

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J34H16000620009

U.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA-TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m di San Donà di Piave

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione di compatibilità idraulica e di smaltimento idraulico – Sede ferroviaria

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I Z 0 4 1 0 R 2 6 R I I D 0 0 0 2 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Coppa	Giugno 2021	C. Cappellini	Giugno 2021	S. Lo Presti	Giugno 2021	A. Perego Giugno 2021
				<i>C. Cappellini</i>		<i>S. Lo Presti</i>		

File: IZ0410R26RIID0002001A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	DISPOSIZIONI NORMATIVE.....	6
	3.1 PAI – PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, PIAVE E BRENTA-BACCHIGLIONE	7
	3.1.1 Norme di attuazione	7
	3.2 PAI – BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SILE E DELLA PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA	9
	3.2.1 Norme di attuazione	9
	3.3 PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI – I CICLO (2015-2021)...	11
	3.4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	14
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	17
	4.1 IL BACINO DELLA “PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA”	19
5	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	21
6	ANALISI IDROLOGICA	21
	6.1 CONFRONTO TRA LE METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE LSPP.....	21
	6.2 RIEPILOGO DEI VALORI ADOTTATI	23
7	INVARIANZA IDRAULICA.....	25
	7.1 METODOLOGIA DI CALCOLO	25
	7.2 DIMENSIONAMENTO	27
8	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA	31
	8.1 PORTATE DI PROGETTO.....	31
	8.2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	35

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1-1 INQUADRAMENTO AREA D'INTERVENTO.....	3
FIGURA 3-1 SUDDIVISIONE TERRITORIALE IN DISTRETTI	6
FIGURA 3-2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA AI SENSI DEL PAI - ISONZO, TAGLIAMENTO, PIAVE E BRENTA-BACCHIGLIONE	8
FIGURA 3-3 PERICOLOSITÀ IDRAULICA AI SENSI DEL PAI - SILE E PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA.....	10
FIGURA 3-4 PERICOLOSITÀ IDRAULICA AI SENSI DEL PGRA	13
FIGURA 3-4 PERICOLOSITÀ IDRAULICA SECONDO IL PAT COMUNE DI SAN DONÀ DI PIAVE.....	15
FIGURA 4-1 INQUADRAMENTO PM SAN DONÀ DI PIAVE	17
FIGURA 4-2 ESTENSIONE DISTRETTO IDROGRAFICO ALPI ORIENTALI.....	18
FIGURA 4-3 CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DI COMPETENZA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO ALPI ORIENTALI	18
FIGURA 4-4 BACINO PIANURA TRA LIVENZA E PIAVE.....	20
FIGURA 5-1 CONFRONTO LSPP < 1 ORA, TR 200 ANNI.....	22
FIGURA 5-2 CONFRONTO LSPP > 1 ORA, TR 200 ANNI.....	23
FIGURA 6-1 - ANDAMENTO DEI VOLUMI	29
FIGURA 6-2 - ANDAMENTO DEI VOLUMI	30
FIGURA 7-1 - SEZIONE TIPO.....	36

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 3-1 VALORI DI INTENSITÀ.....	12
TABELLA 3-2 SINTESI DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	14
TABELLA 5-1 PARAMETRI IDROLOGICI PER VARIANTE DI PORTOGRUARO.....	24
TABELLA 5-2 VARIAZIONI DI PRECIPITAZIONE MASSIMA GIORNALIERA PREVISTE NELL'AREA DI INTERVENTO (ISPRA, 2015)	24
TABELLA 6-1 - GEOMETRIA FOSSI	29
TABELLA 6-2 - VERIFICA VOLUMI DI INVASO	29
TABELLA 6-3 – VERIFICA VOLUMI D'INVASO NEI CONFRONTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI	30
TABELLA 7-1 - GEOMETRIA CANALETTA.....	36
TABELLA 7-2 - VERIFICA COLLETTORI SOLE PIOGGE	36
TABELLA 7-3 - VERIFICA CANALETTE CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	36
TABELLA 7-4 - GEOMETRIA COLLETTORE	37
TABELLA 7-5 - VERIFICA COLLETTORE SOLE PIOGGE.....	37
TABELLA 7-6 - VERIFICA COLLETTORE CAMBIAMENTI CLIMATICI	37

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della linea Venezia-Trieste ed è riferita al progetto della realizzazione del nuovo posto di movimento in località San Donà di Piave.

In particolare, nella presente relazione è stata valutata la compatibilità idraulica dell'intervento andando ad analizzare tutti i vincoli presenti nell'area in oggetto imposti dagli enti competenti, nello specifico sono state prese a riferimento le carte della pericolosità idraulica PAI e PGRA sviluppate dal Distretto delle Alpi Orientali. Inoltre, è stato analizzato il sistema di raccolta e laminazione delle opere di drenaggio ferroviario.

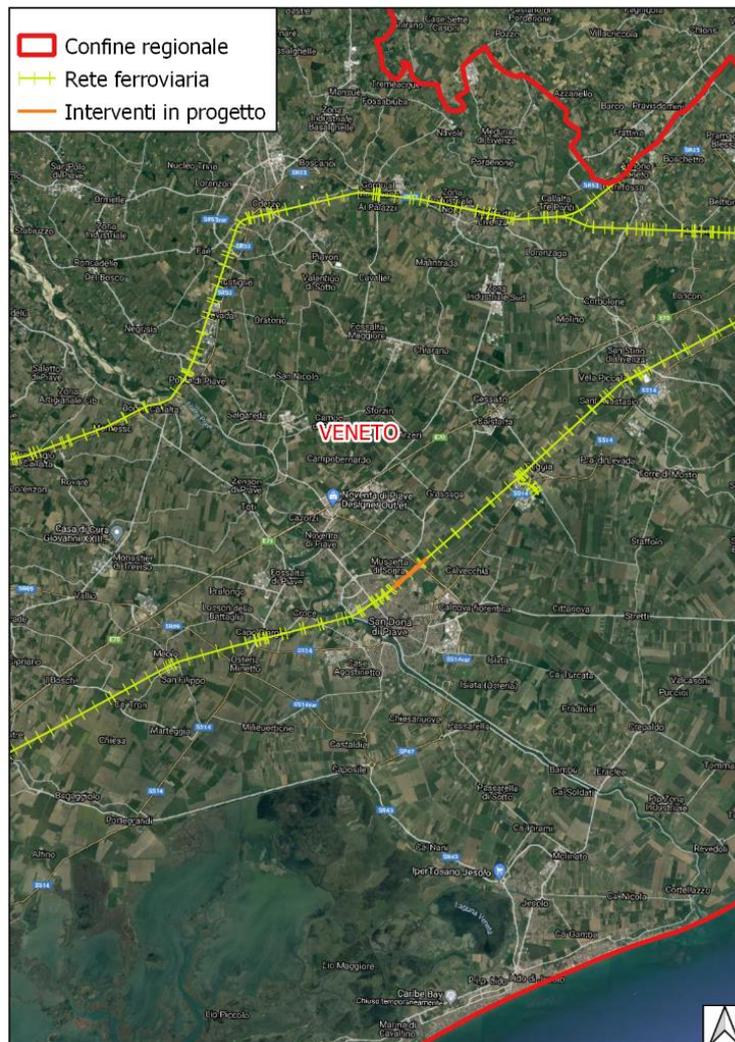


Figura 1-1 Inquadramento area d'intervento

Per i dimensionamenti delle opere idrauliche in progetto sono stati adottati i parametri idrologici riportati nella relazione idrologica a cui si rimanda per i dettagli specifici. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata

effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme tecniche delle costruzioni del 2018.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA – TRIESTE					
	LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m di San Donà di Piave					
Relazione di compatibilità e di smaltimento idraulico – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 5 di 37

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme in vigore a livello nazionale e/o europeo:

- R.D. 25/07/1904, n. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D. Lgs. 27 gennaio 1992, n. 132. "Attuazione della direttiva n. 80/68/CEE concernente la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose".
- D.M. 14 Febbraio 1997 "Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico".
- Direttiva 2000/60/CE, cosiddetta "Direttiva Acque".
- D. Lgs. n. 152/2006 – "Norme in materia ambientale".
- Direttiva 2007/60/CE, cosiddetta "Direttiva Alluvioni".
- L. 27 Febbraio 2009, n. 13 "Misure straordinarie in materia di risorse idriche e protezione dell'ambiente".
- D. Lgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- D. Lgs 23 Febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvioni".
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) e relativa circolare (Circolare n. 7/2019).
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato al 2021.

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme in vigore a livello regionale e/o a scala di distretto idrografico:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Sile e della Pianura tra Piave e Livenza, 2002.
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione, 2012.
- Criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie, 2016.
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali – I CICLO 2015-2021.

3 DISPOSIZIONI NORMATIVE

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 7 distretti idrografici, in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di Bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 3-1 Suddivisione territoriale in distretti

Analizzando le opere in progetto secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, l'intervento ricade all'interno del bacino idrografico cosiddetto "Pianura tra Livenza e Piave" ma risente anche delle condizioni di pericolosità idraulica derivanti dal fiume Piave; in entrambi i casi, la competenza in materia è demandata al Distretto Idrografico Alpi Orientali. Di conseguenza, l'analisi idraulica dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore nella zona in esame, in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Sile e della Pianura tra Piave e Livenza;
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali – I CICLO 2015-2021.

	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA – TRIESTE					
	LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m di San Donà di Piave					
Relazione di compatibilità e di smaltimento idraulico – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A	FOGLIO 7 di 37

3.1 PAI – PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI IDROGRAFICI DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO, PIAVE E BRENTA-BACCHIGLIONE

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, tecnico-operativo e normativo che:

- individua e perimetra le aree fluviali e quelle di pericolosità geologica, idraulica e valanghiva;
- stabilisce direttive sulla tipologia e la programmazione preliminare degli interventi di mitigazione o di eliminazione delle condizioni di pericolosità;
- detta prescrizioni per le aree di pericolosità e per gli elementi a rischio classificati secondo diversi gradi.

