

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	INQUADRAMENTO GENERALE	6
	3.1 INQUADRAMENTO IDROLOGICO	6
	3.2 ATTRAVERSAMENTI.....	7
4	ANALISI IDROLOGICA.....	9
	4.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	9
	4.2 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI	10
5	SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE METEORICHE	17
	5.1 SISTEMA DI RACCOLTA	17
6	SISTEMA DI SMALTIMENTO	22
	6.1 INDICAZIONI NORMATIVE	22
	6.2 INVARIANZA IDRAULICA	24
	6.3 SISTEMI DI INFILTRAZIONE.....	27
	6.4 SOLUZIONI PROGETTUALI	28
7	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	32
	7.1 SINTESI NORMATIVA	35
	7.2 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	37
	7.3 STUDIO IDRAULICO DI DETTAGLIO.....	41

1 INTRODUZIONE

L'intervento oggetto di studio è la realizzazione dell'ingresso Est nel nodo ferroviario di Verona della nuova tratta AV/AC Verona-Padova e il suo collegamento con quanto già realizzato con l'intervento dell'ingresso da Ovest della tratta Brescia-Verona. Questo intervento rappresenta la seconda e conclusiva fase dell'intervento complessivo di sistemazione del nodo AV/AC di Verona.

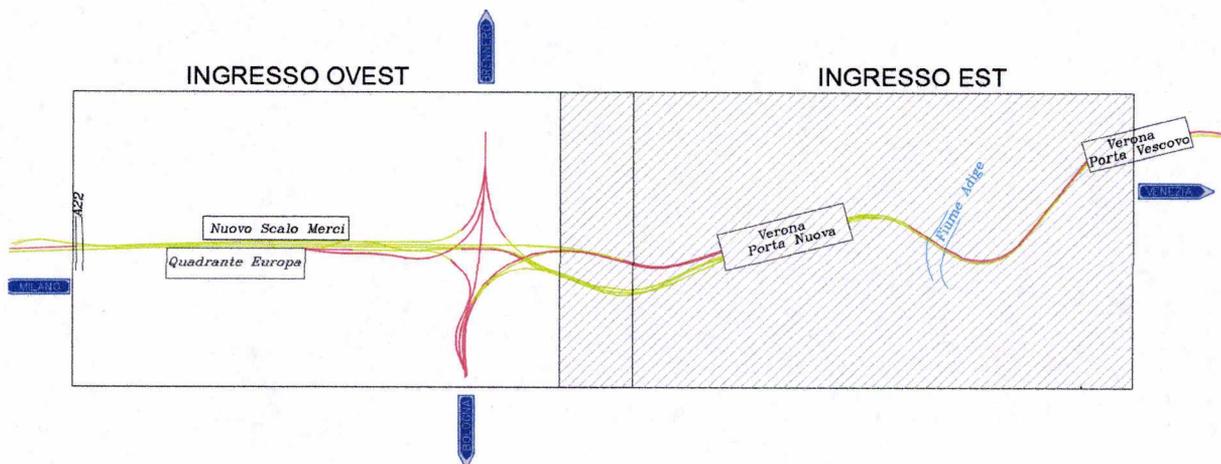


Figura 1: Inquadramento complessivo sistemazione del nodo AV/AC di Verona

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento idraulico di massima delle opere finalizzate allo smaltimento delle acque meteoriche afferenti alla sede ferroviaria. In particolare descrive il complesso sistema di raccolta delle acque di piattaforma, analizza gli attraversamenti minori, individua i ricettori finali in cui scaricare le acque raccolte e definisce le opere civili necessarie a recapitare le acque precedentemente raccolte.

Per quanto attiene l'attraversamento maggiore costituito dal Ponte sul Fiume Adige si rimanda agli elaborati di dettaglio (vedi Tabella 1).

In riferimento ai dati di base necessari per la progettazione e il dimensionamento delle opere idrauliche dell'intervento in oggetto si è fatto riferimento alla Relazione Idrologica Generale (IN0F20R26RHID0001001A) nella quale è descritto tutto il procedimento con cui sono stati ricavati i parametri pluviometrici.

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	EV.	FOGLIO
INOF	20	R 26 RI	ID0002 001	A	4 di 42

Gli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati in Tabella 1.

IDROLOGIA E IDRAULICA	CODIFICA	SCALA
<i>Relazione idrologica generale</i>	INOF 2 0 R 26 RH ID 00 0 1 001 A	-
<i>Relazione idraulica generale</i>	INOF 2 0 R 26 RI ID 00 0 2 001 A	-
<i>Corografia dei bacini e reticolo idrografico</i>	INOF 2 0 R 09 C2 ID 00 0 1 001 A	1:50000
<i>Carta di inquadramento della pericolosità idraulica</i>	INOF 2 0 R 26 C4 ID 00 0 2 001 A	1:10000
<i>Carta di inquadramento del rischio idraulico PGRA - Tav. 1/2</i>	INOF 2 0 R 26 C5 ID 00 0 2 001 A	1:5000
<i>Carta di inquadramento del rischio idraulico PGRA - Tav. 2/2</i>	INOF 2 0 R 26 C5 ID 00 0 2 002 A	1:5000
<i>Sezioni tipo idrauliche</i>	INOF 2 0 R 26 WA ID 00 0 2 001 A	1:100
<i>Tipologici idraulici</i>	INOF 2 0 R 26 WZ ID 00 0 2 001 A	Varie
Studio idraulico Fiume Adige - Risultati del modello Bidimensionale		
<i>Relazione idrologica</i>	INOF 2 0 R 09 RI ID 00 0 1 001 A	-
<i>Relazione idraulica</i>	INOF 2 0 R 09 RI ID 00 0 2 001 A	-
<i>Planimetria delle aree a pericolosità idraulica del PAI</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 001 A	1:2000
<i>Planimetria ubicazione sezioni di studio e rilievi</i>	INOF 2 0 R 09 P5 ID 00 0 2 001 A	1:5000
<i>Confronto ante e post operam dei massimi livelli idrici per Tr 30 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 002 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam dei massimi livelli idrici per Tr 100 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 003 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam dei massimi livelli idrici per Tr 200 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 004 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam dei massimi livelli idrici per Tr 500 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 005 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam delle velocità per Tr 30 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 006 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam delle velocità per Tr 100 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 007 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam delle velocità per Tr 200 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 008 A	1:2000
<i>Confronto ante e post operam delle velocità per Tr 500 anni</i>	INOF 2 0 R 09 P6 ID 00 0 2 009 A	1:2000
<i>Sezioni idrauliche con indicazione dei massimi livelli idrici - ante operam - 1 di 3</i>	INOF 2 0 R 09 WZ ID 00 0 2 001 A	Varie
<i>Sezioni idrauliche con indicazione dei massimi livelli idrici - ante operam - 2 di 3</i>	INOF 2 0 R 09 WZ ID 00 0 2 002 A	Varie
<i>Sezioni idrauliche con indicazione dei massimi livelli idrici - ante operam - 3 di 3</i>	INOF 2 0 R 09 WZ ID 00 0 2 003 A	Varie
<i>Sezioni idrauliche con indicazione dei massimi livelli idrici - post operam - 1 di 3</i>	INOF 2 0 R 09 WZ ID 00 0 2 004 A	Varie
<i>Sezioni idrauliche con indicazione dei massimi livelli idrici - post operam - 2 di 3</i>	INOF 2 0 R 09 WZ ID 00 0 2 005 A	Varie
<i>Sezioni idrauliche con indicazione dei massimi livelli idrici - post operam - 3 di 3</i>	INOF 2 0 R 09 WZ ID 00 0 2 006 A	Varie
<i>Profili di rigurgito ante-operam</i>	INOF 2 0 R 09 FZ ID 00 0 2 001 A	Varie
<i>Profili di rigurgito post-operam</i>	INOF 2 0 R 09 FZ ID 00 0 2 002 A	Varie
Sistemazione idraulica Fiume Adige		
<i>Sottofasi esecutive della sistemazione</i>	INOF 2 0 R 09 PZ ID 00 0 2 001 A	Varie
<i>Planimetria e sezioni della sistemazione di progetto</i>	INOF 2 0 R 09 PZ ID 00 0 2 002 A	Varie

Tabella 1: Elaborati prodotti nell'ambito del presente studio

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme:

- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie";
- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE
- D.Lgs. n. 152/2006 - T.U. Ambiente;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Alpi Orientali (P.G.R.A. 03/03/2016);
- Norme di attuazione delle direttive del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige approvato con D.P.C.M. 27-04-2006 e adottato dal Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Adige con delibere n°01/2005 del 02/2005;
- Norme di Attuazione del Piano di Assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Fissero, Tartaro, CanalBianco;
- Norme tecniche di attuazione al Piano di Tutela delle acque della Regione Veneto, Allegato A3 alla Deliberazione del Consiglio Regionale n. 107 del 5/11/2009;
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008);
- DM.LL.PP del 12-12-1985, Norme tecniche relative alle tubazioni;
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato;
- Ministero dei Trasporti e dell'Aviazione Civile - DM 23 Febbraio 1971, n. 2445 e ss.mm.ii. "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto";
- Delibera n. 1841 del 19.06.2007 della Giunta Regionale della Regione Veneto con cui approva l'Allegato A contenente le indicazioni relative alla "Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici".

3 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area oggetto di studio si colloca dallo svincolo della A22, Autostrada del Brennero in direzione Est fino a San Michele Extra. Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa in affiancamento alla linea storica per una lunghezza di 8.050 m circa.

In Figura 1 si riporta una foto aerea con indicazione dell'area oggetto di studio (Bing mappe).

