

REGIONE AUTONOMA DELLA VALLE D'AOSTA
REGION AUTONOME DE LA VALLEE D'AOSTE



COMUNE DI

COMMUNE DE

VILLENEUVE

VERIFICA IDRAULICA E ANALISI DEL RISCHIO
CONNESSO CON LE DINAMICHE DELLA DORA BALTEA
IN LOCALITA' CHAVONNE NEL COMUNE DI
VILLENEUVE

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VILLENEUVE

PROGETTAZIONE: Dott. Ing. Germain BAL
Corso Lancieri di Aosta n. 4/F - AOSTA -
Tel. 0165/45788



Data:

Gennaio 2025

Revisione:

1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Villeneuve ha affidato al sottoscritto Ing. Germain BAL avente studio in Aosta, Corso Lancieri di Aosta 4/f, l'incarico professionale per la redazione della verifica idraulica nell'ambito della procedura di valutazione ambientale strategica necessaria per l'approvazione della variante non sostanziale al PRGC n°01 relativa alla modifica denominata 07 che prevede l'ampliamento della superficie destinata a campeggio della sottozona Fb5 – localizzata nella località Chavonne, in prossimità al lago artificiale.

Con PD N. 1401 in data 03-04-2020 avente per oggetto “Dichiarazione di non assoggettabilità a procedura di VAS della variante non sostanziale n° 1 al PRG del comune di Villeneuve, limitatamente alle modifiche denominate 1, 5, 6 e 8, e di assoggettabilità a procedura di VAS delle modifiche denominate 2, 3, 4, e 7, ai sensi dell'art. 12bis della l.r. 11/1998” veniva richiesto di valutare uno **specifico piano di gestione del rischio connesso alle criticità idrauliche della Dora Baltea** e alla destinazione ad attendamento di una porzione di fascia C della stessa.

Pertanto il presente studio si prefigge dunque i seguenti obiettivi:

1. analizzare gli studi idraulici pregressi condotti nell'area interessata;
2. definizione delle sezioni di deflusso lungo l'alveo della Dora Baltea, dei coefficienti di scabrezza e delle condizioni al contorno;
3. definizione delle portate di progetto per i tempi di ritorno TR200 e TR500;
4. risultati delle mappe di inondazione con definizione dei tiranti idraulici e delle velocità di deflusso;
5. analisi di rischio idraulico per la zona in esame e identificazione delle vie di fuga e punti di raccolta previsti dal piano di protezione civile del Comune di Villeneuve.

2. STUDI PREGRESSI

È stato consultato lo studio redatto nel 2005 a cura del Geol. Fabrizio GREGORI per la perimetrazione degli ambiti inedificabili riferito al rischio di inondazione (Art.36).

Nello studio la perimetrazione delle aree a vario grado di rischio idrologico è stata preceduta dall'elaborazione di una cartografia tematica di base (carte motivazionali) ricorrendo ad un rilievo geomorfologico del territorio comunale supportato da un'analisi aerofotogrammetrica. La **valutazione del rischio** d'esondazione relativo alle principali aste torrentizie che solcano il territorio in esame, è stata condotta con riferimento a criteri geomorfologici, integrati, ove ritenuto necessario, anche con valutazioni di tipo idraulico. Nelle carte dei terreni a rischio di inondazione sono state evidenziate le fasce a vario grado di rischio d'esondazione (Fascia A, Fascia B ed Fascia C); nella loro definizione sono state perimetrare anche in relazione agli eventi alluvionali dell'ottobre 2000, oltre che a quanto emerso da un'analisi geomorfologica delle fasce spondali.

Di seguito si riporta un estratto della carta dei terreni a rischio esondazione:

*"Lungo i due torrenti principali, la Dora Baltea ed il Savara, la **Fascia A** è stata limitata entro l'alveo di piena ordinaria. Le verifiche idrauliche effettuate in corrispondenza di alcune sezioni critiche dei due corsi d'acqua hanno infatti dimostrato, in genere, il corretto dimensionamento delle arginature almeno riguardo al contenimento della portata ventennale, mostrando al contrario franchi sempre molto ridotti rispetto ai valori corrispondenti alla piena centennale.*

*La **Fascia B** ai è stata dunque estesa tratti spondali più vulnerabili, quindi per quanto riguarda la Dora nel settore a monte di Champrotard, dove non sono presenti opere di difesa spondale, lungo l'area verde sottostante il borgo di Villeneuve e a contorno del vasto parcheggio di fronte allo stabilimento di Chavonne, in posizione depressa rispetto alla strada comunale. Altri settori di **Fascia B** sono stati inseriti in sponda sinistra, nel tratto fluviale sottostante la località Arbonne, privo di difese spondali, mentre per il torrente Savara, che si presenta in genere correttamente arginato e discretamente inciso in tutta la zona di attraversamento del centro sportivo e dell'abitato, sono state cautelativamente vincolate con grado di medio rischio entrambe le fasce spondali a valle della passerella, in questo settore leggermente meno rilevate che altrove.*

*La **Fascia C** è a bassa pericolosità è stata invece cautelativamente estesa a comprendere le maggiori piane alluvionali della Dora, quali quelle di Champrotard e Champlong, oltre che numerose altre fasce spondali di limitata estensione; lungo il corso del Savara, invece, la stesso vincolo circoscrive due piccoli settori a monte del Pont des Mottes, mentre si allarga decisamente verso valle, a comprendere parte del centro sportivo, in particolare la zona della piscina e dei campi da tennis, più depressa, e un vasto settore dell'abitato in sponda destra, l'unico che potrebbe essere raggiunto da fenomeni di esondazione a carattere eccezionale."*

Per effettuare le verifiche idrauliche, nel suddetto studio preliminarmente sono stati determinati i valori delle portate liquide e del parametro Ks (Coefficiente di Strickler-Manning) dell'alveo della Dora Baltea; Tali valori sono stati poi raffrontati con quelli che saranno adottati per lo studio idraulico oggetto della presente lavoro, definiti a partire delle metodologie più recenti e aggiornate.

Nello studio del Geol. Gregori si è determinata la **portata** mediante il modello afflussi-deflussi, servendosi dei dati pubblicati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po' nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica". La scelta dei parametri da utilizzare è avvenuta eseguendo una media matematica tra i valori di a e n, per i tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni, relativi ad ogni singola cella contenuta all'interno dei bacini analizzati.

La **portata calcolata** da tale studio per i vari tempi di ritorno sono precisati di seguito:

- per $t = 20$ anni si ha $Q = 857,0 \text{ m}^3/\text{s}$;
- per $t = 100$ anni si ha $Q = 1084,0 \text{ m}^3/\text{s}$;
- per $t = 200$ anni si ha $Q = 1184,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per quanto il **Coefficiente di Strickler-Manning Ks** lo studio del geol. Gregori propone di adottare una valore pari a $35 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$

3. VERIFICA IDRAULICA

3.1. Inquadramento generale del tratto in esame

La Dora Baltea attraversa il territorio comunale in direzione Ovest- Est scorrendo in un alveo generalmente poco inciso e di scarsa pendenza, che indica in questo tratto il regime deposizionale del corso d'acqua, evidenziato anche da alcune vaste piane alluvionali che si allungano in fregio alle sponde, in particolare quelle di Champrotard e Chavonne, sulla destra idrografica; su questa stessa sponda, all'altezza del Borgo di Villeneuve, il corso d'acqua riceve le acque del Savara, che incide per oltre 1 Km un cono di deiezione largo e piatto, di scarsa evidenza morfologica, ma che individua una vasta fascia alluvionale compresa tra il suo sbocco sulla fascia pedemontana ed il corso della Dora.

L'utilizzo della fascia di fondovalle a scopi agricoli, commerciali e residenziali ha in effetti reso necessaria la realizzazione di ingenti opere di arginatura a difesa delle sponde dei due corsi d'acqua. La Dora Baltea presenta numerosi tratti di arginatura in pietra e malta e scogliera sia in destra che in sinistra idrografica, alcuni dei quali subirono consistenti danneggiamenti durante l'alluvione dell'ottobre 2000. Attualmente, a seguito delle sistemazioni successive, l'ispezione delle fasce spondali ha evidenziato in tutti i settori un ottimo stato di conservazione delle opere di arginatura, comprese quelle di maggiore importanza a difesa di Champrotard, del Borgo di Villeneuve e della piana di Chavonne.

Nella piana di Chavonne sulle aree in adiacenza alla strada comunale sono stati piantati alberi che contribuiscono a ridurre il fenomeno di erosione spondale.

3.2. Definizione della portata di progetto

Per quanto attiene alla definizione della portata di progetto per i diversi tempi di ritorno considerati si è utilizzato il portale Webgis messo a disposizione dal centro funzionale Regione Autonoma Valle d'Aosta.

Nello specifico il portale fornisce i valori di portata al colmo associati ai diversi tempi per bacini superiori a 20 km² in base allo studio sulle aste torrentizie elaborato da Fondazione Cima di Savona.