Il Piano persegue finalità prioritarie di riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, di protezione di abitati, infrastrutture, nonché riconosciute specificità del territorio, interessate o interessabili da fenomeni di pericolosità.

3.1.1 Norme di attuazione

Di seguito si riporta un estratto delle Norme di Attuazione del PAI. Per maggiori dettagli, si rimanda alla documentazione integrale.

ART. 4 – Classificazione dei territori per condizioni di pericolosità ed elementi a di rischio

1. Il Piano, sulla base delle conoscenze acquisite e dei principi generali contenuti nella normativa vigente, classifica i territori in funzione delle diverse condizioni di pericolosità, nonché classifica gli elementi a rischio, nelle seguenti classi:

PERICOLOSITÀ

P4 (pericolosità molto elevata)

P3 (pericolosità elevata)

P2 (pericolosità media)

P1 (pericolosità moderata)

ELEMENTI A RISCHIO

R4 (rischio molto elevato)

R3 (rischio elevato)

R2 (rischio medio)

R1 (rischio moderato)

Le classi di pericolosità identificano il regime dei vincoli alle attività di trasformazione urbanistica ed edilizia di cui al titolo II delle presenti norme di attuazione; le classi degli elementi a rischio, ove definite, costituiscono elementi di riferimento prioritari per la programmazione degli interventi di mitigazione e le misure di protezione civile.

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PAI, gli interventi in progetto ricadono in aree a pericolosità moderata P1, come si evince dalla figura riportata di seguito.

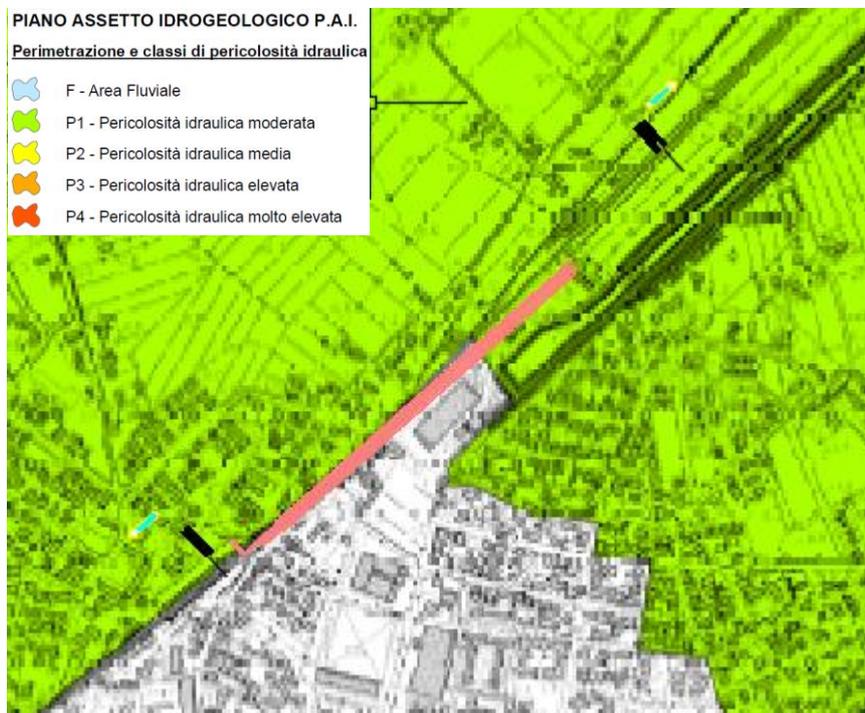


Figura 3-2 Pericolosità idraulica ai sensi del PAI - Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione

3.2 PAI – BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SILE E DELLA PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Sile e della pianura tra Piave e Livenza ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Sile e della pianura tra Piave e Livenza.

Il Piano persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geologico, attraverso il ripristino degli equilibri idraulici, geologici ed ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni. Inoltre, il Piano persegue finalità prioritarie di protezione di abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di pregio paesaggistico e ambientale interessati da fenomeni di pericolosità, nonché di riqualificazione e tutela delle caratteristiche e delle risorse del territorio.

In sintesi, il Piano contiene:

1. l'individuazione e perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica;
2. la perimetrazione delle aree a rischio idraulico;
3. le opportune indicazioni relative a tipologia e programmazione preliminare degli interventi di mitigazione o eliminazione delle condizioni di pericolosità;
4. le norme di attuazione e le prescrizioni per le aree di pericolosità idraulica.

3.2.1 Norme di attuazione

Di seguito si riporta un estratto delle Norme di Attuazione del PAI. Per maggiori dettagli, si rimanda alla documentazione integrale.

ART. 4 – Classificazione dei territori per condizioni di pericolosità e classi di rischio

1. Il presente Piano, sulla base delle conoscenze acquisite, classifica i territori in funzione delle condizioni di pericolosità idraulica e delle classi del conseguente rischio, valutato sulla base della vulnerabilità del territorio.
2. Ai fini dell'individuazione delle misure di salvaguardia il Piano classifica le aree pericolose secondo le seguenti condizioni di pericolosità idraulica:

- a) **P1** (pericolosità moderata),
- b) **P2** (pericolosità media)
- c) **P3** (pericolosità elevata)

a cui si aggiunge, per la pericolosità idraulica, la classe F (area fluviale).

3. Ai fini dell'individuazione delle priorità di attuazione degli interventi il Piano classifica le aree a rischio secondo le classi di rischio idraulico di cui al D.P.C.M. 29 settembre 1998:

- a) R1 – moderato;
- b) R2 – medio;
- c) R3 – elevato;
- d) R4 – molto elevato.

In base alla tavola di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PAI, gli interventi in progetto ricadono in aree a pericolosità moderata P1, come si evince dalla figura riportata di seguito.

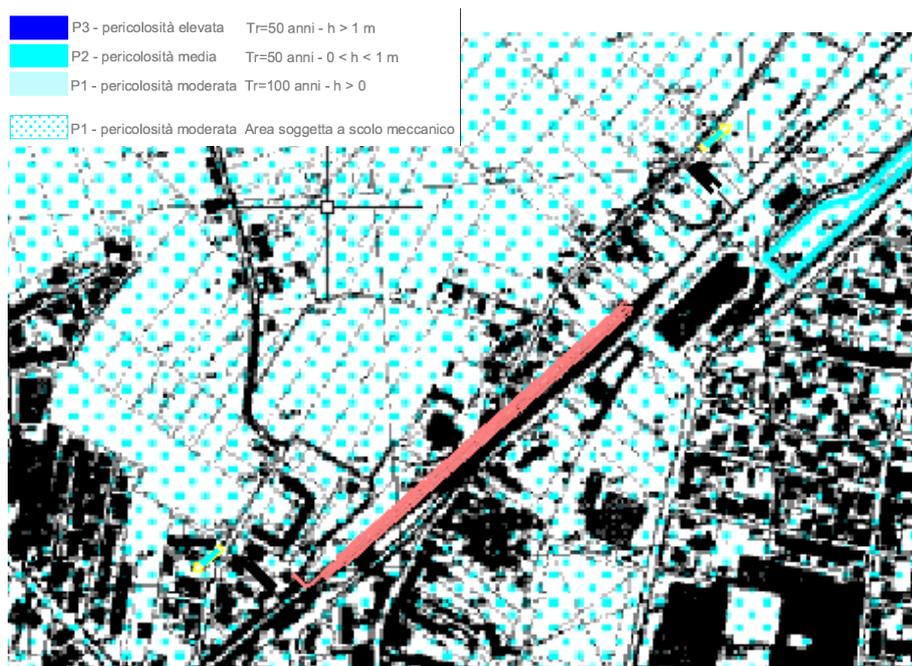


Figura 3-3 Pericolosità idraulica ai sensi del PAI - Sile e Pianura tra Piave e Livenza

3.3 PGRA – DISTRETTO IDROGRAFICO DELLE ALPI ORIENTALI – I CICLO (2015-2021)

Le norme comunitarie prevedono l'obbligo di predisporre per ogni distretto, a partire dal quadro della pericolosità e del rischio di alluvioni definito con l'attività di mappatura, uno o più Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (art. 7 D. Lgs. 49/2010 e art. 7 Dir. 2007/60/CE), contenenti le misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative dei fenomeni alluvionali nei confronti, della salute umana, del territorio, dei beni, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche e sociali. In particolare, il PGRA dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale. Il Distretto idrografico delle Alpi Orientali interessa prevalentemente le Province Autonome di Trento e Bolzano, le Regioni Veneto, Friuli-Venezia Giulia, una ridotta parte della Lombardia e porzioni di territorio di Svizzera, Austria e Slovenia.

L'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE identifica tre scenari su cui valutare la pericolosità idraulica:

1. scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi;
2. alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità di alluvione);
3. alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (elevata probabilità di alluvione).

In linea con quanto richiesto dal D. Lgs. 49/2010, i tempi di ritorno associati agli scenari ad elevata, media e scarsa probabilità di alluvione sono stati fissati, rispettivamente, pari a 30, 100 e 300 anni.

Fissato lo scenario, il dominio (sul quale è stata sviluppata la procedura di calcolo e indagato il grado di rischio nelle sue diverse fattispecie) è rappresentato dal territorio che potrebbe essere interessato dall'occupazione delle acque esterne all'area fluviale, ovvero quelle aree che potrebbero essere inondate conseguentemente al sormonto spondale e/o al cedimento delle arginature durante eventi di piena di assegnata probabilità di accadimento. Noti nei vari punti del territorio i tiranti d'acqua massimi h e le velocità massime v che si possono manifestare durante un evento di piena, il pericolo è legato all'intensità del fenomeno I , funzione del tirante e della velocità. L'origine della funzione di seguito descritta è sostanzialmente impostata prendendo a riferimento, come elemento vulnerabile, l'incolumità delle persone.

