

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

TR09 – TRINCEA LINEA AC DA PK 127+343.00 A PK 127+970.00

Relazione tecnica generale

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due 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 O	T R 0 9 0 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	Cavaliere	07/01/19	Piacentini	07/01/19	Taranta	07/01/19	
B								
C								

CIG. 751447334A

File: INOR11EE2ROTR0900002A_01.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR09 00 002

Rev.
A

Foglio
2 di 15

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
4	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	6
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
6	ASPETTI GEOTECNICI.....	8
7	ASPETTI IDRAULICI.....	9
7.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	9
7.2	DATI IDROLOGICI.....	10
7.3	CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO.....	11
7.3.1	<i>Calcolo dei coefficienti di deflusso.....</i>	<i>11</i>
7.3.2	<i>Tempo di corrivazione.....</i>	<i>11</i>
7.3.3	<i>Calcolo delle portate di progetto.....</i>	<i>12</i>
7.3.4	<i>Dimensionamento delle sezioni idrauliche.....</i>	<i>12</i>
7.3.5	<i>Verifica elementi di collettamento.....</i>	<i>14</i>
7.4	INVARIANZA IDRAULICA.....	14
7.4.1	<i>Dimensionamento bacini di laminazione.....</i>	<i>14</i>

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR09 00 002

Rev.
A

Foglio
3 di 15

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione esecutiva della trincea TR09, trincea di imbocco galleria artificiale GA09, prevista tra le prg. 127+343.00 e 127+970.00, della tratta A/C Milano – Verona.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in oggetto è costituita in parte da trincea in terra, in parte da muri ad U ed in parte da muri ad U tra paratie di diaframmi; in particolare:

- tratto di trincea con muri ad U tra paratie di diaframmi di lunghezza pari a 16.00m e spessore 0.80m, tra la pk 1267+343.00 e la pk 127+778.00, di lunghezza 435.00m;
- tratto di trincea con muri ad U, tra la pk 127+778.00 e la pk 127+841.50, di lunghezza 63.50m;
- tratto di trincea in terra, tra la pk 127+841.50 e la pk 127+970.00, di lunghezza 128.50m.

I diaframmi vengono utilizzati con diversa finalità:

- in fase provvisoria, per il sostegno dello scavo;
- in fase definitiva, vengono connessi strutturalmente con i muri ad U per eliminare le problematiche legate al sollevamento della soletta di fondazione dovuto alla sottospinta delle acque di falda.

Le fasi costruttive previste per la realizzazione dei muri ad U sono le seguenti:

- prescavo per formazione piano di esecuzione dei diaframmi;
- realizzazione dei diaframmi in c.a.;
- prima fase di scavo fino alla quota di posa della struttura di puntellamento in acciaio;
- posa della struttura di puntellamento in acciaio e messa in carico;
- completamento dello scavo fino a quota di imposta della fondazione della struttura;
- realizzazione della soletta di fondazione della struttura, con getto a contrasto delle paratie in diaframmi;
- dopo adeguata maturazione della soletta di fondazione si procede alla rimozione della struttura di puntellamento; i diaframmi sono dimensionati in modo da reggere lo scavo in questa condizione di unico vincolo dato dalla soletta di base;
- completamento della struttura in elevazione
- realizzazione delle opere di completamento e finitura

La sezione ha larghezza interna utile di 14.50 m. I muri presentano pareti di altezza variabile:

- per i muri ad U con diaframmi, le altezze variano da 6.13m a 4.77m;
- per i muri ad U, le altezze variano da 4.77m a 4.26m.

