

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  
QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

IDRAULICA SEDE FERROVIARIA E STRADALE

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede zona raccordo Y

SCALA:

-

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

MDL1 12 D 26 RI ID0000 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
X	Emissione Esecutiva	G. Cantone	Nov. 2010			S. Borelli			

File: MDL112D26RIID0000002A.doc

n. Elab.: X



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA  
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**  
**QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	2 di 13

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO. ....	4
3	IDROLOGIA.....	5
4	DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI RACCOLTA E DI COLLETTAMENTO .....	7
5	FOSSO DI GUARDIA .....	9
6	MATERIALI IMPIEGATI.....	13



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA  
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO  
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	3 di 13

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione si descrivono le metodologie seguite nonché i risultati conseguiti, per il dimensionamento dei manufatti di raccolta ed allontanamento delle acque zenitali pertinenti alla piattaforma della linea ferroviaria Rho-Arona (Tratta Rho-Gallarate), relativamente al tratto a Y.

Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche pertinenti alla piattaforma ferroviaria prevede la raccolta a mezzo di canalette rettangolari. Le acque raccolte dal sistema di drenaggio sono previste essere recapitate nel fosso disperdente localizzato tra i picchetti 168bis e 169bis. Il periodo di ritorno assunto per il dimensionamento dei manufatti in oggetto è pari a cento anni e la legge di possibilità pluviometrica considerata fa riferimento all'espressione monomia ricavata dal PAI con riferimento alla zona di Gallarate. Il metodo adottato per il dimensionamento dei sistemi di raccolta e collettamento si basa sulla formula razionale, assumendo valide le condizioni di moto uniforme. Per la verifica del fosso disperdente si è considerato un approccio variazionale basato metodo della corrivazione.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA  
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**  
**QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	4 di 13

## 2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.

Il drenaggio della sede ferroviaria è effettuato con una canaletta rettangolare di dimensione  $B \times H = 0.5 \times 0.8$  m. Sono individuabili due tratti con pendenze di segno opposto che terminano in un punto di minima quota (P.C.M.). Il primo, di lunghezza di circa 160 m, parte dal picchetto 167; il secondo, leggermente più a monte del picchetto 170 bis ( $L=254$  m). In corrispondenza del punto a corda molla, localizzato tra i picchetti 168bis-169bis, è prevista la realizzazione di un fosso di guardia non rivestito con lo scopo di disperdere le acque in essi pervenenti nel sottosuolo. Al di sotto del fosso drenante si prevede la realizzazione di una trincea drenante. L'immissione puntuale nei fossi drenanti è prevista avvenire a valle di un collettore forato adagiato sul fondo del fosso, con la funzione di favorire la distribuzione della portata nella direzione longitudinale.

### 3 IDROLOGIA

La curva di possibilità pluviometrica adottata per il dimensionamento dei manufatti destinati alla raccolta e all'allontanamento delle acque di piattaforma fa riferimento ad un periodo di ritorno pari 100 anni. L'analisi idrologica è stata condotta sulla base dei risultati di alcuni studi, mirati all'elaborazione statistica dei dati idrologici disponibili, condotti con diversi approcci metodologici. Con riferimento all'intero territorio padano gli studi considerati sono stati il "Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale", svolto dal CNR-GNDICI (Brath e Rosso 1994) ed il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po", redatto all'Autorità di Bacino del fiume Po (2001, 2003). Per quanto riguarda l'area comunale milanese, di particolare interesse sono risultati gli studi: "Il regime delle piogge intense a Milano" di Moisello (1976) e "Modello regionale per la stima delle piogge di breve durata ed elevato tempo di ritorno" (Maione et al. 2000), in quanto basati su registrazione pluviometriche relative anche a precipitazioni di breve durata.

