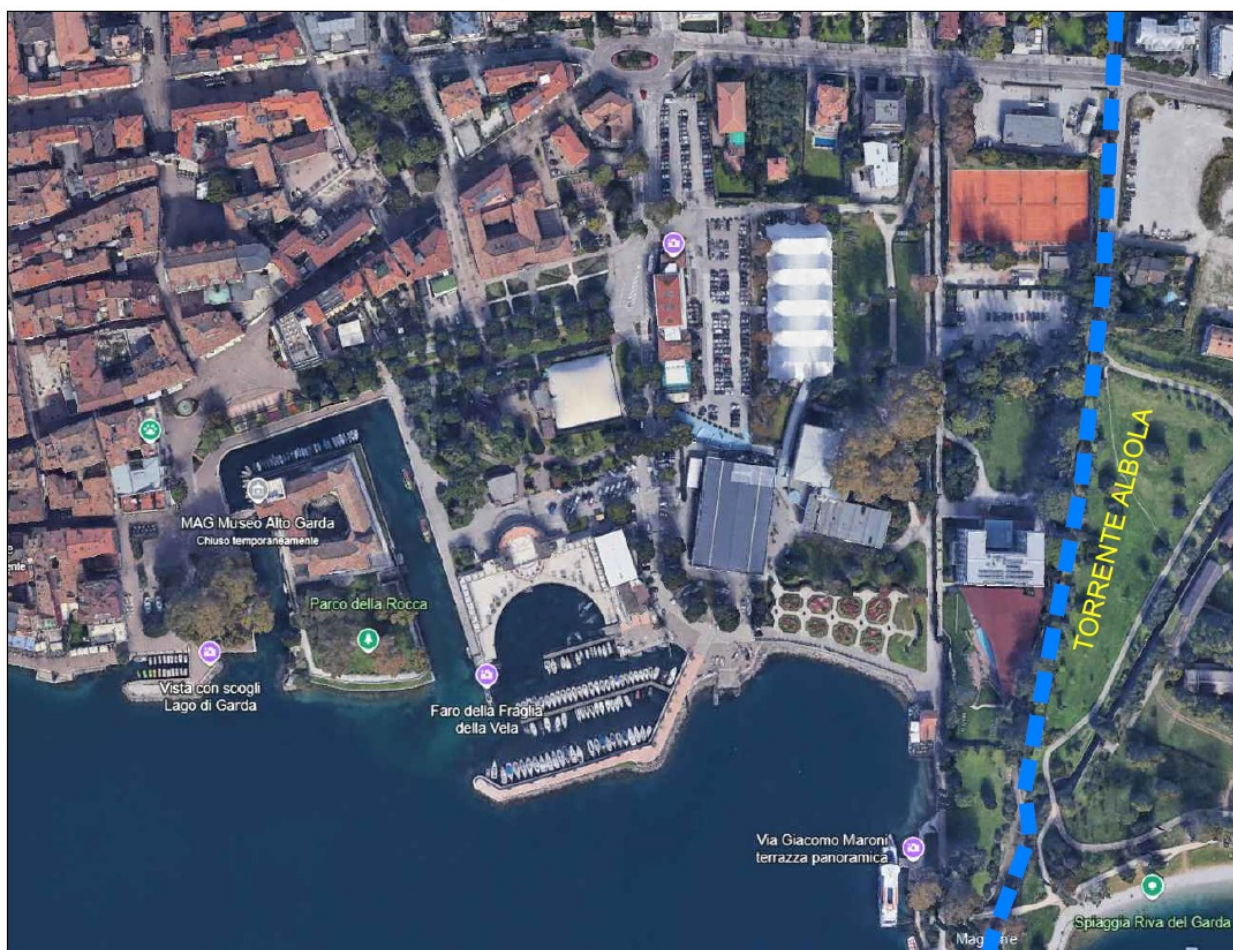
La CSP mostra, all'interno della zona 1, delle alternanze tra aree in categoria P2 e aree in categoria P3. È evidente che le aree P3 seguono il reticolo stradale, e che non hanno attinenza con l'idrografia della zona. Vista la vastità delle aree aperte e la presenza del lago (le cui stesse sponde sono peraltro interessate da una fascia lacuale di grado P3) posizionato sempre ad un livello più basso rispetto al piano stradale, è evidente che sono da attendersi tiranti di ordine centimetrico.