Formula per determinare la PORTATA per i corsi d'acqua:

$$Q [m^3/s] = Q_i * K_t$$

in cui:

- $Q_i [m^3/s] = Q_{i^\circ} * (A/A_i)^b$: PORTATA INDICE per il corso d'acqua considerato

in cui:

- A [Km²]: area del bacino idrografico sotteso alla sezione per cui si vuole determinare la portata indice;
- b : esponente dell'area pari a 0.75 per il corso d'acqua;
- Qi°: portata di riferimento ricavata dalle simulazioni per la sezione di area Ai;
- Ai: area del bacino di riferimento.

Valore di Qi°[m³/s] e Ai[Km²]:

Qi°[m ³ /s]	Ai[Km ²]	Tratto
170	960	Dora Baltea: Grand Eyvia - Dora di Rhemes

Punto selezionato

Comune:	VILLENEUVE
Posizione	X[m]: 361321 - Y[m]: 5062815
Bacino	Area [Km ²]: 1017
Fattori	Q i°: 170 - Ai: 960
Portata	Qi: 178

Pertanto per i diversi tempi di ritorno si avranno le seguenti portate nella Dora Baltea nel tratto considerato.

T[Anni]	Kt	Portata
5	1,20	214
10	1,60	285
20	2,20	392
30	2,60	463
50	3,10	552
100	3,90	694
200	4,60	819
500	5,60	997

In evidenza i valori di portata per cui sono state effettuate le verifiche idrauliche. Rispetto ai valori di portata indicati nello studio del Geol. Gregori i valori utilizzati per le verifiche idrauliche sono leggermente inferiori tuttavia sono riferiti unicamente alla portata liquida. Inoltre questo approccio permette di determinare con maggiore dettaglio la portata di piena con la metodologia più recente e aggiornata, mediante lo studio di regionalizzazione delle portate, redatto per la RAVDA dalla fondazione CIMA di Savona, in cui vengono forniti i valori di portata al colmo associati ai diversi tempi di ritorno per tutto il reticolo idrico montano.

3.3. Valutazioni generali sull'impiego del modello idraulico Hec-Ras

Per la definizione del profilo e dei livelli raggiunti dalla tavola d'acqua nelle singole sezioni è stato impiegato il modello monodimensionale Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers.

Il programma ha la capacità di determinare profili di correnti lineari in regime di corrente lenta, rapida e mista ed è applicabile anche ad alvei molto irregolari o in prossimità di singolarità geometriche, naturali e artificiali. Le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) sono state calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia, rispettivamente, subcritico o supercritico, risolvendo, con una procedura iterativa nota come standard step, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni, nota anche come equazione di Bernoulli.

L'equazione esprime il principio per cui la variazione dell'energia specifica della corrente è pari alle perdite continue, dipendenti principalmente dall'attrito tra fluido e contorno (e quindi dalla scabrezza delle pareti) ed alle perdite localizzate dovute all'attrito tra fluido e fluido (che si verifica quando vengono a contatto due correnti a velocità diversa).

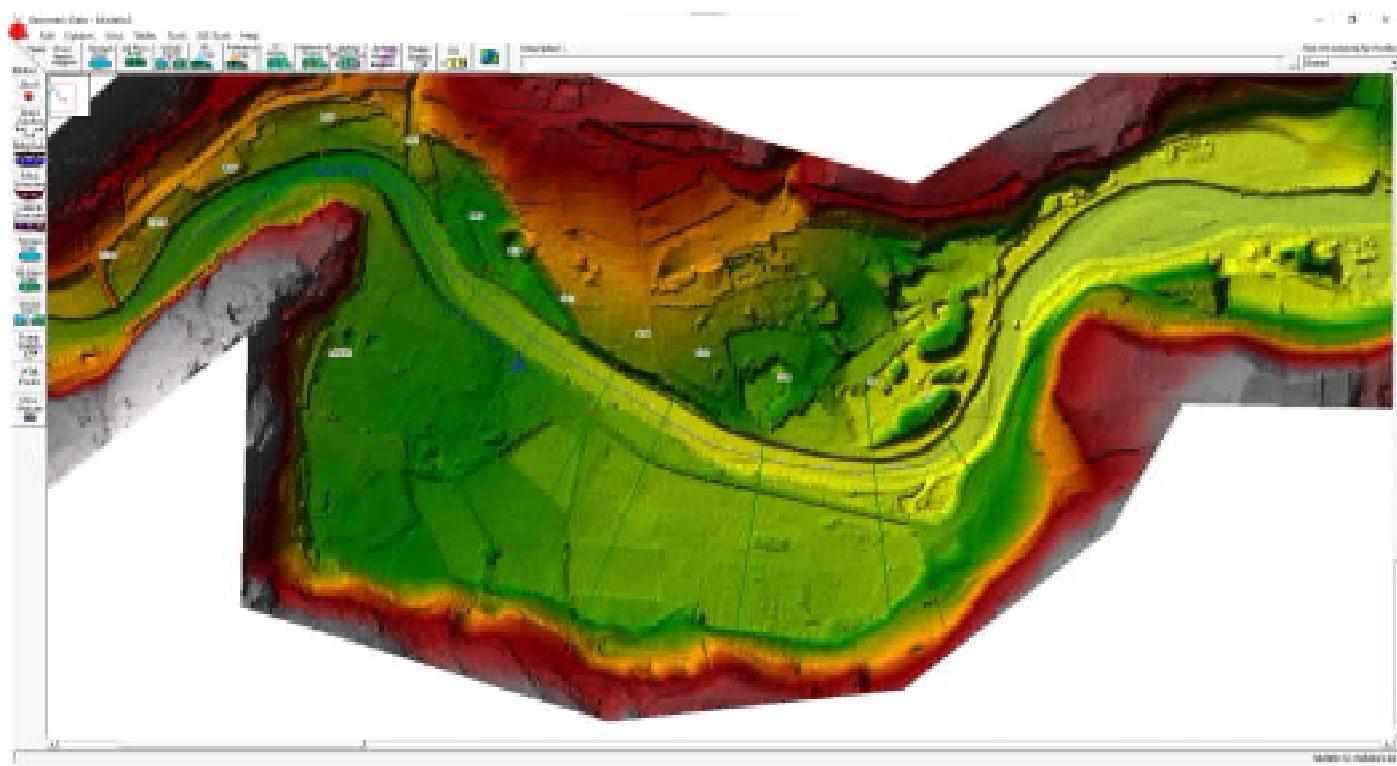
Le informazioni sulla morfologia del tratto di alveo in esame sono state generate mediante l'applicativo Qgis a partire dal modello DTM avente maglia pari 0,5 m per il tratto di corso d'acqua in esame. Sono quindi state generate le sezioni di riferimento, il canale principale, la linea dei bank (argini) e le aree goleinali; in seguito, previa generale verifica della coerenza delle sezioni con la situazione reale e definizione del coefficiente di scabrezza, è stata condotta la simulazione con Hec-Ras.

L'applicazione modellistica per lo studio richiesto ha come finalità l'individuazione dei punti di criticità nel tratto di torrente analizzato.

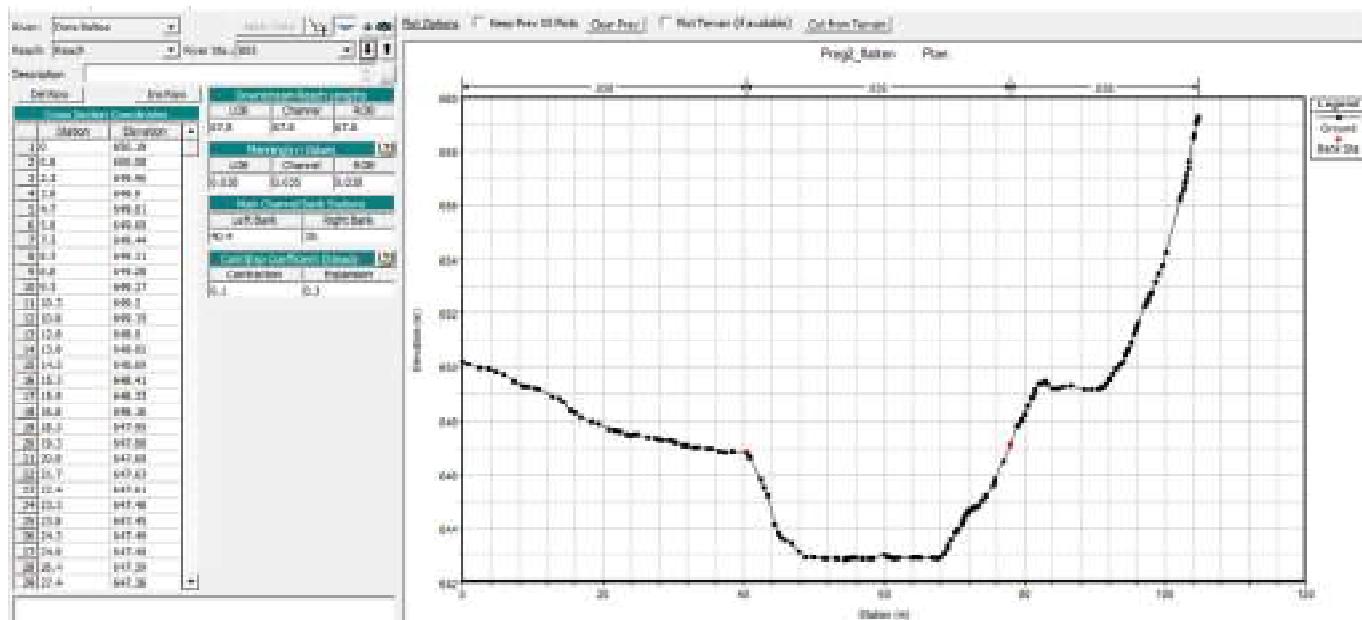
Il modello utilizzato è di tipo monodimensionale a fondo fisso e pertanto non tiene in considerazione fenomeni di erosione del fondo e deposito di materiale così come non considera l'eventuale sovrалzo del pelo libero in prossimità di curve e battute di sponda. Analogamente non simula quanto accade fuori dall'alveo in termini di velocità e direzione di propagazione.

