

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**DIREZIONE TECNICA – CENTRO DI PRODUZIONE MILANO
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO – ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

**OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI
NRZ2 – Rampa di ingresso al Comparto Produttivo da SP 172
Relazione idraulica**

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

MDL1 12 D 26 RI NVZ200 001 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Ingletti	Gen. 2011	<i>u</i>		<i>S. Borelli</i> <i>SB</i>			

File: MDL112D26RINVZ200001A n. Elab. :

INDICE

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	3
3.2	DOCUMENTI CORRELATI	3
4	IDROLOGIA E GEOLOGIA.....	4
5	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	4
6	CRITERI DI VERIFICA IDRAULICA.....	5
6.1	METODO DELL'INVASO	5
6.2	LE FORMULE DI CHEZY	6
6.3	VERIFICA IDRAULICA DEI COLLETTORI	7
7	DIMENSIONAMENTO DELLA TRINCEA DRENANTE	9

1 Premessa

Il Progetto Definitivo di Potenziamento della Linea Rho-Arona – tratta Gallarate-Rho, riguarda il quadruplicamento dell'attuale linea a tre binari attraverso l'ampliamento della sede ferroviaria attuale.

In tale ambito rientrano anche diversi interventi esterni alla linea ferroviaria, tra cui la realizzazione della rampa di ingresso al comparto produttivo da SP 172.

2 Scopo del documento

Scopo del presente documento è quello di calcolare il sistema di smaltimento acque meteoriche della rampa di ingresso al comparto produttivo da SP 172.

3 Documenti di riferimento

3.1 Documenti referenziati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

Rif. [1] ITAFERR, documento n.° MDL100D11RGID0001001, intitolato “Relazione idrologica generale”;

3.2 Documenti correlati

I documenti correlati sono:

Rif. [1] ITAFERR, documento n.° MDL112D26P8NRZ200002, intitolato “Planimetria idraulica e particolari costruttivi”;

4 Idrologia e geologia

La relazione idrologica generale codifica MDL100D11RGID0001001 relativa alla progettazione di tutta la linea riporta, a conclusione dell'analisi pluviometrica del territorio attraversato, la seguente tabella dei coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno.

T (anni) =	5	10	20	25	50	100	200	500
$K_T =$	1.237	1.413	1.575	1.625	1.775	1.919	2.057	2.231
$a(T) =$	51.34	58.63	65.35	67.43	73.67	79.64	85.36	92.59
$n =$	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

Parametri validi per la tratta ferroviaria Rho – Gallarate.

Nel caso delle verifiche delle opere di smaltimento delle acque si prendono in considerazione i valori per tempo di ritorno di 25 anni.

5 Descrizione dell'intervento

Lungo i due rami dell'intervento si posizionano dei collettori in PVC Ø400 nei quali si raccoglie l'acqua di piattaforma attraverso dei pozzetti grigliati. Il recapito finale della rampa di accesso al centro ecologico è una trincea perdente a sud di essa, mentre il recapito finale della rampa di accesso al comparto produttivo da sp 172 è la fognatura stradale su via dei Rovedi, a cui la viabilità di progetto si raccorda.

6 Criteri di verifica idraulica

Relativamente alle verifiche idrauliche si ricorre ai seguenti metodi

6.1 Metodo dell'invaso

Per la determinazione delle portate si adotta il metodo del volume d'invaso, in base al quale, dati i parametri a e n della curva di probabilità pluviometrica, in funzione del grado di riempimento e dei volumi idrici invasati, si determina il coefficiente udometrico e di conseguenza il valore della portata affluente.

In base al metodo dell'invaso si stima il valore del coefficiente udometrico u , che rappresenta il rapporto tra la portata defluente alla sezione di chiusura del tratto e la superficie del bacino sotteso dalla sezione stessa; il coefficiente u ha la seguente espressione:

$$u = 2520 \frac{n(Ka)^{1/n}}{w^{(1/n-1)}} \quad [l/s/ha]$$

con:

K	coefficiente di deflusso
a	(m/h) parametro della curva p.p.
n	parametro adimensionale della curva p.p.
w	(m ³ /m ²) volume d'invaso specifico

Il volume d'invaso specifico è dato dal rapporto tra il volume d'invaso V_{tot} e la superficie del bacino S , dove S è dato dal prodotto della larghezza delle rampe per il loro sviluppo (si assume $t = 1,0m$), mentre il volume V_{tot} è pari alla somma tra il volume invasato nei collettori e il volume dei piccoli invasi, assunto pari a 30 m³/ha.