Le tre classi di intensità - bassa (I_b), media (I_m) e alta (I_a) - sono state così definite:

$$I_b = \begin{cases} h \leq 1.0m \text{ se } v \leq 0.5m/s \\ h \cdot v \leq 0.5m^2/s \text{ se } v > 0.5m/s \end{cases}$$

$$I_m = \begin{cases} 1.0 < h \leq 2m \text{ se } v \leq 0.5m/s \\ 0.5m^2/s < h \cdot v \leq 1m^2/s \text{ se } v > 0.5m/s \end{cases}$$

$$I_a = \begin{cases} h > 2m \text{ se } v \leq 0.5m/s \\ h \cdot v > 1m^2/s \text{ se } v > 0.5m/s \end{cases}$$

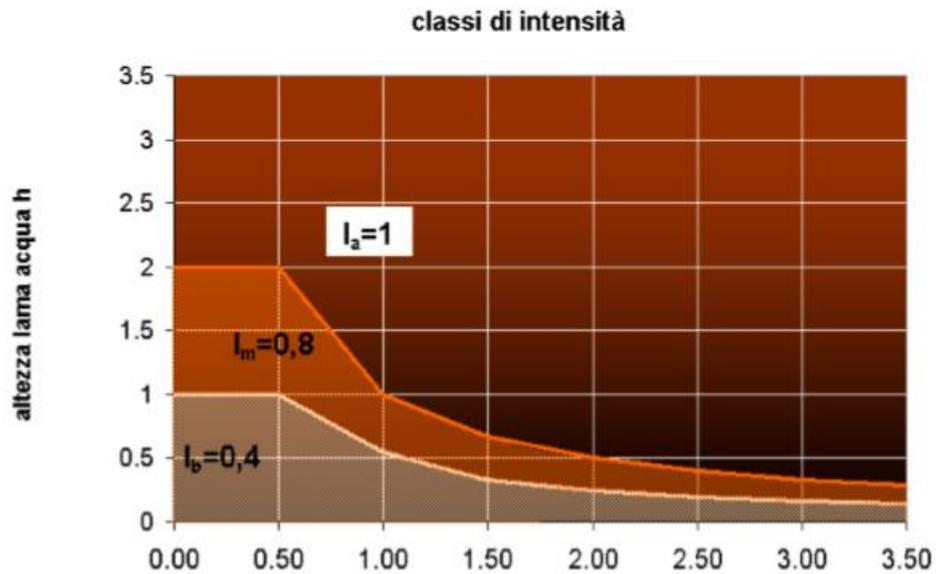


Figure 3-1 Definizione delle classi di Intensità

Tabella 3-1 Valori di intensità

Descrizione	Classe di I	Valore di I
Intensità bassa (Ib): zone inondate da acque con basso tirante	Ib	0.4
Intensità media (Im): zone inondate da acque con tiranti e/o velocità significative	Im	0.8
Intensità alta (Ia): zone inondate da acque profonde e/o ad elevata velocità di deflusso	Ia	1.0

Il metodo sopra descritto porta ad ottenere, in ogni punto del territorio considerato, la classe di intensità per ciascun scenario.

In sintesi, le condizioni di pericolosità nelle aree di interesse (in rosso) sono riportate nella figura a seguire, raffigurante un estratto della carta della pericolosità da alluvione dedotta dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

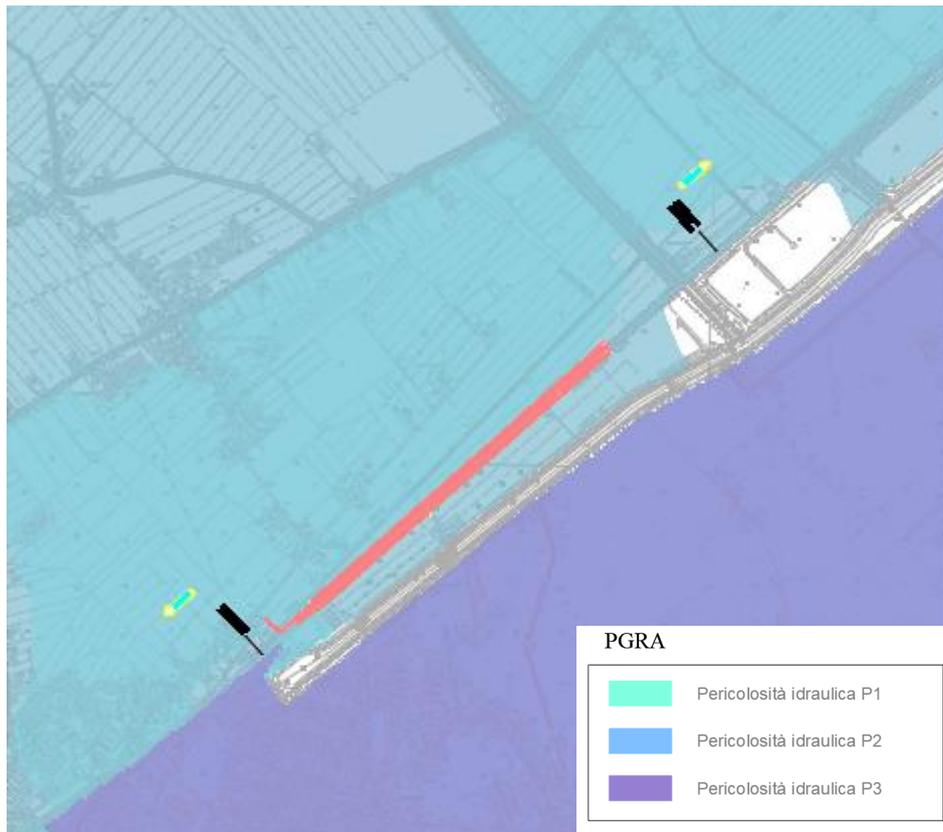


Figura 3-4 Pericolosità idraulica ai sensi del PGRA

In base alle tavole di perimetrazione delle aree a rischio esondazione del PGRA del Distretto delle Alpi Orientali (I CICLO DI PIANIFICAZIONE), gli interventi in progetto ricadono in zona classificata come P2 (media probabilità di alluvione).

In assenza delle Norme di Attuazione valide per il PGRA, si fa riferimento, per valutare la fattibilità dell'intervento, alla delibera n. 8/2019 "Attuazione della misura M21_1 finalizzata a coordinare i contenuti conoscitivi e normativi del PAI con le informazioni riportate nel vigente PGRA"; in base all'art. 2:

1. *Laddove nelle aree cartografate dai Piani per l'Assetto Idrogeologico, il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni individui aree allagabili nello scenario di media probabilità con un'altezza idrica superiore a un metro, la stessa costituisce condizione di pericolosità da considerare.*

2. *In tali ambiti territoriali, tutti i progetti relativi agli interventi e alle trasformazioni urbanistiche ed edilizie, oltre ad essere coerenti con i Piani per l'Assetto Idrogeologico, devono altresì [...] contenere una relazione tecnica che asseveri la compatibilità dell'intervento anche con la condizione di pericolosità idraulica riportata nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.*

Nel caso dell'intervento in progetto, le mappe relative al battente idrico per scenario di media probabilità indicano un valore compreso tra 0.5 e 1 m, si deduce che non costituisce condizione di pericolosità da considerare.

3.4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle condizioni di pericolosità in cui si trovano attualmente gli interventi in progetto:

Tabella 3-2 Sintesi delle condizioni di pericolosità degli interventi in progetto

INTERVENTO	PAI - Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione	PAI - Sile e Pianura tra Piave e Livenza	PGRA – I Ciclo
PM San Donà di Piave	P1	P1	P2

Gli interventi in progetto, stando a quando riportato:

1. nel PAI – Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione, ricadono in aree classificate come P1. In tali casi, stando a quanto riportato nelle Norme di Attuazione, è demandata agli strumenti urbanistici comunali la pianificazione dell'uso del suolo. In particolare, nel caso del comune di San Donà di Piave, lo strumento urbanistico di riferimento è il PAT (Piano di Assetto del Territorio), il quale conferma la presenza di una pericolosità moderata P1.

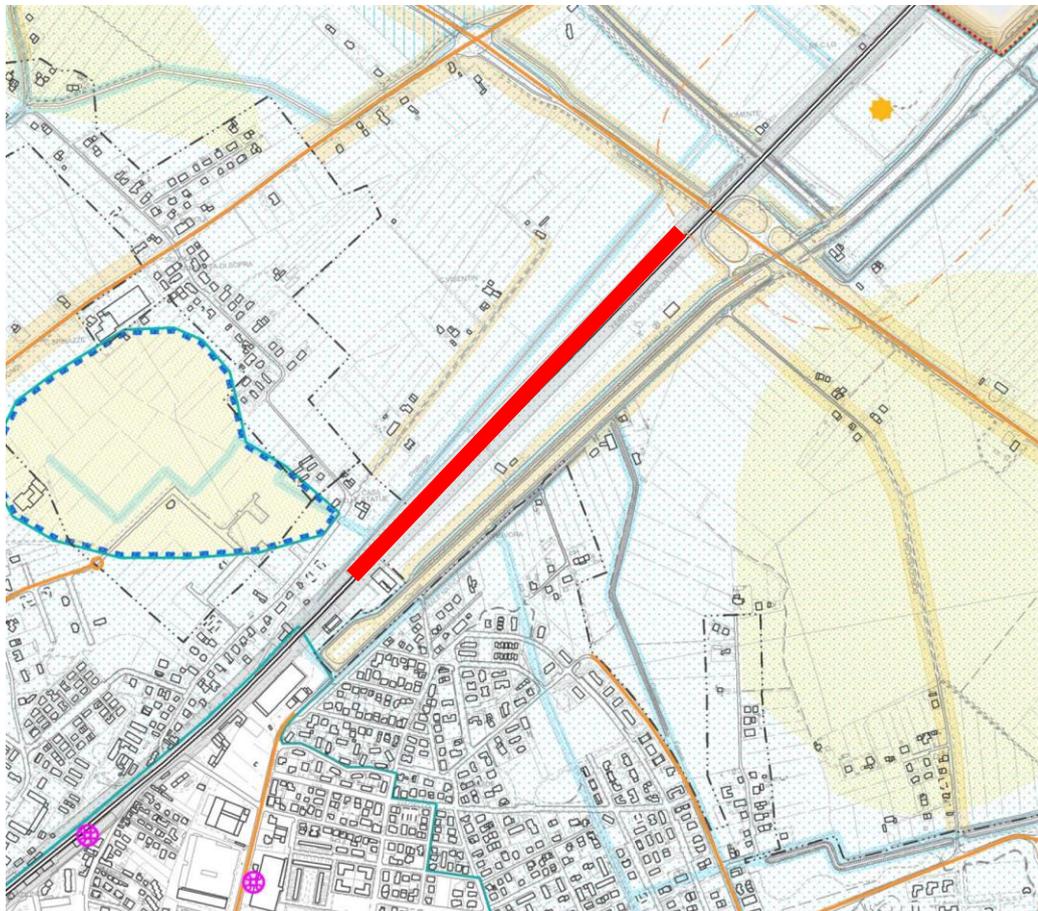
Nelle NTA del PAT non sono riscontrati vincoli ostativi alla realizzazione degli interventi in progetto, è riportata solamente una prescrizione sul franco da adottare per i nuovi edifici nel caso in cui ci si trovi in aree a moderata pericolosità P1 (punto 12 dell'art.12):