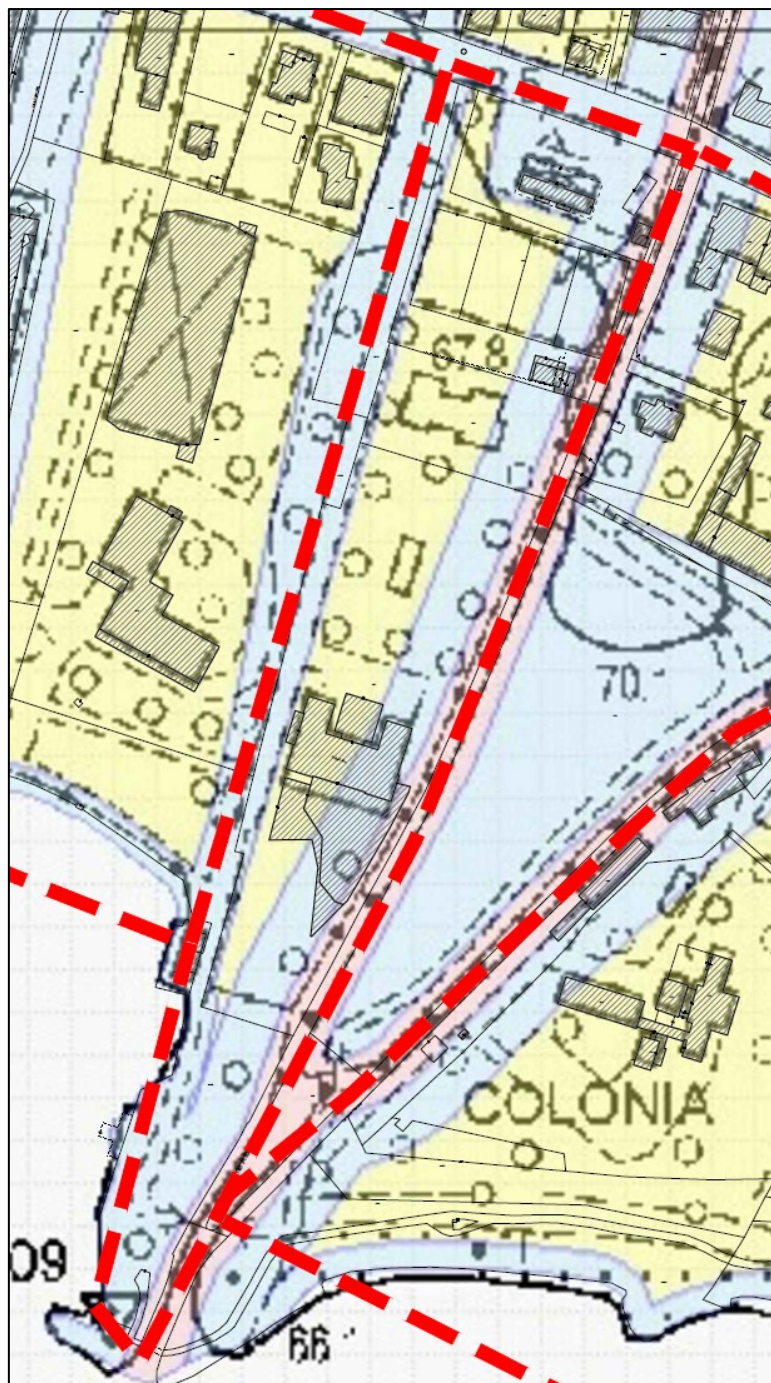


Questa considerazione è supportata dallo studio delle fotografie relative alle alluvioni storiche nell'area, che riportano tiranti di pochi centimetri nelle strade del centro.



Sulla zona 1 sono previste varianti che si limitano a prendere atto delle esistenti condizioni, quindi gli interventi progettuali connessi saranno soggetti alle disposizioni della Carta di Sintesi del Pericolo.



Zona 2 : Hotel Lido

La CSP mostra, all'interno della zona 2, una fascia in zona P4 relativa alle immediate adiacenze dell'argine destro del torrente Albola, all'interno della quale è vietato qualsiasi intervento edilizio. Via via che ci si allontana dall'alveo, il livello di pericolo passa a P3 e successivamente a P2. Le analisi idrauliche effettuate mostrano che il pericolo è causato da esondazioni che potrebbero interessare l'alveo in concomitanza di eventi con tempo di ritorno

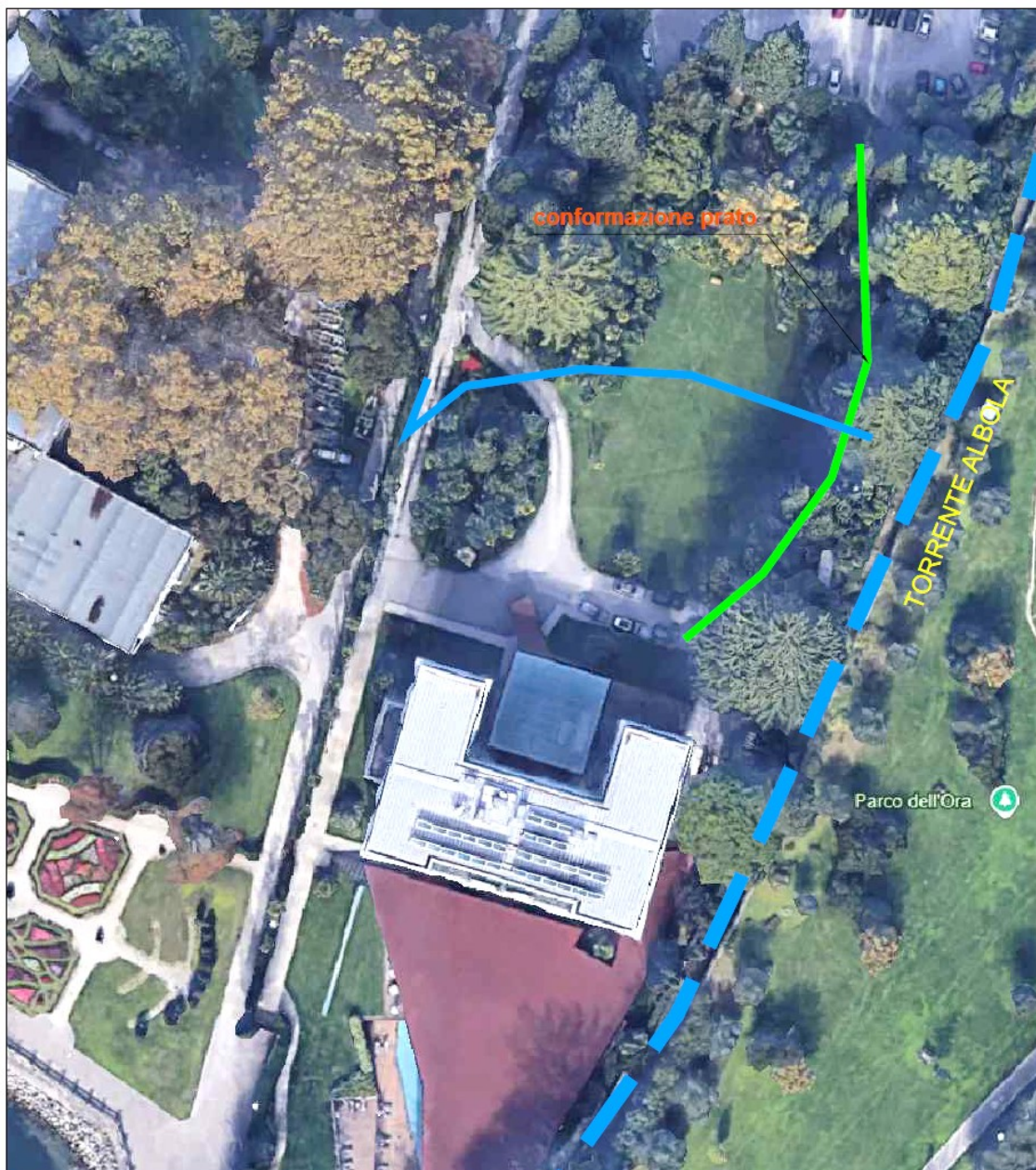
più che centenario ; tali esondazioni risultano causate da una insufficiente sezione idraulica, che potrebbe causare delle fuoriuscite quantificabili in alcuni metri cubi / secondo; tale volume di acqua sarebbe immediatamente disperso nelle vaste aree leggermente declinanti verso il lago, causando quindi tiranti residui di ordine centimetrico.