Il valore del coefficiente di deflusso, essendo un'opera impermeabile, viene assunto pari ad 1.

In funzione di un valore di primo tentativo della sezione bagnata della cunetta si calcolano il volume specifico e il coefficiente udometrico; dato tale valore di primo tentativo si stima il valore di primo tentativo della portata affluente Q per un intero tratto:

$$Q = u \times L_{tot} / 1000 \quad [l/s/m]$$

Sulla base di tale valore di portata si determina il corrispondente valore della sezione bagnata utilizzando la formula di Chezy-Bazin in condizioni di moto uniforme, in funzione della pendenza longitudinale del tronco i , e della forma della sezione idrica A ; l'espressione è la seguente:

$$Q = A \cdot V = A \cdot K \sqrt{R \cdot i}$$

esprimendo il coefficiente di scabrezza K secondo la formula di Gauckler-Strickler:

$$K = cR^{1/6} \quad \text{coefficiente di scabrezza}$$

si ha:

$$Q = cAR^{2/3} i^{1/2}$$

Attraverso successive iterazioni si perviene al valore finale della portata, del tirante e del grado di riempimento per i vari tratti di collettore esaminati.

Il volume d'invaso specifico è dato dal rapporto tra il volume d'invaso V_{tot} e la superficie del bacino S , dove il volume V_{tot} è dato dalla somma dei volumi dei collettori nella tratta fino alla sezione di chiusura considerata

Poiché il metodo dell'invaso è un metodo globale la portata di un collettore si determina, procedendo dall'alto verso il basso, in funzione dell'area complessiva sottesa che è data dalla somma delle superfici dei sottobacini sottesi dalla sezione di chiusura.

Il volume specifico w si esprime come la sommatoria dei volumi di invaso delle singole porzioni di bacino divisi per la superficie totale del bacino drenato:

$$w = V_{tot} / S \quad (\text{m})$$

Si calcolano quindi il volume specifico e il coefficiente udometrico per un valore di riempimento del collettore.

6.2 Le formule di Chezy

Per le sezioni defluenti è stata calcolata la scala di deflusso con l'espressione di Chezy:

$$V = K\sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

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

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

Si è ottenuto:

$$Q = k_s S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove:

Q, portata [m^3/s];

R, raggio idraulico [m];

S, sezione idraulica [m^2];