Nei casi in cui sussista già attualmente uno stato di sofferenza idraulica, sia da ritenersi quantomeno sconsigliata la realizzazione di piani interrati o seminterrati (i quali dovranno essere idraulicamente isolati dalla rete di fognatura, dal sottosuolo, dallo scoperto e dalle strade) e, al contrario,

raccomandata la realizzazione d'edifici aventi il piano terra sopraelevato di 40 -50 cm rispetto al piano campagna. Tali indicazioni sono da intendersi come:

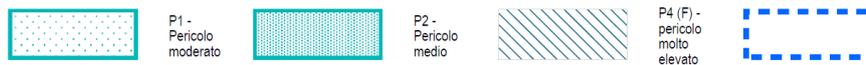
a) raccomandazioni per le aree P 1;

b) prescrizioni per le aree P2 e P3.



Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione

comma n° 13



Autorità di Bacino del Sile e della pianura tra Piave e Livenza

comma n° 13



 Aree sottoposte a regime di vincolo dal PGBBTR - Rischio idraulico in riferimento alle opere di bonifica

commi n°14-15-16

Figura 3-5 Pericolosità idraulica secondo il PAT Comune di San Donà di Piave

2. nel PAI – Sile e Pianura tra Piave e Livenza, ricadono in aree classificate come P1. Si rimanda all’analisi riportata nel punto precedente.
3. nel PGRA – I CICLO, ricadono in aree classificate come P2. In tali casi, stando a quanto riportato all’art. 2, comma 1 della delibera n. 8/2019 “Attuazione della misura M21_1 finalizzata a coordinare i contenuti conoscitivi e normativi del PAI con le informazioni riportate nel vigente PGRA: *“Laddove nelle aree cartografate dai Piani per l’Assetto Idrogeologico, il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni individui aree allagabili nello scenario di media probabilità con un’altezza idrica superiore a un metro, la stessa costituisce condizione di pericolosità da considerare”*. Nel caso dell’intervento in progetto, le mappe relative al battente idrico per scenario di media probabilità indicano un valore compreso tra 0.5 e 1 m si deduce che non costituisce condizione di pericolosità da considerare

Si può affermare che l’intervento non provoca un aumento dei livelli idrici nelle aree limitrofe e di conseguenza un aggravio della pericolosità idraulica, essendo il volume sottratto alla libera esondazione, dovuto agli allargamenti del rilevato previsti in progetto per la realizzazione dei binari in affiancamento agli esistenti, non rilevante. L’intervento non pregiudica la possibilità di risistemazioni idrauliche future lungo i corsi d’acqua e risulta non delocalizzabile.

Si sottolinea che è stato previsto un sollevamento della quota del piano del ferro nello stato di progetto di circa 2 m di altezza rispetto al piano di campagna delle aree circostanti, è quindi possibile affermare che l’opera si trova in sicurezza rispetto ad eventuali fenomeni di esondazione essendo il valore stimato del battente idrico tra 0,5 e 1 m di altezza. Per garantire un livello di sicurezza maggiore dell’opera nella successiva fase progettuale dovrà essere considerata l’ipotesi di prevedere una protezione del rilevato ferroviario, in destra e in sinistra, con un muro di sottoscarpa così da impedire eventuali fenomeni di erosione e cedimento del rilevato.

In sintesi, dunque, analizzati tutti gli strumenti legislativi vigenti, l’opera in progetto risulta compatibile dal punto di vista idraulico alle normative ad oggi in vigore.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Come anticipato nell'introduzione, nell'ambito della progettazione del potenziamento della linea Venezia - Trieste, è prevista la realizzazione del posto di movimento ubicato nel comune di San Donà di Piave che si estende dalla progr. 33+781.35 km alla progr. 34+785.68 km.

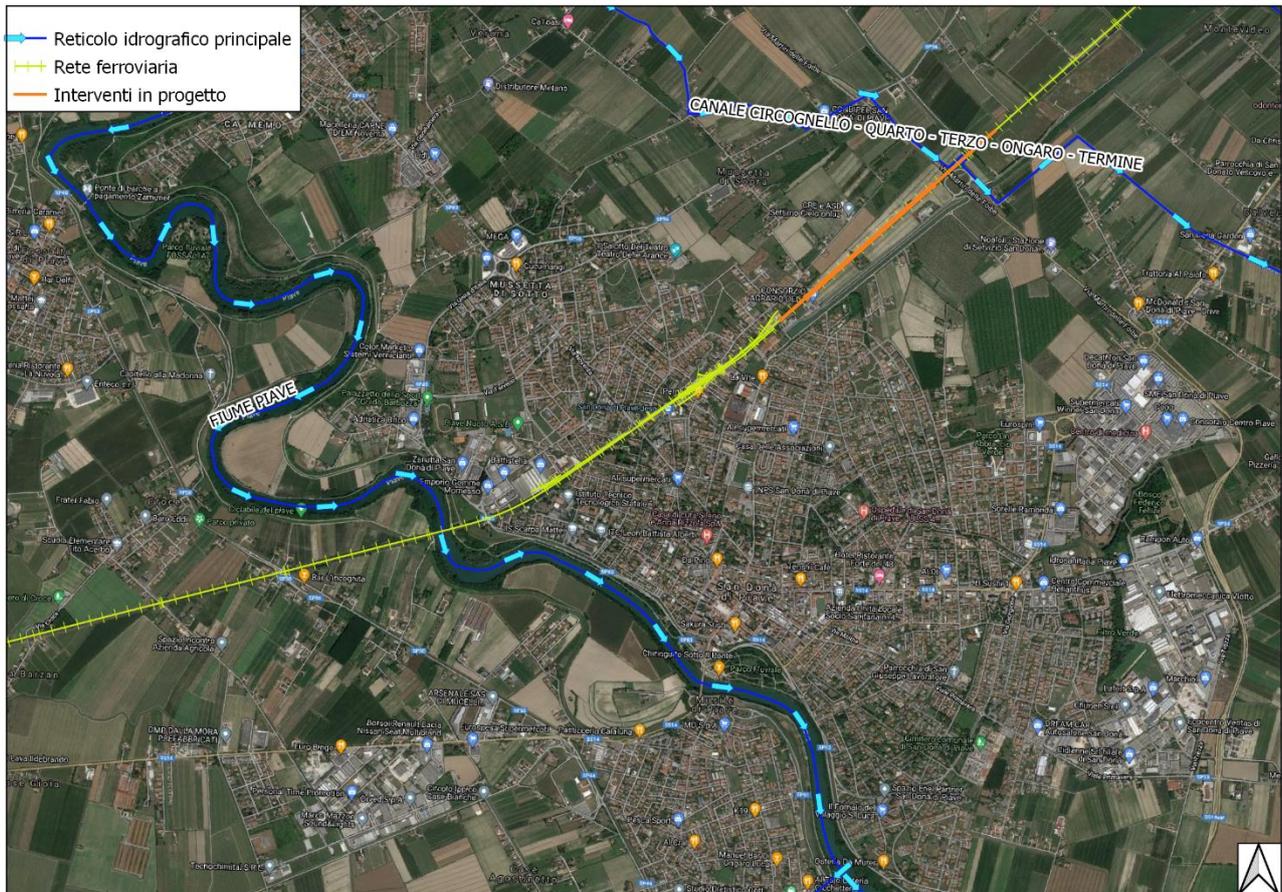


Figura 4-1 Inquadramento PM San Donà di Piave

Dal punto di vista dell'idrografia, il PM San Donà di Piave ricade all'interno del bacino idrografico cosiddetto "Pianura tra Livorno e Piave" di competenza del Distretto Idrografico Alpi Orientali.