Su quest'area sono previsti anche interventi edilizi sul patrimonio esistente. L'analisi dell'assetto morfologico dell'area evidenzia situazioni distinte tra la zona nord (occupata da parcheggi anche interrati) e la zona centrale (occupata dall'Hotel Lido e dal suo parco).

Nella zona nord gli eventuali interventi di sistemazione di superficie dovranno essere compatibili con l'allontanamento gravitativo delle acque meteoriche e di eventuale deflusso dal torrente in direzione est-ovest ; questo allontanamento è già possibile per gravità, e andrà ulteriormente favorito prevedendo la realizzazione di un piccolo tomo in terra H 50 cm sul lato sud e di un muretto di contenimento H 30 cm sul lato nord, realizzati in direzione est- ovest



Nella zona centrale la naturale conformazione planialtimetrica del parco antistante l'hotel Lido consente già il naturale smaltimento delle acque meteoriche in direzione est ovest. Inoltre, il piano del prato è notevolmente più basso rispetto al pianterreno dell'hotel, quindi non si ravvisano profili di rischio legati direttamente alla presenza di deflussi di una certa consistenza diretti verso la struttura.



Le prescrizioni in questo caso sono quindi legate ad attenzioni costruttive e localizzative che, nel caso di realizzazione di nuove strutture, si possono concretizzare come segue :

prescrizioni costruttive

- Le bocche di lupo dei garage interrati siano realizzate lievemente rialzate rispetto al piano di campagna circostante in modo da impedire l'entrata di acqua da esse;
- Le rampe e le scale di accesso ai piani interrati siano realizzate il più lontano possibile dall'alveo, e nelle zone marginali rispetto alla depressione centrale dell'area;
- In caso di nuove edificazioni fuori terra, le porte-finestre a piano terra siano ridotte al minimo indispensabile per garantire i sufficienti rapporti illuminotecnici e siano provviste di uno zocchetto alla base per favorire il deflusso all'esterno dell'edificio;
- le recinzioni di confine siano dotate di muretti continui di altezza minima pari a 30 cm, che fungano da arginelli in caso di presenza di acqua corrente fuoriuscita dall'alveo.