La definizione delle aree a rischio di esondazione non è stata effettuata solamente attraverso l'impiego del modello monodimensionale. Le aree allagabili derivano quindi da considerazioni basate in parte sui risultati della simulazione (in termini di sezioni critiche), in parte su evidenze geomorfologiche (eventualmente integrando quanto riportato negli ambiti inedificabili (l.r. n. 11/1998, art.36) attualmente in vigore.

Di seguito si riporta il modello digitale del terreno su cui sono indicate le sezioni posizionate lungo l'asta della Dora Baltea su cui sono state condotte le verifiche idrauliche.



Di seguito si riporta una sezione dell'alveo ricavata dal modello DTM.



A seguito delle simulazioni condotte alcune sezioni presentavano settori in posizione depressa rispetto al livello dell'acqua raggiunta in alveo. Dal momento che la tavola d'acqua rimane sempre al di sotto della quota della strada comunale è inverosimile che tali settori partecipino al deflusso dell'acqua solamente perché in posizione depressa. Dal momento che il programma di calcolo, essendo di tipo monodimensionale considera tali aree interessate dal flusso di acqua, queste sono state forzate ad una quota superiore al livello dell'acqua, ma inferiore alla quota della strada comunale in adiacenza al corso d'acqua. Non bisogna però dimenticare che un'eventuale erosione spondale, e pertanto della strada comunale, comporterebbe l'allagamento dei suddetti settori.

Per quanto riguarda la definizione del parametro del coefficiente di scabrezza si è fatto riferimento alla seguente tabella e a lavori analoghi condotti sulla Dora Baltea.

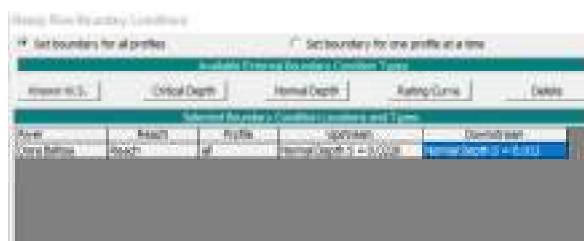
Table 8-1: Roughness Variations for Alluvial Streams.

Bed Forms	Range of Manning's n
Ripples	0.018 – 0.030
Dunes	0.020 – 0.035
Washed Out Dunes	0.014 – 0.025
Plane Bed	0.012 – 0.022
Standing Waves	0.014 – 0.025
Antidunes	0.015 – 0.031

Note: This table is from the book "Engineering Analysis of Fluvial Streams", by Simons, Li, and Associates.

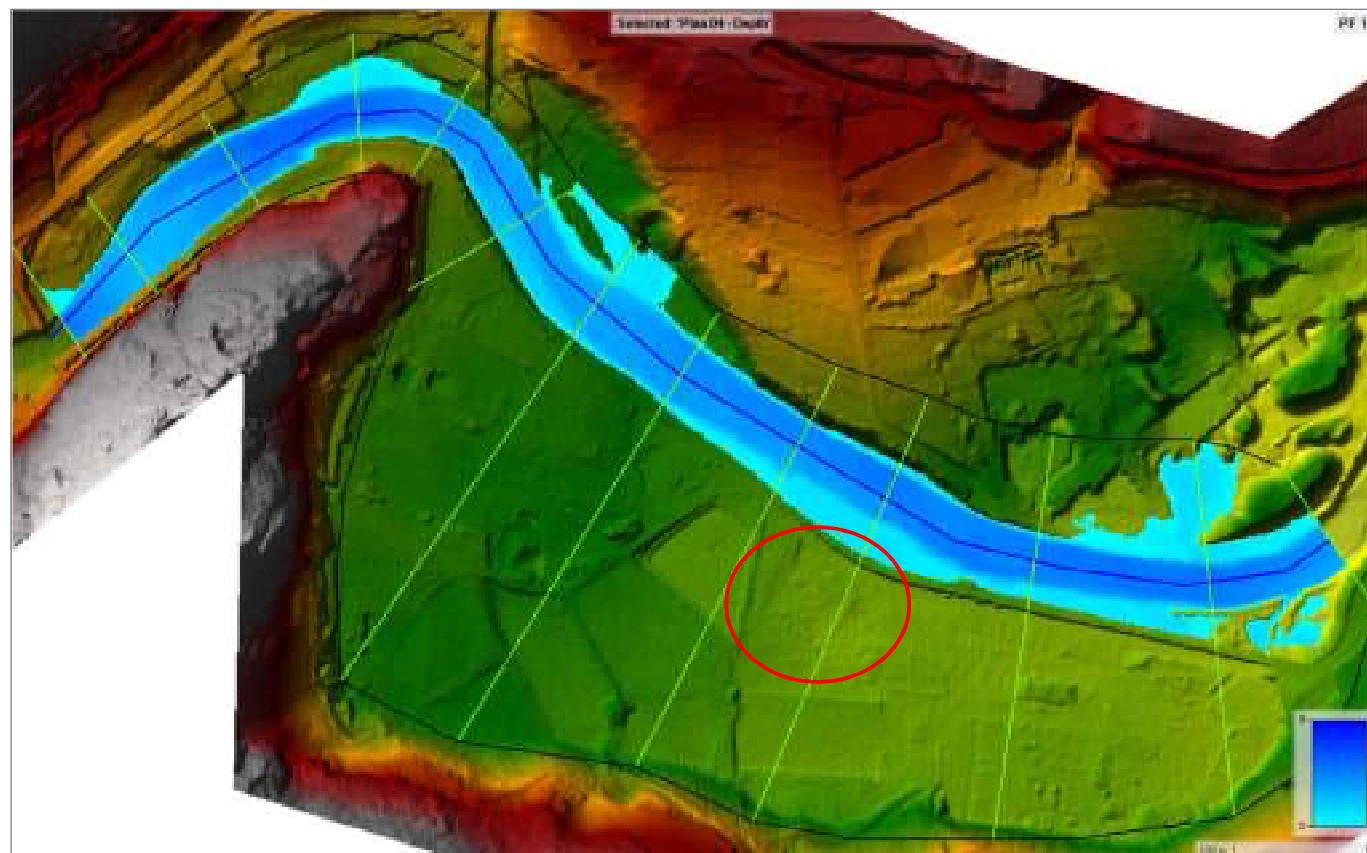
Per lo studio in questione si è fatto riferimento cautelativamente a valori di scabrezza pari a **0.035 m^{-1/3}·s** per l'alveo e **0.038 m^{-1/3}·s** per le aree golenali. Tali valori risultano cautelativi anche rispetto allo studio del Geol. Gregori, in cui sono stati adottati valori pari a 0.0285 m^{-1/3}·s per le verifiche idrauliche sulla Dora Baltea.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno sono stati adottati i seguenti valori di pendenza dell'alveo a valle e a monte rispetto al settore di intervento:

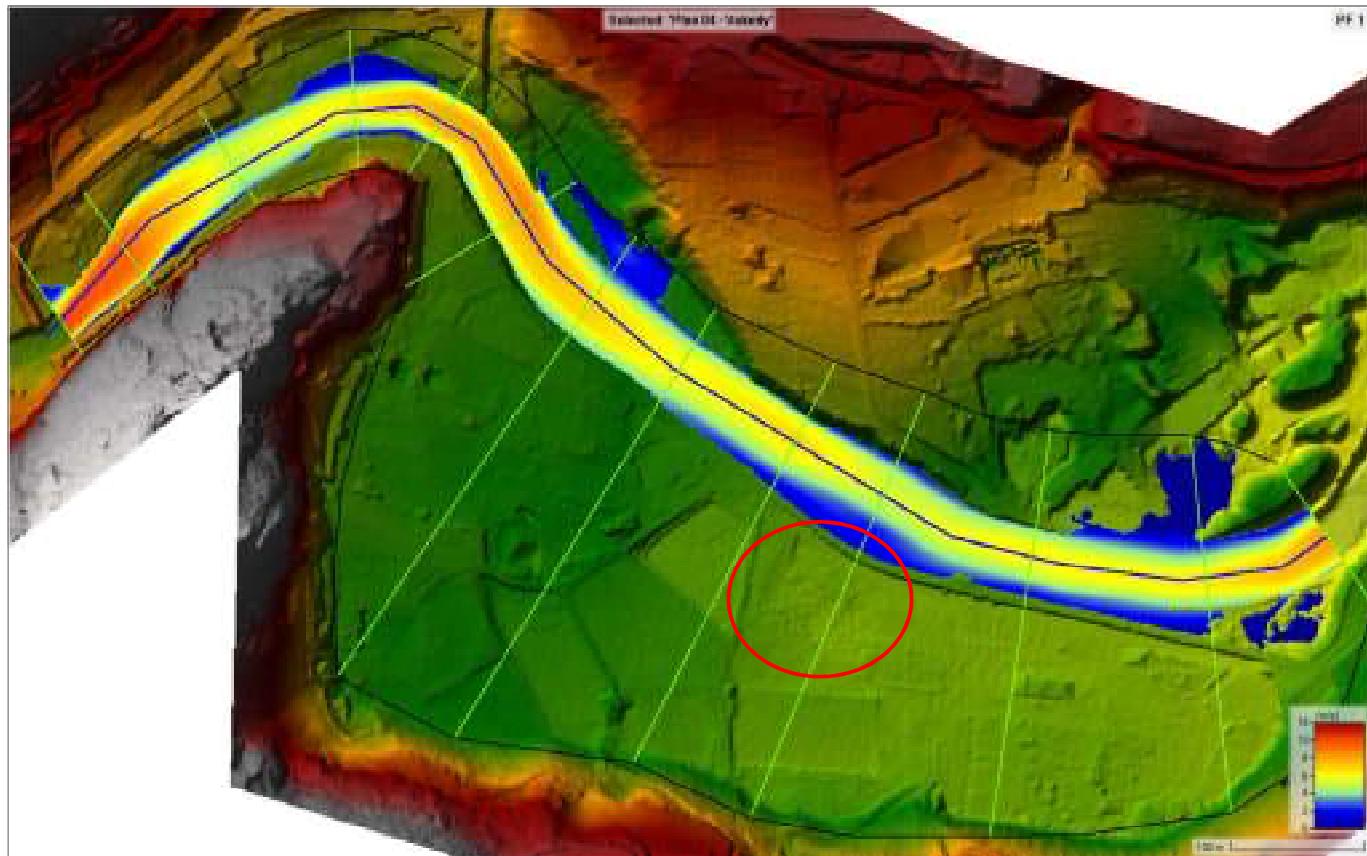


3.4. Risultati e commenti

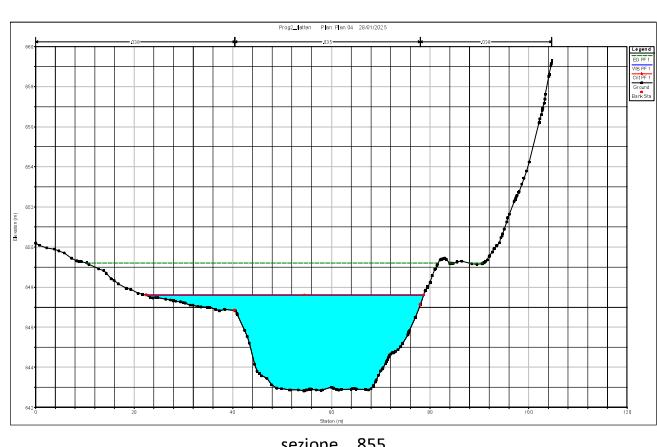
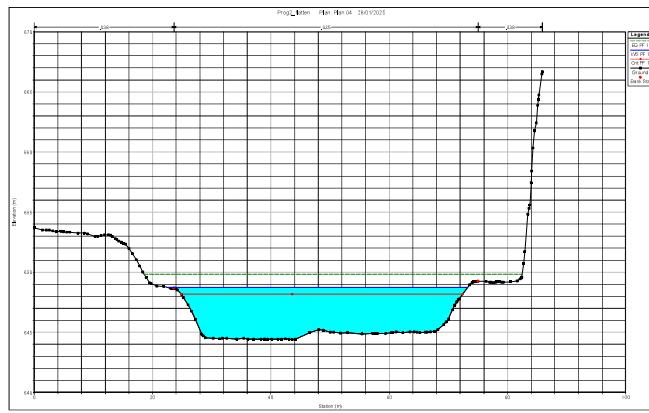
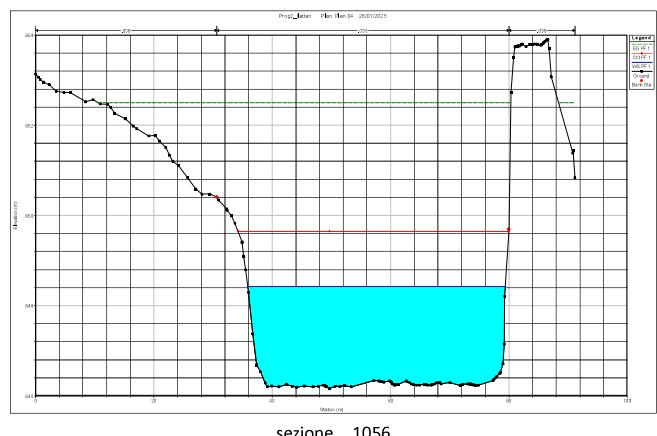
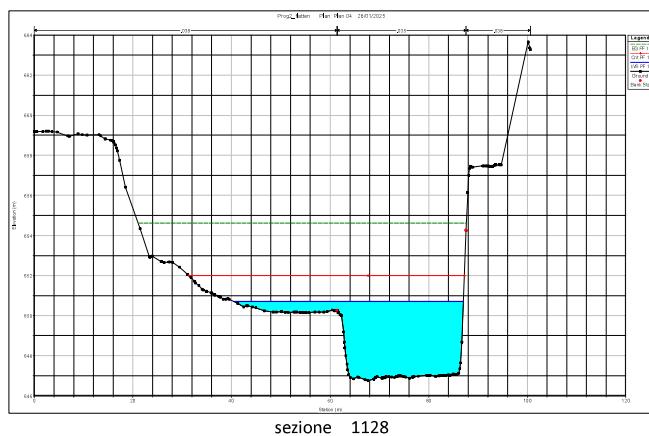
Di seguito si riporta il modello risultante dalle simulazioni idrauliche per TR=200 anni con l'indicazione dei tiranti di acqua. In evidenza l'area oggetto di studio.

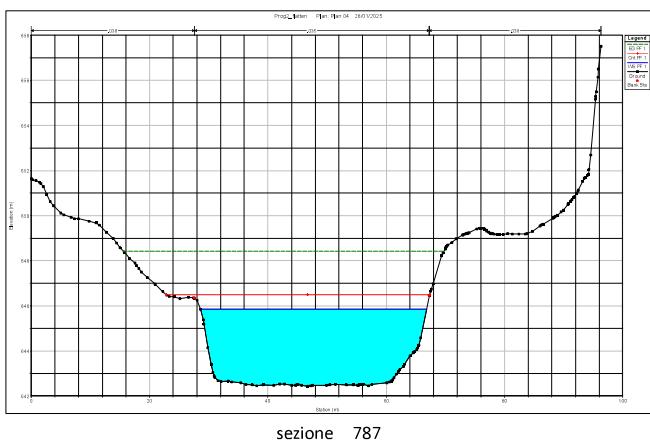


Di seguito si riporta il modello risultante dalle simulazioni idrauliche per TR=200 anni con l'indicazione delle velocità dell'acqua. In evidenza l'area oggetto di studio.

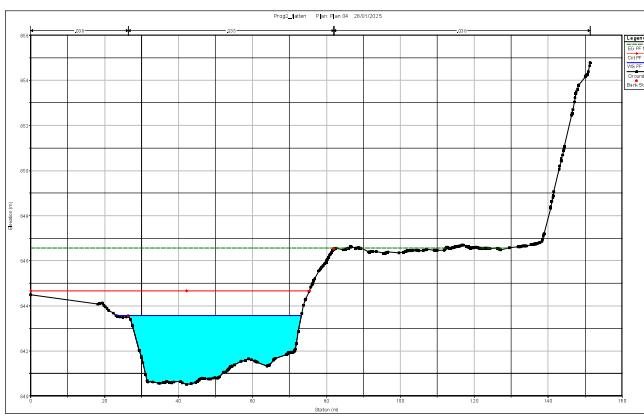


Di seguito viene riportato il risultato della simulazione idraulica sulle sezioni di calcolo per una portata calcolata per un Tr pari a 200 anni, ovvero pari a $819 \text{ m}^3/\text{s}$.