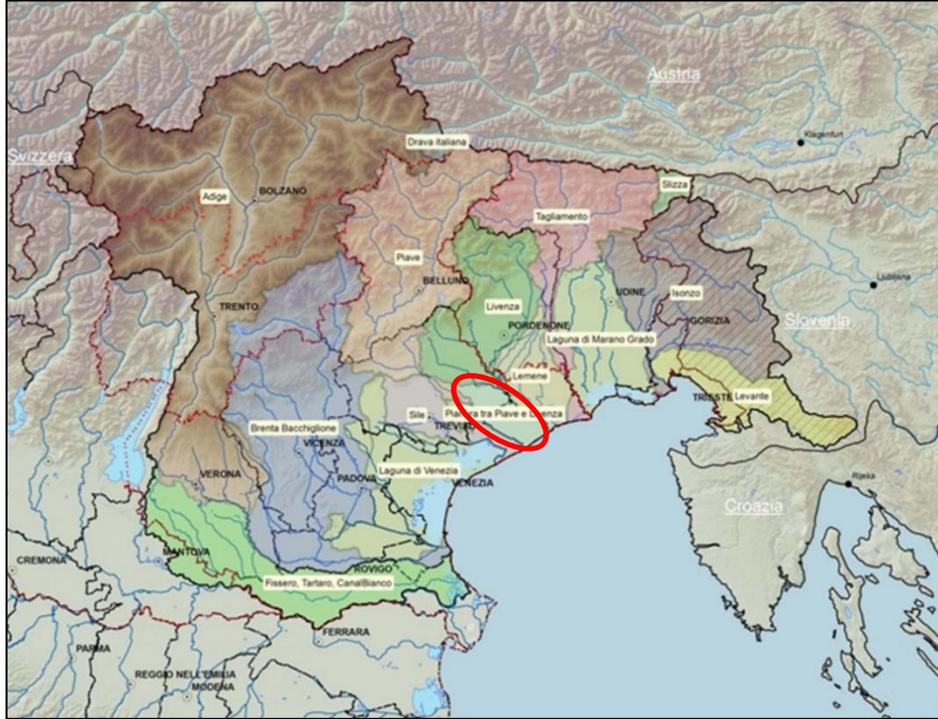


Figura 4-2 Estensione Distretto idrografico Alpi orientali

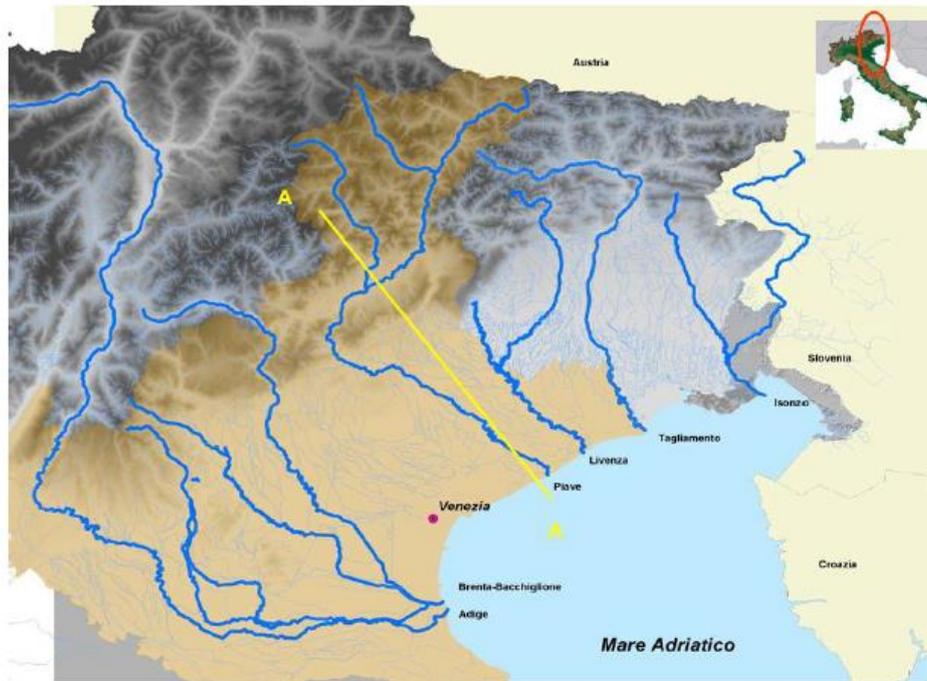


Figura 4-3 Corsi d'acqua principali di competenza del distretto idrografico alpi orientali

4.1 IL BACINO DELLA “PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA”

Il bacino della pianura tra Piave e Livenza, caratterizzato da un'estensione di circa 450 km², è compreso tra il fiume Livenza ad ovest ed il fiume Piave ad est; tuttavia, tale bacino non ne riceve le acque poiché gli alvei di entrambi i fiumi presentano quote idrometriche dominanti rispetto ai terreni attraversati.

Fatta eccezione per le aree più settentrionali, poste in adiacenza al centro abitato di Oderzo e delimitate dal corso del Monticano, il bacino in argomento è per lo più formato da comprensori di bonifica nei quali il drenaggio delle acque è garantito da una serie di impianti idrovori, inseriti in una rete di canali tra loro interconnessi e dal complesso funzionamento.

Per questa parte dell'ambito territoriale esaminato, nel quale le zone più settentrionali scolano a gravità verso aree della bonifica dove l'allontanamento delle acque può avvenire solamente per sollevamento meccanico, le simulazioni condotte con il modello di allagamento per le piene “critiche” con tempo di ritorno variabile tra i 20 anni e i 200 anni evidenziano la presenza di aree interessate da fenomeni di inondazione che si accentuano sensibilmente al crescere del tempo di ritorno dell'evento, soprattutto nella parte meridionale più depressa rispetto al medio mare.

Il fenomeno, che si manifesta per l'evento meno gravoso principalmente con insufficienze locali, al crescere dell'importanza dell'evento stesso assume decisamente caratteri generalizzati, seppure a danno di zone ben delimitabili del comprensorio. Si riscontra anche una sistematica riduzione del franco, per cui i problemi della sicurezza idraulica sono ben più importanti di quanto possa apparire dall'esame delle sole zone interessate dalla presenza di allagamenti. Tanto più, questa circostanza è da tenere presente considerando gli effetti disastrosi di sormonti più o meno diffusi o di eventuali cedimenti delle arginature dei principali corsi d'acqua, che fluiscono con quote idrometriche decisamente superiori rispetto al piano campagna.



Figura 4-4 Bacino PIANURA TRA LIVENZA E PIAVE

5 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta, collettamento e smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma ferroviaria composto da embrici che scaricano direttamente nel fosso di laminazione al piede, questa tipologia di drenaggio è prevista per la parte di piattaforma ubicata nel lato nord. Mentre la restante parte in cui è presente il muro di sottoscarpa è stata prevista una canaletta in calcestruzzo, la canaletta viene interrotta da un pozzetto in c.a. ogni circa 100 m da cui parte un tubo che attraversa la piattaforma ferroviaria e scarica le acque nel fosso di laminazione a nord.

Nella presente relazione è riportate il dimensionamento del fosso di laminazione, della canaletta e tubazione mentre si rimanda alla successiva fase progettuale per il dimensionamento degli embrici.

6 ANALISI IDROLOGICA

In generale, per la stima delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, è preferibile utilizzare analisi già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle LSPP dell'area in esame; nel presente progetto sono state confrontate:

1. le Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate (su committenza del Dipartimento della Protezione Civile) da NordEst Ingegneria S.r.l., all'interno del progetto "*Analisi Regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento*", con particolare riferimento ad i valori validi per il Consorzio di Bonifica Veneto Orientale, all'interno del quale ricadono le nostre opere;
2. le Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica che si ottengono eseguendo un'opportuna analisi statistica (con distribuzione di Gumbel) sui massimi di precipitazione, per diverse durate di pioggia, di una stazione pluviometrica ARPAV localizzata nelle vicinanze delle opere in progetto.

Per le elaborazioni di dettaglio si rimanda all'elaborato specifico.

6.1 CONFRONTO TRA LE METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE LSPP

Al fine di individuare il metodo di analisi più affidabile per la definizione delle curve di pioggia di progetto da utilizzare nei calcoli per il dimensionamento delle opere idrauliche è stato effettuato il confronto tra le altezze di pioggia calcolate con i due metodi precedentemente descritti.

Si riporta il confronto, a titolo esemplificativo, del solo tempo di ritorno 200 anni.

LSPP < 1 ORA

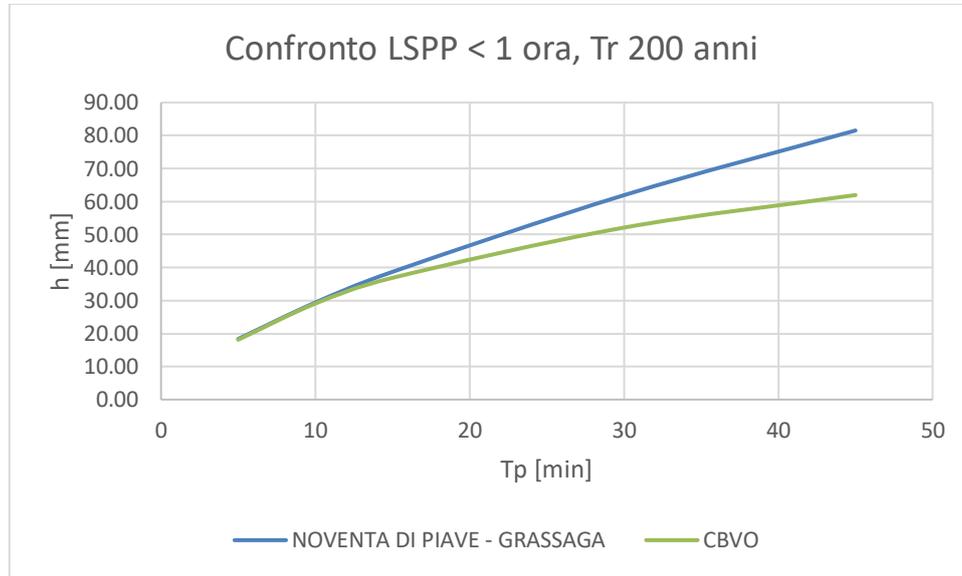


Figura 6-1 Confronto LSPP < 1 ora, Tr 200 anni

Come si vede dall'immagine precedente, le altezze di pioggia che scaturiscono dall'analisi statistica con il metodo di Gumbel applicato ad i valori di precipitazione forniti da ARPA-FVG risultano superiori a quelle che si ottengono dall'analisi regionalizzata.

Di conseguenza, per le durate di pioggia inferiori all'ora, si impiegherà, per il dimensionamento delle opere in progetto, la formula bi-parametrica con i valori dei parametri a , n derivanti dai massimi valori di precipitazione forniti da ARPA-FVG.