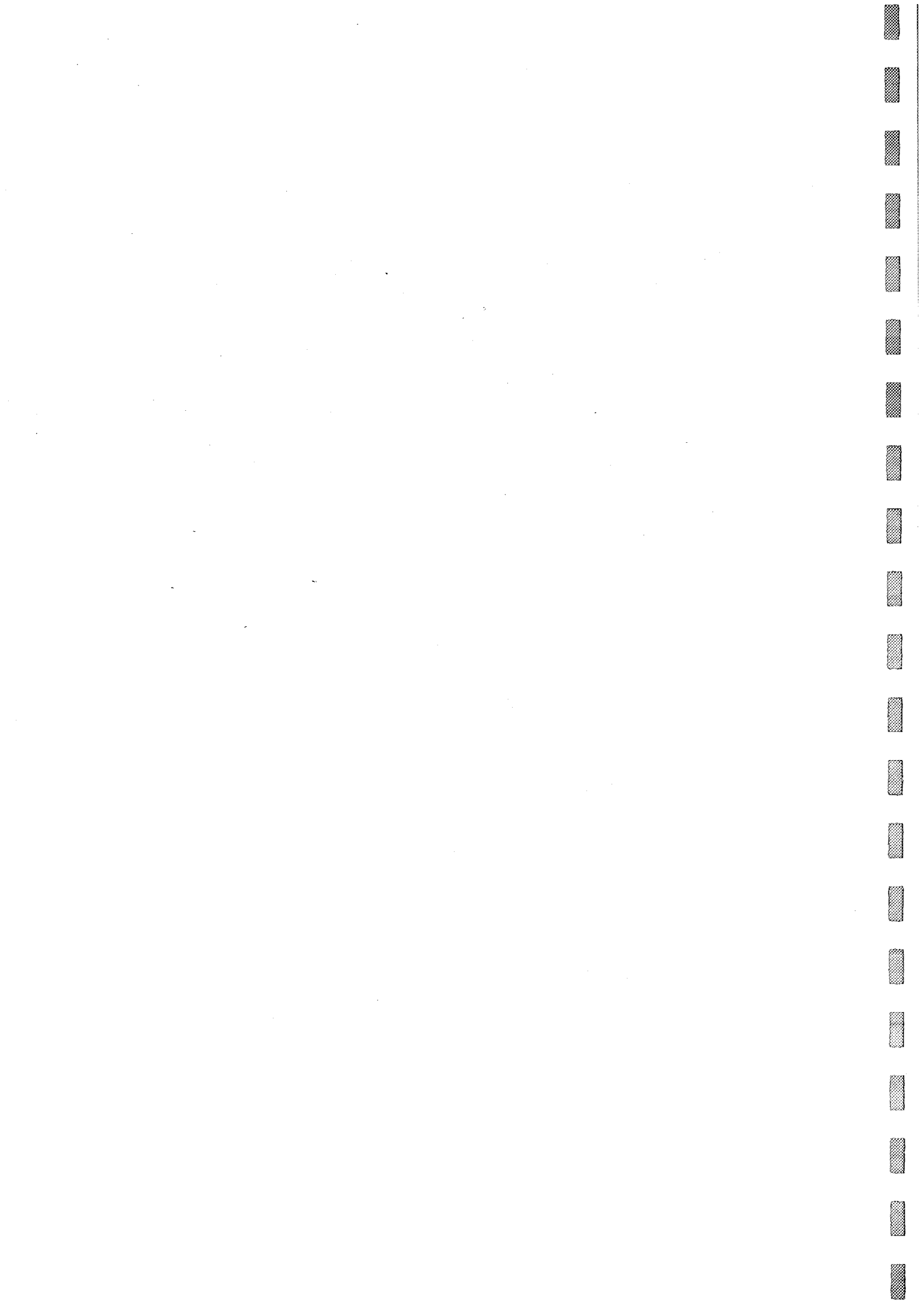
i, pendenza [m/m];

ks, coefficiente di scabrezza in [$m^{1/3}s^{-1}$], pari a 85 per le tubazioni in PVC

6.3 Verifica idraulica dei collettori

Di seguito si esegue la verifica idraulica di ciascun collettore secondo le modalità viste nel paragrafo precedente.

Per la numerazione dei collettori si faccia riferimento alla planimetria di smaltimento acque MDL112D26P8NRZ200002.





ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
TRATTA RHO-GALLARATE**

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO - PARABIAGO E
RACCORDO Y**

RAMPA DI INGRESSO AL COMPARTO PRODUTTIVO DA
SP172

PROGETTO MDL1 LOTTO 12 CODIFICA D 26 RI DOCUMENTO NRZ200 001 REV. A FOGLIO 8 di 14

Verifica della rete di collettori di drenaggio

tratto	# tratti confluenti	Volume invasato a monte s	Area m2	Area x fi m2	Lunghezza tratto m	Volume piccoli invasi m3	Volume proprio invasato m3	Volume volano m3	Volume totale invasato m3	Invaso specifico w m	coeff.udometrico	Q m3/s
1	0	0	361.02	361.02	65.64	1.083	4.5948	0	5.678	0.016	5446.803	0.20
2	0	0.000	90.585	90.585	16.47	0.272	0.8235	0	1.095	0.012	13836.08	0.13
3	0	0.000	398.805	398.805	72.51	1.196	5.8008	0	6.997	0.018	3695.667	0.15
IN	1-2-3	13.770	850.41	850.41	10.00	2.551	0.7	0	17.022	0.020	2316.702	0.20
4	0	0.000	836.385	836.385	152.07	2.509	13.6863	0	16.195	0.019	2605.364	0.22

Tratto	diam. (m)	h (m)	A (m ²)	Perimetro (m)	teta	s	c	R. Idr. (m)	i m/m	n	V m/s	Q m3/s
1	0.40	0.23	0.07	1.08	2.84	0.57	0.40	0.07	0.02	0.009	2.641	0.20
2	0.40	0.18	0.05	0.99	3.34	0.67	0.40	0.06	0.02	0.009	2.287	0.13
3	0.40	0.23	0.07	1.08	2.84	0.57	0.40	0.07	0.02	0.009	2.641	0.20
IN	0.40	0.23	0.07	1.08	2.84	0.57	0.40	0.07	0.02	0.009	2.641	0.20
4	0.40	0.26	0.09	1.13	2.53	0.51	0.38	0.08	0.02	0.009	2.827	0.24



7 DIMENSIONAMENTO DELLA TRINCEA DRENANTE

Per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalla viabilità si è prevista l'adozione di un fosso disperdente.