3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 05.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- D.P.R. n. 380/2001 e s.m.i. "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008) "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2) "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- UNI EN 1992-1-2 aprile 2005 (EC2 "Progettazione strutturale contro l'incendio") "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio"
- UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8) "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (norma STI)

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche:

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- “Criteri per il dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M. 2008” rev. 01 del 26.01.2017
– ITALFERR U.O. Gallerie

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR09 00 002

Rev.
A

Foglio
6 di 15

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI
PLANIMETRIA DI PROGETTO
PROFILO LONGITUDINALE
TRACCIAMENTO PLANOALTIMETRICO DELLE OPERE. TAV. 1/3
TRACCIAMENTO PLANOALTIMETRICO DELLE OPERE. TAV. 2/3
TRACCIAMENTO PLANOALTIMETRICO DELLE OPERE. TAV. 3/3
SEZIONI TRASVERSALI TIPOLOGICHE. TAV. 1/2
SEZIONI TRASVERSALI TIPOLOGICHE. TAV. 2/2
SEZIONI TRASVERSALI. TAV. 1/4
SEZIONI TRASVERSALI. TAV. 2/4
SEZIONI TRASVERSALI. TAV. 3/4
SEZIONI TRASVERSALI. TAV. 4/4
CARPENTERIA ED ARMATURE DIAFRAMMI. TAV. 1/2
CARPENTERIA ED ARMATURE DIAFRAMMI. TAV. 2/2
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 1/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 2/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 3/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 4/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 5/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 6/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 7/8
CARPENTERIA ED ARMATURE CONCI. TAV. 8/8
PIANTA E SEZIONE LONGITUDINALE. TAV. 1/5
PIANTA E SEZIONE LONGITUDINALE. TAV. 2/5
PIANTA E SEZIONE LONGITUDINALE. TAV. 3/5
PIANTA E SEZIONE LONGITUDINALE. TAV. 4/5
PIANTA E SEZIONE LONGITUDINALE. TAV. 5/5
PREDISPOSIZIONI PER TECNOLOGIE
RELAZIONE DI CALCOLO
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI
RELAZIONE GEOTECNICA
PROFILO STRATIGRAFICO

INOR11EE24TTR0700001
INOR11EE2P8TR0700001
INOR11EE2F8TR0700001
INOR11EE2P9TR0700001
INOR11EE2P9TR0700002
INOR11EE2P9TR0700003
INOR11EE2WZTR0700001
INOR11EE2WZTR0700002
INOR11EE2W9TR0700001
INOR11EE2W9TR0700002
INOR11EE2W9TR0700003
INOR11EE2W9TR0700004
INOR11EE2BZTR0700001
INOR11EE2BZTR0700002
INOR11EE2BZTR0700003
INOR11EE2BZTR0700004
INOR11EE2BZTR0700005
INOR11EE2BZTR0700006
INOR11EE2BZTR0700007
INOR11EE2BZTR0700008
INOR11EE2BZTR0700009
INOR11EE2BZTR0700010
INOR11EE2PATR0700001
INOR11EE2PATR0700002
INOR11EE2PATR0700003
INOR11EE2PATR0700004
INOR11EE2PATR0700005
INOR11EE2BZTR0707001
INOR11EE2CLTR0700001
INOR11EE2CLTR0701002
INOR11EE2RBTTR0700001
INOR11EE2F7TR0700001

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO TR09 00 002

Rev.
A

Foglio
7 di 15

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le caratteristiche dei materiali si rimanda all'apposito elaborato facente parte del presente progetto.

6 ASPETTI GEOTECNICI

L'opera in oggetto non presenta significative problematiche geotecniche legate alla realizzazione della struttura.

Le stratigrafie dei sondaggi e i risultati delle prove di classificazione di laboratorio mostrano una stratigrafia costituita da materiale prevalentemente fine; nello specifico, il primo strato è costituito da materiale a granulometria principalmente fine molto consistente fino a profondità di 5m da p.c., seguito da uno strato di materiale fine poco consistente dallo spessore variabile, ovvero fino a profondità di 17-29m da p.c.; lo strato più profondo è costituito da materiale dalla granulometria variabile ma essenzialmente coesivo, da mediamente consistente a molto consistente.

Le indagini integrative eseguite in fase di progettazione esecutiva hanno sostanzialmente confermato la natura dei litotipi interessati dalle opere individuati in fase di PD.