LSPP > 1 ORA

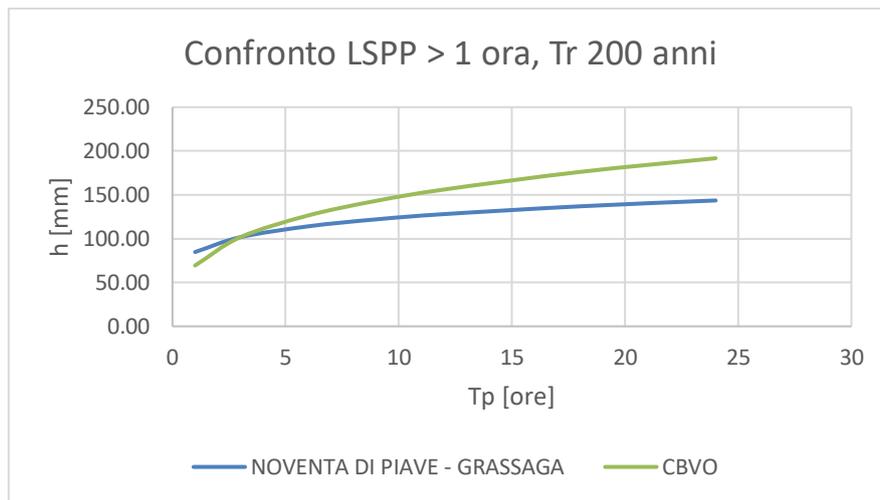


Figura 6-2 Confronto LSPP > 1 ora, Tr 200 anni

Come si vede dall'immagine precedente, nel caso di durate di precipitazione superiori all'ora, la situazione è più incerta: per durate maggiori di 3 ore, la curva dell'analisi regionalizzata è sempre più alta di quella ottenuta elaborando i dati forniti da ARPAV, mentre finché la durata di pioggia è inferiore a 3 ore, è la curva di ARPAV ad essere predominante.

Nella pratica progettuale il dimensionamento delle vasche di laminazione/dispersione e dei bacini si riferisce in genere a durate di precipitazione di molto superiori all'ora; di conseguenza, per tali durate di pioggia superiori, si impiegheranno le curve valide per il Consorzio di Bonifica Veneto Orientale (CBVO) essendo queste più gravose.

6.2 RIEPILOGO DEI VALORI ADOTTATI

Di seguito, sinteticamente, i valori dei parametri idrologici da impiegare per il dimensionamento delle opere in progetto, distinti in base alla durata di pioggia (minore/maggiore di un'ora). Le durate di precipitazione vanno inserite in ore.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA – TRIESTE LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m di San Donà di Piave					
	Relazione di compatibilità e di smaltimento idraulico – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R26 RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. A

Tabella 6-1 Parametri idrologici per Variante di Portogruaro

Durata di pioggia < 1 ora		
TR [anni]	a [mm/h]	n [-]
25	74.31	0.649
50	82.62	0.660
100	90.88	0.670
200	99.11	0.678

Durata di pioggia > 1 ora			
TR [anni]	a [mm · min ⁻¹]	b [min]	c [-]
50	25.4	10.4	0.754
100	24.5	9.6	0.732
200	23.2	8.7	0.709

$$h_{TOT} [mm] = a \cdot t^n$$

$$h_{TOT} [mm] = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

La durata di pioggia va inserita in ore.

La durata di pioggia va inserita in minuti.

Il tema dei cambiamenti climatici è stato tenuto in conto incrementando i valori di precipitazione attesi in maniera proporzionale rispetto a quanto desumibile dalle mappe messe a disposizione da ISPRA. In particolare, nella tabella seguente, si riportano i valori di variazione “*media di insieme*” (*ENSEMBLE MEAN*) di precipitazione massima giornaliera (h_{24}) (rispetto al valore medio nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), prevista nell’area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, con riferimento allo scenario “massimo” di emissione RCP8.5 da utilizzare per la verifica degli elementi idraulici.

Tabella 6-2 Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste nell’area di intervento (ISPRA, 2015)

INTERVENTO	Variazione media h_{24} (RCP8.5) [mm]		
	2021-2050	2041-2070	2061-2090
PM San Donà di Piave	+ 5-10	+10-15	+15-20

7 INVARIANZA IDRAULICA

Il calcolo dei volumi necessari all'applicazione del principio dell'invarianza idraulica è richiesto nel momento in cui avviene una trasformazione del territorio che possa comportare l'incremento delle portate di piena scaricata sul recettore finale della rete (corpo idrico o rete di drenaggio): infatti, così facendo, i volumi d'acqua che vengono scaricati nei recapiti finali risultano pari a quelli presenti prima della trasformazione del territorio.

Il fine ultimo della procedura è quello di stimare la differenza di volumi d'acqua in gioco tra la situazione post-operam e quella ante-operam, in maniera da prevedere delle opere di invaso che consentano di mantenere inalterati i volumi d'acqua destinati al recapito finale, sia che si tratti di recettori naturali, terreni o fognature.

Le diverse regioni o enti competenti hanno legiferato in materia, di seguito una sintesi di quanto esiste e di come è stato applicato nell'ambito del presente progetto.

Nel progetto in oggetto, le acque meteoriche che interessano la piattaforma ferroviaria vengono raccolte e convogliate nel fosso di laminazione previsto sul lato nord dell'infrastruttura che tramite un manufatto di controllo e rispettando il criterio di invarianza idraulica imposto, restituisce al ricettore finale la portata laminata.

7.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Il modello di calcolo dei volumi d'invaso necessari al rispetto del principio dell'invarianza idraulica si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. In genere, questo approccio tende a produrre valori cautelativi. Nelle condizioni sopra descritte, applicando un idetogramma netto di pioggia ad intensità costante, il volume entrante prodotto dal bacino scolante risulta pari a:

$$W_e = S \cdot \Psi \cdot a \cdot \theta^n$$

S = superficie di riferimento

Ψ = coeff. di afflusso POST OPERAM

a, n = coeff. della curva di possibilità pluviometrica

θ = durata critica della pioggia

mentre il volume uscente considerando una laminazione ottimale $Q_u=Q_{u, \max}$ risulta:

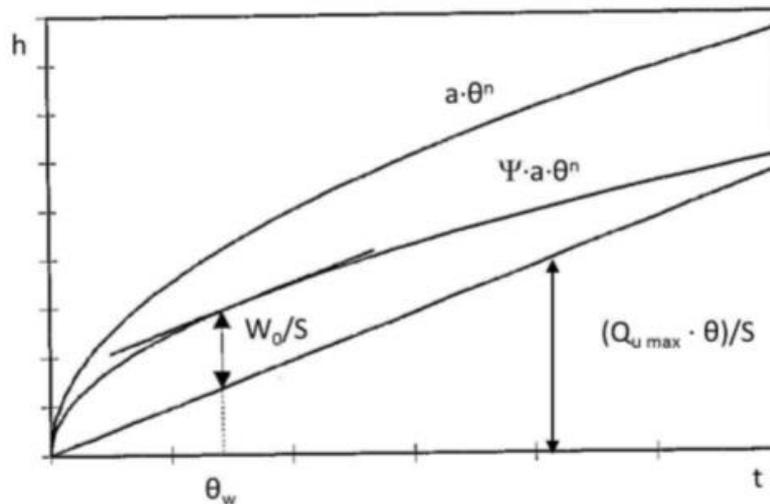
$$W_u = Q_{u, \max} \cdot \theta$$

Il volume massimo da invasare a questo punto è dato dalla massima differenza tra le due curve descritte dalle precedenti due relazioni e può essere individuato graficamente riportando sul piano (h, θ) la curva di possibilità pluviometrica netta:

$$h_{\text{netta}} = \Psi a \theta^n$$

mentre la retta rappresentante il volume, riferito all'unità di area del bacino a monte, uscente dalla vasca è espressa dalla formula:

$$h_u = (Q_{u, \max} \theta)/S$$



Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto al tempo l'espressione per il calcolo del volume da invasare nella vasca:

$$\Delta W = h_{\text{netta}} - h_u$$

si ricava la durata critica θ_w che massimizza il volume invasato W_0 :

$$\theta_w = \left(\frac{Q_{u, \max}}{S \cdot \Psi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso sarà dunque:

$$W_0 = S \cdot \Psi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{u,max}}{S \cdot \Psi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{u,max} \cdot \left(\frac{Q_{u,max}}{S \cdot \Psi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

con:

S	[ha]
W	[m ³]
a	[mm/ora ⁿ]
θ	[ore]
Q	[l/s]

Per l'applicazione del metodo è necessario stabilire il valore della massima portata ammissibile allo scarico, ovvero la massima portata che può essere scaricata a valle nello stato di progetto, espressa in l/s/ha.

7.2 DIMENSIONAMENTO

Il Consorzio Veneto Orientale Analisi Idrologico-idrauliche per l'applicazione dei criteri di invarianza idraulica del 27/8/2012 ha stimato, tramite il metodo delle sole piogge e dell'invaso, i volumi di compensazione per mantenere l'invarianza ai sensi delle delibere regionali.

Di seguito, si riportano alcune indicazioni fornite dal Consorzio Veneto Orientale valide a livello generale, inerenti il coefficiente udometrico ed il contributo dei piccoli invasi:

A questo scopo, nonostante il valore di u sia variabile caso per caso a seconda delle condizioni geomorfologiche, pedologiche ed idrauliche del sito specifico, ricordando che condizioni particolari possono richiedere l'assunzione di valori cautelativamente più bassi, si assume per il Comprensorio consortile, con riferimento a terreni non urbanizzati, un coefficiente udometrico di 10 l/(s*ha).

Il contributo dei "piccoli invasi" può variare tra i 35 ed i 45 mc/ha, in dipendenza dalla morfologia e dalla destinazione d'uso della superficie afferente. In questa sede la variabilità di tale apporto è stata schematizzata come funzione del livello di impermeabilizzazione del suolo secondo la seguente tabella di riferimento:

TIPOLOGIA SUPERFICIE AFFERENTE	VOLUME PER VELO IDRICO SUPERFICIALE	VOLUME PER INVASO IN POZZETTI / CADITOIE	SOMMA VOLUME PICCOLI INVASI [mc/ha]
Superfici a verde	25	10	35
Superfici parzialmente drenanti, semi-permeabili, ghiaia, terra battuta	17	24	41
Superfici asfaltate, edificate o comunque fortemente impermeabilizzate	10	35	45

Tabella 3.3: Contributo specifico dei "piccoli invasi" per diverse tipologie di superficie

Le opere di drenaggio ferroviario del P.M. San Donà di Piave consistono nel convogliare le acque di piattaforma dovute alla trasformazione dell'area oggetto di intervento all'interno dei canali esistenti rispettando il criterio di invarianza idraulica imposto.

