

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

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

PROGETTO ESECUTIVO

TR27 - TRINCEA I.C. VERONA MERCI DA PK 1+943,93 A PK 2+212,83

RELAZIONE IDRAULICA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due <i>Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta)</i> Data: _____	Valido per costruzione Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R I	T R 2 7 0 4	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data
A	Emissione	ZIFFERERO <i>Zifferero</i>	04/12/18	AIELLO	04/12/18	04/12/18
B						
C						



CIG. 751447334A MILANO ISOR11EE2RITR2704001A_01.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RI TR 27 04 001

Rev.
A

Foglio
2 di 11

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. PARAMETRI DI RIFERIMENTO	4
2.1. IDROLOGIA.....	4
2.2. COEFFICIENTI DI DEFLUSSO.....	6
3. DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	7
3.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	7
3.2. METODOLOGIA DI VERIFICA DELLE CANALETTE	7
4. VERIFICHE CANALETTE	8
4.1. CANALETTA IN DESTRA DA PK 1+936 A PK 2+034 BINARIO DISPARI.....	8
4.2. CANALETTA IN SINISTRA DA PK 1+944 A PK 2+040 BINARIO PARI	9
4.3. CANALETTA IN SINISTRA DA PK 1+936 A PK 2+209 BINARIO DISPARI	10
4.4. CANALETTA IN DESTRA DA PK 1+944 A PK 2+213 BINARIO PARI	11

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa alle verifiche inerenti le opere di presidio idraulico relative allo smaltimento delle acque di piattaforma lungo la linea A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, nel tratto denominato TR27.

L'intervento ha inizio in corrispondenza dell'imbocco alla galleria artificiale GA22 per il binario Pari e dell'imbocco alla galleria artificiale GA23 per il binario Dispari, e termina in corrispondenza della fine intervento del Lotto funzionale, a circa 300m dall'intersezione della linea storica con l'Autostrada A22 del Brennero; per l'intera tratta, il tracciato è ubicato a nord della linea storica Milano-Venezia.

Il tracciato planimetrico di entrambi i binari è in clotoide-curva-clotoide per tutto il tratto, mentre la livelletta sale con una pendenza pari a 0.627% per tutto il tratto per il binario pari, e pari a 0.707% per il binario dispari.

La presente relazione valida e assume come base le conclusioni delle analisi idrologiche e idrografiche svolte nell'ambito del Progetto Definitivo, in particolare per quanto concerne i parametri di pluviometria in funzione dei vari tempi di ritorno.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma si è dovuto tenere conto della normativa regionale in materia di tutela e uso delle acque, (ai sensi dell'articolo 44 del d.lgs. 152/99 e dell'articolo 55, comma 19 della L.R. 26/2003), che prevede direttive precise sulla riduzione delle portate meteoriche drenate dalle nuove infrastrutture.

La Regione Veneto ha infatti ribadito nel DGR N° 1841 del 19 giugno 2007 la necessità della valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici, imponendo misure compensative idonee a garantire l'invarianza idraulica della zona interessata dall'intervento.

A fronte di questo quadro normativo è stato necessario modificare il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma che prevedeva (in fase di Progetto Definitivo) la realizzazione di comuni fossi di guardia sversanti nel reticolo idrografico superficiale. Sono stati pertanto previsti fossi drenanti di dimensioni opportune a invasare e infiltrare la portata proveniente dalla piattaforma ferroviaria e dalle pertinenze adiacenti (rilevato e stradello) senza gravare in alcun modo sul reticolo idrografico superficiale.

Nella presente relazione vengono dimensionati e verificati solo gli elementi che afferiscono al tratto di trincea in oggetto (TR27). Per lo schema grafico si rimanda agli elaborati del rilevato RI61 della linea AV/AC, nei quali sono rappresentati tutti gli elementi del sistema idraulico che interessa, oltre al RI61, i rilevati e le trincee dell'interconnessione Verona Merci RI83 e RI85, TR26, TR28 e TR27; in tali planimetrie per ogni elemento si riporta la WBS di appartenenza.

2. PARAMETRI DI RIFERIMENTO

2.1. Idrologia

La previsione quantitativa delle piogge nell'area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l'altezza d'acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

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

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato.

Per quanto riguarda la distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, è stata condotta, negli elaborati PAI, un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base ad un reticolo di 2 km di lato. Grazie a questa elaborazione si consente il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia.