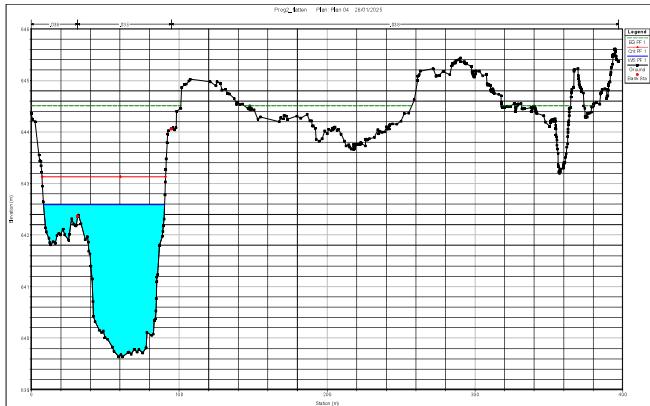




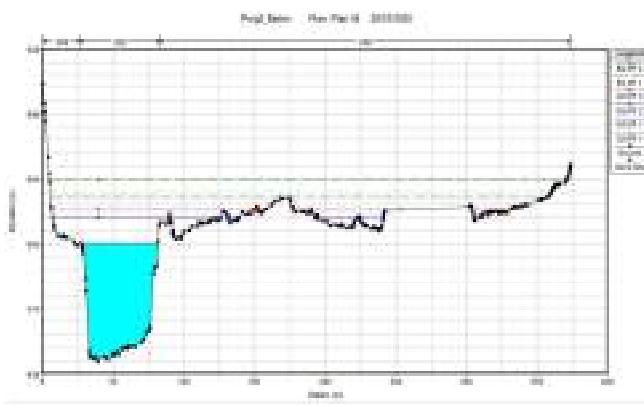
sezione 787



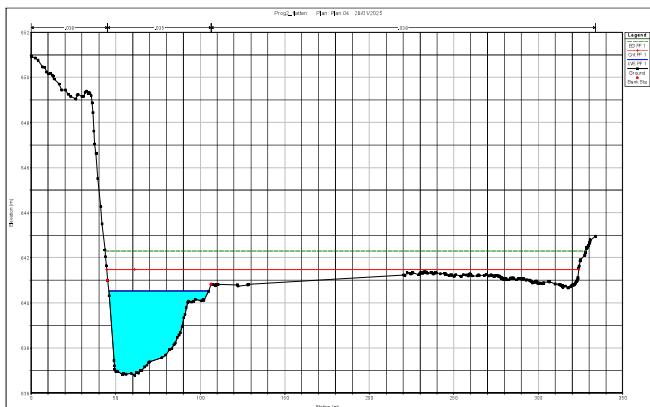
sezione 693



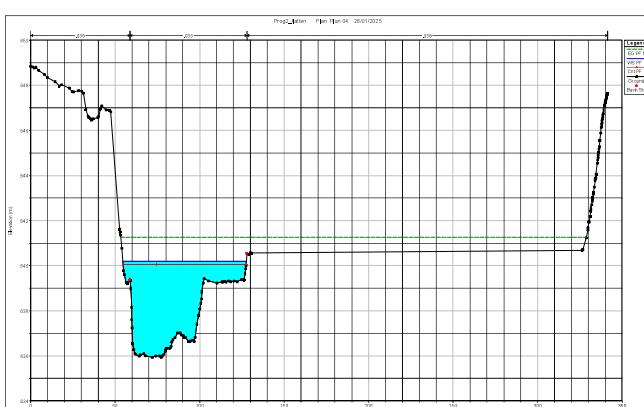
sezione 610



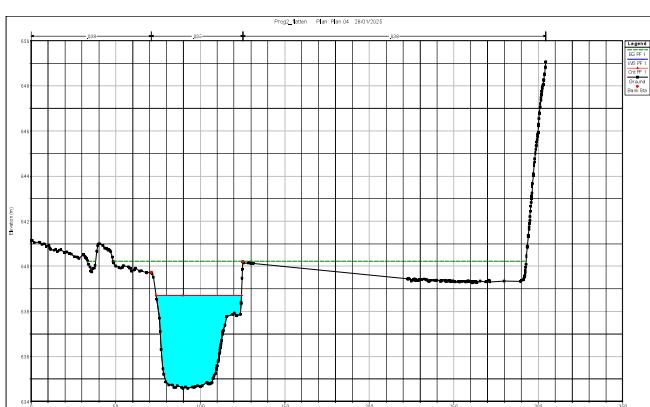
sezione 527



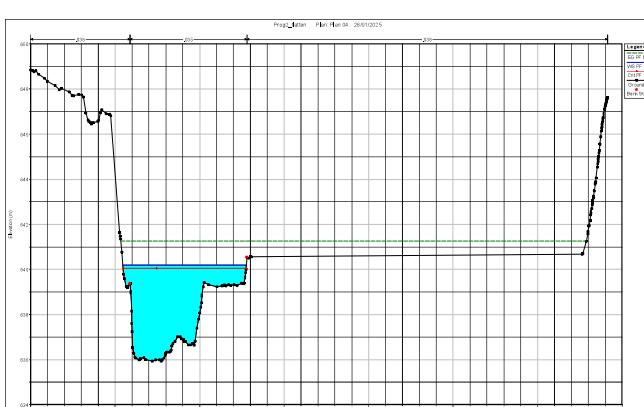
sezione 426



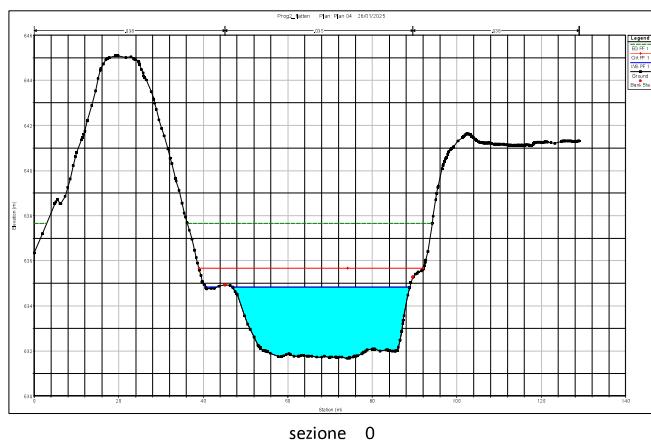
Stadio Ong



sezione 229

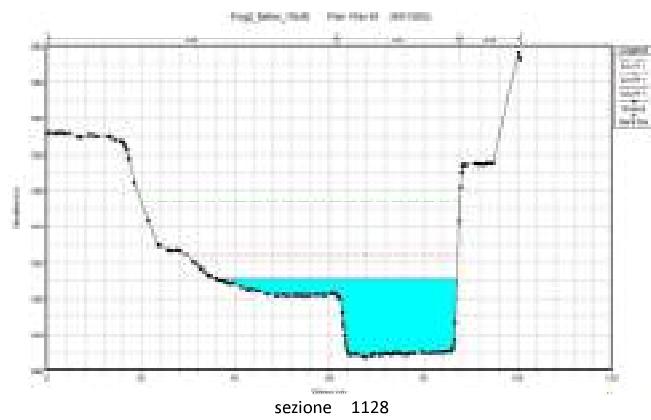


150 200
Station (m)

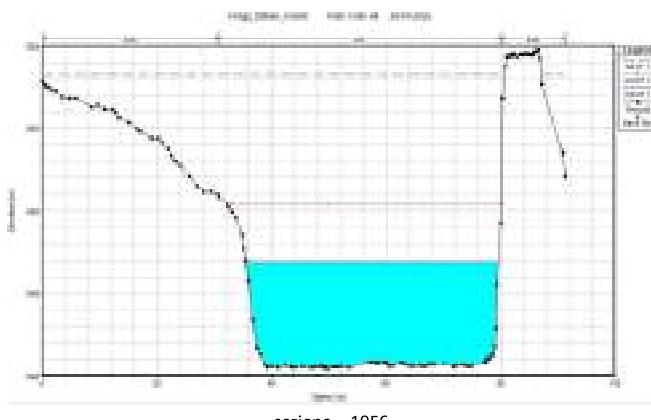


sezione 0

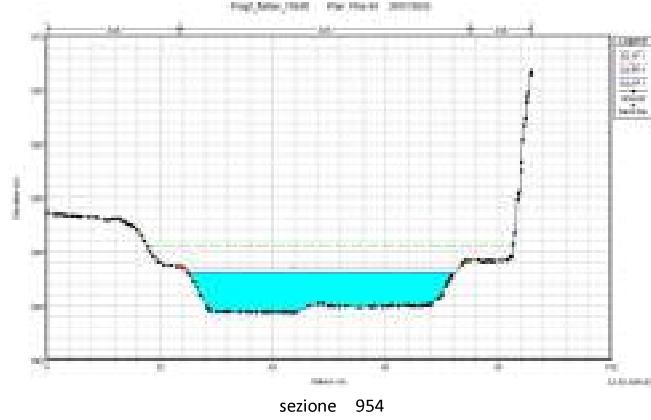
Di seguito viene riportato il risultato della simulazione idraulica sulle sezioni di calcolo per una portata calcolata per un Tr pari a 500 anni, ovvero pari a 897 m³/s.