Si assume la stratigrafia di progetto riportata nella tabella seguente.

Sulla base delle risultanze delle misure piezometriche più recenti, la falda si attesta a quote +80÷+85 m s.l.m.; nella zona in esame si assume pertanto una profondità della falda a circa 1-2m da p.c..

Tabella 1

Strato	Profondità da (m da p.c.)	Profondità a (m da p.c.)	Descrizione	N _{SPT,medio} (colpi/30cm)
1	0.0	5.0	Limi argillosi sabbiosi con ghiaia ("crosta" superficiale)	20-40
2	5.0	24.0	Limi argillosi/Argille limose	10-20
3	24.0	40.0	Limi argillosi sabbiosi con ghiaia	40-50
Profondità della falda: 1 m da p.c.				

L'opera viene realizzata in un banco di terreno argilloso caratterizzato da permeabilità molto basse che non risulta pertanto sede di significativi moti di filtrazione delle acque di falda. L'opera in oggetto non avrà quindi alcuna influenza sul regime della falda acquifera nella zona di intervento.

Per i dettagli sui parametri geotecnici utilizzati nel dimensionamento delle opere geotecniche si rimanda alla Relazione Geotecnica.

7 ASPETTI IDRAULICI

Il progetto prevede la realizzazione di opere idrauliche per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche e per l'adeguamento del reticolo idraulico superficiale conseguente all'introduzione della galleria artificiale e delle relative trincee, che inevitabilmente creano un lungo taglio in direzione est-ovest sulla attuale rete idraulica superficiale.

Nell'area di intervento il piano di campagna presenta una lieve pendenza da sud verso nord e a ovest verso est. Attualmente quindi le acque di superficie defluiscono da sud verso nord fino all'autostrada A4 e vengono raccolte e smaltite da fossi posti in adiacenza al ciglio sud dell'autostrada stessa. Questi fossi poi attraverso l'autostrada andando a scaricare verso nord o corrono lungo la autostrada e vanno a scaricare nel ricercatore che si trova verso est poco oltre il limite dell'intervento in progetto. La realizzazione del sistema di gallerie artificiali e trincee in direzione est-ovest interrompe il suddetto sistema idraulico in quanto le acque che defluiscono da sud verso nord si bloccano in corrispondenza del bordo sud della nuova opera.

Al fine di ripristinare la perfetta funzionalità del reticolo idraulico è necessario e sufficiente prevedere un nuovo canale di scarico appunto sul bordo sud del sistema gallerie-trincee che corre con pendenza costante da ovest verso est e scarica nel ricettore naturale attuale posto appena oltre il limite est dell'intervento in progetto.

Questo canale di scarico viene realizzato tramite canalette in conglomerato cementizio armato a sezione rettangolare con area idraulica utile che si incrementa progressivamente andando da ovest verso est.

Lo smaltimento delle acque meteoriche della piattaforma ferroviaria nei tratti in trincea avverrà mediante due canalette rettangolari di dimensione variabile, come specificato nel paragrafo di verifica e negli elaborati specifici. La continuità del sistema è garantita mediante canalette rettangolari di dimensioni interne 90x80cm che corrono all'interno del marciapiede anche nei tratti in galleria. Al termine della TR09 un attraversamento idraulico scatolare di dimensioni interne 90x55 cm recapita i deflussi all'interno di un bacino di laminazione opportunamente dimensionato, il cui recapito è rappresentato da un fosso esistente. L'uscita da tale bacino è regolata mediante un manufatto dotato di bocca tarata.

7.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi utilizzati per la presente progettazione vengono riassunti di seguito:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152, "Norme in materia ambientale"
- D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4, "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale"
- Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7, Regione Lombardia, "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)"

7.2 DATI IDROLOGICI

Le condizioni più critiche, che il sistema idraulico oggetto di studio deve essere in grado di affrontare, sono relative a:

- massima portata che la rete di drenaggio deve essere in grado di smaltire;
- massimo volume che i dispositivi di accumulo e laminazione devono essere in grado di immagazzinare.