Come precedentemente scritto, si sono verificati i volumi dei fossi di guardia di laminazione applicando il metodo delle sole piogge, imponendo un grado di riempimento pari al 70% del volume disponibile; inoltre, considerando l'incremento di pioggia dovuta ai cambiamenti climatici, si sono ulteriormente verificati i fossi di guardia con un grado di riempimento del 95%. Di seguito si riportano le verifiche dei fossi, in cui:

- S_1 è la porzione di intervento "impermeabile" (piattaforma ferroviaria);
- S_2 è la porzione di intervento "permeabile" (scarpate del rilevato, eventuali fossi di guardia, ecc.);
- S_{TOT} è la superficie totale (permeabile + impermeabile);
- Ψ_1 è il coeff. di deflusso per la parte di intervento "impermeabile";
- Ψ_2 è il coeff. di deflusso per la parte di intervento "permeabile";
- Ψ_{equiv} è il coeff. di deflusso equivalente, arrotondato per eccesso a favore di sicurezza.

Dimensionamento fossi di laminazione

S_1 [m ²]	Ψ_1 [-]	S_2 [m ²]	Ψ_2 [-]	S_{tot} [m ²]	Ψ_{equiv} [-]
20000	0.9	4000	0.65	20600	0.775

S_{tot} [m ²]	S_{tot} [ha]	Tr [anni]	Ψ_{equiv} [-]	u [l/s, ha]
20600	2.06	100	0.800	10

Tabella 7-1 - Geometria fossi

Verifica fossi di laminazione

S_{tot} [m ²]	Tr [anni]	a	b	c	Ψ_{equiv} [-]	u [l/s, ha]	Q_{out} [m ³ /h]	V [m ³]	t_{cr} [h]
20600	100	24.5000	9.6000	0.7320	0.8	10	59.33	1623.74	10.60

L [m]	b [m]	H	B [m]	h _{utile} [m]	V_{vasca} [m ³]	t_{cr} [h]	A_{sez} [m ²]
1003.00	3.00	0.60	4.20	0.45	1624.86	27.39	2.16

Tabella 7-2 - Verifica volumi di invaso

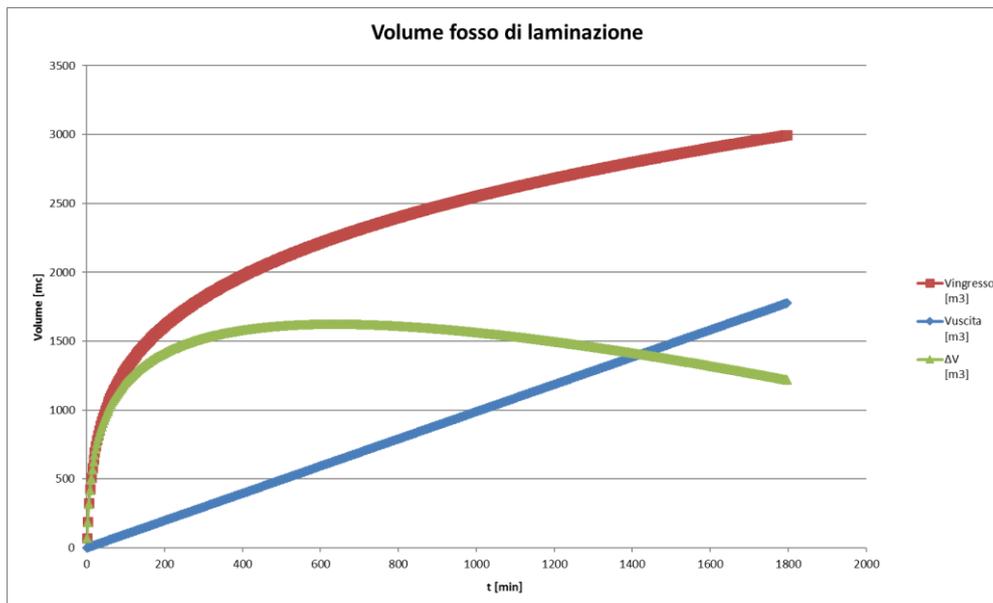


Figura 7-1 - Andamento dei volumi

Verifica fossi di laminazione ai cambiamenti climatici

S_{tot} [m ²]	Tr [anni]	a	b	c	Ψ_{equiv} [-]	u [l/s, ha]	Q_{out} [m ³ /h]	V [m ³]	t_{cr} [h]
20600	100	24.5000	9.6000	0.7320	0.8	10	59.33	1953.34	10.60

L [m]	b [m]	H	B [m]	hutile [m]	V_{vasca} [m ³]	t_{cr} [h]	A_{sez} [m ²]
1003.00	3.00	0.60	4.20	0.57	2058.16	34.69	2.16

Tabella 7-3 – Verifica volumi d’invaso nei confronti dei cambiamenti climatici

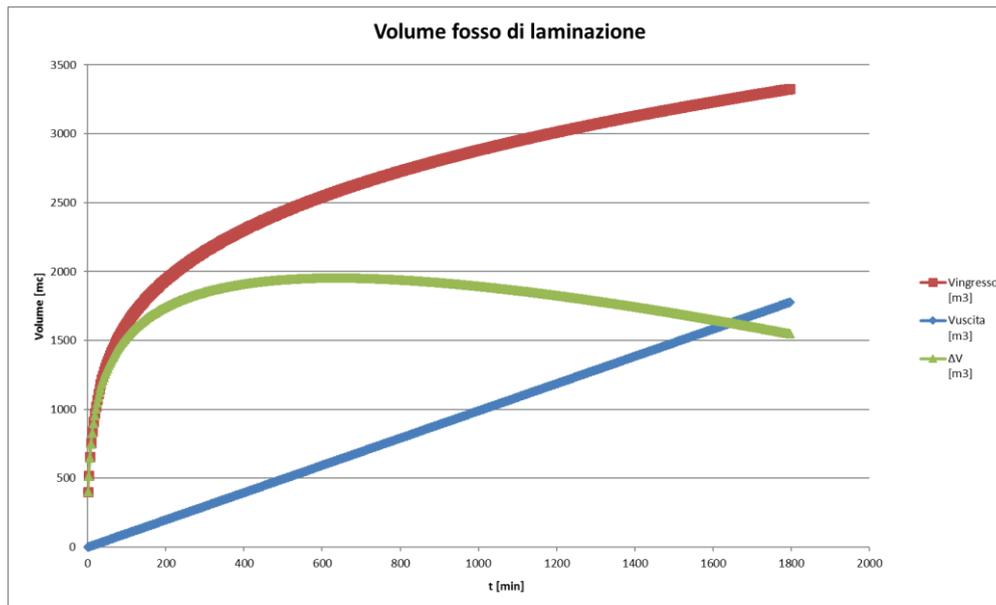


Figura 7-2 - Andamento dei volumi

8 DRENAGGIO DI PIATTAFORMA

8.1 PORTATE DI PROGETTO

L'impostazione idrologica ed i metodi di dimensionamento delle opere tengono conto delle impostazioni date dal "Metodo italiano", nel quale si fa l'ipotesi che il funzionamento dei collettori sia autonomo e sincrono:

autonomo significa che ogni condotto si riempie e si svuota per effetto delle caratteristiche idrologiche del bacino drenato trascurando quindi eventuali rigurgiti indotti dai rami che seguono a valle,

sincrono significa che tutti i condotti si riempiono e si svuotano contemporaneamente.

Tali ipotesi di funzionamento non sono pienamente aderenti alla realtà nella quale invece si ha una propagazione dell'onda di piena da monte verso valle e quindi il volume W effettivamente invasato è minore di quello intero complessivo della rete.

METODO DELL'INVASO

La portata fluviale della rete è calcolata con il metodo empirico dell'invaso che tiene conto della diminuzione di portata per il velo (sottilissimo) che rimane sul terreno e per il volume immagazzinato in rete. In zone completamente pianeggianti, come quelle di progetto, il metodo empirico dell'invaso risulta il più adatto.

L'acqua di pioggia proveniente dall'atmosfera avrà una portata che indicheremo con "p", mentre "I" indicheremo l'intensità di pioggia, cioè l'altezza d'acqua che cade nell'unità di tempo.

Dell'acqua piovana una parte viene assorbita dal terreno, una porzione evapora ed il resto defluisce; la porzione che evapora è molto piccola e quindi trascurabile.

Indicando con "ψ" l'aliquota che defluisce sul terreno bisogna tenere conto che tale valore dipenderà dalla natura del terreno, dalla durata dell'evento di pioggia, dal grado di umidità dell'atmosfera e dalla stagione, φ prende il nome di coefficiente di afflusso e moltiplicato per l'area del bacino (A) e per l'intensità di pioggia (I) ci fornirà una stima della portata che affluisce nel bacino nell'unità di tempo.

$$p = \varphi \cdot I \cdot A$$

nel tempo dt il volume d'acqua affluito sarà p*dt, mentre nell'istante t nella rete di drenaggio defluirà, una portata q, inizialmente nulla e man mano crescente.

Se il volume che affluisce nel tempo dt è pari a p*dt e quello che defluisce è q*dt, la differenza, che indicheremo con dw, rappresenterà il volume d'acqua che si invasa nel tempo.

Pertanto, l'equazione di continuità in forma differenziale sarà:

$$p \cdot dt = q \cdot dt + dw$$

Il metodo dell'invaso utilizzato per lo studio idraulico e la verifica dei collettori di smaltimento delle acque delle aree esterne si basa proprio sull'equazione di continuità.

Considerando che la portata q può essere considerata costante, le variabili da determinare sono $q(t)$, $w(t)$, e t , per cui l'equazione a seguire non sarebbe integrabile se non fissando q o w :

$$w/\omega = W/\omega = \text{cost}$$

in cui ω è l'area della sezione, w è il volume invasato totale, W è il volume immagazzinato nella rete posta a monte della sezione in questione.