Il dimensionamento del fosso disperdente è stato condotto risolvendo, per incrementi finiti di tempo, l'equazione differenziale di continuità di un serbatoio, applicata alla situazione in esame. La procedura prevede, per diverse durate dell'evento piovoso, la scrittura dell'**equazione di continuità** con riferimento al volume di controllo costituito dal fosso:

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

In tale equazione con $W(t)$ si è indicato il volume invasato nel fosso al tempo t , e con $Q_e(t)$ e $Q_u(t)$ le portate, in ingresso ed in uscita al tempo t , dal fosso medesimo.

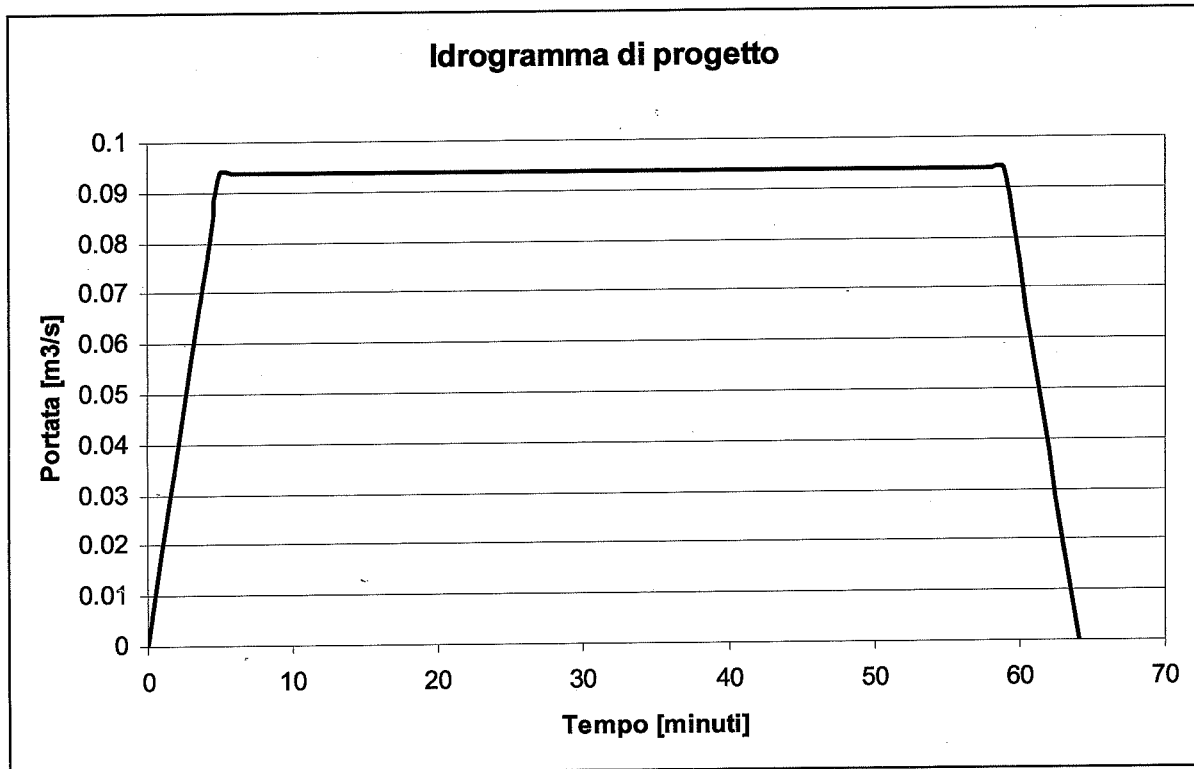
La portata in ingresso, variabile temporalmente, è costituita dall'idrogramma generato dalle acque meteoriche cadute sulle superficie da drenare. L'**idrogramma di afflusso** adottato presenta una forma trapezoidale, ovvero la portata cresce dal valore zero al valore massimo nei primi 5 minuti di pioggia, si mantiene al valore massimo per tutta la durata dell'evento, e torna al valore zero nei 5 minuti successivi alla fine dell'evento meteorico. Il valore di picco dell'idrogramma è stato ottenuto, per ciascuna durata di pioggia considerata, con la seguente espressione:

$$Q_{e_max} = \varphi \cdot A \cdot a \cdot d^{n-1} \quad [m^3/s]$$

nella quale:

- φ coefficiente di deflusso, assunto pari a 1.0 per le superfici impermeabili
- A superficie drenata [m^2];
- d [h] durata dell'evento piovoso;
- a [mm/h^n], n [-] parametri della curva di possibilità pluviometrica per $Tr = 25$ anni;

Nella figura seguente si riporta a titolo esemplificativo un possibile idrogramma di progetto costruito secondo le ipotesi adottate, per la durata di pioggia di 60 minuti.



La portata in uscita, che si infila nel terreno attraverso il fondo e le superfici laterali del fosso, è stata valutata moltiplicando la velocità di filtrazione per la superficie (fondo + laterale) bagnata dal liquido. La velocità di filtrazione K a sua volta è stata valutata assumendo un valore unitario della cadente piezometrica ed un coefficiente di filtrazione pari a $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Per fossi di sezione trasversale trapezia con inclinazione delle sponde a 45 gradi, indicando con:

b	[m]	base minore
L	[m]	lunghezza del fosso
h	[m]	tirante d'acqua nel fosso
$(b+h) \cdot h \cdot L$	[m ³]	volume invasato
$(b+2h\sqrt{2}) \cdot L$	[m ²]	superficie filtrante
K	[m/s]	coefficiente di permeabilità del terreno

la legge dei deflussi risulta:

$$Q_u(t) = K \cdot (b + 2h\sqrt{2}) \cdot L$$

Pertanto, per ogni durata considerata dell'evento piovoso, è stato costruito l'idrogramma di afflusso al fosso $Q_e(t)$, discretizzando il tempo in intervalli di 1 minuto, e dalla soluzione dell'equazione di continuità alle differenze finite sono stati valutati, istante per istante, il valore del tirante all'interno del fosso e il volume in esso invasato.

Data la piccola pendenza delle superfici considerate, si è ritenuto opportuno considerare anche la capacità di invaso del bacino drenato, a tale scopo si è dunque assunta la presenza di un velo d'acqua uniforme pari a 3 mm distribuito sulle superfici considerate. In tal modo, nei calcoli si è

considerato nullo il volume in ingresso nel fosso fintanto che il volume cumulato ottenuto dall'idrogramma non fosse superiore alla capacità di invaso del bacino drenato.

Variando quindi la durata dell'evento piovoso (si sono considerati eventi con durate di 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 minuti) è stato possibile determinare la durata critica alla quale corrisponde il massimo valore del tirante idrico e quindi il massimo volume di invaso necessario per il fosso in esame.

Nel caso in esame, si adotta un fosso disperdente riempito con materiale di grossa pezzatura; in tal caso le formulazioni espone si mantengono valide considerando utile per l'invaso solo il volume dei vuoti tra gli elementi del materiale ($n=0.30$).

Di seguito si riportano le verifiche del fosso disperdente considerato, indicando i valori massimi del tirante idrico e del volume invasato, nonché i grafici di tali grandezze al variare della durata di pioggia.

Dimensionamento trincea drenante

Lunghezza del tratto	m	750
Larghezza del tratto	m	1.00
Coeff. Afflusso bitumato (piattaforma ferroviaria)	-	1
Coeff. Afflusso scarpate	-	0.7
Superficie contribuente impermeabile	m ²	750
Superficie contribuente permeabile	m ²	0
Lunghezza fosso drenante	m	10
Base minore fosso drenante	m	1.00
Profondità fosso drenante	m	1.00
Percentuale dei vuoti materiale riempimento	-	0.30
Diametro tubo interno	m	0.60
Tirante di massimo riempimento fosso drenante	m	0.82
Inclinazione sponde sull'orizzontale	°	60.00
Base maggiore fosso al pelo libero	m	1.94
Base maggiore fosso in sommità	m	2.15

