

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE: A.T.I. CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L. (Capogruppo) – SICURBAU S.R.L.



PROGETTAZIONE: S.T.E. srl – Italiana Sistemi srl.

**PROGETTO ESECUTIVO**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA**

**Lotto funzionale Treviglio-Brescia**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

**BARRIERE ANTIRUMORE**

**IDRAULICA DI SEDE- Relazione idrologico-idraulica**

APPALTATORE <b>CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L.</b> C.da Piccola e firma c Tel. 0824.875215 - 0824.875189 - Fax 0824.875174 82030 PONTE (Bn) Partita Iva 01049090622	<b>SICURBAU S.r.l.</b> Via Rivolta 50c 82030 TORREBUOSO (BN) P. IVA e C.F. 02 477 240 218		SCALA: -
--	--	--	-------------

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

I N O G   0 0   E   Z Z   R G   I D 0 0 0 0   0 0 1   A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	N. Cognome M. Borrelli	data Sett. 2016	N. Cognome M. Borrelli	data Sett. 2016	N. Cognome F. LA CAMERA	data Sett. 2016	N. Cognome	data

File: INOG00EZZRGID0000001A.doc

n. Elab.: 8.35



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CIG: 6156342621

CUP: J41C07000000001



LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOG</b>	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	2 di 15

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	7
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	8
3.1	DOCUMENTI CORRELATI .....	8
3.2	DOCUMENTI ANNULLATI O SUPERATI .....	8
3.3	ALLEGATI .....	8
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
5	ANALISI IDROLOGICA .....	10
6	VERIFICHE IDRAULICHE .....	11
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	11
6.2	STIMA DEI CONTRIBUTI DI PIOGGIA .....	13
6.3	VERIFICA OPERE DI DRENAGGIO .....	13
7	CONCLUSIONI .....	15

	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. A	FOGLIO 3 di 15

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la descrizione e la verifica delle opere idrauliche relative alla Progettazione Esecutiva per Appalto Integrato per l'inserimento di barriere antirumore sulla linea storica Milano-Brescia lato binario dispari, nel Comune di Brescia, nel tratto compreso tra il Km 74+500 e il Km 84+094 della linea storica.

L'intervento si inserisce nell'ambito del Piano di Risanamento Acustico della Regione Lombardia (1<sup>a</sup> fase di attuazione del piano redatto ai sensi del D.M. ambiente 29/11/2000).

Nel tratto considerato, le barriere antirumore saranno installate solo sul lato binario dispari della linea storica poichè in affiancamento al lato binario pari sarà prevista la realizzazione della nuova linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia con le sue relative installazioni antirumore.

Le barriere in progetto saranno alte da un minimo di 3,00 m a un massimo di 6,50 m e saranno del tipo misto, cls alleggerito-vetro-acciaio, su montanti metallici imbullonati alla base a una trave di fondazione in cls poggiata su micropali. Le barriere saranno previste a una distanza di 4,53 m dall'asse del vicino binario ferroviario e posizionate in quota a circa mezzo metro più in basso rispetto al piano del ferro.

Dall'analisi dell'attuale situazione relativa il sistema di drenaggio delle acque meteoriche, essendo presenti lungo il tracciato sia tratti in rilevato (dalla sezione 1 fino alla sezione 69) che tratti in cui il piano ferroviario si trova alla stessa quota del terreno circostante (dalla sezione 69 fino circa a fine intervento), si sono individuati due schemi diversi di smaltimento dei contributi di pioggia.

Nel primo, relativo ai tratti in rilevato, lo schema prevede un'infiltrazione a dispersione lungo il corpo ferroviario più un sistema di embrici laterali, con interasse medio di 15 m, che recapita i restanti contributi di pioggia caduti ai lati della piattaforma verso il piede del rilevato nel sottostante fosso di guardia in terra.