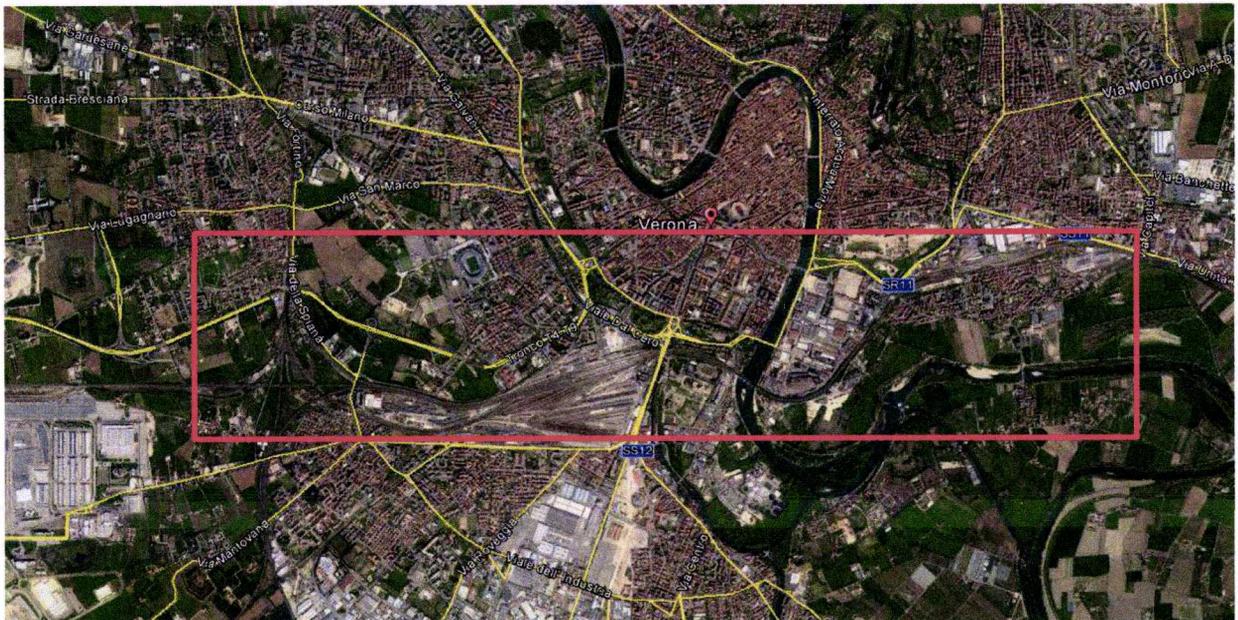


Figura 2: Inquadramento territoriale con individuazione dell'area di intervento

3.1 INQUADRAMENTO IDROLOGICO

L'elemento idrografico principale del territorio Veronese è rappresentato dal Fiume Adige, il cui alveo attuale scorre con direzione NW-SE con un corso piuttosto rettilineo e ben definito, fatta eccezione per alcuni meandri nella zona di Verona.

L'area oggetto di studio è interessata da numerosi scoli e canali i cui alvei sono stati spesso modificati e rettificati sia per esigenze di sviluppo urbanistico sia per l'uso agricolo.

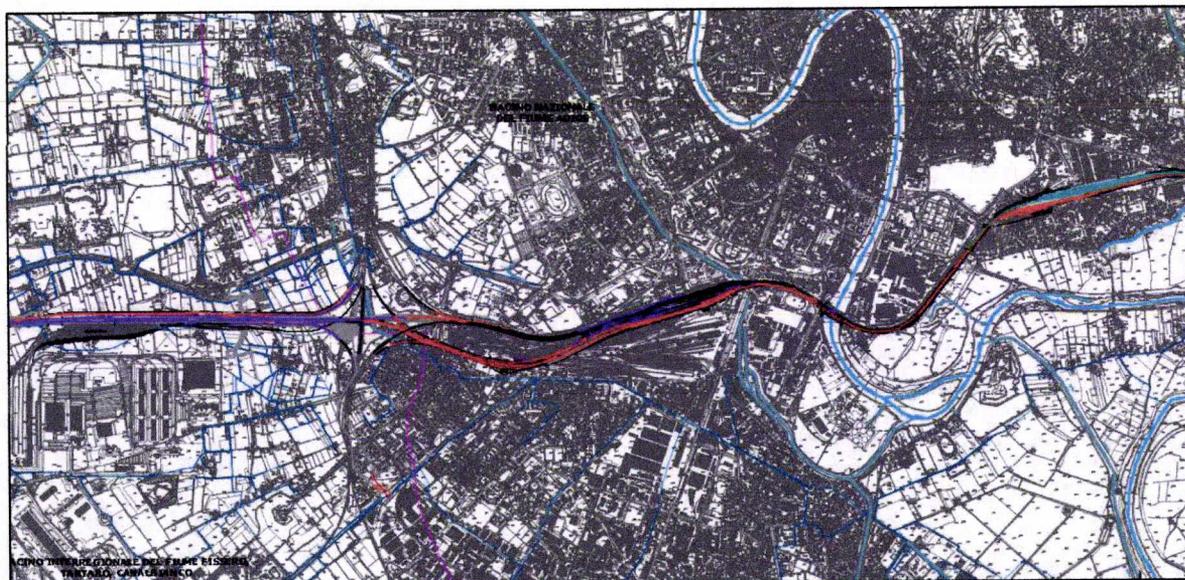


Figura 3: Reticolo Idrografico

3.2 ATTRAVERSAMENTI

FIUME ADIGE

L'attraversamento principale è il Ponte sul Fiume Adige. L'interferenza attuale è rappresentata dal viadotto della linea storica Milano-Venezia costituito da n. 5 arcate di luce 29 m circa, con quattro pile in alveo e due pile-spalle laterali fondate sugli argini; completano il viadotto ulteriori due arcate di luce minore 12 m circa, disposte lato Milano (Figura 4). Lo sviluppo del viadotto è di circa 230 m con piano del ferro posto alla quota assoluta di circa 63.4 m. La larghezza dell'impalcato a doppio binario è di circa 10.7 m.

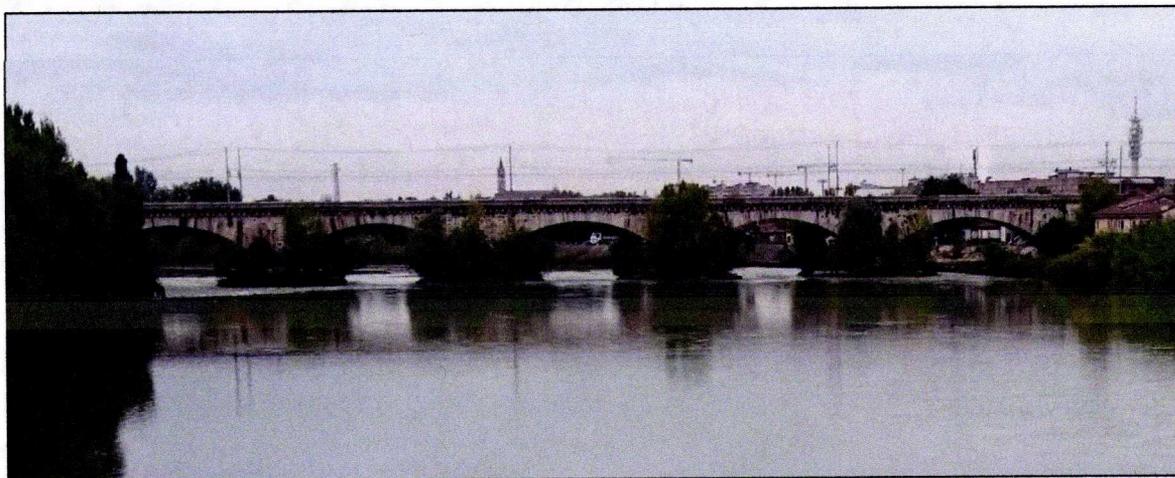


Figura 4: Ponte ferroviario esistente

La struttura del viadotto attuale è realizzata in muratura con conci di pietra a vista, così come le pile in alveo e le spalle sugli argini.

La nuova interferenza è rappresentata da un viadotto sul fiume Adige di lunghezza 240 m dalla prog. 147+495 alla prog. 147+735 del nuovo tracciato. Il nuovo viadotto in progetto, è disposto immediatamente a sud dell'attuale attraversamento ferroviario della linea storica Milano-Venezia. La distanza tra l'asse del nuovo ponte in progetto e l'asse del ponte esistente è pari a 25.8 m, l'intercapedine tra le due opere è di circa 14 m. Data la particolare posizione nel contesto urbano e la sua notevole visibilità, per il nuovo viadotto si è prevista una tipologia architettonica analoga al viadotto esistente, cioè con 5 campate di luce 29 m circa sostenute da quattro pile in alveo e da due pile-spalle laterali fondate sugli argini; le posizioni delle arcate, delle pile e delle pile-spalle sono "in ombra idraulica" a quelle del viadotto esistente in modo da minimizzare l'impatto dell'opera sull'ambiente, sia sotto il profilo estetico ed architettonico, che sotto l'aspetto strettamente idraulico.

Si rimanda alla Relazione Tecnica (elaborato IN0F20R09RIID0002001A) per l'intera trattazione e risoluzione di tale interferenza.

ATTRAVERSAMENTI MINORI

Lungo il tratto relativo alla realizzazione dell'ingresso Est nel nodo ferroviario di Verona della nuova tratta AV/AC Verona-Padova e il suo collegamento con quanto già realizzato con l'intervento dell'ingresso da Ovest della tratta Brescia-Verona non sono presenti attraversamenti minori (di continuità o di trasparenza).

La linea, infatti, interseca il solo Canale Industriale Camuzzoni che risulta però tombato nel tratto di nostro interesse.

Nell'area di interesse relativa allo Scalo Cason differenti sono i canali naturali o artificiali di irrigazione il cui studio però, verrà analizzato caso per caso nel progetto dell'ingresso Ovest nel nodo ferroviario di Verona della nuova tratta AV/AC a cui si rimanda per maggiori indicazioni.

4 ANALISI IDROLOGICA

La protezione della piattaforma ferroviaria dalle acque meteoriche richiede la realizzazione di opere idrauliche, variabili nei diversi assetti del corpo ferroviario (rilevato, trincea, ecc..), che bisogna dimensionare e verificare adeguatamente.