I tempo di ritorno utilizzato come riferimento è $T_R = 100$ anni, in linea con quanto prescritto nel manuale di progettazione RFI, parte II sezione 3.

Si riportano di seguito le celle quadrate 2x2 km interessate dalla linea ferroviaria di progetto con i parametri a e n relativi a tempi di pioggia superiori all'ora.

Intervallo km	Cella PAI	a Tr20	n Tr20	a Tr25	n Tr25	a Tr50	n Tr50	a Tr100	n Tr100	a Tr200	n Tr200	a Tr500	n Tr500
da 109+121 a 110+877	EY83	45,65	0,251	47,23	0,250	52,50	0,247	58,35	0,244	63,78	0,242	70,94	0,239
da 110+877 a 112+881	EZ83	46,23	0,250	47,85	0,249	53,24	0,246	59,24	0,243	64,81	0,241	72,14	0,238
da 112+881 a 115+000	FA83	46,68	0,249	48,33	0,248	53,82	0,244	59,94	0,241	65,60	0,239	73,07	0,236
da 115+000 a 117+044	FB83	47,06	0,248	48,73	0,247	54,29	0,243	60,49	0,240	66,23	0,238	73,80	0,235
da 117+044 a 119+062	FC83	47,09	0,247	48,76	0,246	54,33	0,242	60,54	0,239	66,28	0,236	73,86	0,234
da 119+062 a 119+279	FD83	47,11	0,244	48,78	0,243	54,36	0,239	60,57	0,236	66,32	0,234	73,91	0,231
da 119+279 a 121+108	FD84	47,57	0,238	49,27	0,237	54,93	0,233	61,24	0,230	67,08	0,227	74,79	0,225
da 121+108 a 123+158	FE84	47,39	0,236	49,08	0,235	54,70	0,231	60,98	0,228	66,78	0,225	74,44	0,223
da 123+158 a 125+219	FF84	47,11	0,233	48,78	0,232	54,35	0,228	60,56	0,225	66,30	0,223	73,88	0,220
da 125+219 a 127+249	FG84	46,75	0,230	48,40	0,229	53,90	0,225	60,02	0,221	65,68	0,219	73,15	0,216
da 127+249 a 129+250	FH84	46,33	0,224	47,95	0,223	53,36	0,219	59,37	0,216	64,93	0,214	72,28	0,211
da 129+250 a 131+255	FI84	45,84	0,217	47,43	0,216	52,73	0,212	58,62	0,209	64,08	0,207	71,28	0,204
da 131+255 a 133+257	FJ84	45,33	0,208	46,88	0,207	52,06	0,203	57,81	0,200	63,13	0,198	70,17	0,195
da 133+257 a 135+258	FK84	44,80	0,195	46,32	0,194	51,36	0,190	56,96	0,187	62,14	0,185	68,99	0,182
da 135+258 a 137+262	FL84	44,51	0,199	46,02	0,198	51,04	0,194	56,62	0,191	61,78	0,189	68,61	0,186
da 137+262 a 139+289	FM85	44,52	0,207	46,04	0,206	51,12	0,203	56,75	0,200	61,97	0,198	68,88	0,195
da 139+289 a 141+337	FN85	44,25	0,209	45,77	0,208	50,82	0,204	56,43	0,201	61,62	0,199	68,50	0,196
da 141+337 a 143+342	FO85	43,92	0,210	45,43	0,209	50,75	0,206	56,01	0,203	61,17	0,200	68,00	0,198
da 143+342 a 145+431	FP85	43,69	0,210	45,19	0,209	50,19	0,205	55,74	0,202	60,87	0,200	67,69	0,197
da 145+431 a 147+449	FQ84	43,41	0,211	44,26	0,213	49,13	0,209	55,38	0,203	60,49	0,201	67,28	0,198
da 147+449 a 149+451	FR84	42,54	0,213	44,00	0,212	48,84	0,208	54,22	0,205	59,20	0,203	65,82	0,200
da 149+451 a FINE	FS84	42,21	0,215	43,66	0,214	48,47	0,210	53,81	0,206	58,75	0,204	65,33	0,201

La cella di riferimento per il tratto interessato dalla trincea TR27 è la FS84, che fornisce i seguenti valori per i parametri di pioggia relativi a un tempo di ritorno $Tr = 100$ anni:

- FS84: $a = 53,81 \text{ mm/h}^n$; $n = 0,206$

Dovendo tuttavia trattare nella presente relazione anche di aree scolanti di dimensioni molto limitate, relative alla sola piattaforma ferroviaria e alle pertinenze nelle immediate vicinanze (rilevato, stradello), è necessario indagare gli afflussi relativi a transitori molto contenuti, largamente inferiori all'ora (Tempi di Corrivazione pari a 5 minuti).