Tuttavia, valutando che il valore massimo di portata verrà raggiunto alla fine dell'evento di pioggia di durata t , il problema di progetto si riduce ad individuare la durata di pioggia che massimizzi la portata, tenuto conto che al diminuire di questa aumenta l'intensità di pioggia I .

Tale problema è stato risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia (I) costante e di rete di drenaggio inizialmente vuota ($q = 0$ per $t = 0$) considerando:

- Una relazione lineare tra il volume w immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica ω :

$$w/\omega = W/\omega = \text{cost}$$

Questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde all'ipotesi di moto uniforme, mentre nel caso di reti, si basa su due ulteriori ipotesi: che i vari elementi si riempiano contemporaneamente senza che mai il deflusso affluente sia ostacolato (funzionamento autonomo) e che il grado di riempimento di ogni elemento sia coincidente con quello degli altri (funzionamento sincrono);

- Una relazione lineare tra la portata defluente e l'area della sezione a monte:

$$q/\omega = Q/\Omega = \text{cost}$$

(Q portata a monte della sezione, Ω area della sezione a monte)

Tale relazione corrisponde all'ipotesi di velocità costante in condotta, ipotesi abbastanza prossima alla realtà nella fascia dei tiranti idrici che in genere si considerano.

Con queste ipotesi semplificative si ottiene:

$$\frac{dw}{W} = \frac{dq}{Q}$$

$$dw = \frac{dq}{Q} \cdot W$$

L'equazione di continuità diviene quindi:

$$(p - q)dt = \frac{W}{Q} \cdot dq$$

Ovvero:

$$p - q = \frac{dw}{dt}$$

L'integrazione dell'equazione di continuità consente di ottenere una relazione tra la portata e il tempo di riempimento di un canale, ovvero consente la stima dell'intervallo temporale tra un valore nullo di portata ed un valore massimo. Definendo T il tempo necessario per passare da $q=0$ a $q=q_{\max}$, e t_r il tempo di riempimento, si avrà:

- un canale adeguato se $T \leq t_r$,
- un canale insufficiente se $T > t_r$.

Il corretto dimensionamento del canale di drenaggio delle acque piovane si ottiene ponendo $T = t_r$, ovvero nel caso in cui la durata dell'evento piovoso eguagli il tempo di riempimento del canale. In quest'ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento progettazione, imponendo la relazione $T = t_r$ si ottiene l'espressione analitica del coefficiente udometrico:

$$u = k \cdot \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$$

In cui:

u , coefficiente udometrico, rappresenta la portata per unità di superficie del bacino (l/s/ha);

φ , coefficiente di deflusso;

W , il volume w rappresenta il volume specifico di invaso totale pari al rapporto tra il volume di invaso totale W_{tot} e la superficie drenata, è valutato secondo la seguente espressione:

$$W = \frac{0.005(A_p + A_s) + 0.003A_e + \sigma L}{A_p + A_r + A_e}$$

- A_p denota l'area della piattaforma ferroviaria di progetto (m^2);
- A_s denota l'area della scarpata dell'eventuale trincea e della piattaforma ferroviaria esistente (m^2);
- A_e denota l'area esterna (m^2);
- L (m) e σ (m^2), rispettivamente, rappresentano la lunghezza e la sezione idrica nel fosso per il grado di riempimento effettivo.
- In particolare, W è dato dalla somma del volume proprio di invaso W_1 , del volume di invaso dei tratti confluenti depurato del termine dei piccoli invasi W_2 , del volume dei piccoli invasi considerando l'intera superficie del bacino drenata W_3 .
- a, n coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora vista l'estensione dei bacini e per tempo di ritorno pari a 100 anni (con a espresso il mm/h);
- k , coefficiente che assume il valore "2168 n" [Sistemi di Fognatura, Manuale di Progettazione, CSU Editore, Hoepli; Appunti di Costruzioni Idrauliche, Girolamo Ippolito, Liguori Editore].

L'espressione del coefficiente udometrico utilizzata nel nostro studio è dunque:

$$u = 2168 \cdot n \cdot \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{w^{n-1}}$$

Per quanto attiene il coefficiente di deflusso esso è stato assunto:

- $\varphi = 0.90$ per la piattaforma viaria di progetto;

Ricavato il coefficiente udometrico, la portata si ottiene come

$$Q = u(A_p + A_r + A_e)$$

Dove la superficie totale drenata $A = A_p + A_r + A_e$ è espressa in ettari e la portata Q in l/s.

8.2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

Definiti i parametri pluviometrici, il metodo di trasformazione afflussi/deflussi si effettua il dimensionamento delle opere idrauliche in progetto. La verifica idraulica degli elementi in progetto viene effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

$$V = k \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Gaukler-Strickler:

$$K = K_s R^{1/6}$$

ottenendo:

$$Q = A K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- Q, portata (m³/s)
- i, pendenza media del fosso (m/m);
- A, sezione idrica (m²);
- K_s, il coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strickler, pari a 67 - 35 mm^{1/3} · s⁻¹;
- R, raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

Il sistema di drenaggio previsto è costituito da un sistema di raccolta, collettamento e smaltimento delle acque meteoriche afferenti la piattaforma ferroviaria composto da una canaletta in cls 50x50 che convoglierà le acque di metà piattaforma direttamente nel fosso di laminazione mediante dei collettori in PEAD DN400 che attraverseranno la piattaforma ferroviaria con interasse 100 metri. Nelle successive tabelle si riporta il dimensionamento del manufatto più sollecitato, nelle successive fasi progettuali sarà riportato un calcolo dettagliato di tutti gli elementi idraulici.

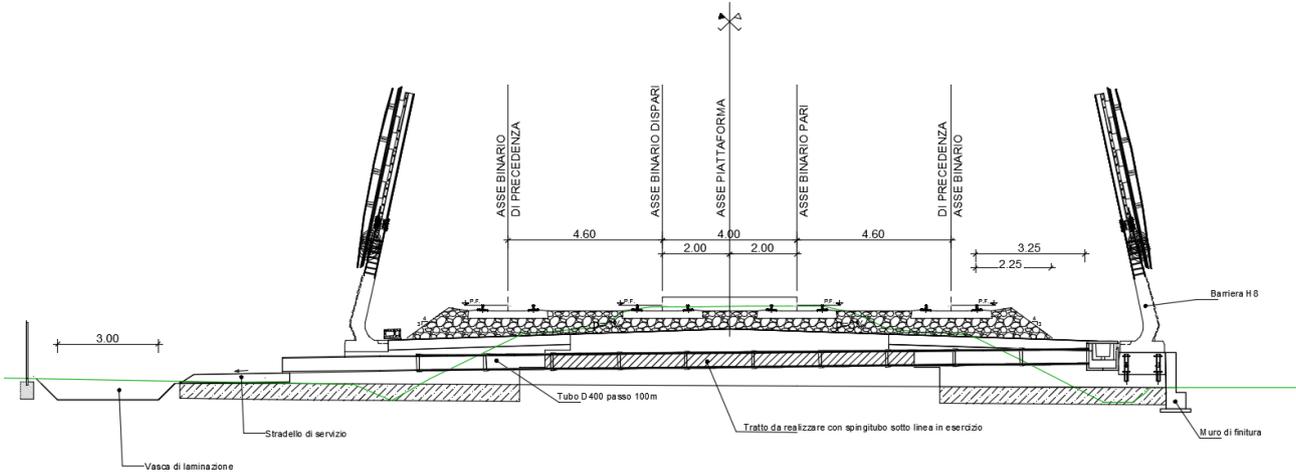


Figura 8-1 - Sezione tipo

DATI RETE					COLLETTORE				
Ramo	N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	Tipologico	K _s	D _{int}	Tirante	Q
ID _r	ID _N	ID _N	[m]	[m/m]		[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[l/s]
CANALETTA DX									
1-2	33+724.24	33+800.00	100.00	0.30%	R_50	67	0.500	0.112	37.495

Tabella 8-1 - Geometria canaletta

DATI RETE					SUPERFICI DRENATE			INVASO		VERIFICHE		
Ramo	N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	L _p	S _p	Φ	W _p	Q _p	G.R.	V	Fr
ID _r	ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[m]	[m ²]		[m ³]	[l/s]	[%]	[m/s]	
CANALETTA DX												
1-2	33+724.24	33+800.00	100.00	0.30%	9.500	950.000	0.900	4.750	31.404	19.9%	0.631	0.638

Tabella 8-2 - Verifica collettori sole piogge

DATI RETE					SUPERFICI DRENATE			INVASO		VERIFICHE		
Ramo	N _i	N _{i+1}	L	i _{med}	L _p	S _p	Φ	W _p	Q _p	G.R.	V	Fr
ID _r	ID _N	ID _N	[m]	[m/m]	[m]	[m ²]		[m ³]	[l/s]	[%]	[m/s]	
CANALETTA DX												
1-2	33+724.24	33+800.00	100.00	0.30%	9.500	950.000	0.900	4.750	37.495	22.5%	0.667	0.635

Tabella 8-3 - Verifica canalette cambiamenti climatici

DATI RETE		COLLETTORE					SUPERFICI DRENATE		
L	i _{med}	Tipologico	Ks	Dint	Tirante	Q	L _p	S _p	Φ
[m]	[m/m]		[mm ^{1/3} s ⁻¹]	[m]	[m]	[l/s]	[m]	[m ²]	
100.00	1.00%	PEAD_400	80	0.343	0.109	31.404	9.500	950.000	0.900

Tabella 8-4 - Geometria collettore

DATI RETE		INVASO		VERIFICHE		
L	i _{med}	W _p	Q _p	G.R.	V	Fr
[m]	[m/m]	[m ³]	[l/s]	[%]	[m/s]	
100.00	1.00%	4.750	31.404	31.8%	1.245	1.415

Tabella 8-5 - Verifica collettore sole piogge

DATI RETE		INVASO		VERIFICHE		
L	i _{med}	W _p	Q _p	G.R.	V	Fr
[m]	[m/m]	[m ³]	[l/s]	[%]	[m/s]	
100.00	1.00%	4.750	37.495	34.9%	1.308	1.411

Tabella 8-6 - Verifica collettore cambiamenti climatici