La procedura di calcolo e dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di drenaggio e smaltimento delle acque, differente per ciascuna opera, si compone dei seguenti passi:

- Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica;
- Calcolo delle portate generate dalla precipitazione meteorica;
- Dimensionamento degli elementi di raccolta delle acque.

4.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Nell'ambito dello studio idrologico (INOF20R26RHID0001001A) sono stati stimati i parametri della legge di possibilità pluviometrica al fine di calcolare, mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate di progetto che interessano i manufatti idraulici.

I parametri delle curve di probabilità pluviometrica da adottare per la tratta in esame, relativi alla legge monomia nella forma $h=a * t^n$ (con h in mm, a in mm/hⁿ, t in ore) sono riferite a tempi di ritorno di 10, 50, 100 e 200 anni:

Tr = 10 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni	
a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]
39.616	0.2314	46.831	0.2312	53.235	0.2310	58.992	0.2308	64.728	0.2307

Tabella 2: Piogge di durata superiore ad 1 ora

Per piogge con durate t minori di un'ora i parametri delle curve di probabilità pluviometriche sono:

Tr = 10 anni		Tr = 25 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni	
a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]	[mm/h]	[-]
40.996	0.4638	47.875	0.4638	55.089	0.4638	61.047	0.4638	66.982	0.4638

Tabella 3: Piogge di durata inferiore ad 1 ora

Ai fini progettuali, si assumono per l'intera tratta in esame i valori dei parametri a e n che conducono alla massima intensità di pioggia, in modo da ottenere le portate più cautelative.

Si precisa che, i tempi di ritorno (Tr) da considerare per il dimensionamento dei manufatti idraulici previsti sono prescritti dal Manuale di Progettazione ferroviaria e variano secondo le seguenti indicazioni:

- Drenaggio della piattaforma (cunetta, tubazioni..):

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Fossi di guardia:

	Tr [anni]
Linea ferroviaria	100
Deviazione stradali	25

- Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

	S [Km ²]	Tr [anni]
Linea ferroviaria	$S \geq 10$	300
	$S < 10$	200
Deviazioni stradali	-	200

- Impianti di sollevamento:

$$Tr = 25 \text{ anni}$$

Nei calcoli del progetto in essere è stato considerato dunque un tempo di ritorno di 100 anni per il dimensionamento dei manufatti idraulici relativi al drenaggio della piattaforma e dei fossi di guardia.

4.2 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

L'impostazione idrologica ed i metodi di dimensionamento delle opere tengono conto delle prescrizioni del "Manuale di progettazione"; le relazioni proposte nel manuale di

progettazione derivano dal metodo dell'invaso secondo l'impostazione data 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.

$$p = \phi * I * A$$

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:

$$p * dt = q * dt + dw$$

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:

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

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 (m²);
- A_s denota l'area della scarpata (m²);
- A_e denota l'area esterna (m²);
- L (m) e σ (m²), 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 $W1$, del volume di invaso dei tratti confluenti depurato del termine dei piccoli invasi $W2$, del volume dei piccoli invasi considerando l'intera superficie del bacino drenata $W3$. Nel progetto in esame il volume dei piccoli invasi è stato calcolato considerando un apporto unitario di 30 m³/ha per le superfici ferroviarie [Manuale di Progettazione] e 50 per il bacino esterno;

- a, n coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora vista l'estensione dei bacini;
- k un coefficiente che assume il valore "2520 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:

$$u = 2520 * n * \frac{(\varphi * a)^{1/n}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$$

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

- $\varphi = 0.90$ per la piattaforma ferroviaria [Manuale di Progettazione];
- $\varphi = 0.50$ per il bacino esterno ed i rilevati ferroviari.

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.

La verifica idraulica degli specchi in progetto, è stata effettuata valutando le altezze idriche e le velocità relative alle portate di progetto tramite l'espressione di Chezy:

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

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 la portata (m^3/s)
- i la pendenza media del fosso (m/m);

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	EV.	FOGLIO
INOF	20	R 26 RI	ID0002 001	A	16 di 42

- A la sezione idrica (m^2);
- K_s il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, pari a 80 (tubazione in materiale plastico ed acciaio), 65 per le strutture in cls, 33 per le opere in terra e rivestite in materassi tipo Reno;
- R il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m).

Per valutare il volume nel fosso (σL) si assume un grado di riempimento di primo tentativo, si ricava il coefficiente udometrico e quindi la portata. Si ricava il grado di riempimento associato a tale portata e si ripete il procedimento sino ad ottenere i valori corretti di portata e di grado di riempimento. Il volume invasato nel fosso di calcolo è determinato per tentativi: assunto un primo valore, si ricava il coefficiente udometrico e quindi la portata ed il grado di riempimento ad essa associato. Il procedimento viene ripetuto in successive iterazioni fino ad ottenere il corretto valore della portata e del grado di riempimento.

5 SISTEMA DI DRENAGGIO ACQUE METEORICHE

Nel presente capitolo si espongono i criteri generali attuati nella progettazione in merito alle scelte relative al drenaggio delle acque meteoriche del corpo ferroviario (embrici, canalette, pozzetti, ecc.), oltreché le opere preposte all'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale interferenti con il solido ferroviario (canali di gronda, fossi di guardia, ecc.).

Il recapito finale delle acque che defluiscono nelle suddette opere è individuabile nelle reti idrauliche che attraversano la zona interessata dalla linea ferroviaria, siano esse superficiali o interrate (fossi, collettori fognari) e dove necessario attraverso dei bacini d'infiltrazione che consentono di allontanare le acque depurate attraverso un sistema di infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo. Tali sistemi non aggravano la falda e garantiscono il rispetto delle indicazioni normative definite nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto.

Nel presente capitolo si descrivono, in dettaglio, le opere idrauliche necessarie allo smaltimento delle acque di piattaforma.

5.1 SISTEMA DI RACCOLTA

Il complesso sistema di drenaggio garantisce l'efficiente raccolta e smaltimento delle acque dal sub-ballast nei diversi assetti del corpo ferroviario (rilevato e trincea) attraverso l'utilizzo di differenti opere idrauliche, adeguatamente verificate con l'ausilio del Manuale Tecnico della Progettazione.

TRATTO IN RILEVATO

La raccolta delle acque di piattaforma avviene in corrispondenza dell'elemento marginale della carreggiata, costituito da un cordolo in conglomerato bituminoso interrotto con un interasse minimo adeguatamente dimensionato, per consentire, attraverso canalizzazioni in embrici, disposte lungo le scarpate, il recapito delle acque di piattaforma nei fossi di guardia di forma trapezoidale, previsti al piede del rilevato, rivestiti per una lunghezza di 3 m in corrispondenza dello scarico dell'embrice. I fossi di guardia sono rivestiti in calcestruzzo nel caso in cui le condizioni di pendenza e portate di progetto lo richiedano, per esempio nel caso di velocità elevate, ecc., in generale invece i fossi definiti sono in terra.

La verifica idraulica delle opere di smaltimento si effettua, per i singoli tratti di piattaforma, valutando la lunghezza massima di ogni manufatto in base alla massima capacità di smaltimento, ricavabile dalle caratteristiche geometriche della sezione e dalla pendenza longitudinale della stessa, ed al valore della massima portata di progetto calcolata. Dal manuale di progettazione l'interasse massimo tra due embrici è di 15,00 m.

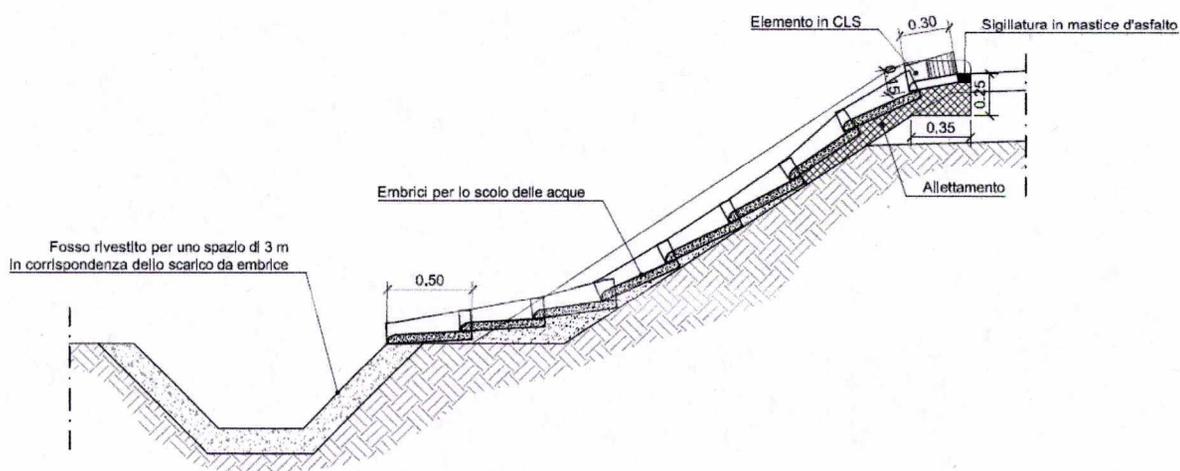


Figura 5: Particolare embrice di scarico in fosso

Nei tratti di tracciato in cui si prevede l'inserimento delle barriere antirumore, lo stradello di servizio esterno svolge il duplice scopo di consentire l'ispezionabilità e la manutenzione dall'esterno delle barriere stesse e di consentire lo smaltimento delle acque di piattaforma. Le acque meteoriche di piattaforma vengono infatti incanalate nei tubi quadri 10 x 10 cm o 12 x 12 cm inseriti nei fori predisposti in tutte le basi prefabbricate. Attraverso tali tubi, posti ad interassi 3.00 m, le acque vengono espulse all'esterno della piattaforma ferroviaria ed incanalate sullo stradello esterno collegato alla restante parte del sistema (embrici).