Nel secondo, visto che la quota dei binari coincide con quella del terreno laterale, senza alcun fosso di guardia, lo schema individuato prevede un'infiltrazione e dispersione nel terreno, sia per quanto riguarda i contributi di pioggia caduti sulla piattaforma ferroviaria, sia per quelli caduti lateralmente.

Lo studio delle opere idrauliche degli interventi di risanamento acustico prevede essenzialmente di non alterare e quindi mantenere l'attuale sistema di drenaggio.

La progettazione delle opere di fondazione delle barriere non produce sensibili modifiche al sistema di drenaggio esistente, poichè le barriere vengono appunto fissate a una trave superficiale poggiata a sua volta su mediopali del diametro  $\varnothing 60$  cm posti ad un interasse di 3.00 m (per le barriere BA01÷BA15 e BA18÷BA20) o su micropali (per le barriere BA16 e BA17), senza prevedere fondazioni profonde che avrebbero invece creato un ostacolo ai moti di filtrazione.

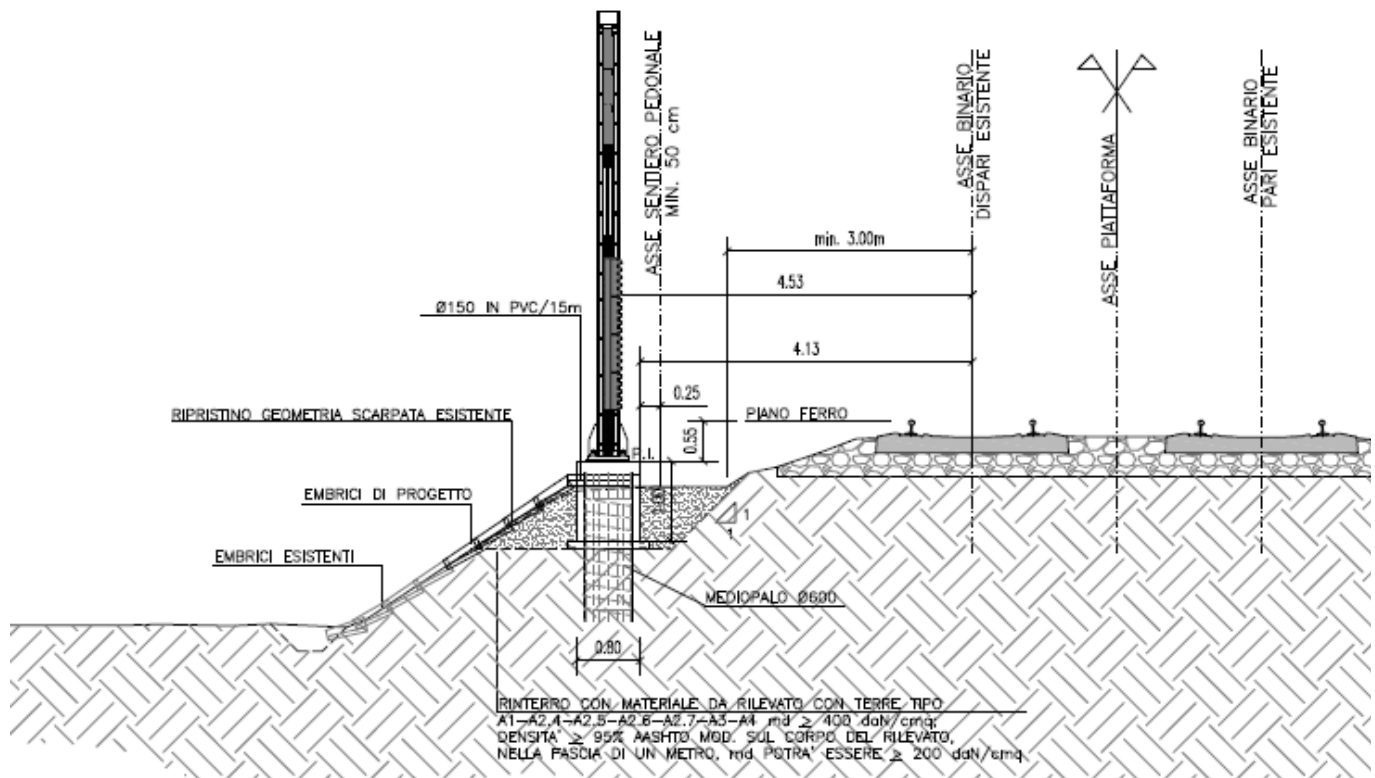
L'unico impedimento possibile, potrebbe essere rappresentato dalla presenza del cordolo superficiale, che nei tratti in rilevato potrebbe creare un ostacolo al ruscellamento superficiale lateralmente al corpo ferroviario, nella fascia compresa tra il piede della massicciata ferroviaria e il bordo interno della barriera.