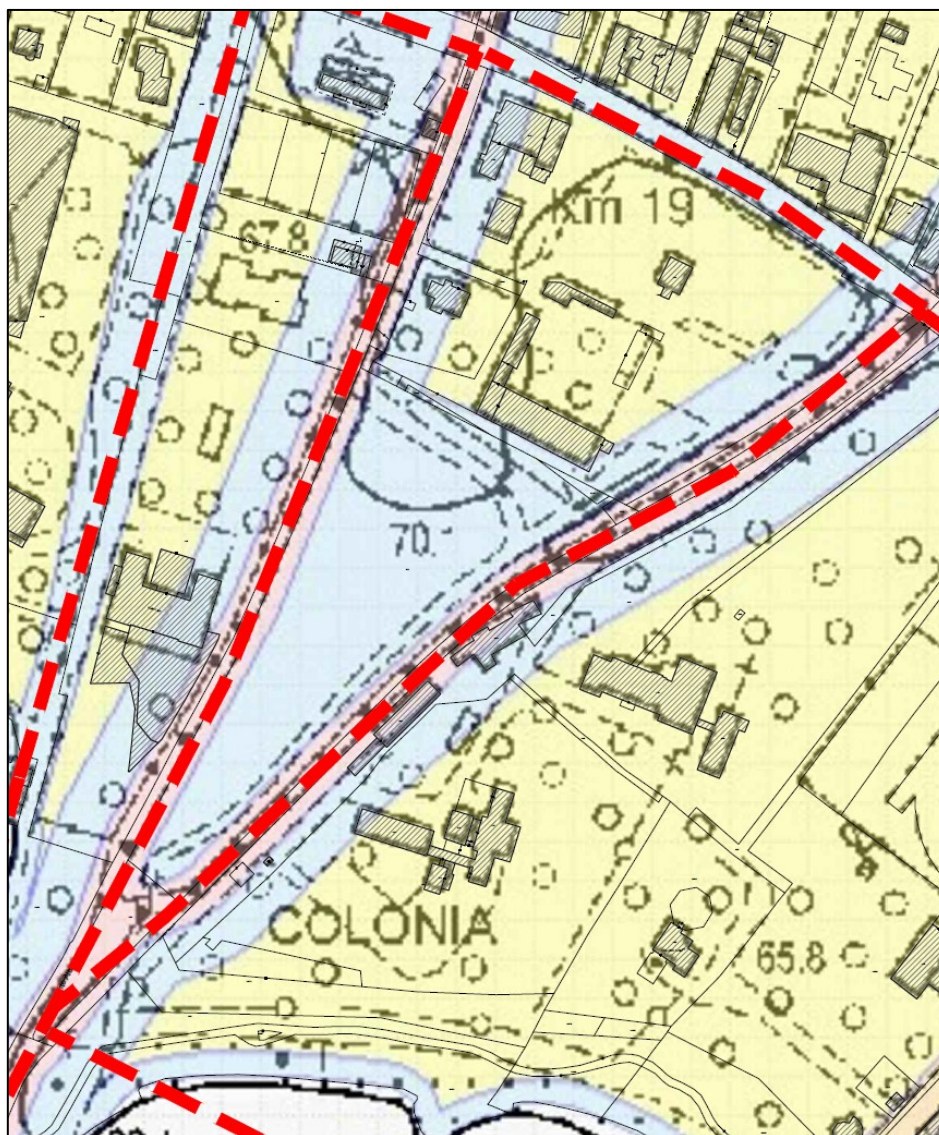
prescrizioni localizzative

- ferme restando le prescrizioni previste dalla CSP, vanno privilegiate localizzazioni rialzate rispetto ai punti più depressi dell'area ;
- sono vietate modifiche morfologiche dell'area parco tali da favorire il ristagno delle acque o il loro convogliamento verso l'area edificata

prescrizioni gestionali

- inibire l'accesso alle zone arginali in caso di eventi di piena;
- mantenere monitorate le condizioni di carattere idraulico e strutturale dell'alveo, provvedendo ad informare immediatamente gli enti gestori in caso si rilevino ammaloramenti delle strutture o intasamenti al naturale deflusso delle acque.

Zona 3 : compendio ex Cattoi



Il compendio ex Cattoi risulta racchiuso a est dal torrente Varone e a ovest dal torrente Albola, in posizione leggermente depressa – almeno nella parte nord – rispetto agli argini degli alvei stessi

La CSP mostra, all'interno della zona 3, una fascia in zona P4 relativa alle immediate adiacenze degli argini dei due torrenti; all'interno di esse quale è vietato qualsiasi intervento edilizio. Via via che ci si allontana dall'alveo, il livello di pericolo passa a P3 e successivamente a P2.

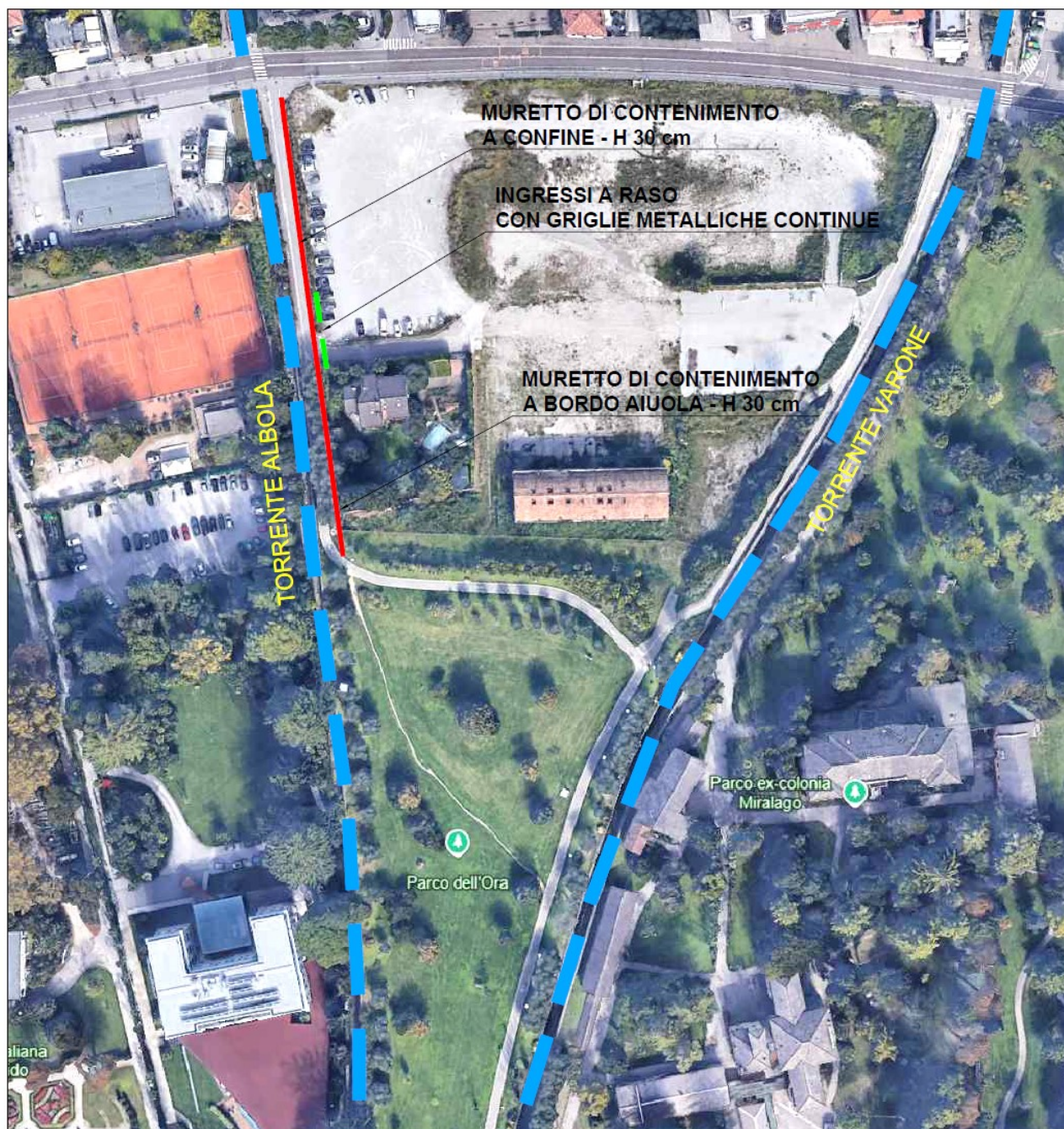
Le analisi idrauliche effettuate mostrano che il pericolo è causato da esondazioni che potrebbero interessare l'alveo del torrente Albola in concomitanza di eventi con tempo di ritorno più che centenario ; tali esondazioni risultano causate da una insufficiente sezione idraulica, che potrebbe causare delle fuoriuscite quantificabili in alcuni metri cubi / secondo; tale volume di acqua sarebbe immediatamente disperso nella vasta aree leggermente depressa e declinante verso il lago, causando quindi tiranti residui di ordine centimetrico.