TRATTO IN VIADOTTO

Il sistema di drenaggio dei tratti in viadotto è costituito da bocche di lupo realizzate sul cordolo laterale del diametro classico di 200 mm ad interasse fisso che garantiscono

l'allontanamento delle acque dalla piattaforma a mezzo di un pluviale in materiale plastico di lunghezza 1,10 m.

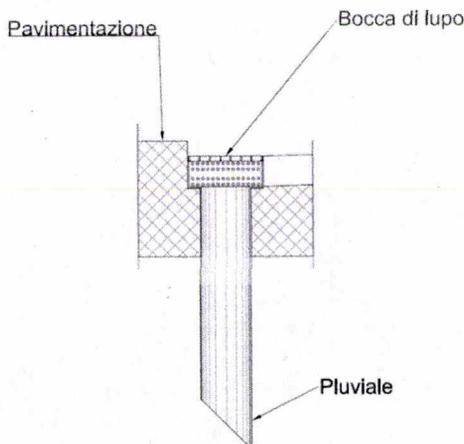


Figura 6: Dettaglio bocca di lupo e pluviale

TRATTO IN TRINCEA

La raccolta delle acque di piattaforma nei tratti in trincea e nelle aree intercluse tra più binari avviene diversamente a seconda della lunghezza del tratto stesso. In particolare:

- nei tratti brevi in trincea, ai lati del sub-ballast, sono previste canalette rettangolari di dimensioni minime (0,50x0,50 m.), ove confluiscono le acque di scolo della scarpata e della semifettuccia della piattaforma ferroviaria di rispettiva competenza;

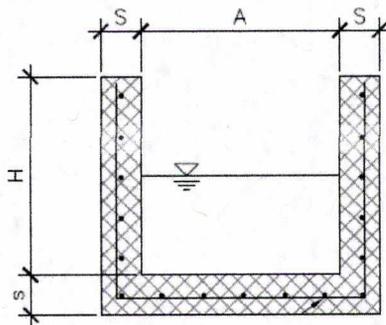


Figura 7: Dettaglio canaletta rettangolare

- nei tratti lunghi in trincea, ove la canaletta minima risulti insufficiente o nei tratti in cui vi è la necessità di avere una contropendenza rispetto alla linea ferroviaria, si prevedono tronchi di canaletta a sezione gradualmente crescente. Attraverso l'ausilio di un getto di riempimento in cls si provvederà a garantire la giusta quota di scorrimento.

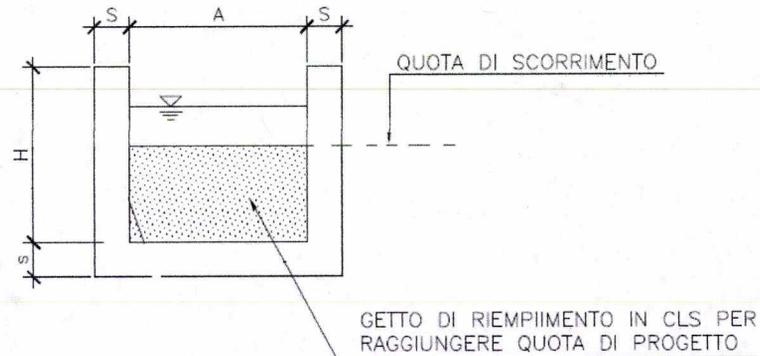


Figura 8: Dettaglio canaletta rettangolare con getto di riempimento

La generica canaletta di piattaforma recapita, a sua volta, nei fossi di guardia e/o collettori nel passaggio scavo-rilevato o nelle opere idrauliche di recezione finale (fossi, collettori fognari, ...), ecc.

TRATTO TRA MURI

In testa muro è prevista una canaletta rettangolare in cls di dimensioni 0.50X0.50 m. minimo e variabile in funzione delle acque raccolte. Sono inoltre previsti dei tubi Ø150 in PVC disposti a quinconce lungo il muro per annullare la pressione idrostatica nel terrapieno.

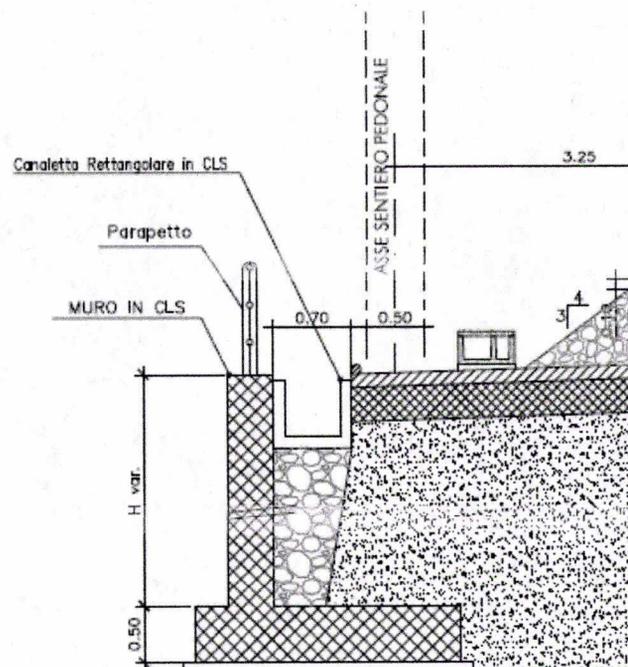


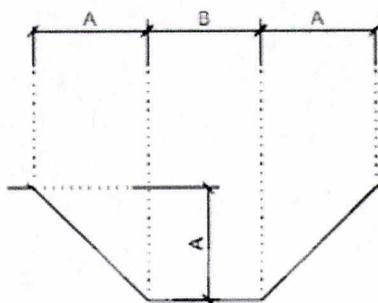
Figura 9: Dettaglio sistema di drenaggio tra muri

FOSSI DI GUARDIA

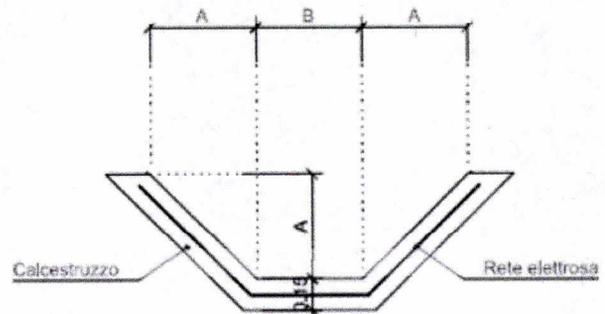
E' prevista l'adozione di fossi di guardia, disposti al piede del rilevato per la raccolta delle acque di pioggia ricadenti sulla piattaforma ferroviaria, sulle scarpate e su quella parte di territorio che scola naturalmente verso il corpo ferroviario. Analogamente sono stati previsti, nei tratti in trincea, fossi di guardia, disposti al margine superiore del ciglio della scarpata, per la salvaguardia del corpo ferroviario nei confronti delle acque di ruscellamento.

I fossi di guardia rappresentano un'importante opera a difesa del corpo ferroviario; essi servono per convogliare negli impluvi naturali le acque superficiali che, per la naturale conformazione del terreno, verrebbero altrimenti a raccogliersi ai piedi del rilevato o a invadere le trincee provocando, così, cedimenti dei rilevati o delle scarpate delle trincee. Nei tratti in cui la nuova linea in progetto risultasse di ostacolo al naturale deflusso delle acque i fossi assumono la funzione di canali di gronda.

Dal punto di vista esecutivo è opportuno realizzare canali non molto profondi, in modo da mantenere la velocità massima della corrente entro limiti accettabili e contenere, al tempo stesso, le spese di costruzione; è altresì preferibile adoperare una larghezza non eccessiva per evitare che si verifichino velocità troppo basse per le portate più piccole. Nel caso in cui le condizioni di pendenza e portate di progetto lo richiedano i fossi di guardia saranno rivestiti in cls. In genere sono utilizzate canalizzazioni a sezione trapezia, con inclinazione delle sponde pari a 1/1, caratterizzate da dimensioni minime pari ad una larghezza alla base ed una altezza pari al minimo a 0.50 m.



Fosso di guardia in terra



Fosso di guardia rivestito

6 SISTEMA DI SMALTIMENTO

Il sistema di drenaggio è costituito dall'insieme di opere volte alla raccolta e allo smaltimento dell'acqua. È importante individuare, una volta definito il sistema di raccolta, i recapiti in cui scaricare le acque precedentemente convogliate.

In Veneto la normativa è abbastanza restrittiva e categorica per quanto riguarda la qualità dell'acqua raccolta e il rilascio delle autorizzazioni relative agli scarichi in corpi idrici ricettori. La progettazione deve necessariamente considerare:

- *gli impatti potenziali derivanti dalle acque meteoriche di dilavamento della piattaforma ferroviaria;*
- *la normativa relativa agli scarichi delle acque meteoriche di dilavamento, acque di prima pioggia e acque di lavaggio.*

6.1 INDICAZIONI NORMATIVE

La deliberazione giuntaletale 1322 del 10.05.2006 ha aggiornato e indicato le misure compensative per la trasformazione del territorio ad invarianza idraulica, ossia la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa.

L'allegato A al Dgr n. 1841 del 19 giugno 2007 prevede che:

E' di primaria importanza che i contenuti dell'elaborato di valutazione pervengano a dimostrare che, per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, non viene aggravato l'esistente livello di rischio idraulico né viene pregiudicata la possibilità di riduzione di tale livello.

A riguardo pertanto duplice è l'approccio che deve ispirare lo studio.

- In primo luogo deve essere verificata l'ammissibilità dell'intervento, considerando le interferenze tra i dissesti idraulici presenti e le destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo collegate all'attuazione della variante. I relativi studi di compatibilità idraulica, previsti anche per i singoli interventi dalle normative di attuazione dei PAI, dovranno essere redatti secondo le direttive contenute nelle citate normative e potranno prevedere anche la realizzazione di interventi per la mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione del pericolo.