A tal proposito, è stato previsto di garantire la trasparenza dell'opera prevedendo la posa di tronchetti di tubazioni in PVC DN150 annegati all'interno del getto del cordolo e collegati, ad interasse medio di 15 m, con gli embrici esistenti per permettere alle acque di pioggia il naturale deflusso verso l'esterno della piattaforma ferroviaria, come avveniva prima dell'intervento a progetto.

Detta soluzione, prevista dal progetto definitivo per la trave su micropali, viene adottata anche per la trave di fondazione a sezione 80x100cm su mediopali introdotta dal progetto esecutivo per le barriere BA01÷BA15 e BA18÷BA20

### SEZIONE TIPO INTERVENTO CON RIPRISTINO DELLA GEOMETRIA ESISTENTE

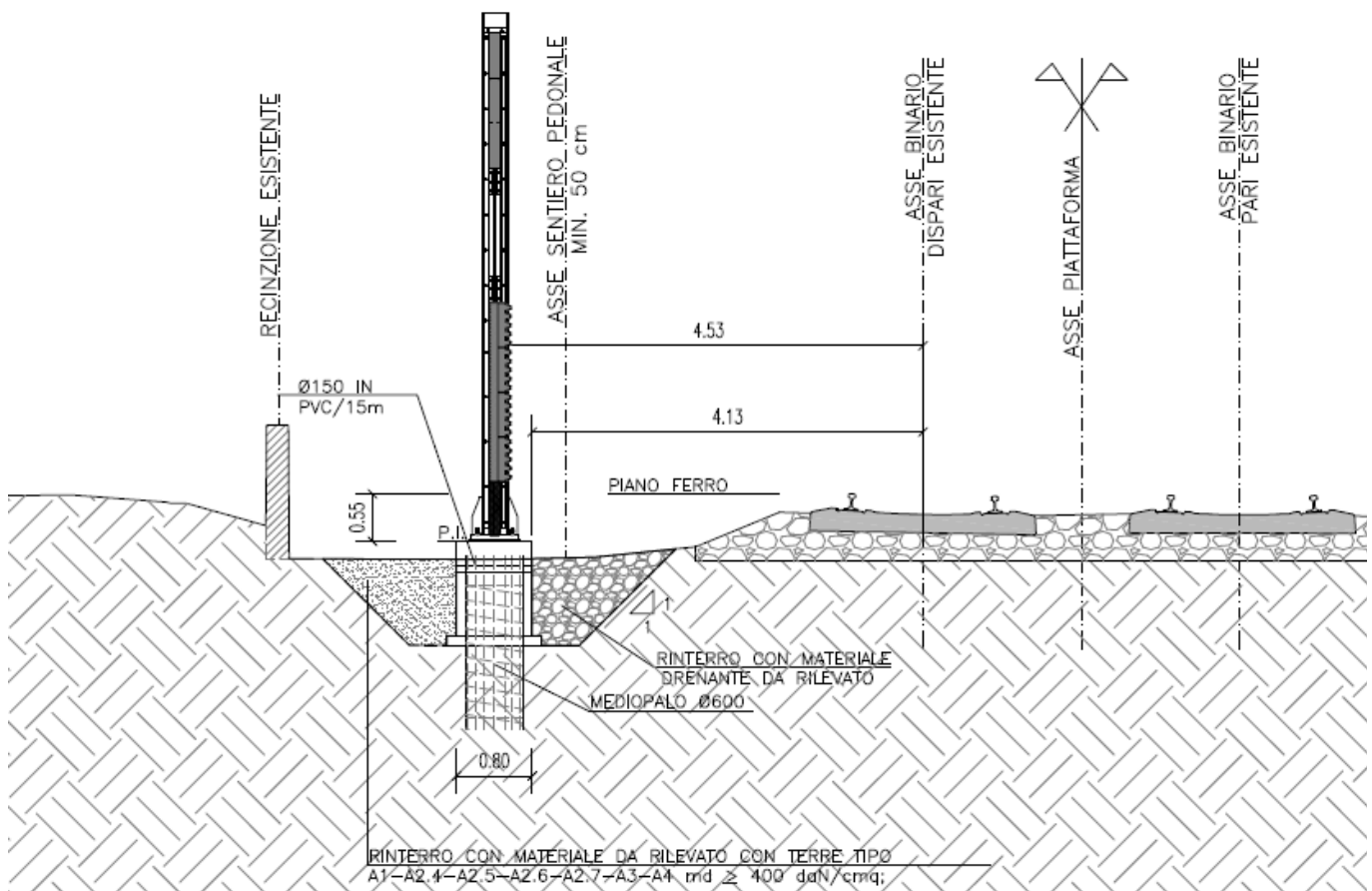
Scala 1:50



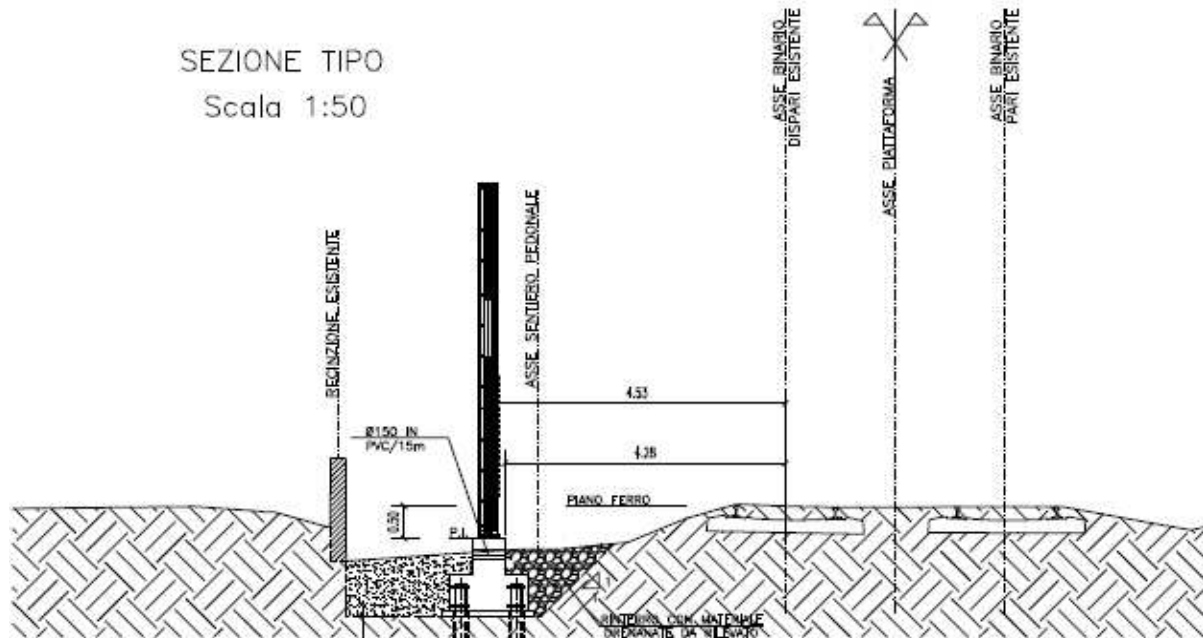
**Figura 1 – trasparenza idraulica mediante tubi PVC DN150 annegati nel cordolo ogni 15 m**