Le risultanze dello studio idraulico mostrano che il torrente Varone si mantiene all'interno degli argini anche in concomitanza con eventi di piena bicentenari; quindi, non rappresenta una fonte di pericolo anche in caso di piogge estreme.

Su quest'area, indicata in figura con il numero 3, sono previsti interventi di nuove realizzazioni. L'analisi dell'assetto morfologico dell'area evidenzia situazioni distinte tra la zona nord (nota come "ex area Cattoi", e contigua ad una abitazione privata) e la zona sud (occupata dal Parco dell'Ora).

Nella zona nord gli interventi di nuova realizzazione dovranno essere compatibili con l'indirizzamento gravitativo in direzione nord-sud delle acque meteoriche e di eventuale deflusso dal torrente ; questo allontanamento, già possibile per gravità, e andrà ulteriormente favorito prevedendo la realizzazione di un muretto di contenimento H 30 cm sul lato ovest della proprietà.

Sarà cura dell'ente pubblico sistemare l'aiuola a confine con l'edificio esistente, realizzando un muretto di contenimento di altezza H 30 cm, in modo da garantire la continuità di deflusso in direzione nord-sud.



Gli accessi alle proprietà ed alla strada di accesso all'edificio esistente saranno garantiti e presidiati da griglie metalliche che scaricheranno a loro volta le acque ivi convogliate nella rete comunale o in vasche di dispersione opportunamente dimensionate.

Per quanto riguarda il Parco dell'Ora, non si ravvisa la necessità di realizzare interventi finalizzati alla mitigazione del rischio connesso con esondazioni del torrente Albola. Anche le analisi idrauliche condotte sul torrente Varone, che chiude a est il parco, non hanno evidenziato rischi connessi a potenziali fenomeni esondativi.

Le prescrizioni anche in questo caso sono legate ad attenzioni costruttive e localizzative che si possono concretizzare come segue :

prescrizioni costruttive

- Le bocche di lupo dei garage interrati siano realizzate lievemente rialzate rispetto al piano di campagna circostante in modo da impedire l'entrata di acqua da esse;
- le rampe e le scale di accesso ai piani interrati siano realizzate il più lontano possibile dall'alveo; in particolare, le rampe dovranno avere direzione diversa da nord-sud, in modo da non favorire l'ingresso di acqua proveniente da monte;
- le porte-finestre a piano terra siano provviste di uno zocchetto almeno 10 cm rispetto al prato circostante, in modo da scongiurare possibili allagamenti dei locali a piano terra. Contestualmente, siano ridotte il più possibile le aperture di grandi dimensioni ;
- le recinzioni di confine siano dotate di muretti continui di altezza minima pari a 30 cm, che fungano da arginelli in caso di presenza di acqua corrente fuoriuscita dall'alveo;
- le griglie necessarie per garantire l'accesso ai mezzi siano collegate o alla rete di fognatura comunale o a un sistema di drenaggio realizzato con pozzi o trincee drenanti. In ultima istanza è consentito l'utilizzo di sistemi di pompaggio collegati a serbatoi di accumulo;
- evitare di realizzare locali abitabili o depositi di materiali potenzialmente pericolosi (carburanti ecc) negli interrati.