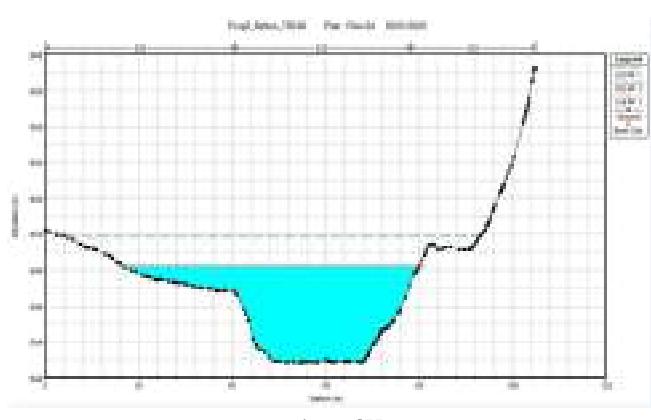
sezione 1128



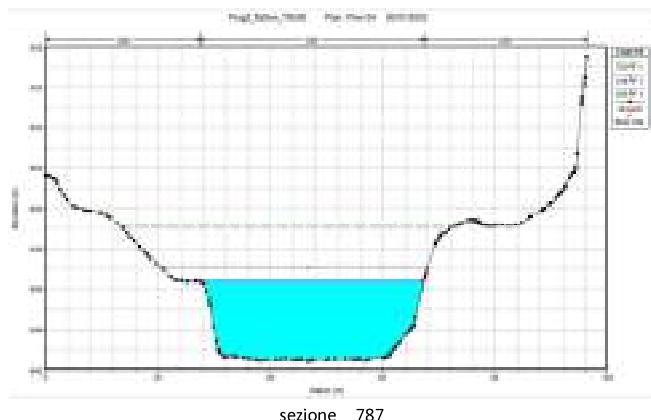
sezione 1056



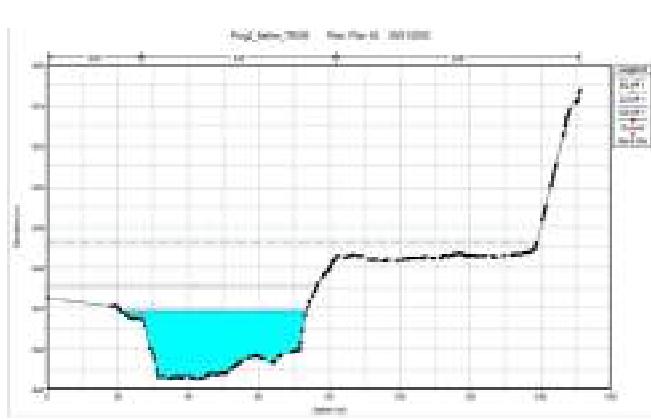
sezione 954



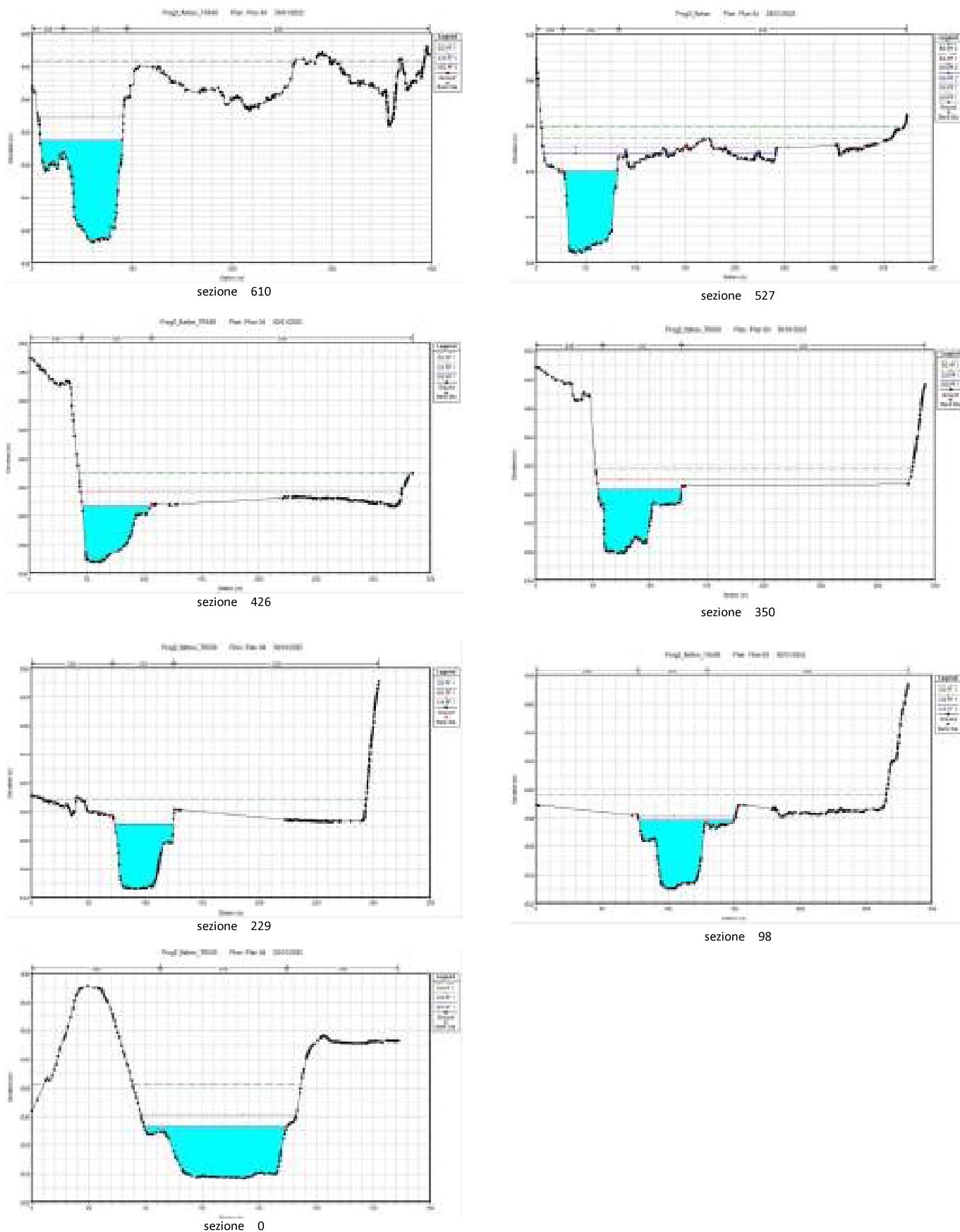
sezione 855



sezione 787



sezione 693



Come si nota nelle verifiche condotte sulle sezioni del corso d'acqua non vi sono fuoriuscite di acqua al di fuori dell'alveo fluviale né per le portate corrispondenti a un TR pari a 200 anni, né per le portate corrispondenti ad un TR pari a 500 anni. Non bisogna però trascurare l'esistenza di zone al di sotto del livello dell'acqua, sia per un TR 200 anni che per un TR pari a 500 anni e che pertanto un'eventuale erosione spondale comporterebbe l'allagamento dei suddetti settori.

4. ANALISI DI RISCHIO IDRAULICO

4.1. Premessa

Il rischio idraulico scaturisce dalla possibilità di danno a persone, beni o infrastrutture in conseguenza al trasporto di acqua e solidi trasportati nei corpi idrici superficiali.

Il Rischio R è normalmente espresso dalla relazione:

$$R = P \times V \times E$$

P = Pericolosità: probabilità che un fenomeno di una fissata intensità si verifichi in un certo periodo di tempo.

V= Vulnerabilità: propensione di un elemento (persone, edifici, infrastrutture, attività economiche) a subire danni in conseguenza di un evento di una certa intensità.

E = Esposizione (o Valore esposto): è il numero di unità (o "valore") degli elementi esposti al pericolo in una data

La valutazione del Rischio (e la corrispondente mappatura) include:

- lo studio delle caratteristiche tecniche della pericolosità , quali ubicazione, intensità e probabilità di accadimento;
- la analisi dei valori esposti (incolumità, sociali, economici e ambientali);
- la stima della vulnerabilità (intrinseca) dei beni esposti;
- la valutazione della capacità di fronteggiare scenari di rischio e della sua efficacia.

Capacità C = resilienza non strutturale

- Pianificazione urbanistica e territoriale compatibile con la valutazione dei rischi/criticità
- Conoscenza dell'esposizione e della vulnerabilità
- Organizzazione di protezione civile ed esercitazioni
- Sistemi di Allertamento
- Formazione ed Informazione alla popolazione su scenari di rischio e norme di comportamento
- Introduzione di « best practices »
- Implementazione di politiche di « Build Back Better » (ricostruire meglio e in modo resiliente)

$$R = (P \times V \times E) / C$$

4.2. Aspetti normativi

Ai sensi **dell'articolo 36, comma 3, della l.r. 6 aprile 1998, n. 11** «Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta» vengono definite le modalità di delimitazione dei terreni a rischio di inondazioni riguardanti i corsi d'acqua regionali non individuati dal Piano stralcio delle fasce fluviali dell'Autorità di bacino del fiume Po, e la disciplina delle trasformazioni urbanistiche e dell'attività edificatoria all'interno delle suddette aree. Quanto previsto dal Piano stralcio delle fasce fluviali, adeguatamente aggiornato per tenere conto, in particolare, delle conseguenze dell'evento alluvionale che ha colpito la Valle d'Aosta nel mese di ottobre 2000, è confluito nel Piano dell'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di bacino del fiume Po. Ogni riferimento al Piano stralcio delle fasce fluviali deve pertanto essere interpretato, per la parte relativa alle fasce fluviali, come riferimento al PAI.

Le differenti fasce di pericolosità sono individuate al fine di assicurare un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni alluvionali, il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio e della risorsa idrica, la programmazione dell'uso del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni.