- In secondo luogo va evidenziato che l'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	EV.	FOGLIO
IN0F	20	R 26 RI	ID0002 001	A	23 di 42

coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate. Pertanto ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'"invarianza idraulica".

[...]

Per quanto riguarda il principio dell'invarianza idraulica in linea generale le misure compensative sono da individuare nella predisposizione di volumi di invaso che consentano la laminazione delle piene.

Potrà essere preso in considerazione il reperimento di nuove superfici atte a favorire l'infiltrazione dell'acqua, solamente come misura complementare in zone non a rischio di inquinamento della falda e ovviamente dove tale ipotesi possa essere efficace.

In relazione alla progettazione delle aree di laminazione per l'attuazione dell'invarianza idraulica prevede inoltre che:

In relazione all'applicazione del principio dell'invarianza idraulica lo studio dovrà essere corredato di analisi pluviometrica con ricerca delle curve di possibilità climatica per durate di precipitazione corrispondenti al tempo di corrivazione critico per le nuove aree da trasformare. Il tempo di ritorno cui fare riferimento viene definito pari a 50 anni. I coefficienti di deflusso, ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a 0,1 per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,.....).

[...]

Andranno pertanto predisposti nelle aree in trasformazione volumi che devono essere riempiti man mano che si verifica deflusso dalle aree stesse fornendo un dispositivo che ha rilevanza a livello di bacino per la formazione delle piene del corpo idrico recettore, garantendone l'effettiva invarianza del picco di piena.....

La normativa vigente (D.Lgs 152/2006) non impone alcun obbligo di trattamento preventivo delle acque di prima pioggia non risulta quindi necessario inserire un manufatto di trattamento prima dello scarico di queste ultime nel recettore individuato. L'**art. 39 - Acque meteoriche di dilavamento, acque di prima pioggia e acque di lavaggio** delle Norme Tecniche di Attuazione, Allegato A3 alla Deliberazione del Consiglio Regionale n. 107 del 5/11/2009 e

successive modifiche, contenute nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto, invece, disciplina:

9. Per le canalizzazioni a servizio delle reti autostradali e più in generale delle pertinenze delle grandi infrastrutture di trasporto, che recapitano le acque nei corpi idrici superficiali significativi o nei corpi idrici di rilevante interesse ambientale, le acque di prima pioggia saranno convogliate in bacini di raccolta e trattamento a tenuta in grado di effettuare una sedimentazione prima dell'immissione nel corpo recettore. Se necessario, dovranno essere previsti anche un trattamento di disoleatura e andranno favoriti sistemi di tipo naturale quali la fitodepurazione o fasce filtro/fasce tampone.

I volumi da destinare allo stoccaggio delle acque di prima pioggia devono essere dimensionati in modo da trattare almeno i primi 5 mm di pioggia distribuiti sul bacino elementare di riferimento e considerando eventi di pioggia separati quelli fra i quali intercorre un intervallo temporale di almeno 48 ore. Ai fini del calcolo delle portate e dei volumi di stoccaggio, come stabilito da normativa, si impone un valore del coefficiente di afflusso convenzionale pari a 0.9 per le superfici impermeabili (piattaforma ferroviaria).

In sintesi, a valle delle indicazioni fornite dalla Regione Veneto in materia di acque meteoriche risulta necessario, ai fini progettuali, prevedere delle vasche di laminazione nei punti di recapito del sistema di raccolta e smaltimento che consentano di rispettare i limiti previsti nella zona in esame in riferimento alle limitazioni sull'invarianza idraulica.

6.2 INVARIANZA IDRAULICA

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.

È difficile valutare a livello generale ed a priori quali siano gli interventi di mitigazione degli impatti idrologici indotti dall'impermeabilizzazione e regolarizzazione delle superfici. Di fatto, l'unico modo per garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi che compensino, mediante un'azione laminante, l'accelerazione dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione che sono un effetto inevitabile di ogni trasformazione di uso del suolo da non-urbano ad urbano.

Il metodo utilizzato per il calcolo del volume d'invaso necessario a garantire l'invarianza idraulica, applicato nel progetto in essere, si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata massima, supposta costante, che si vuole avere allo scarico del sistema.

La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema d'invaso siano sovrastimate e di conseguenza, nel caso si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno sovrastimati e cautelativi.

Per la distribuzione temporale dei volumi affluenti dalla piattaforma ferroviaria, V_{IN} , ci si avvale delle curve di possibilità pluviometrica, ottenute dagli annali per la stazione di Verona, che definiscono, a parità di tempo ritorno, l'andamento delle altezze di precipitazione al variare del tempo di pioggia.

Nella fattispecie ci si riferisce ad eventi con scala temporale oraria (ossia precipitazioni pari ad 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore), avendo preliminarmente riscontrato che i massimi volumi di laminazione si realizzano per tempi di pioggia dell'ordine delle 8-10 ore, per quanto riguarda, invece, la stima dell'andamento temporale dei volumi restituiti ai corpi idrici naturali V_u , si assume una portata defluente dalle aree di laminazione costante e pari a 10 l/s per ogni ettaro di superficie scolante.

Questo valore, che rappresenta un coefficiente udometrico, è assunto come riferimento al fine di garantire l'invarianza idraulica del bacino, poiché esso è usualmente adottato per il dimensionamento dei sistemi di drenaggio delle acque piovane dai comprensori di bonifica.

Il calcolo del volume da assegnare alle vasche di laminazione V_{OUT} , con riferimento ad un bacino scolante con superficie S pari ad 1 ettaro, è effettuato risolvendo, al variare del tempo di pioggia, t (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$V = V_{IN} - V_{OUT}$$

con

- V_{IN} , volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere

$$V_{IN} = S \cdot \varphi \cdot h(t) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

Dove φ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso;

- V_{OUT} , volume di pioggia in uscita dal sistema nello stesso intervallo di tempo si può esprimere

$$V_{OUT} = Q_{IMP} \cdot t = S \cdot u_{IMP} \cdot t$$

Dove Q_{IMP} e u_{IMP} sono rispettivamente la portata e il coefficiente udometrico imposti allo scarico.

Individuata la durata di pioggia t_{cr} che massimizza il volume invaso V_{max} derivando l'espressione precedente secondo la relazione:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Il volume da assegnare al sistema di invaso sarà dunque:

$$V_{max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

In particolare è da riferire che l'approccio adottato in accordo alle relazioni analizzate conduce a valutazioni del volume di laminazione V in favore di sicurezza, non tenendo conto

degli effetti di laminazione nella rete di drenaggio; essa è a rigore valida nel caso in cui il tempo di corrivazione sia piccolo rispetto al tempo di pioggia.

6.3 SISTEMI DI INFILTRAZIONE

Nella zona in esame non risultano presenti corpi idrici superficiali da poter utilizzare come punti di recapito delle acque di piattaforma. Considerando però che la falda freatica nella zona in oggetto si colloca alla profondità di circa 22 m dal piano e i dati in esame mostrano escursioni del livello della falda pressoché modeste e vista la permeabilità media del sottosuolo e la soggiacenza elevata della falda nelle zone di interesse è possibile inserire dei sistemi a infiltrazione per l'allontanamento delle acque raccolte.

Il dimensionamento di tutti i sistemi d'infiltrazione va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume di immagazzinamento nel sistema; tale confronto può essere espresso tramite l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante, di seguito riportata:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

In cui per semplicità viene trascurata l'evapotraspirazione e il deflusso in profondità.

I termini rappresentano:

Q_p portata influente;

Q_f portata infiltrata;

Δt intervallo di tempo;

ΔW variazione del volume invasato nel mezzo filtrante, nell'intervallo Δt ;

Per la portata di progetto si farà riferimento ad eventi con tempo di ritorno di 50 anni, con le curve di possibilità pluviometrica calcolate nella relazione idrologica del presente progetto.

In cui la portata influente è calcolata come:

$$Q_p = a \cdot t_p^{n-1} \cdot \varphi \cdot S$$

con:

- S Area della superficie scolante afferente alla singola vasca [m²];
 φ coefficiente di deflusso medio pesato [-].

La capacità di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la legge di Darcy:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A$$

con:

- Q_f portata d'infiltrazione [m³/s];
K permeabilità (o coefficiente di permeabilità) [m/s];
J cadente piezometrica [m/m];
A superficie netta di infiltrazione [m²].

6.4 SOLUZIONI PROGETTUALI

Nel progetto in esame, per garantire il rispetto delle indicazioni dettate da normativa, si attuano differenti soluzioni lungo l'intero tracciato.

In due punti singolari del tracciato, non essendo presenti dei corpi idrici superficiali in cui scaricare le acque raccolte dalla piattaforma e dovendo necessariamente rispettare i limiti indicati dalla normativa sulla qualità e quantità di acqua da scaricare, il ricettore finale previsto è un bacino di lagunaggio ovvero un sistema di infiltrazione superficiale.

I bacini d'infiltrazione esercitano un'azione di ricarica della falda sotterranea, che in alcuni casi può risultare effettivamente necessaria per correggere l'alterazione, determinata dall'urbanizzazione, del ciclo naturale dell'acqua. Essi sono un adeguato strumento atto a pianificare, diminuiscono il rischio idrogeologico ed esercitano anche un'azione di controllo della qualità: la percolazione attraverso l'eventuale strato vegetato e gli strati di terreno

sottostanti consentono la parziale rimozione di alcuni inquinanti (in particolare: solidi sospesi, batteri, BOD).