prescrizioni localizzative

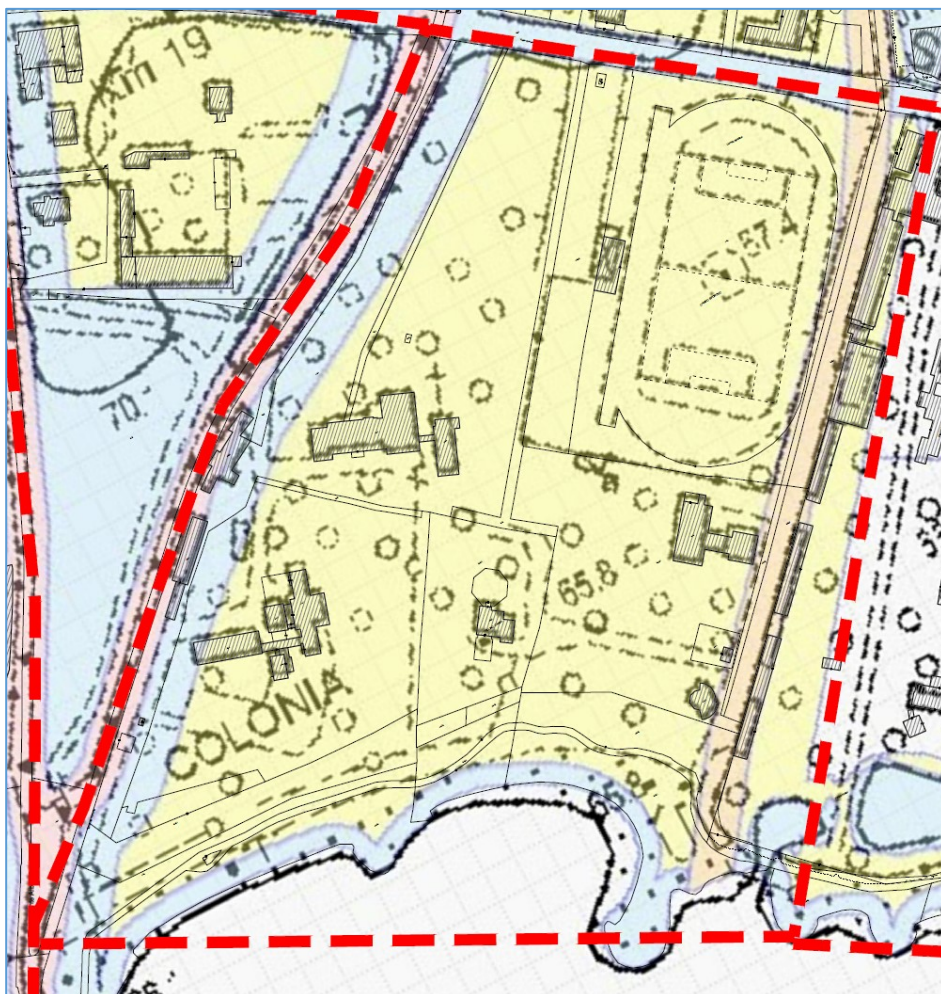
- ferme restando le prescrizioni previste dalla CSP, vanno privilegiate localizzazioni rialzate rispetto ai punti più depressi dell'area ;
- per quanto riguarda l'area del parco, vanno favorite rimodellazioni morfologiche che consentano un rapido deflusso a lago delle acque accumulate in sito. In alternativa, valutare la realizzazione di un'area leggermente depressa rispetto al piano circostante in modo da generare una sorta di bacino di accumulo dei deflussi che dovessero provenire da monte.

prescrizioni gestionali

- prevedere, nei regolamenti condominiali, la manutenzione ordinaria e straordinaria delle griglie a raso;
- prevedere, nei piani di emergenza comunali, l'apporto di presidi (p.e. sacchetti di sabbia) tali da impedire l'allagamento dei piani interrati in caso di insufficiente funzionamento delle griglie di deflusso. I sacchetti di sabbia andranno disposti in modo da ripristinare la continuità idraulica del controargine definito dai muretti descritti sopra;
- inibire l'accesso ai locali interrati in caso di eventi di piena;
- mantenere monitorate le condizioni di carattere idraulico e strutturale dell'alveo, provvedendo ad informare immediatamente gli enti gestori in caso si rilevino ammaloramenti delle strutture o intasamenti al naturale deflusso delle acque.

Zona 4 :