Come stabilito dall'art. 36, comma 4, della l.r. n. 11/1998 citata, ai terreni a rischio di inondazioni delimitati sia ai sensi del PAI sia ai sensi del comma 3 dell'art. 36 medesimo, si applicano le disposizioni del presente documento che disciplinano pertanto le trasformazioni, gli interventi, gli usi e le attività relativi ai territori interessati, ed in generale le norme della pianificazione urbanistica locale.

Il riferimento per quanto riguarda il quadro normativo nazionale è il **D.Lgs. 49/2010:**

Articolo 6 - Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni:

Comma 2.- le mappe della pericolosità da alluvione contengono...omissis...la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo i seguenti scenari

- a) alluvioni rare di estrema intensità: $TR \leq 500$ anni (bassa probabilità)
- b) alluvioni poco frequenti : $100 \leq TR \leq 200$ anni (media probabilità)
- c) alluvioni frequenti : $20 \leq TR \leq 50$ anni (elevata probabilità)

Comma 3.- per ogni scenario di cui al comma 2 vanno indicati **almeno** i seguenti elementi:

- a) estensione dell'inondazione;
- b) altezza idrica o livello;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata)."

4.3. Pericolosità idraulica

Il livello di **pericolosità idraulica** va definito in funzione di:

PARAMETRO PROBABILISTICO → PERIODO DI RITORNO T: numero di anni che bisogna **mediamente** attendere affinché si verifichi un evento calamitoso di intensità maggiore o uguale a quella di progetto;

PARAMETRO IDRODINAMICO→INDICE DI PERICOLO Ip: funzione dei parametri idraulici (tirante h, velocità V e portata Q) che caratterizzano il moto della corrente.

INDICE DI PERICOLO Ip

L'indice di pericolo I p deve essere espresso mediante parametri idraulici che rendano conto delle caratteristiche idrodinamiche della corrente utili ai fini della determinazione della pericolosità

A partire dalla metà degli anni 70 la comunità scientifica idraulica (tra gli altri, Foster e Cox, 1973 Gordon e Stone, 1973 Abt et al 1989 Keller e Mitsch 1992 e 1993 Xia et al 2009 e 2010 ed altri) ha investigato, pur se in maniera non sistematica, CRITERI DI STABILITÀ DI PEDONI, AUTOVETTURE E MANUFATTI IN AREE ALLUVIONALI.

Il parametro di pericolosità idrodinamica può essere correlato alla **velocità v ed al tirante idrico h**. In definitiva, si può fare riferimento all' intensità del flusso idrico

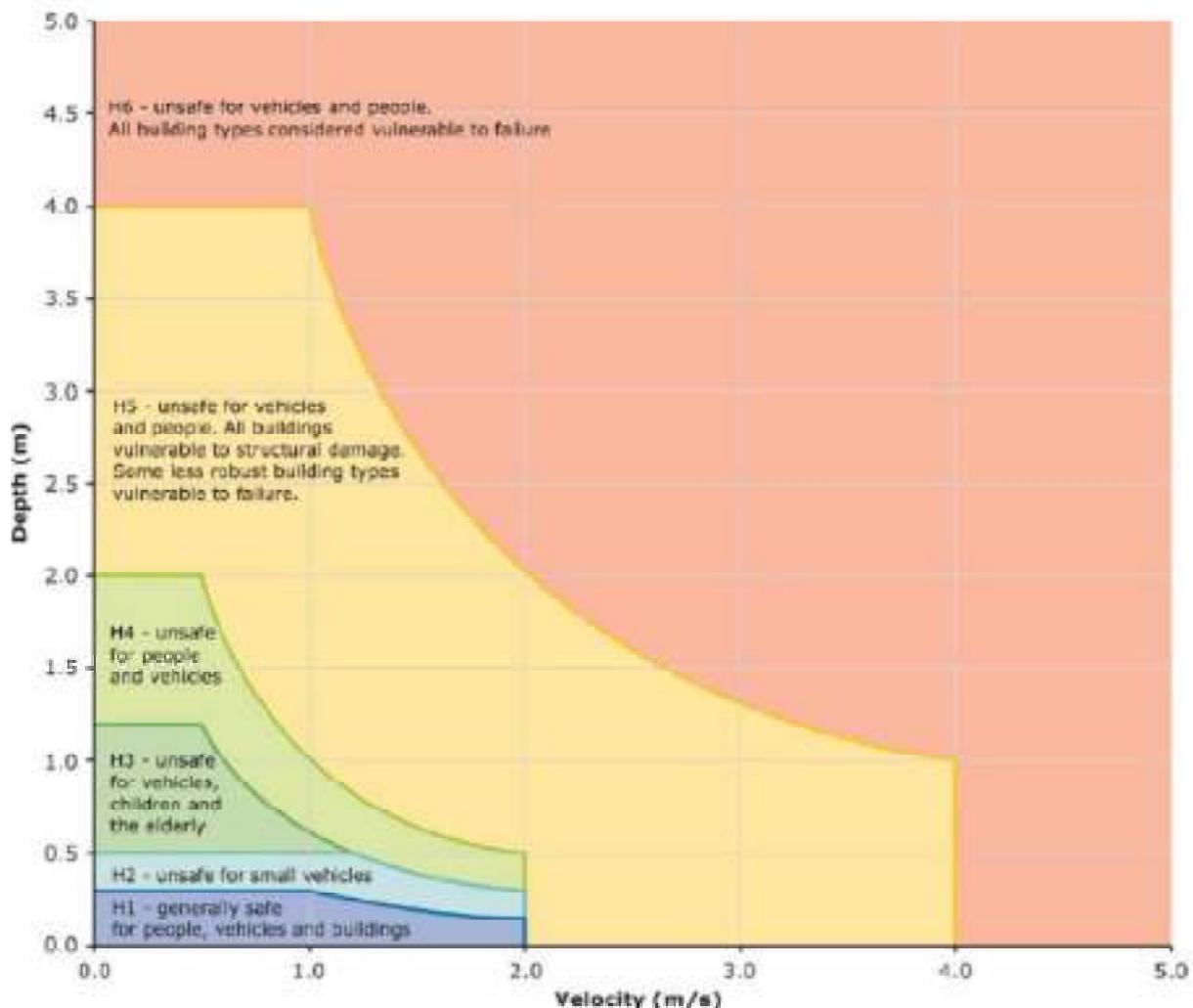
$$Ip = v \cdot h$$

In letteratura sono rintracciabili numerosi lavori, dedicati alla ricerca della condizione di **perdita di stabilità dei pedoni** travolti dalla onda di piena in ambiti urbani. I risultati non sono univoci, visto che le variabili in gioco sono numerose (età, corporatura ecc.) ma, in linea generale, è possibile estrarre le seguenti condizioni limite:

$$h_{MAX} = 0,5 \div 1,2 \text{ m}$$

$$V_{MAX} = 1,5 \div 2 \text{ m/s}$$

$$(V \cdot h)_{MAX} = 0,4 \div 0,8 \text{ m}^2/\text{s}$$



Smith GP, Davey EK, Cox RJ (2014) Flood Hazard, WRL Technical Report 2014/07, UNSW Water Research Laboratory

Tra i fattori di pericolosità idraulica è assolutamente necessario considerare la condizione di perdita di stabilità delle autovetture durante un evento alluvionale. Difatti, i veicoli ed i detriti di grandi dimensioni possono distaccarsi dal suolo per effetto della spinta idrodinamica ed essere trascinati dalla corrente, costituendo potenzialmente:

- ostacoli in grado di ostruire, ad esempio, le sezioni idrauliche di deflusso in corrispondenza di infrastrutture quali i ponti;
- pericolo per l'incolumità delle persone che vengono investite dalla forza d'urto dell'onda di piena che con essa trascina anche i corpi pesanti.

Tra i fattori di rischio idraulico è assolutamente necessario includere anche la condizione di **perdita di stabilità delle autovetture** durante un evento alluvionale I risultati di numerosi studi ed attività

sperimentali in laboratorio, finalizzati alla definizione della condizione di primo distacco (slittamento o trascinamento) di autovetture di diverse dimensioni investite dalla corrente idrica, indicano che al superamento di almeno una delle seguenti condizioni limite la vettura può perdere stabilità:

$$\begin{aligned} h_{\text{MAX}} &= 0,3 \div 0,5 \text{ m} \\ V_{\text{MAX}} &= 2 \div 3 \text{ m/s} \\ (V \cdot h)_{\text{MAX}} &= 0,6 \div 1,0 \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Alla luce dei risultati forniti dalle recenti fonti scientifiche, corroborati dalla necessaria dose di buon senso possono essere individuate 3 categorie di pericolo idrodinamico I_p :

- | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----|---|
| I_{p1} Indice di pericolo moderato: | $h < 0,30 \text{ m}$ | AND | $0 \leq V \cdot h < 0,20 \text{ m}^2/\text{s}$ |
| I_{p2} Indice di pericolo medio: | $0,30 \leq h < 1 \text{ m}$ | OR | $0,20 \leq V \cdot h < 0,50 \text{ m}^2/\text{s}$ |
| I_{p3} Indice di pericolo elevato: | $h \geq 1 \text{ m}$ | OR | $V \cdot h \geq 0,50 \text{ m}^2/\text{s}$ |