Per favorire inoltre l'infiltrazione evitando eventuali ristagni vicino al cordolo, lato ferrovia, sarà previsto il parziale riempimento degli scavi con materiale arido nei tratti in cui, dalla sezione 69 in avanti, il cordolo di fondazione si venisse a trovare più in basso rispetto al terreno circostante.

SEZIONE TIPO  
CON PIATTAFORMA A RASO  
Scala 1:50



**Figura 2 – sezione e tipo con piattaforma a raso**



**Figura 3 – Sezione tipo relativa alle BA16 e BA17**

La verifica idraulica condotta nella fase di progettazione definitiva e finalizzata a verificare che gli interventi previsti, nell'ottica di non modificare il precedente sistema, non creino alcun ostacolo all'attuale schema di drenaggio garantendone quindi la continuità, resta valida e invariata.

Per completezza nella presente relazione se ne riportano i contenuti (§§ 5 - *Analisi idrologica* e 6 - *Verifiche idrauliche*)



LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOG</b>	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	7 di 15

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di verificare il corretto funzionamento idraulico delle opere di smaltimento delle acque di piattaforma ferroviaria previste a corredo della realizzazione delle nuove barriere acustiche poste sul lato binario dispari del tratto dal Km 74+500 al Km 84+094 della linea storica Milano-Brescia (corrispondenti alle chilometriche 9+040 e 18+632 dell'Interconnessione di Brescia Ovest).

	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b></p>												
<p>RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INOG</td> <td>00</td> <td>E ZZ RG</td> <td>ID 00 00 001</td> <td>A</td> <td>8 di 15</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	INOG	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	8 di 15
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
INOG	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	8 di 15								

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 3.1 Documenti correlati

I documenti correlati alla presente relazione sono i seguenti:

INOG00EZZBZID0000001A – Opere tipologiche smaltimento acque di sede – Particolari e dettagli

#### 3.2 3.2 Documenti annullati o superati

Non sono presenti documenti annullati o superati.

#### 3.3 3.3 Allegati

Il documento non è corredato di allegati.



	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>												
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INOG</td> <td>00</td> <td>E ZZ RG</td> <td>ID 00 00 001</td> <td>A</td> <td>9 di 15</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	INOG	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	9 di 15
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
INOG	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	9 di 15								

#### 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La documentazione tecnica cui si è fatto riferimento per il dimensionamento delle opere in oggetto è principalmente costituita da:

- Manuale di progettazione del corpo stradale di RFI,
- Progetto VA.PI. Rapporto sulla valutazione delle piene, Italia nord occidentale, Sintesi del rapporto regionale per i compartimenti di Parma e Genova,
- Relazione tecnica generale opere civili, Linea AV/AC Torino-Venezia, Progetto Definitivo, Ingresso urbano dell'Interconnessione di Brescia Ovest.
- Progetto Definitivo - IN4104D26RGID0000001A Relazione idrologica-idraulica



LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	10 di 15

## 5 ANALISI IDROLOGICA

L'area della Pianura Padana nella quale si trova la porzione di territorio interessata dal progetto in esame è caratterizzata da un'elevata ricchezza d'acqua sia superficiale che sotterranea, dovuta a più fattori concomitanti quali le caratteristiche pluvioclimatiche, la struttura del sottosuolo e la presenza di importanti bacini lacustri.