Tali condizioni critiche si verificano rispettivamente quando:

- la durata dell'evento meteorico è dell'ordine dei minuti (pari al tempo di corrivazione del sottosistema idraulico in esame);
- la durata dell'evento meteorico è dell'ordine delle ore.

L'analisi pluviometrica viene quindi svolta sia per precipitazioni di durata inferiore all'ora (scrosci), sia per precipitazioni di durata oraria.

Nello studio idrologico relativo al tracciato della linea A.V./A.C., mediante elaborazione statistico-probabilistica delle serie storiche dei dati delle piogge intense, sono stati calcolati, per diversi valori del tempo di ritorno e per le diverse aree lungo il tracciato della linea, i parametri che definiscono le caratteristiche statistiche degli eventi di pioggia estremi.

Tali parametri sono i coefficienti "a" e "n" delle curve di possibilità pluviometrica, espresse mediante la relazione

$$h = at^n$$

con

- h (mm): altezza di precipitazione;
- t (ore): durata di pioggia;
- a (mm/hⁿ), n (o n₁ per piogge di durate inferiori all'ora): parametri caratteristici della curva, per tempo di ritorno assegnato.

I valori dei parametri della curva di possibilità pluviometrica tra le chilometriche della linea A.V. all'interno delle quali ricadono le opere oggetto del presente elaborato, derivano dalla Relazione Idrologica ed Idraulica generale. Per quanto riguarda l'opera in oggetto, si riassumono in tabella sottostante i valori dei parametri a e n desunti da tale elaborato. I diversi tempi di ritorno per il progetto dei vari elementi sono stati scelti secondo quanto indicato nel manuale di progettazione RFI.

Tempo di ritorno	a (mm/h ⁿ)	n (>1h)	n ₁ (<1h)	Utilizzo
100 anni	59.37	0.216	0.403	Elementi di drenaggio ferroviari, bacini di laminazione
200 anni	64.93	0.214	0.403	Tombini

7.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO

7.3.1 *Calcolo dei coefficienti di deflusso*

La precipitazione va depurata della componente destinata ad infiltrarsi nel terreno. Il coefficiente di deflusso esprime dunque la percentuale della pioggia caduta, che contribuisce alla formazione delle portate. I tipi di superficie presi in considerazione ed i relativi coefficienti di deflusso sono riportati nella seguente tabella:

Tipo di pavimentazione	Coefficiente di deflusso
Pavimentazione stradale	1.00
Superfici permeabili	0.40

I valori assunti sono cautelativamente quelli relativi alle superfici già imbibite, e considerati costanti durante tutto l'evento meteorologico.

Detto φ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i , il valore medio del coefficiente relativo ad aree caratterizzate da differenti valori φ si ottiene con una media ponderata:

$$\varphi = \frac{\sum_i \varphi_i S_i}{\sum_i S_i}$$

7.3.2 *Tempo di corrivazione*

Il tempo di corrivazione relativo ad una determinata sezione della rete idraulica è l'intervallo di tempo necessario affinché nella sezione considerata giungano insieme i contributi di tutte le parti che formano il bacino.

Come noto in letteratura, il tempo di corrivazione è dato da:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

- t_a è il tempo di accesso in rete, in secondi, assunto pari a 300 s per la verifica dei fossi scolanti e 120 s per la verifica dei collettori disposti lungo le opere di attraversamento;
- t_r è il tempo di rete, stimabile con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{v_{ri}}$$

dove L_i (m) è la lunghezza dell' i -esima tubazione della rete di drenaggio a monte della sezione in esame e v_{ri} (m/s) è la velocità di moto uniforme della corrente transitante nella i -esima tubazione.