Il confronto tra le altezze di pioggia ricavabili da ciascuno degli studi citati ha mostrato che i risultati presentano scostamenti sempre contenuti entro un campo di variazione modesto, nonostante gli studi siano stati condotti su basi statistiche differenti, con dati di diversa provenienza, ed elaborati con metodologie differenti. Anche dal confronto tra elaborazioni condotte su dati relativi a precipitazioni di diversa durata (superiori ed inferiori a 1 ora) non sono stati ottenuti scostamenti evidenti. La principale variazione del regime pluviometrico è risultata essere conseguente alla naturale variazione spaziale dei fenomeni meteorici che risultano essere più intensi nella zona a Nord rispetto a quella a Sud.

Tali osservazioni hanno consigliato di utilizzare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica monomie ricavate dalla mappatura del PAI (del tipo  $h=at^n$ ) per la zona di Gallarate, e di considerarle valide per l'intera tratta ferroviaria.

I coefficienti che definiscono le LPP sono riportati nella Tabella 1, con riferimento a diversi periodi di ritorno, mentre nella Figura 1 se ne fornisce una rappresentazione grafica, con riferimento ai periodi di ritorno di interesse della presente relazione.

<i>T (anni)</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>200</i>
a (mm/h <sup>n</sup> )	51.34	58.63	65.35	67.43	73.67	79.64	85.36
n (-)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

**Tabella 1 - Parametri della legge di possibilità pluviometrica -**

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	6 di 13

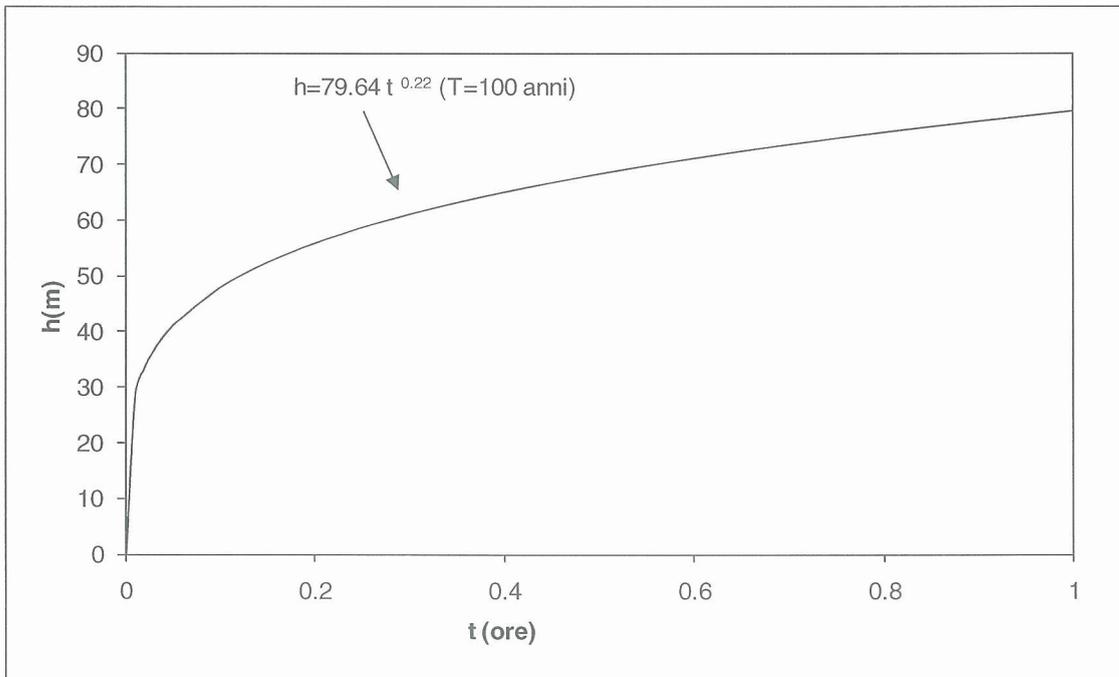


Figura 1 - Curve di possibilità pluviometrica -

#### 4 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI RACCOLTA E DI COLLETTAMENTO

Per il dimensionamento dei manufatti deputati alla raccolta ed al convogliamento delle acque zenitali pertinenti alla piattaforma ferroviaria si è fatto riferimento al metodo della corrivazione. Come è ben noto, secondo tale metodo il massimo valore di portata  $Q_T$  che, per un assegnato valore del periodo di ritorno  $T$ , perviene alla sezione di chiusura di un bacino è espresso da:

$$Q_T = j_T(t_c) \phi A \quad (1)$$

in cui si è indicato con  $\phi$  il coefficiente di afflusso, assunto pari a 0.9, con  $A$  la superficie colante,  $j_T(t_c)$  il valore dell'intensità di pioggia ( $j$ ) di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  e corrispondente al periodo di ritorno  $T$ . Il dimensionamento dei manufatti di raccolta e collettamento è stato condotto con riferimento ad un periodo di ritorno pari a  $T=100$  anni, e pertanto i parametri della legge di possibilità pluviometrica sono:

$$a=79.64 \text{ mm/h}^n \quad n=0.22 \quad (2)$$

Il tempo di corrivazione è stato assunto cautelativamente pari a 5 minuti.

Le verifiche idrauliche sono state condotte applicando la formula di Gauckler-Stricker:

$$Q = K_s \sigma R^{2/3} i^{1/2} \quad (3)$$

in cui si è indicato con

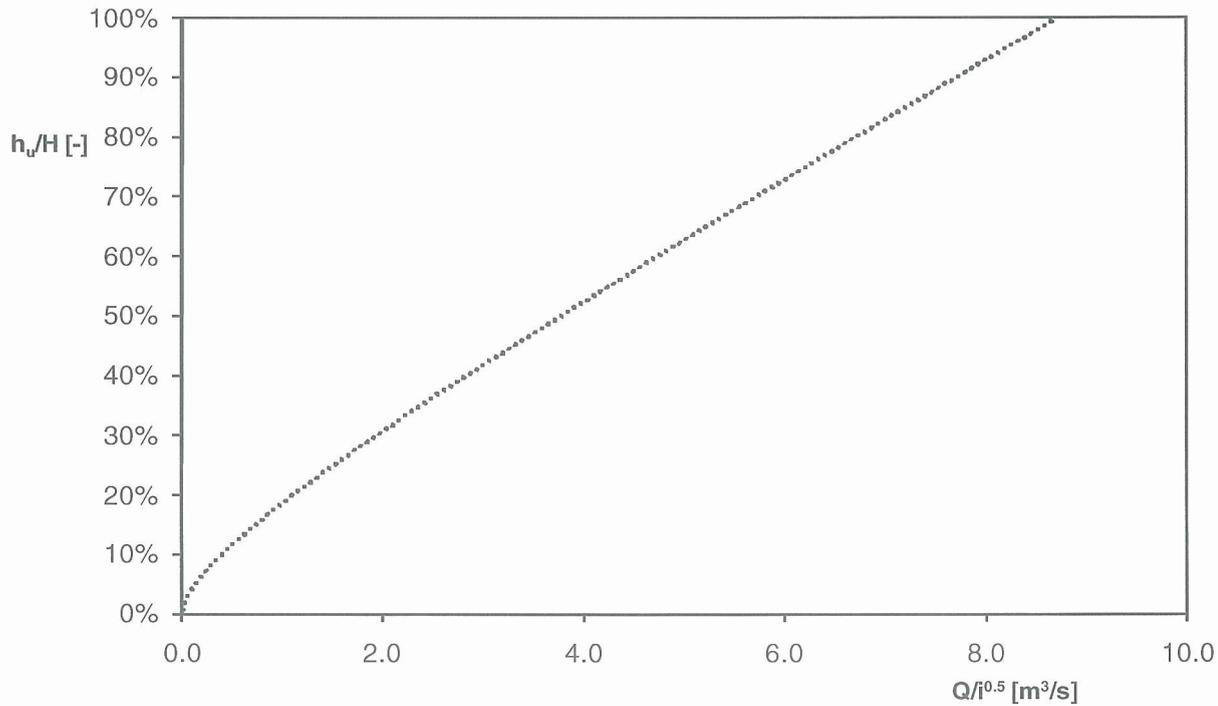
$Q$  la portata ( $m^3/s$ )

$i$  la pendenza della canaletta (m/m);

$\sigma$  la sezione idrica ( $m^2$ );

$R$  il raggio idraulico pari al rapporto tra sezione idrica e perimetro bagnato (m),

Nella figura che segue si riportano le scale di deflusso specifiche relative al manufatto considerato (canalette rettangolari  $B \times H = 0.5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$ ).