Alla base dei calcoli per la stima dei contributi idrologici sta la determinazione dell'equazione della curva di possibilità pluviometrica. Tale equazione, la cui espressione è rappresentata dalla seguente formula:

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

lega l'altezza di pioggia  $h$  alla durata  $t$  della precipitazione piovosa in base a due parametri  $a$  e  $n$  che sono funzione del tempo di ritorno  $Tr$  dell'evento assunto a progetto per la verifica di compatibilità idraulica delle opere. La determinazione di tali parametri avviene attraverso l'elaborazione dei dati raccolti secondo una metodologia statistico probabilistica.

I dati di base sono rappresentati dalle massime altezze di pioggia registrate nelle vicinanze dell'area di intervento per eventi intensi di durata inferiore all'ora.

Nel nostro caso, essendo già disponibili dati pluviometrici di progetto, raccolti ed elaborati partendo dalle considerazioni e conclusioni riportate nel "Rapporto VA.PI. sulla valutazione delle piene, Italia nord occidentale", si riporta di seguito, per i vari tratti della linea, la tabella riassuntiva con i parametri "a" e "n" della legge di probabilità pluviometrica per precipitazioni di durata inferiore all'ora misurati in minuti per tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 500 anni:

Intervallo Km	Tr = 20		Tr = 100		Tr = 200		Tr = 500	
	a [mm/min <sup>n</sup> ]	n'	a [mm/min <sup>n</sup> ]	n'	a [mm/min <sup>n</sup> ]	n'	a [mm/min <sup>n</sup> ]	n'
da 9+040 a 13+475	6,57	0,48	8,30	0,48	9,04	0,48	10,02	0,48
da 13+475 a 15+600	6,52		8,23		8,96		9,93	
da 15+600 a 16+500	6,46		8,16		8,89		9,85	
da 16+500 a 18+600	6,42		8,10		8,82		9,76	

Assumendo per il progetto un valore di  $Tr$  di 100 anni (come prescritto dal Manuale di progettazione RFI per le opere di drenaggio della piattaforma), le verifiche saranno condotte non tratto per tratto ma considerando il caso più gravoso e quindi prendendo i seguenti parametri della linea segnalatrice:

$$a = 8,30 \text{ [mm/min}^n] \quad n = n' = 0,48$$

	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. A

## 6 VERIFICHE IDRAULICHE

### 6.1 6.1 Metodologia di calcolo

Definiti i dati idrologici di ingresso, la successiva parte dello studio riguarda l'effettuazione dei calcoli di tipo parametrico con i quali vengono trasformati gli afflussi di origine meteorica in portate idrauliche con cui andare a dimensionare e verificare il sistema di smaltimento della linea ferroviaria.

Per il calcolo della portata si adotta l'espressione seguente del Metodo dell'Invaso:

$$u = 2168 \cdot n' \frac{(K \cdot a)^{1/n'}}{W^{1/n'-1}}$$

ove:

$u$  = coefficiente udometrico, espresso in litri al secondo per ettaro di area drenata;

$K$  = coefficiente di deflusso del bacino;

$W$  = volume specifico d'invaso per unità di area del bacino scolante, espresso in metri;

$a$  = coefficiente della curva di possibilità climatica  $h = a \cdot t^{n'}$  ;

$n'$  = coefficiente in esponente della suddetta curva.

I parametri utilizzati per il calcolo del coefficiente udometrico sono:

#### Parametri di pioggia

$$a = 8,30 \text{ mm/min}^n = 59,24 \text{ mm/h}^n$$

$$n' = n = 0,48$$

#### Coefficienti di deflusso

$$K1 = 0,90 \quad \text{per la fascia relativa alla piattaforma ferroviaria}$$

$$K2 = 0,40 \quad \text{per la porzione di bacino scolante esterno}$$

#### Volume specifico d'invaso $W$

$$W = W'1 + W''1 + W2 \quad [\text{m}]$$

dove:

$$W'1 = 0,005 \text{ m} \quad \text{per la porzione di competenza della piattaforma ferroviaria}$$



LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ RG	ID 00 00 001	A	12 di 15