Nel progetto in essere sono due sono i punti in cui le acque di piattaforma hanno come recapito un bacino di infiltrazione. Le vasche progettate sono previste a cielo aperto, garantiscono la laminazione delle acque e, a mezzo di uno scomparto in cui si verifica la sedimentazione delle sostanze solide sospese in esse contenute secondo quanto indicato nel D. leg. 152/2006, garantiscono anche il trattamento primario. Le vasche quindi restituiscono, al ricettore, un'acqua con caratteristiche qualitative in linea con quanto definito dal suddetto decreto e garantiscono che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area sia costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area

La vasca di sedimentazione, in questo caso, è realizzata in calcestruzzo al fine di garantire una perfetta impermeabilizzazione e un'ottimale funzionamento, ed è provvista di uno *sfiore* per l'allontanamento delle acque e di uno *scarico di fondo* quest'ultimo necessario a garantire lo svuotamento della vasca per eventuali manutenzioni ordinarie e straordinarie. I bacini d'infiltrazione previsti ricevono le acque dalla vasca di sedimentazione e sono adeguatamente realizzati e dimensionati per allontanare le acque depurate attraverso uno strato di terreno drenante, con spessore funzione delle caratteristiche del terreno, senza aggravare la falda e nel rispetto delle attuali condizioni di funzionamento.

Considerando l'area non altamente urbanizzata e non caratterizzata da problematiche di allagamento si è ritenuto adeguato prevedere volumi di laminazione legati ad un tempo di ritorno di 50 anni concorde con la normativa vigente. In particolare il progetto in essere prevede:

- Vasca 1, prog. 2+204 della Linea Scalo Cason

S	ϕ	B	L	H	A _{inferiore}	V _{disponibile}	V _{necessario}	η
[m ²]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m ³]	[m ³]	[-]
80000	0.9	25.00	100.00	2.00	2500.00	5000.00	3207.08	0.64

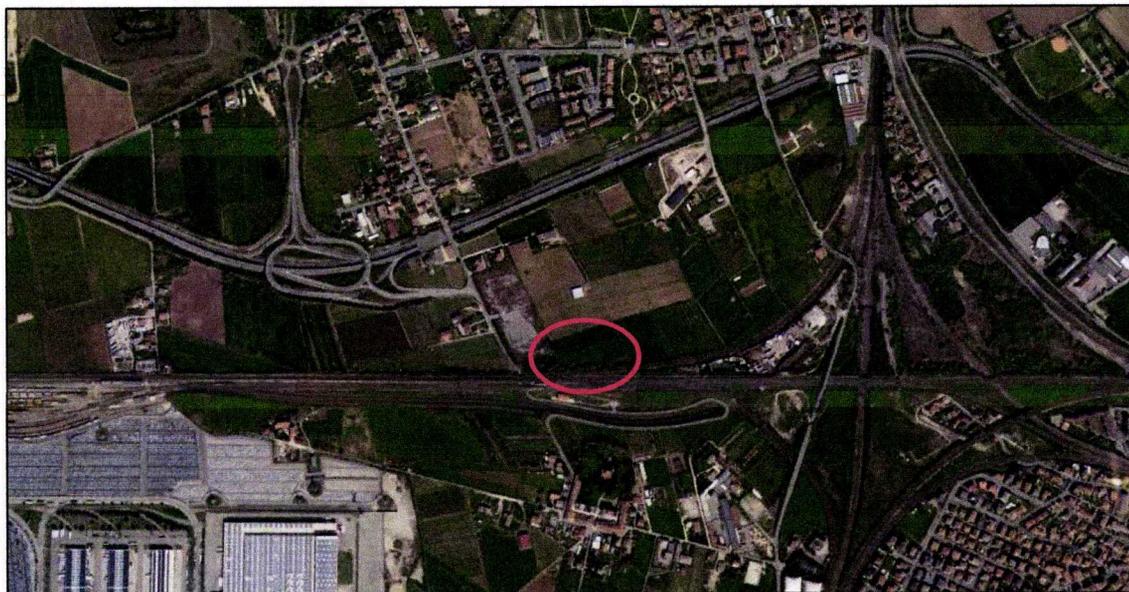


Figura 10: Posizionamento Vasca d'infiltrazione 1

- Vasca 2, prog. 149+200 della Linea AV/AC che raccoglie un incremento della superficie impermeabile di circa 18000 m²



• Figura 11: Posizionamento Vasca d'infiltrazione 2

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	EV.	FOGLIO
INOF	20	R 26 RI	ID0002 001	A	31 di 42

S [m ²]	ϕ [-]	B [m]	L [m]	H [m]	A _{inferiore} [m ²]	V _{disponibile} [m ³]	V _{necessario} [m ³]	η [-]
18000	0.9	35.00	20.00	1.50	700.00	1050.00	660.83	0.63

Il complesso sistema di drenaggio garantisce dunque l'efficiente raccolta delle acque dal sub-ballast nei diversi assetti del corpo ferroviario attraverso l'utilizzo di differenti opere idrauliche (precedentemente analizzate) che convogliano le acque direttamente all'interno dell'impianto di sedimentazione. Le acque vengono in seguito inviate al recapito finale rappresentato da un bacino di lagunaggio adeguatamente realizzato e dimensionato per disperdere le acque nel sottosuolo nel rispetto delle attuali condizioni di funzionamento. L'invarianza idraulica, dovuta alle modifiche all'uso del suolo apportate dal progetto, è garantita, quindi, con un bacino di infiltrazione che permette di poter considerare gli impatti potenziali derivanti dalle acque meteoriche di dilavamento della piattaforma ferroviaria praticamente trascurabili.

Le soluzioni adottate lungo la linea, per garantire l'invarianza idraulica, sono costituite anche da fossi di guardia a dispersione:

- Da prog. 144+500 a prog. 144+900 della Linea AV/AC;
- Da prog. 147+000 a prog. 146+950 della Linea AV/AC;

Questi esercitano una doppia funzione: rappresentano il corpo idrico ricettore del sistema di raccolta e smaltimento e vengono dimensionati affinché siano in grado di assolvere alla funzione di invaso e di sedimentazione. Il ricettore finale è rappresentato dunque dagli strati superficiali del sottosuolo.

In corrispondenza della fine dell'intervento, prog. 150+451 Linea AV/AC e 151+353 Linea Storica, individuamo un ricettore finale costituito da un canale secondario. In questo caso il fosso a dispersione avrà ancora la doppia funzione di invaso e sedimentazione con il ricettore finale però rappresentato da un canale superficiale e non dal sottosuolo.

7 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

L'elemento idrografico principale del territorio Veronese è rappresentato dal Fiume Adige, il cui alveo attuale scorre con direzione NW-SE con un corso piuttosto rettilineo e ben definito, fatta eccezione per alcuni meandri nella zona di Verona.

L'area oggetto di studio è interessata inoltre da numerosi scoli e canali i cui alvei sono stati spesso modificati e rettificati sia per esigenze di sviluppo urbanistico sia per l'uso agricolo. Risulta dunque fondamentale individuare tutti gli organismi competenti in materia di gestione e di pianificazione della zona di intervento per inserire il progetto in un quadro organizzativo più ampio.

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 8 distretti idrografici in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblici non economico.



Figura 12: Suddivisione territoriale in distretti

La Regione del Veneto è interessata da due Distretti: il Distretto Padano e il Distretto Alpi Orientali. L'intervento ricade nella zona coordinata dal Distretto Idrografico delle Alpi Orientali (www.alpiorientali.it), caratterizzato da più unità di gestione (UoM – Unit of

Management), che corrispondono alle superfici di riferimento per lo sviluppo delle attività e l’anagrafica delle aree di pericolosità idraulica e di rischio idraulico.

Al Distretto delle Alpi orientali appartengono 14 Bacini Idrografici:

- il bacino idrografico dell’Adige, già bacino nazionale;
- i bacini idrografici dell’Isonzo, del Tagliamento, del Livenza, del Piave e del Brenta - Bacchiglione, già bacino nazionale;
- i bacini idrografici del Lemene e del Fissero – Tartaro - Canalbianco, già bacini interregionali
- il bacino dello Slizza (ricadente nel bacino del Danubio), del Levante, quello dei tributari della Laguna di Marano-Grado, quello della pianura tra Piave e Livenza, quello del Sile e quello scolante della Laguna di Venezia, già bacini regionali.

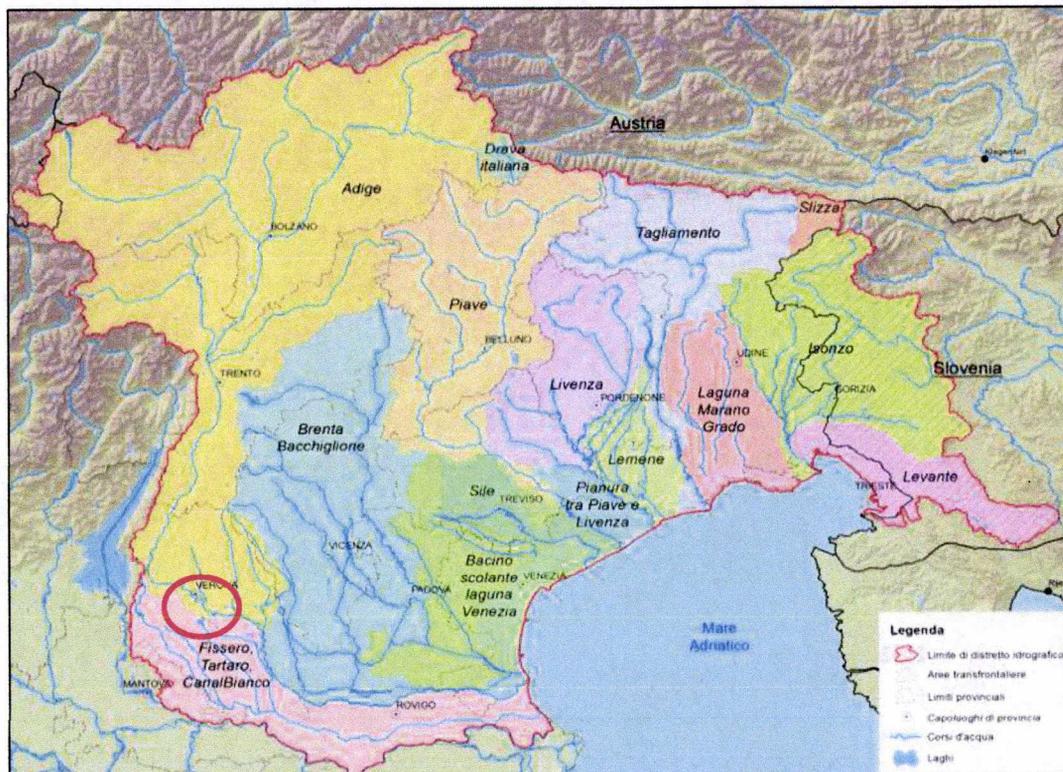


Figura 13: Bacini idrografici del distretto delle alpi orientali

Il principale strumento normativo delle Autorità di bacino distrettuale è il Piano di Bacino idrografico.