Parametri idrologici e permeabilità

Coefficiente di permeabilità	m/s	0.0010
Parametro a(Tr)	mm/h ⁿ	67.43
Parametro n(Tr)	-	0.22
Parametro n'(Tr)	-	0.22

Volume di invaso sulla superficie drenata e sulla rete di drenaggio

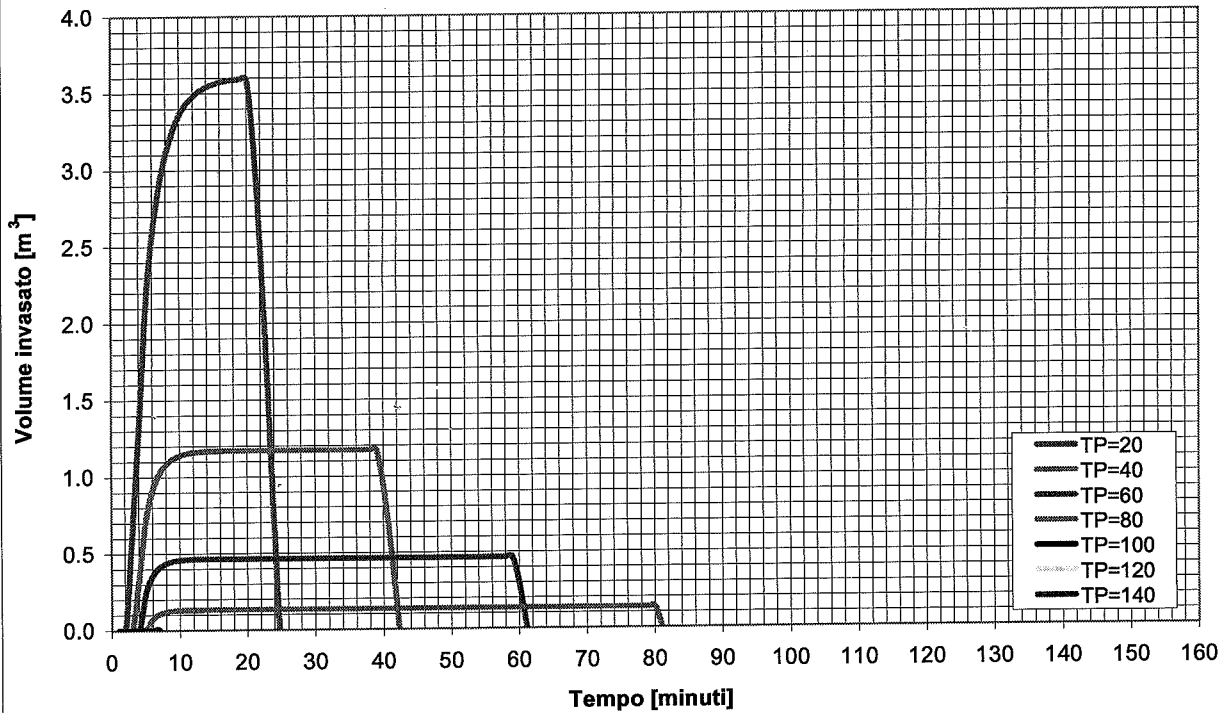
Si trascura la precipitazione che cade sulla rete di drenaggio, in quanto trascurabile. Si considera un velo d'acqua uniformemente ripartito di 3 mm sull'area da drenare.

Velo d'acqua uniformemente ripartito sulla superficie	mm	3
Volume invasato sulla superficie impermeabile	m ³	2.3
Volume invasato sulla superficie permeabile	m ³	0.0
Altezza d'acqua media nella rete di drenaggio	m	0.15
Lunghezza della rete di drenaggio	m	0
Volume invasato nella rete di drenaggio	m ³	0.0
Volume totale di invaso (superficie + rete)	m ³	2.3

Verifica volume di invaso necessario nel fosso

Volume di invaso massimo necessario nel fosso	m ³	3.6
Volume di massima capacità del fosso	m ³	6.7
Percentuale massima di riempimento del fosso (area idrica)	-	54%

Volume invasato nel fosso al variare della durata di pioggia



Tirante nel fosso al variare della durata di pioggia