Per il calcolo dell'altezza di pioggia su tempi inferiori all'ora è stato utilizzato il metodo di Bell: in relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, si adotta la seguente relazione

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo t riferita al periodo di ritorno T
- h_T^{60} è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora riferita al periodo di ritorno T
- t è il tempo di pioggia espresso in minuti

La relazione può essere scritta anche forma seguente:

$$P_T^t = \beta t^a$$

dove:

- $\beta t = (0.54 t^{0.25} - 0.50)$
- $a = h_T^{60}$

Nota l'altezza di pioggia h_t relativa all'evento di durata t , passando ai logaritmi, le coppie *altezza di pioggia-durata* vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n' .

Applicando il metodo di Bell si ricavano i valori di β al variare del tempo di pioggia:

t=5	t=10	t=20	t=30	t=40	t=50
0.307	0.460	0.642	0.764	0.858	0.936

Da cui si possono ricavare i valori di n' tramite la seguente relazione:

$$n'(t) = \frac{\ln(\beta(t) \cdot t_{60}^n)}{\ln(t)}$$

Si ottengono i valori riportati in tabella:

t (min)		n'
5	0.307	0.475
10	0.460	0.433
20	0.642	0.403
30	0.764	0.388
40	0.858	0.378
50	0.936	0.363

Per le elaborazioni che seguono è stata pertanto considerata la seguente combinazione di parametri:

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RI TR 27 04 001Rev.
AFoglio
6 di 11

progressiva	a (mm/oreⁿ) Tr100	n Tr100	n' Tr100
da 149+451 a FINE	53,81	0,206	0,388

2.2. Coefficienti di deflusso

La riduzione dell'afflusso (φ) alle rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Nel caso in esame si utilizza un coefficiente di deflusso $\varphi = 1$ per le aree pavimentate, $\varphi = 0.4$ per le scarpate dei rilevati in terra e $\varphi = 0.7$ per le scarpate in terra afferenti ai tratti in trincea.

Si calcolano quindi le superfici afferenti efficaci come: $A_{\text{eff}} = \varphi A$.

3. DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

3.1. Descrizione del sistema

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche è costituito da una serie di canalette in calcestruzzo di dimensioni interne 50x50, poste a lato della piattaforma, che convogliano le acque in una vasca di accumulo e sollevamento. Il recapito finale è costituito da una vasca drenante.

Per quanto riguarda la vasca di sollevamento e la vasca drenante si rimanda agli elaborati grafici e alla relazione idraulica della galleria artificiale GA22.

3.2. Metodologia di verifica delle canalette

La portata affluente alla canaletta è determinata mediante l'espressione del coefficiente uometrico:

$$u = 2520n' \frac{(\varphi a)^{1/n'}}{W^n} [l/s \cdot ha]$$

dove:

- φ è il coefficiente di deflusso;
- W è il volume specifico d'invaso, dato da $W = W_1' + W_1'' + W_2$
- $W_1' = 0,005$ m, per la parte relativa alla piattaforma ferroviaria con presenza della massicciata (paragrafo 3.7.2.2.6 manuale RFI);
- $W_1'' = 0,003$ m, per la parte (velo d'acqua) relativa alla eventuale porzione di bacino scolante esterna alla piattaforma (paragrafo 3.7.2.2.6 manuale RFI);
- $W_2 = P \times A_v/L$ m, per la parte relativa alla canaletta, ponendo che la sezione liquida massima sia pari al p% della sezione totale A_v ; L è la larghezza del bacino scolante;
- i parametri a (in metri-ore⁻ⁿ) ed n' della curva di probabilità climatica (per $Tr = 100$ anni) da assumere nella formula di u , sono riportati nel precedente paragrafo 2.1.

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

$$q = \frac{u}{10000} \cdot L \quad (l/s/m)$$

La verifica della sezione della canaletta viene eseguita applicando la formula di Chézy:

$$Q = A \left[\left(\frac{1}{n} \right) R^{1/6} \right] \sqrt{R \cdot J}$$

dove:

Q =portata [m³/s]

A =area liquida [m²]

n =coefficiente di scabrezza di Manning [m^{1/3}/s] (0,015 per i manufatti in cls)

R =raggio idraulico [m]

J =pendenza longitudinale [m/m]

Si ricava quindi il valore dell'altezza idrica che corrisponde alla portata affluente precedentemente stimata e si verifica che il riempimento della sezione di progetto sia inferiore al 70%.