Il 17 febbraio 2017 è entrato in vigore il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare n. 294 del 25 ottobre 2016 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017) in materia di Autorità di bacino distrettuali, che disciplina la fase di subentro dell'Autorità di bacino distrettuale in tutti i rapporti attivi e passivi delle Autorità di bacino nazionali, interregionali e nazionali di cui alla Legge 18 maggio 1989, n. 183, ricadenti nel distretto delle Alpi Orientali. Dall'entrata in vigore del suddetto D.M. 294/2016, risultano soppresse tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e i relativi organi ma ancora fondamentali sono i PAI e le norme di attuazione degli stessi approvate dalla varie Autorità di Bacino non essendo i PGRA ancora corredati da Norme di Attuazione e considerando che in accordo a quanto stabilito dall'art. 7, comma 3 lett. a del D.lgs. 23 febbraio 2010, n. 49, il PGRA deve trovare armonizzazione con gli strumenti di pianificazione di bacino previgenti.

L'intervento in progetto, come mostrato nella figura seguente, ricade in due Bacini Idrografici della Regione Veneto, il Bacino del Fiume Adige e il Bacino del Fiume Fissero, Tartaro, Canalbianco e di conseguenza nell'area di giurisdizione di due Autorità di Bacino:

- Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige;
- Autorità di Bacino interregionale del Fiume Fissero, Tartaro, Canalbianco.

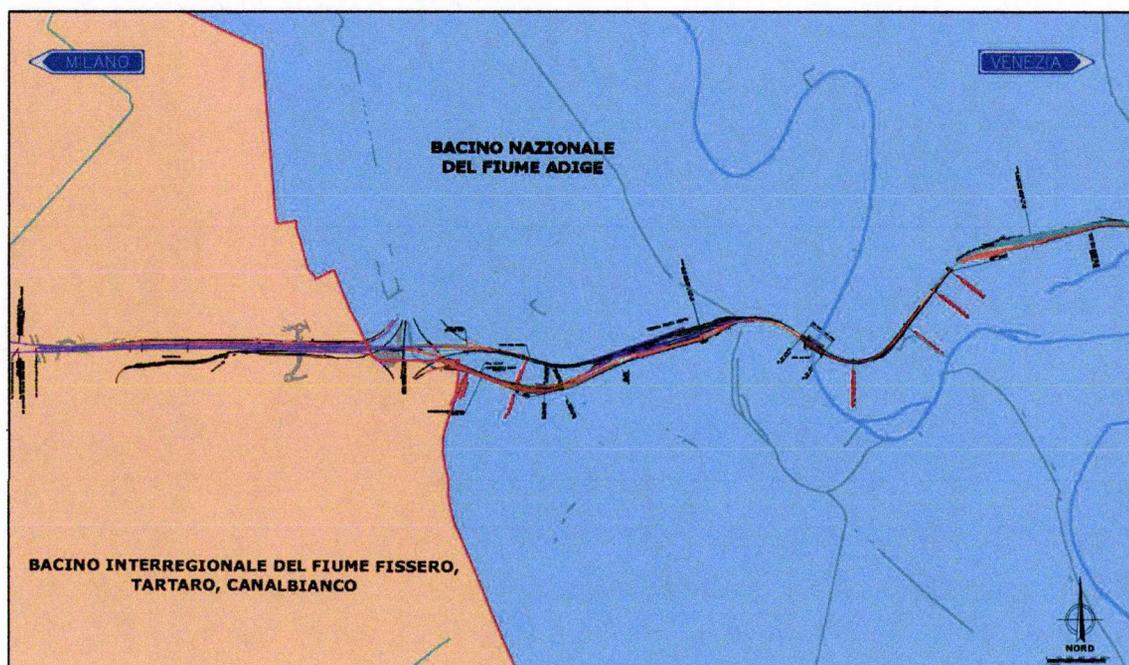


Figura 14: Inquadramento con limiti delle autorità' di bacino

Il principale strumento di pianificazione e programmazione dell'Autorità è costituito dal Piano di bacino idrografico. Piano territoriale di settore e strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale vengono pianificate e programmate le attività e le norme d'uso.

7.1 SINTESI NORMATIVA

Con deliberazione n. 3637 del 13.12.2002 la Giunta Regionale della Regione Veneto ha fornito gli indirizzi operativi e le linee guida per la verifica della compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche con la realtà idrografica e le caratteristiche idrologiche ed ambientali del territorio come indicato nelle leggi n.183 del 18.5.1989 e n. 267 del 3.8.1998. Tale deliberazione prevede la redazione di una specifica

“Valutazione di compatibilità idraulica” dalla quale si desuma, in relazione alle nuove previsioni urbanistiche, che non viene aggravato l'esistente livello di rischio idraulico né viene pregiudicata la possibilità di riduzione, anche futura, di tale livello; l'elaborato di “valutazione” indicherà altresì le misure compensative introdotte nello strumento urbanistico ai fini del rispetto delle condizioni esposte.

L'allegato A al Dgr n. 1841 del 19 giugno 2007 prevede che:

E' di primaria importanza che i contenuti dell'elaborato di valutazione pervengano a dimostrare che, per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, non viene aggravato l'esistente livello di rischio idraulico né viene pregiudicata la possibilità di riduzione di tale livello.

A riguardo pertanto duplice è l'approccio che deve ispirare lo studio.

- In primo luogo deve essere verificata l'ammissibilità dell'intervento, considerando le interferenze tra i dissesti idraulici presenti e le destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo collegate all'attuazione della variante. I relativi studi di compatibilità idraulica, previsti anche per i singoli interventi dalle normative di attuazione dei PAI, dovranno essere redatti secondo le direttive contenute nelle citate normative e potranno prevedere anche la realizzazione di interventi per la mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione del pericolo.

[...]

Per le zone considerate pericolose la valutazione di compatibilità idraulica dovrà analizzare la coerenza tra le condizioni di pericolosità riscontrate e le nuove previsioni urbanistiche, eventualmente fornendo indicazioni di carattere costruttivo, quali ad esempio la possibilità di realizzare volumi utilizzabili al di

sotto del piano campagna o la necessità di prevedere che la nuova edificazione avvenga a quote superiori a quelle del piano campagna.

NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI

Si riportano di seguito le indicazioni legislative relative alle opere di progetto e la disciplina delle aree fluviali fornite dalle “Norme di Attuazione e Prescrizioni di Piano” del “Piano Stralcio per la tutela dal rischio Idrogeologico” redatto a della Autorità di Bacino dell’Adige.

ARTICOLO 8 Disposizioni comuni per le aree a pericolosità idraulica, geologica e per le zone di attenzione

[...]

4. Al fine di non incrementare le condizioni di rischio nelle aree fluviali e in quelle pericolose, fermo restando quanto stabilito al comma precedente ed in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata, tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione, devono essere tali da:

- a. mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;*
- b. non aumentare le condizioni di pericolo dell’area interessata nonché a valle o a monte della stessa;*
- c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell’invarianza idraulica e favorire, se possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;*
- d. minimizzare le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idraulica, geologica o valanghiva.*

[..]

ARTICOLO 13 – Disciplina delle aree fluviali

1. Nelle aree fluviali, richiamate per quanto occorra le disposizioni di cui all’art. 8, sono escluse tutte quelle attività e/o utilizzazioni che diminuiscono la sicurezza idraulica e, in particolare, quelle che possono:

- a. determinare riduzione della capacità di invaso e di deflusso del corpo idrico fluente;*
- b. interferire con la morfologia in atto e/o prevedibile del corpo idrico fluente;*
- c. generare situazioni di pericolosità in caso di sradicamento e/o trascinarsi di strutture*
- d. e/o vegetazione da parte delle acque.*

[..]

3. *Nelle aree fluviali oltre alle opere di difesa, sistemazione e manutenzione idraulica, è consentita, previa acquisizione dell'autorizzazione della Regione e nel rispetto dei criteri di cui al comma 1:*

[..]

c. *la realizzazione, ampliamento o manutenzione di strutture a rete e di opere di attraversamento stradale, ciclopedonale e ferroviario. Le nuove opere vanno anche realizzate a quote compatibili con i livelli idrometrici previsti tenuto conto del relativo franco di sicurezza;*

[..]

7.2 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

La direttiva europea CE/2007/60, cosiddetta "*Direttiva alluvioni*", emanata dal Parlamento europeo 23 ottobre 2007, stravolge interamente il quadro normativo fino ad ora presente, in materia di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni in Europa. È stata recepita nell'ordinamento italiano con il d.lgs. 49/2010, ad oggetto "*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*".

La direttiva prevede la definizione del quadro conoscitivo relativo alla pericolosità e rischio da alluvione ed introduce il concetto della "gestione" del rischio nel senso più ampio, sotto il profilo sia delle misure strutturali di mitigazione del rischio per la riduzione delle condizioni di pericolosità sia delle misure non strutturali per la riduzione del danno atteso e del relativo livello di rischio (comprese le necessarie azioni e misure di Protezione Civile).

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale congiunto delle Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta e Bacchiglione e dell'Adige del 3 marzo 2016, dirige l'azione sulle aree a rischio, definendo 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 PGRA, in particolare, è caratterizzato da scenari di allagabilità e di rischio idraulico su tre differenti tempi di ritorno (30, 100, 300 anni).