Miralago / Spiaggia Sabbioni

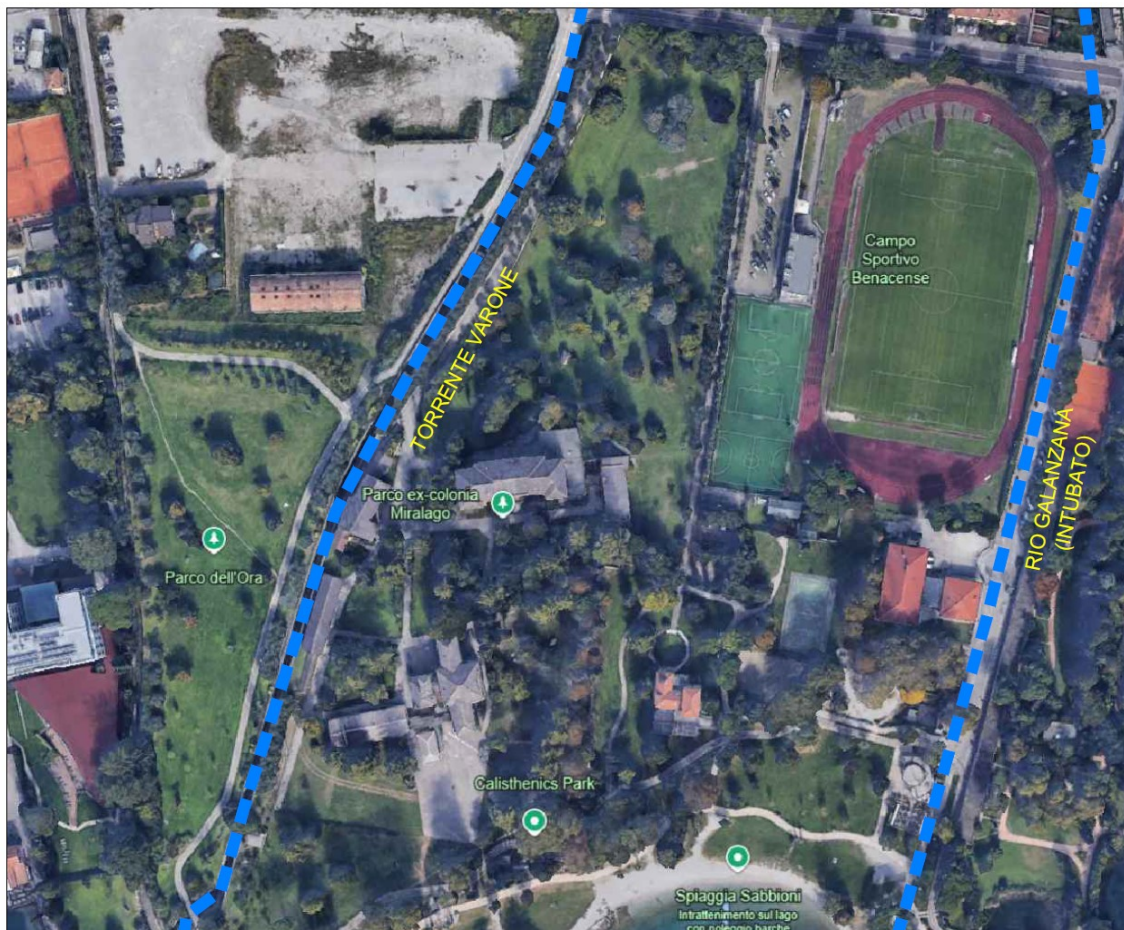


La zona 4 risulta racchiuso a est dal rio Galanzana – che corre intubato al di sotto della strada di accesso alla spiaggia Sabbioni – e a ovest dal torrente Varone. L’area degrada dolcemente verso la spiaggia e il sottostante lago.

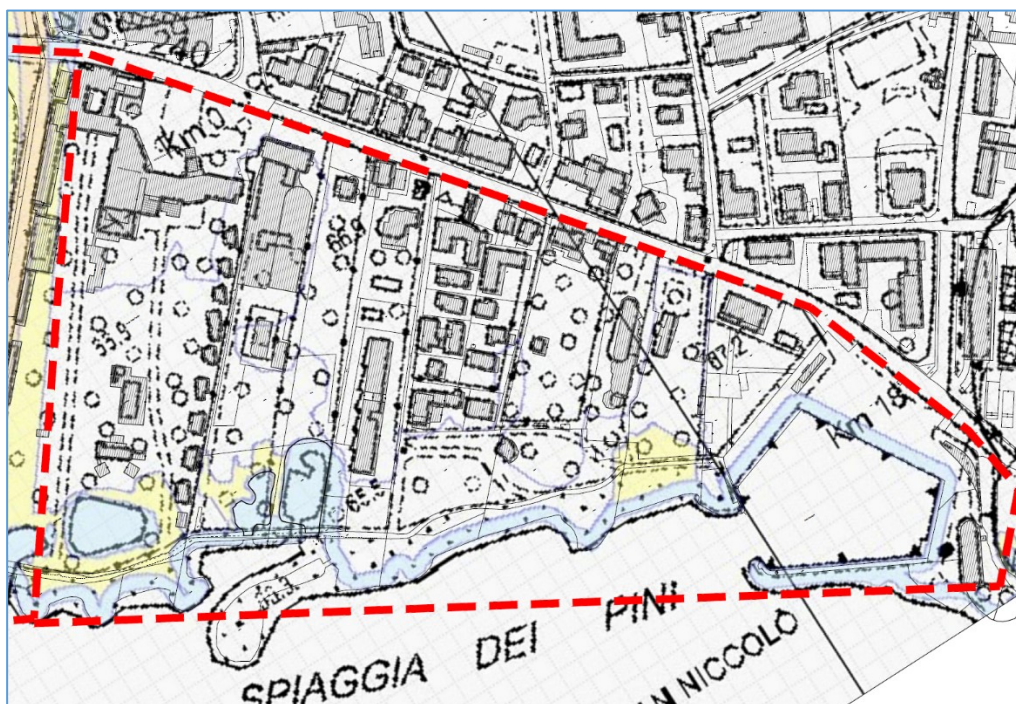
La CSP mostra, all’interno della zona 4, una fascia in zona P4 relativa alle immediate adiacenze dell’argine sinistro del torrente Varone; all’interno di essa quale è vietato qualsiasi intervento edilizio. Via via che ci si sposta verso est, il livello di pericolo passa a P3 e successivamente a P2, per poi diventare un’area “APP” in corrispondenza con la posizione del rio Galanzana.

Le analisi idrauliche effettuate non mostrano pericoli legati a fenomeni idraulici, né dovuti alla possibile esondazione del Varone e del Galanzana, né dovuti a possibili eccessivi sovralti del lago.

Su quest'area, vista la natura delle varianti e le evidenze idrauliche, gli interventi eventuali dovranno rispettare le norme generali previste dalla Carta di Sintesi del Pericolo.