$W''1 = 0,003 \text{ m}$  per la porzione di competenza della piattaforma stradale e per l'area esterna alla piattaforma ferroviaria

$W2 = A/L$  per la parte relativa alla rete di drenaggio (tubazioni o fossi di guardia), ove A è l'area bagnata massima (in  $\text{m}^2$ ) corrispondente a un grado di riempimento dell'80% ed L è la larghezza (in m) del bacino scolante

Determinato il coefficiente uometrico u, la portata affluente per unità di lunghezza è pari a:

$$Q = \frac{u}{10000} \cdot L \text{ [l/sec m]}$$

La procedura utilizzata per il dimensionamento della rete è la seguente:

- per ogni tratto si determina la larghezza media del bacino drenato considerando il contributo della piattaforma ferroviaria e dell'eventuale area esterna,
- si calcola il coeff. di afflusso facendo la media pesata dei coefficienti K delle singole sottoaree che compongono il bacino drenato,
- si calcolano i volumi specifici dei piccoli invasi  $W_i$  e sommandoli si determina il valore di W,
- applicando la formula del coeff. uometrico e moltiplicando il risultato per la larghezza complessiva del bacino L si determina il contributo di portata per unità di lunghezza che va a sollecitare la tratta,
- moltiplicando infine la portata unitaria per la lunghezza del tratto si ottiene la portata massima di dimensionamento.

Al fine di valutare in maniera parametrica le portate di origine meteorica provenienti dal corpo ferroviario, sono stati analizzati i seguenti aspetti:

- individuazione delle sezioni tipologiche di linea e attribuzione di specifici bacini di competenza,
- applicazione del modello dell'Invaso per il calcolo della portata di progetto.

	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 15

## 6.2 6.2 Stima dei contributi di pioggia

Applicando la formula del coefficiente udometrico, di cui al precedente paragrafo, e considerando per stimare il contributo meteorico del ruscellamento laterale, una fascia contribuente di terreno compresa tra il piede della massicciata ferroviaria e il bordo interno della barriera, si ottengono i risultati seguenti.

- Larghezza massima bacino scolante: 3,0 m
- Coefficiente medio di deflusso: 0,6 (si considera l'area come semipermeabile)
- Volume specifico d'invaso: 0.003 m
- $a = 59,24 \text{ mm/h}^n$
- $n' = 0,48$

$$u = 2168 \cdot n' \frac{(K \cdot a)^{1/n'}}{W^{1/n'-1}} = 538,5 \text{ l/sec ha} = 0,054 \text{ l/sec mq}$$

Il contributo unitario al ruscellamento risulta quindi pari a:  $Q_u \text{ ruscellamento} = 0,054 \times 3,0 = 0,162 \text{ l/sec m}$

## 6.3 6.3 Verifica opere di drenaggio

Come anticipato nell'introduzione, la trasparenza degli interventi viene garantita prevedendo tronchetti di tubazione passante il cordolo superficiale e il riempimento degli scavi con materiale arido, in modo da facilitare anche l'infiltrazione nel terreno.

La verifica che si riporta di seguito, è relativa sia al dimensionamento del diametro dei fori passanti e del loro interasse sia alla stima del contributo d'infiltrazione a seguito della posa del materiale arido ai bordi della barriera.

La formula per la verifica dei moti di filtrazione è quella classica di Darcy e in particolare, il riempimento si può schematizzare come una piccola trincea drenante in cui la portata  $Q$  è pari a:

$$Q = K \cdot (b + 2h)$$

con:

- $K$  = permeabilità del terreno [m/sec],
- $b$  = larghezza della trincea [m],
- $h$  = battente d'acqua teorico all'interno della trincea [m].

	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. A

Considerando che il terreno di fondazione sia di natura prevalentemente ghiaiosa/sabbiosa (essendo terreno facente parte della piattaforma ferroviaria e quindi di buone caratteristiche portanti), si stima una permeabilità media  $K$  di  $10^{-4}$  m/sec.