RISCHIO IDRAULICO

Il concetto di rischio è legato alla capacità di calcolare la probabilità che un evento pericoloso accada, nonché alla capacità di definire il danno provocato. Il rischio è quindi legato alla possibilità che un fenomeno naturale o indotto dalle attività dell'uomo possa causare effetti dannosi sulla popolazione, gli insediamenti abitativi e produttivi e le infrastrutture, all'interno di una particolare area, in un determinato periodo di tempo.

Rischio e pericolo quindi non sono la stessa cosa: il pericolo è la causa, il rischio sono le possibili conseguenze derivanti dal suo effetto, cioè il danno che ci si può attendere.

Alla luce dei concetti sopra esposti, il rischio viene determinato secondo la formulazione:

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

dove:

- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- E (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

Per stabilire la classe relativa al rischio totale (moderato, medio, elevato, molto elevato) sono stati introdotti gli intervalli di appartenenza numerica.

Intervalli di r	Descrizione	Categoria di Rischio
$0.1 < R \leq 0.2$	Rischio moderato per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli	R1
$0.2 < R \leq 0.5$	Rischio medio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche	R2
$0.5 < R \leq 9$	Rischio elevato per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale	R3
$0.9 < R \leq 1$	Rischio molto elevato per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche	R4

Per ogni punto è stato quindi definito un rischio totale per il tempo di ritorno di 30 anni (R_{Tr30}), uno per il tempo di ritorno di 100 anni (R_{Tr100}) ed uno per il tempo di ritorno di 300 anni (R_{Tr300}) riportati negli elaborati del PGRA "Aree di Rischio".

Si riportano di seguito uno stralcio delle mappe di pericolosità e rischio idraulico dell'area di interesse estrapolate dal Piano di Gestione Rischio Alluvione del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali per i soli scenari di bassa probabilità (per il fiume Adige il tempo di ritorno dello scenario a bassa probabilità è pari a 200 anni).

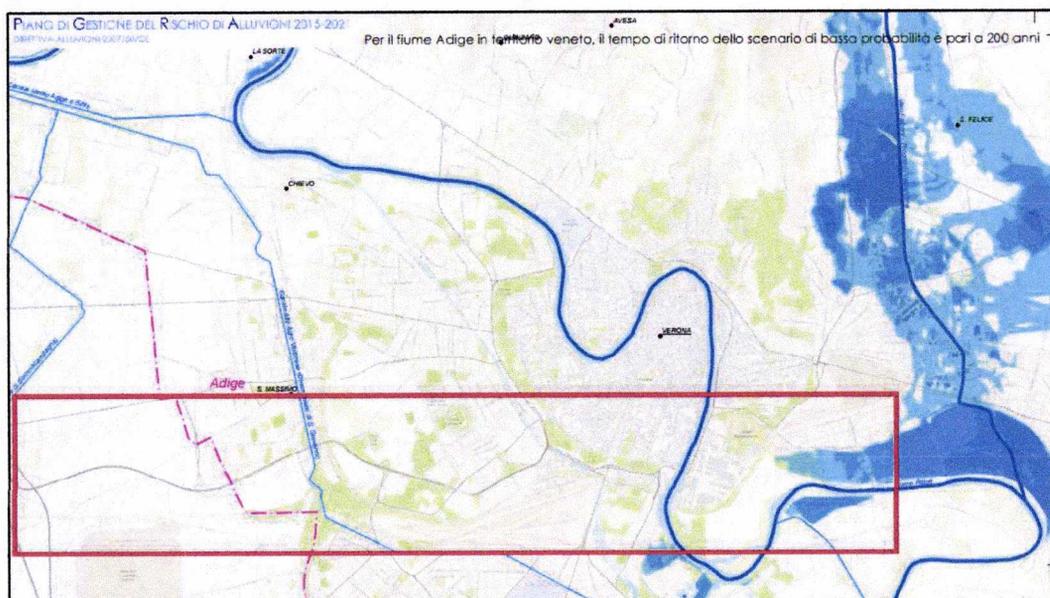


Figura 15: Estratto elaborato AREE ALLAGABILI – ALTEZZE IDRICHE (Tavola P03-HLP-WH)

Classi di altezza idrica

-  0 - 0.5 m
-  0.5 - 1 m
-  1 - 2 m
-  > 2 m

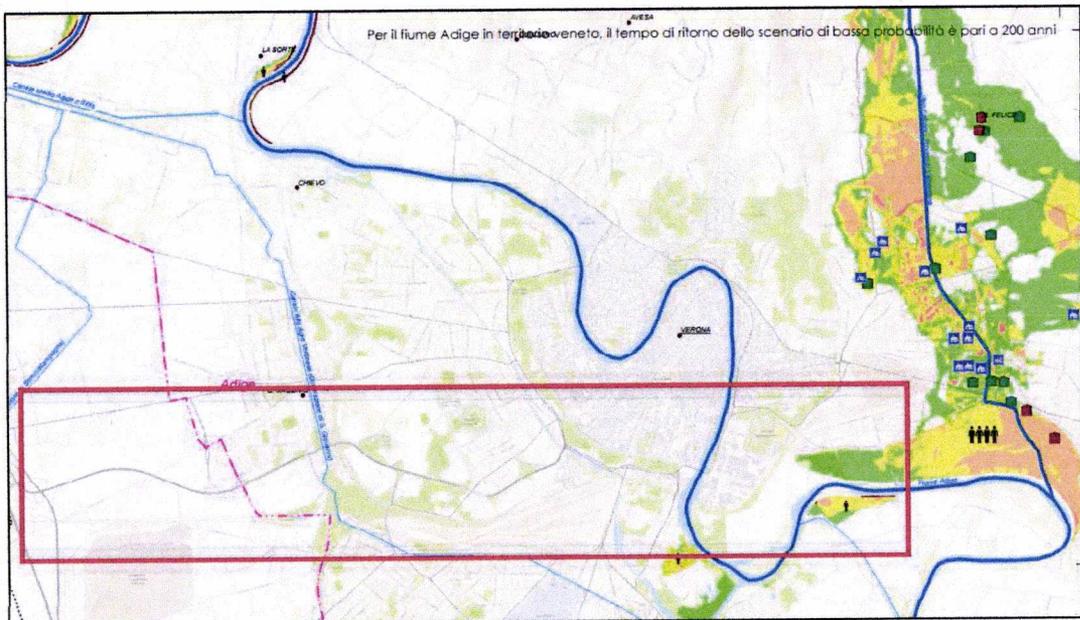


Figura 16: Estratto elaborato AREE ALLAGABILI – CLASSI DI RISCHIO (Tavola P03-HLP-R)

CLASSI DI RISCHIO

-  Moderato (R1): i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli
-  Medio (R2): sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
-  Elevato (R3): sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale
-  Molto elevato (R4): sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche

Per la valutazione della compatibilità idraulica del progetto in esame è stata analizzata la cartografia tematica relativa alla porzioni di territorio soggetto a rischio idraulico, fornite dalle autorità competenti e ottenute secondo la procedura precedentemente esposta.

7.3 STUDIO IDRAULICO DI DETTAGLIO

Analizzata la cartografia tematica relativa alla porzioni di territorio soggetto a rischio idraulico, elaborate nell'ambito del Piano di Gestione Rischio Alluvione PGRA del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, e individuata la posizione del progetto in essere si evince l'ammissibilità dell'intervento, infatti l'opera va ad inserirsi in una zona che non risulta essere critica dal punto di vista del deflusso superficiale non attraversando nessun'area di pericolosità idraulica

Le analisi effettuate nella Relazione Idraulica (IN0F20R09RIID0002001A), che hanno consentito di stimare le portate di piena a diversi periodi di ritorno e di determinare le aree di esondazione naturale del Fiume, permettono di ritenere l'infrastruttura ferroviaria compatibile con le norme precedentemente citate.

Per quanto riguarda l'art. 13 è evidente che il nuovo ponte risponde completamente alla caratterizzazione illustrata al punto c, essendo parte integrante di un'opera pubblica destinata a servizio pubblico non delocalizzabile. Nella relazione idraulica IN0F20R09RIID0002001A si dimostra come le nuove opere sono realizzate a quote compatibili con i livelli idrometrici previsti tenendo conto del relativo franco di sicurezza.

Secondo le prescrizioni indicate all'art. 8 del suddetto piano si elencano di seguito le indicazioni di conformità relative ai singoli punti:

- 4a) il nuovo ponte non modifica le condizioni esistenti di funzionalità idraulica in quanto riproduce fedelmente la forma e la posizione del ponte esistente ad esso limitrofo (pile in progetto in ombra a quelle esistenti) ed inoltre non ostacola il normale deflusso delle acque come dimostrato dai livelli idrici ante e post operam. Nella configurazione di progetto si rileva anzi un miglioramento delle condizioni di funzionalità idraulica, grazie ad un abbassamento dei livelli idrici;
- 4b) l'opera non aumenta in alcun modo il rischio idraulico né a monte né a valle, come visto, anzi, la ricucitura dell'argine in sinistra idraulica consente di bloccare una potenziale esondazione individuata nello stato attuale;
- 4c) non si riscontra nessuna riduzione dei volumi invasabili delle aree interessate;
- 4d) non si riscontra nessun'interferenza, nemmeno temporanea, con le strutture di difesa idraulica.

Con riferimento quindi alle disposizioni del D.P.C.M. 29.09.1998 ed in ossequio alle Prescrizioni del Piano Stralcio per la Tutela dal Rischio Idrogeologico redatto a cura dell'AdB Adige, il progetto in esame con le relative opere di presidio idraulico, è compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la configurazione attuale dei luoghi.

L'intervento in essere inoltre mantiene le condizioni esistenti di funzionalità idraulica, non aumenta il rischio idraulico in tutta l'area a valle e non pregiudica l'attenuazione o l'eliminazione delle cause di pericolosità.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto relativi allo *Studio idraulico Fiume Esino*.