Costruzione di 2 matrici, caratterizzate da un diverso livello di "severità idraulica" Definizione di 4 categorie della pericolosità idraulica: P4: MOLTO ELEVATA ; P3: ELEVATA ; P2: MEDIA ; P1: MODERATA

IPOTESI 1 "più severa"				IPOTESI 2 "meno severa"			
T	INDICE DI PERICOLO			T	INDICE DI PERICOLO		
	I_{p1}	I_{p2}	I_{p3}		P_4	P_3	P_2
$20 \leq T \leq 50$	P4	P4	P4	$20 \leq T \leq 50$	P2	P3	P4
$100 \leq T \leq 200$	P2	P3	P4	$100 \leq T \leq 200$	P1	P2	P3
$200 < T \leq 500$	P1	P2	P3	$200 < T \leq 500$	P1	P2	P3

Per la definizione delle **classi di rischio** si è fatto riferimento al D.Lgs 49/2010 Articolo 6 comma 5:

Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni omissionis e prevedono le 4 classi di rischio di cui al DPCM del 29/09/98 omissionis espresse in termini di :

- a) numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- b) infrastrutture e strutture strategiche;
- c) beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse;
- d) distribuzione e tipologia delle attività economiche;
- e) impianti ed attività industriali con capacità di produzione caratterizzata da significativo tasso di inquinamento;
- f) Aree caratterizzate da trasporto solido, colate detritiche ecc.

Di seguito si riportano le classi di rischio considerate:

rischio moderato R1 : i danni sociali, economici ed ambientali sono marginali;

rischio medio R2 : sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, che non pregiudichino, però, l'incolumità del personale...;

rischio elevato R3: sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi...;

rischio molto elevato R4 , secondo cui sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture.

IPOTESI "più conservative"

T	INDICE DI PERICOLO		
	I _{p1}	I _{p2}	I _{p3}
20≤ T ≤50	R4	R0	R0
100≤ T ≤200	R2	R3	R4
200< T ≤500	R1	R2	R3

VS IPOTESI "meno conservative"

T	INDICE DI PERICOLO		
	I _{p1}	I _{p2}	I _{p3}
20≤ T ≤50	R2	R3	R0
100≤ T ≤200	P1	P2	P3
200< T ≤500	P1	P2	P3

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITÀ			
		R ₄	R ₃	R ₂	R ₁
CLASSI DI DANNO	R ₄	R ₄	R ₄	R ₃	R ₂
	R ₃	R ₄	R ₃	R ₃	R ₂
	R ₂	R ₃	R ₂	R ₂	R ₁
	R ₁	R ₂	R ₁	R ₁	R ₁

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITÀ			
		R ₄	R ₃	R ₂	R ₁
CLASSI DI DANNO	R ₄	R ₄	R ₃	R ₂	R ₁
	R ₃	R ₃	R ₃	R ₂	R ₁
	R ₂	R ₂	R ₂	R ₁	R ₁
	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁

4.4. Analisi di rischio loc. Chavonne

Nel caso in esame la simulazione idraulica condotta ha dimostrato che **per portate pari ad un TR 200 anni non vi è fuoriuscita di acqua dall'alveo**. Tuttavia, non bisogna trascurare che il modello utilizzato è di tipo monodimensionale a fondo fisso e pertanto non tiene in considerazione fenomeni di erosione del fondo e deposito di materiale; perciò, dal momento che vi è la presenza di zone al di sotto del livello dell'acqua per un TR pari a 200 anni e che pertanto un'eventuale erosione spondale comporterebbe l'allagamento dei suddetti settori, potrebbe portare ad una classe di rischio medio-alta.

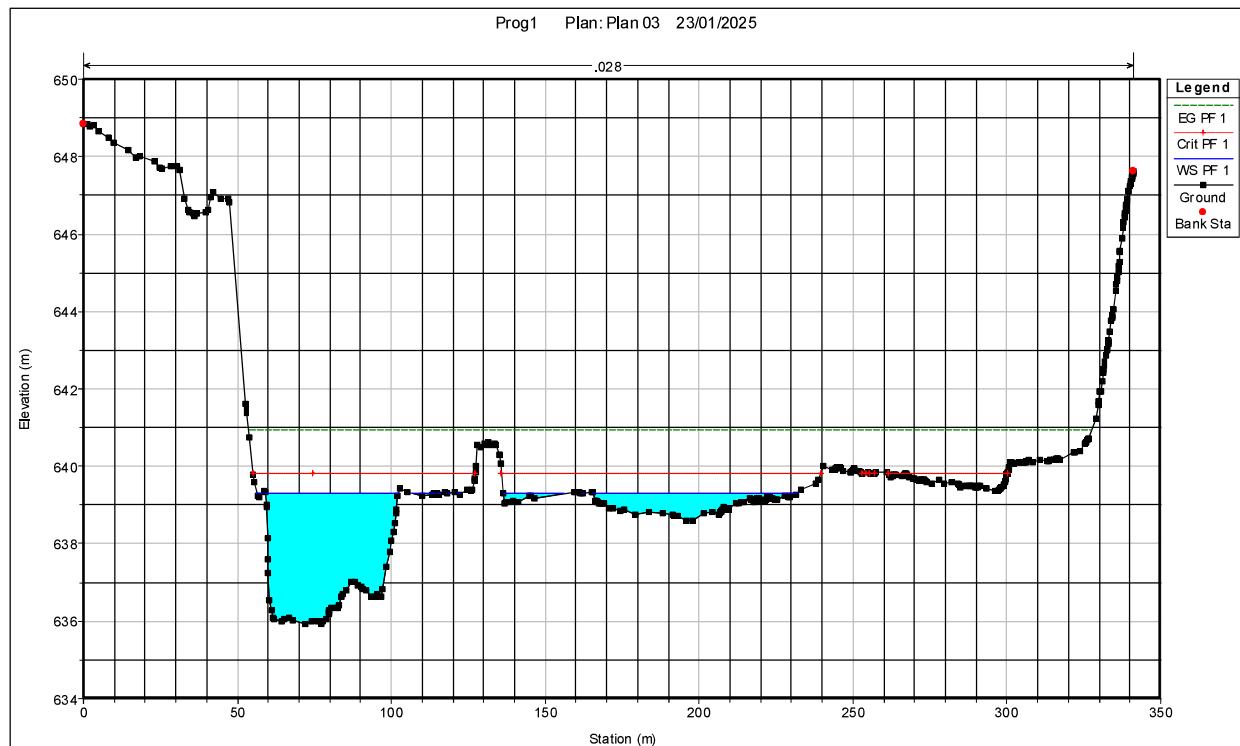
Pertanto, cautelativamente, sono stati determinati i valori medi del tirante idrico e della velocità in corrispondenza delle aree in cui si prevede l'ampliamento dell'area di campeggio nella condizione in cui l'argine venga completamente eroso.

Tirante _{medio} = 0,7m

Velocità _{media} = 0,5 m/s

E pertanto $V_m \cdot T_m = 0,35 \text{ m}^2/\text{s}$

Di seguito si riporta la sezione 350 , in cui la topografia non è stata adatta per esigenze modellistiche simulando la condizione di erosione spondale. La tavola d'acqua interessa le aree oggetto di studio.



Nel caso in esame pertanto si può identificare una **categoria di pericolo idrodinamico I_{p2}**.

Pertanto adottando cautelativamente la matrice “più severa” e un TR pari a 200 anni si identifica una categoria di pericolosità idraulica **P3- ELEVATA**.

Ipotizzando una classe di **danno D2**, in considerazione del ridotto numero di abitanti nella zona, l'assenza di strutture e infrastrutture strategiche si identifica una classe di rischio R2, ovvero un **rischio medio**; in tali zone sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, che non pregiudichino, però, l'incolumità del personale.

Dalla consultazione del Piano di Protezione Civile Comunale, approvato con Decreto del Sindaco n°10 del 06/11/2023 risulta chiaro che l'ampliamento del campeggio sarà in prossimità a vie di fuga già identificate, che conducono all'AREA DI ATTESA DELLA POPOLAZIONE, ovvero l'area dove gli abitanti, in caso di emergenza, si riuniscono e attendono informazioni ed assistenza. Di conseguenza impatto dell'ampliamento della zona adibita a campeggio in loc. Chavonne sulla gestione dell'emergenza sarà contenuto.

Di seguito si riporta uno stralcio della scheda 9 al Piano di Protezione Civile Comunale in cui sono identificate le vie di fuga e i punti di raccolta.



SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	2
2.	STUDI PREGESSI.....	3
3.	VERIFICA IDRAULICA	5
3.1.	INQUADRAMENTO GENERALE DEL TRATTO IN ESAME	5
3.2.	DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO	5
3.3.	VALUTAZIONI GENERALI SULL'IMPIEGO DEL MODELLO IDRAULICO HEC-RAS	7
3.4.	RISULTATI E COMMENTI.....	9
4.	ANALISI DI RISCHIO IDRAULICO	14
4.1.	PREMESSA	14
4.2.	ASPETTI NORMATIVI.....	15
4.3.	PERICOLOSITÀ IDRAULICA	16
4.4.	ANALISI DI RISCHIO LOC. CHAVONNE	20