4. VERIFICHE CANALETTE

4.1. Canaletta in destra da pk 1+936 a pk 2+034 BINARIO DISPARI

Canaletta 50x50 posta a lato della piattaforma.

In questo tratto la piattaforma del binario dispari è distinta da quella del binario pari pertanto vengono posate due canalette, una in destra e una in sinistra, che raccolgono le acque della semipiattaforma e di metà della fascia compresa tra i due binari.

Scarica nella vasca di sollevamento lato Verona della galleria artificiale GA22.

Risulta verificata con un riempimento del 22%.

Calcolo afflussi diretti			
L1=	5.31224	(m), bacino drenato piattaforma ferroviaria;	
L2=	0.00	(m), event. contributo oltre la piattaforma;	
L= L1 + L2 =	5.31224	(m)	
Area bagnata (b=0.5m h=0.108m) =	0.054	m ²	
W1'=	0.005	(m)	
W1''=	0	(m)	
W2= A/L =	0.010	(m)	
Risulta quindi W=	0.015	(m)	
Il coefficiente di deflusso medio è	1.00	.	
Con i dati riportati si calcola:			
coefficiente odometrico u =	388.88	(l/s/ha)	
portata affluente per metro di cunetta =	0.207	(l/s/m).	
Poiché la lunghezza del tronco di calcolo è pari a	98	m, si calcola	20.2 l/s.
Verifica sezione manufatto			
Largh. fondo	0.50	m	
Altezza totale	0.50	m	
Pendenza sponde H/V	pareti	ver m/m	
Percentuale riempimento	22	%	
Altezza idrica	0.11	m	
Area bagnata	0.05	m ²	
Raggio Idraulico	0.08	m	
Pendenza longitudinale	0.0010	m/m	
Coefficiente di Manning	0.015	s/m ^{1/3}	
Portata	20.25	l/s	
Velocità	0.38	m/s	
La sezione idraulica, con un riempimento del	21.54 %, risulta pienamente verificata		

4.2. Canaletta in sinistra da pk 1+944 a pk 2+040 BINARIO PARI

Canaletta 50x50 posta a lato della piattaforma.

In questo tratto la piattaforma del binario pari è distinta da quella del binario dispari pertanto vengono posate due canalette, una in destra e una in sinistra, che raccolgono le acque della semipiattaforma e di metà della fascia compresa tra i due binari.

Scarica nella vasca di sollevamento lato Verona della galleria artificiale GA22.

Risulta verificata con un riempimento del 15%.

Calcolo afflussi diretti			
L1=	5.33542	(m), bacino drenato piattaforma ferroviaria;	
L2=	0.00	(m), event. contributo oltre la piattaforma;	
L= L1 + L2 =	5.33542	(m)	
Area bagnata (b=0.5m h=0.074m) =	0.037	m ²	
W1'=	0.005	(m)	
W1''=	0	(m)	
W2= A/L =	0.007	(m)	
Risulta quindi W=	0.012	(m)	
Il coefficiente di deflusso medio è	1.00	.	
Con i dati riportati si calcola:			
coefficiente udometrico u =	565.72	(l/s/ha)	
portata affluente per metro di cunetta =	0.302	(l/s/m).	
Poiché la lunghezza del tronco di calcolo è pari a	96	m, si calcola	29.0 l/s.
Verifica sezione manufatto			
Largh. fondo	0.50	m	
Altezza totale	0.50	m	
Pendenza sponde H/V	pareti ver	m/m	
Percentuale riempimento	15	%	
Altezza idrica	0.07	m	
Area bagnata	0.04	m ²	
Raggio Idraulico	0.06	m	
Pendenza longitudinale	0.0063	m/m	
Coefficiente di Manning	0.015	s/m ^{1/3}	
Portata	28.98	l/s	
Velocità	0.78	m/s	
La sezione idraulica, con un riempimento del	14.80 %, risulta pienamente verificata		

4.3. Canaletta in sinistra da pk 1+936 a pk 2+209 BINARIO DISPARI

Canaletta 50x50 posta a lato della piattaforma.