7.3.3 Calcolo delle portate di progetto

Il calcolo della portata da allontanare dalla piattaforma stradale, e quindi della portata che la rete deve essere in grado di recepire, viene effettuato utilizzando il metodo cinematico. Secondo tale metodo, la portata di colmo prodotta da un'intensità di pioggia i in un bacino di superficie S è data da:

$$Q = \varphi Si = \varphi Sat_c^{n-1}$$

dove:

- φ : coefficiente di deflusso del bacino;
- S (m²): superficie del bacino;
- t_c (ore): tempo di corrivazione;
- $i = at_c^{n-1}$ (mm/h): intensità di pioggia per assegnato tempo di ritorno.

7.3.4 Dimensionamento delle sezioni idrauliche

La verifica delle sezioni idrauliche viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di ramo sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando nella determinazione della portata la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = k_s AR^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- Q (m³/s): portata di moto uniforme;
- A (m²): area bagnata;
- k_s (m^{1/3}/s): coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler;
- R (m): raggio idraulico;
- i (m/m): pendenza longitudinale.

Nel caso di un fosso e di un canale a sezione rettangolare, fissati un coefficiente di scabrezza k_s ed una pendenza longitudinale i_l , e note le caratteristiche geometriche della sezione, si è in grado di stimare, mediante la relazione precedente, la portata Q pari a quella massima di progetto calcolata con il metodo cinematico, definendo quindi il tirante nella sezione idraulica di verifica. Il riempimento massimo considerato sarà pari all'80%. Per gli attraversamenti e i tombini sarà considerato un grado di riempimento massimo pari al 70%.

Allo stesso modo, nel caso di una tubazione, fissati un coefficiente di scabrezza k_s ed una pendenza longitudinale i_l , si è in grado di stimare, mediante la relazione precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata Q pari a quella massima di progetto, calcolata con il metodo cinematico.

In tabella sottostante vengono riportati i coefficienti di scabrezza utilizzati:

Materiale	k_s ($m^{1/3}/s$)
Tubazioni in PVC	80
Tombini e canali in CAV	70
Fossi in terra	40

Per la determinazione del diametro ottimale si è cercato di mantenere un grado di riempimento della condotta mai superiore all'80%.

I collettori utilizzati saranno in PVC, di classe SN4 quelli che corrono lungo il ciglio stradale e di classe SN8 per gli attraversamenti. Si riportano di seguito i diametri esterni e interni per le due classi.

Tubi PVC – classe SN8			Tubi PVC – classe SN4		
DN (mm)	sp (mm)	Dint (mm)	DN (mm)	sp (mm)	Dint (mm)
160	4.7	150.6	160	4	152
200	5.9	188.2	200	4.9	190.2
250	7.3	235.4	250	6.2	237.6
315	9.2	296.6	315	7.7	299.6
400	11.7	376.6	400	9.8	380.4
500	14.6	470.8	500	12.3	475.4
630	18.4	593.2	630	15.4	599.2

7.3.5 Verifica elementi di collettamento

In tabella seguente sono indicati anche i rispettivi tempi di ritorno considerati.

Canali (TR=100 anni)	L (m)	i _i (%)	A _{tot} (m ²)	φ _{medio}	k _s (m ^{1/3} /s)	t _c (min)	Q _{cin} (m ³ /s)	Riempimento	v (m/s)
Canale 100x100 cm	394.0	0.10	78895	0.40	70	26.46	0.8485	82.50 cm	1.02
Canale 150x100 cm	215.0	0.20	87227	0.40	70	29.19	0.8847	42.50 cm	1.31
Canale 200x150 cm	130.0	0.30	136905	0.50	70	30.30	1.6975	72.75 cm	1.97
Canale 200x150 cm	230.0	0.20	277760	0.52	70	32.34	3.4271	90.00 cm	1.90