$k$ (cm/sec)	$10^2$	$10$	$1$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$
Drenaggio	Buono						Ridotto			Praticamente nullo			
Tipo di terreno	Ghiaia pulita		Sabbia pulite, misto di ghiaie e sabbie pulite			Sabbie molto fini, limo organico ed inorganico, misti di sabbie, limi e argille			Terreno "impermeabile", argille omogenee al di sotto della coltre d'alterazione atmosferica				
							Terreno "Impermeabile" con modificazioni strutturali generate da vegetazione ed alterazione in sito						
determinazione diretta di $k$	Prova diretta nella posizione originale - prova di pompaggio, prova di delicata esecuzione ma significativa												
	Prova di permeabilità a carico costante, di facile esecuzione												
determinazione indiretta di $k$				Prova a carico variabile di facile esecuzione: significativa			Prova a carico variabile di delicata esecuzione: scarsamente significativa			Prova a carico variabile: molto poco significativa e di delicata esecuzione			
	Determinazione dalla curva granulometrica, applicabile soltanto a sabbie e ghiaie pulite									Determinazione basata sui risultati della prova di consolidazione; di delicata esecuzione: significativa			

Campo di variabilità della conducibilità idraulica dei terreni (da: Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni - Castelli Guidi- Ed. Hoepli)

Applicando la formula di Darcy e supponendo una larghezza di riempimento di 20 cm (che rappresenta la base teorica della trincea all'intradosso della trave di fondazione delle barriere), senza considerare il contributo laterale, si determina una portata filtrata pari a: 0,02 l/sec m.

Relativamente al tronchetto di tubo per la trasparenza idraulica del cordolo, considerando un diametro in PVC DN150 e un interasse medio di 15 m, si stima una portata di progetto pari a:

$$Q_{\text{ruscellamento}} = (0.162 - 0.02) \cdot 15 = 2,13 \text{ [l/sec]}$$

cui corrisponde un riempimento di circa il 60% (battente di circa 8,3 cm).

Per i calcoli, si è supposto un funzionamento a gravità applicando la formula del moto uniforme  $Q = A k R^{2/3} i^{1/2}$ , con:

- A: area della sezione bagnata [m<sup>2</sup>]

- R: raggio idraulico [m]

- i: gradiente idraulico [m/m] = 0.001

- k: coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler [m<sup>1/3</sup>/s] = 67 (valore cautelativo per tener conto di eventuali restringimenti)

	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. A	FOGLIO 15 di 15

La portata di ruscellamento calcolata si accumulerà sul lato interno della barriera a contatto con il cordolo verticale in cls con un battente di circa 9 cm senza però interessare direttamente la massicciata. Al primo tronchetto tali contributi verranno smaltiti verso l'esterno della sede ferroviaria o negli embrici esistenti (in caso delle sezione in rilevato) o a dispersione come avveniva precedentemente.

## 7 CONCLUSIONI

A seguito delle verifiche condotte, si è potuto accertare che gli accorgimenti previsti garantiscono la trasparenza idraulica delle nuove opere poichè non ostacolano il naturale scorrimento delle acque meteoriche verso l'esterno della sede ferroviaria, mantenendo inalterato lo schema di deflusso esistente.

Le verifiche condotte hanno interessato solo gli interventi previsti con la realizzazione delle barriere acustiche senza interessare le opere di smaltimento già presenti (es: gli embrici), che non verranno toccate, o al massimo ripristinate tali e quali a fine lavori nel caso fosse necessario rimuoverle temporaneamente per realizzare piste di passaggio provvisorie per i mezzi d'opera.

Questo perché lo scopo della relazione è appunto quello di dimostrare che non si vengono a creare ostacoli al sistema attuale di smaltimento che quindi continuerà a funzionare da un punto di vista idraulico, come funzionava prima che fossero costruite le barriere.