Fino alla pk 2+034 la piattaforma del binario pari è distinta da quella del binario dispari pertanto nel primo tratto la canaletta raccoglie solo le acque della semipiattaforma del binario dispari; dalla pk 2+034 a fine intervento il binario pari e il binario dispari condividono la stessa piattaforma quindi la superficie drenata dalla canaletta in sinistra corrisponde alla superficie compresa tra il colmo e il ciglio sinistro del subballast.

In previsione del futuro prolungamento della trincea fino a piano campagna vengono considerati anche ulteriori 600 m di canaletta dopo la fine dell'intervento.

Scarica nella vasca di sollevamento lato Verona della galleria artificiale GA22.

Risulta verificata con un riempimento del 59%.

Calcolo afflussi diretti			
L1=	6.36541	(m), bacino drenato piattaforma ferroviaria;	
L2=	0.00	(m), event. contributo oltre la piattaforma;	
L= L1 + L2 =	6.36541	(m)	
Area bagnata (b=0.5m h=0.294m) =	0.147	m ²	
W1'=	0.005	(m)	
W1''=	0	(m)	
W2= A/L =	0.023	(m)	
Risulta quindi W=	0.028	(m)	
Il coefficiente di deflusso medio è	1.00	.	
Con i dati riportati si calcola:			
coefficiente odometrico u =	146.75	(l/s/ha)	
portata affluente per metro di cunetta =	0.093	(l/s/m).	
Poiché la lunghezza del tronco di calcolo è pari a	873	m, si calcola	81.5 l/s.
Verifica sezione manufatto			
Largh. fondo	0.50	m	
Altezza totale	0.50	m	
Pendenza sponde H/V	pareti ver	m/m	
Percentuale riempimento	59	%	
Altezza idrica	0.29	m	
Area bagnata	0.15	m ²	
Raggio Idraulico	0.14	m	
Pendenza longitudinale	0.0010	m/m	
Coefficiente di Manning	0.015	s/m ^{1/3}	
Portata	81.55	l/s	
Velocità	0.56	m/s	
La sezione idraulica, con un riempimento del	58.77 %, risulta pienamente verificata		

4.4. Canaletta in destra da pk 1+944 a pk 2+213 BINARIO PARI

Canaletta 50x50 posta a lato della piattaforma.

Fino alla pk 2+040 la piattaforma del binario pari è distinta da quella del binario dispari pertanto nel primo tratto la canaletta raccoglie solo le acque della semipiattaforma del binario pari; dalla pk 2+040 a fine intervento il binario pari e il binario dispari condividono la stessa piattaforma quindi la superficie drenata dalla canaletta in destra corrisponde alla superficie compresa tra il colmo e il ciglio destro del subballast.

In previsione del futuro prolungamento della trincea fino a piano campagna vengono considerati anche ulteriori 600 m di canaletta dopo la fine dell'intervento.

Scarica nella vasca di sollevamento lato Verona della galleria artificiale GA22.

Risulta verificata con un riempimento del 67%.

Calcolo afflussi diretti			
L1=	6.0794	(m), bacino drenato piattaforma ferroviaria;	
L2=	7.00	(m), event. contributo oltre la piattaforma;	
L= L1 + L2 =	13.0794	(m)	
Area bagnata (b=0.5m h=0.334m) =	0.167	m ²	
W1'=	0.00232	(m)	
W1''=	0.00161	(m)	
W2= A/L =	0.013	(m)	
Risulta quindi W=	0.017	(m)	
Il coefficiente di deflusso medio è	0.84	.	
Con i dati riportati si calcola:			
coefficiente odometrico u =	212.15	(l/s/ha)	
portata affluente per metro di cunetta =	0.277	(l/s/m).	
Poiché la lunghezza del tronco di calcolo è pari a	869	m, si calcola 241.1 l/s.	
Verifica sezione manufatto			
Largh. fondo	0.50	m	
Altezza totale	0.50	m	
Pendenza sponde H/V	pareti ver	m/m	
Percentuale riempimento	67	%	
Altezza idrica	0.33	m	
Area bagnata	0.17	m ²	
Raggio Idraulico	0.14	m	
Pendenza longitudinale	0.0063	m/m	
Coefficiente di Manning	0.015	s/m ^{1/3}	
Portata	241.14	l/s	
Velocità	1.44	m/s	
La sezione idraulica, con un riempimento del	66.82	%, risulta pienamente verificata	