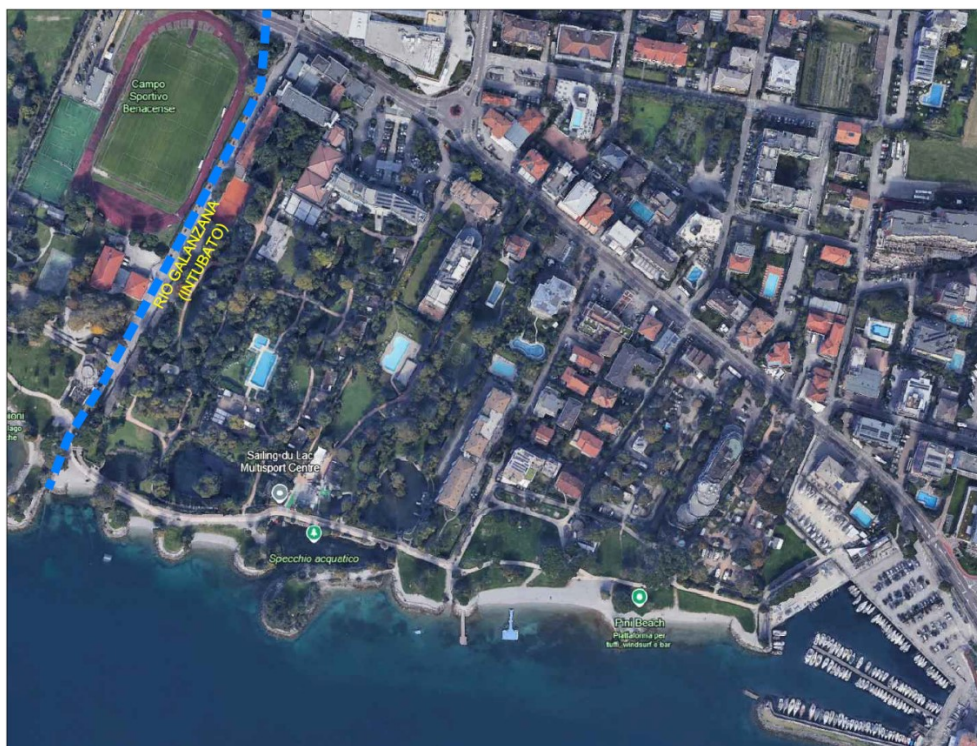


Zona 5 : Spiaggia dei Pini



La CSP mostra, all'interno della zona 5, una situazione di assenza di zone di pericolo, con l'eccezione della fascia immediatamente prospiciente al lago, segnalata con pericolosità P3 legata a possibili fenomeni di innalzamento del livello del lago.

Su quest'area, essendo previste solo iniziative sul patrimonio edilizio esistente, eventuali interventi dovranno rispettare le norme generali previste dalla Carta di Sintesi del Pericolo.



5. CONCLUSIONI

In termini generali, lo studio di compatibilità ha permesso di rilevare i seguenti punti :

- i fenomeni attesi sono tutti legati ad aspetti idraulici collegati con eventi meteorologici estremi; una piena con tempo di ritorno importante è ampiamente prevedibile dai moderni sistemi di allerta meteo, ed ha – nel caso in esame - uno sviluppo temporale tale da consentire un’operatività compatibile con gli interventi previsti a piano. Non si rilevano, in altre parole, caratteristiche di repentinità che potrebbero inficiare gli eventuali interventi gestionali, quali la posa di sacchetti di sabbia in prossimità delle griglie o delle rampe degli interrati, o l’attivazione di sistemi di pompaggio.
- Sono da ritenersi in carico all’Amministrazione Locale (Comune o VVFF) le misure gestionali per interdire l’accesso ai parchi e alle aree pubbliche in fascia rossa in caso di eventi critici.
- Deve essere cura dell’Amministrazione Locale individuare, nei propri piani di gestione, i soggetti deputati alla gestione delle emergenze in concomitanza con le allerte meteo provinciali di grado rosso o arancione.
- Parimenti, deve essere cura dell’Amministrazione Locale provvedere al monitoraggio dello stato dei corsi d’acqua e la successiva comunicazione all’ente gestore e/o proprietario di eventuali criticità o emergenze
- Gli interventi illustrati non hanno ripercussioni peggiorative su aree limitrofe o confinanti, in quanto prevede il solo reindirizzamento del deflusso idraulico lungo una sorta di “alveo parallelo” agli argini, e un suo deflusso indisturbato verso aree destinate a parco, molto estese e defluenti a loro volta verso il lago.
- la realizzazione di un qualsiasi manufatto all’interno della fascia di rispetto dei 10 m rispetto al bordo esterno del muro arginale dovrà

essere necessariamente autorizzato dal competente Servizio Bacini Montani della PAT.

- Infine, spetta ai progettisti redattori dei singoli progetti sulle varie aree l'onere di recepire nei propri studi di compatibilità tutte le indicazioni sopra descritte, e dettagliarle ed approfondirle sulla base delle iniziative progettuali presentate.

Il presente *STUDIO DI COMPATIBILITÀ PRELIMINARE* viene redatto su incarico del *COMUNE DI RIVA DEL GARDA* ed è riferito alla valutazione complessiva della fascia lago rispetto alla CSP, in fase di pianificazione della variante urbanistica.

Si vuole sottolineare a tale proposito che, eccezion fatta per l'area ex Cattoi (per cui è comunque prevista una riduzione delle edificazioni già contenute nel PFG17 - Piano Cecchetto), tutti gli interventi immaginati nella zona della fascia lago dalla variante in esame, sono di mantenimento della situazione attuale o di riduzione del carico strutturale/antropico (riduzione dei parcheggi Campo calcio e Porto S. Nicolò e dei volumi nel compendio ex Colonia Miralago).

Sulla base di quanto contenuto nei precedenti paragrafi si esprime la compatibilità preliminare tra la situazione locale di pericolo individuata e la pianificazione proposta. Essa è naturalmente subordinata alla puntuale e corretta realizzazione delle opere di mitigazione indicate nella presente e di quelle derivanti dagli studi puntuali e di adeguato livello necessari per i singoli interventi.

Arco, marzo 2025



ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGENKAMMER
AUT. MIN. 10/10/2010
N° 88
EMANUELA CRETTI

dott. geol. Emanuela Cretti