Canalette linea AV (TR=100 anni)	L (m)	i _i (%)	A _{tot} (m ²)	φ _{medio}	k _s (m ^{1/3} /s)	t _c (min)	Q _{cin} (m ³ /s)	Riempimento	v (m/s)
Canaletta TR07 90x35cm	484.4	1.21	3512	1.00	70	10.56	0.1634	31.40 %	1.53
Canaletta GA08 90x80cm	22.8	0.20	3512	1.00	70	11.02	0.1593	25.00 %	0.84
Canaletta TR08 90x35cm	246.0	0.07	5295	1.00	70	16.83	0.1866	80.00 %	0.70
Canaletta GA09 90x80cm	109.0	0.07	5295	1.00	70	19.83	0.1691	38.75 %	0.60
Canaletta TR09 90x50cm	627.0	0.07	9841	1.00	70	35.71	0.2212	75.00 %	0.64
Attraversamento idraulico	28.0	0.25	19682	1.00	70	36.09	0.4397	70.00 %	1.23

7.4 INVARIANZA IDRAULICA

Al fine di non appesantire la rete idrografica esistente a causa della maggiore portata, rispetto alla condizione originale, derivante dall'aumento di superficie pavimentata, occorre prevedere accorgimenti specifici al fine di garantire l'invarianza idraulica del sistema.

A causa della natura prevalentemente argillosa del terreno, lo scarico delle acque meteoriche avviene in un ricettore. Tale scarico viene effettuato a valle di invasi di laminazione, opportunamente dimensionati, al fine di garantire il rispetto delle portate massimi ammissibili indicate nel RR n.7/2017 all'art.8. L'uscita di tali invasi verrà realizzata mediante un manufatto in calcestruzzo dotato di bocca tarata per il controllo della portata.

Il RR n.7/2017 prevede per l'area in esame una portata specifica limite allo scarico pari a 20 l/(s ha): cautelativamente, verrà utilizzato il valore 10/(s ha).

7.4.1 Dimensionamento bacini di laminazione

Per la determinazione del volume minimo da invasare si è fatto riferimento al metodo delle sole piogge.

Il volume da invasare V_i, ad un certo tempo θ, è dato quindi dalla differenza tra volume entrante V_e e volume uscente V_u:

$$V_i = V_e - V_u$$

Il volume entrante V_e è determinato dall'afflusso meteorico h (altezza di precipitazione) su di una superficie S, caratterizzata da un coefficiente di deflusso φ, in un certo tempo di pioggia θ:

$$V_e = \varphi \cdot S \cdot h(\theta) = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n$$

mentre il volume uscente V_u al tempo θ , viene calcolato come:

$$V_u = Q_u \cdot \theta$$

ipotizzando la portata uscente Q_u costante nel tempo e pari al limite di scarico pari a 5 l/(s ha).

Il volume da invasare V_i nel caso di un evento meteorico di durata θ sarà pertanto pari a:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n - K \cdot A \cdot \theta$$

V_i assumerà, quindi, il suo valore massimo per un evento di precipitazione di durata θ_p pari a:

$$\theta_p = \left(\frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

da cui:

$$V_i = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \left(\frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left(\frac{Q_u}{\varphi \cdot S \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Si riporta di seguito il dimensionamento del bacino di laminazione.

BACINO LAMINAZIONE LINEA AV			
Area impermeabile	A_{imp}	19682	mq
Coeff. di deflusso	φ_{imp}	1.0	-
Area permeabile	A_{perm}	0	mq
Coeff. di deflusso	φ_{perm}	0.4	-
Area totale	A_{tot}	19682	mq
Coeff. di deflusso medio	φ_{medio}	1.0	-
Parametri curva LSPP	a	59.370	mm/h ⁿ
	n	0.216	-
Portata limite	q_{lim}	10.00	l/(s ha)
Portata uscente	Q_u	19.68	l/s
Tempo di pioggia	θ_p	5.06	h
Portata entrante	Q_e	328.04	mc/h
Volume minimo da invasare	$V_{i\ min}$	1300	mc
Superficie di fondo	S_{bacino}	1313	mq
Tirante	h	0.904	m
Diametro teorico bocca tarata	d	32.63	mm