**Figura 2 - Scale di deflusso specifiche delle canalette -**

Nella tabella che segue si riportano i risultati delle elaborazioni:

Picchetti		Piattaforma		Canaletta				
Monte	Valle	L(m)	B(m)	i	B(m)	H(m)	h/H	Q (l/s)
167	168	100	7.3	0.018	0.5	0.8	0.15	100.8
168	168bis	43	8.2	0.017	0.5	0.8	0.21	149.3
168bis	P.C.M.	13	8.6	0.017	0.5	0.8	0.22	164.7
170bis	P.C.M.	254	8.3	0.0025	0.5	0.8	0.71	292.8

**Tabella 2 - Verifica idraulica dei manufatti di raccolta e collettamento -**

L'esame dei risultati mostra come il grado di riempimento sia sempre inferiore al 71%.

## 5 FOSSO DI GUARDIA

Il progetto prevede in corrispondenza del punto di minima quota la presenza di un fosso di guardia disperdente, di sezione trapezia con base minore pari a 2 m, altezza 1.0 m ed inclinazione delle sponde pari a 45°, lunghezza 23.5 m.

Il proporzionamento di tale manufatto è stato condotto applicando un metodo variazionale. Il modello prevede, per una fissata durata dell'evento piovoso, la scrittura dell'equazione di continuità con riferimento al volume di controllo costituito dal fosso:

$$\frac{dW}{dt} = q_{imp}(t) - q_{out}(t) \quad (4)$$

Dove con W si è indicato il volume invasato nel fosso, e con  $q_{imp}(t)$  e  $q_{out}(t)$  le portate, in ingresso ed in uscita dal fosso medesimo.

L'idrogramma della portata in ingresso è stato generato applicando il metodo della corrivazione, assumendo a vantaggio di sicurezza un valore del tempo di corrivazione pari a 5 minuti, con coefficiente di afflusso pari a 0.9. Il periodo di ritorno è stato fissato pari a 100 anni.

Per la valutazione della portata in uscita si è ipotizzato che la filtrazione avvenga attraverso le pareti laterali ed il fondo del fosso medesimo. La portata in uscita è stata pertanto valutata moltiplicando la velocità di filtrazione per la superficie (fondo + laterale) bagnata dal liquido. La velocità di filtrazione, a sua volta, è stata calcolata, in accordo con "Sistemi di Fognatura: manuale di progettazione" (Hoepli, 2001), assumendo un valore unitario della cadente piezometrica. Il coefficiente di filtrazione è stato assunto pari a 1.5 mm/s. In virtù della geometria del fosso (sezione trasversale trapezia, di base minore  $b_f$ , con inclinazione delle sponde a 45 gradi) indicando con L la lunghezza del fosso e con  $h'$  l'altezza d'acqua nel fosso (misurata rispetto al fondo del fosso) risulta:

- volume invasato =  $(b_f + h') \cdot h' \cdot L$
- superficie filtrante =  $(b_f + 2 \cdot h' \cdot \sqrt{2}) \cdot L$

E' stato inoltre previsto un cassonetto drenante sottoposto al fosso di larghezza  $b_t$  uguale alla base minore del trapezio, altezza pari a  $h_t$ , e lunghezza pari all'intera lunghezza del fosso. Il contributo del cassonetto drenante (alto 1.5 m) è stato portato in conto, sia conteggiando il volume invasato all'interno di esso, sia incrementando congruamente la superficie filtrante al variare del livello di riempimento. Si fa notare che pertanto si è definito il tirante idrico ( $h$ ) a partire dal fondo del cassonetto.

Pertanto, fissata la durata dell'evento piovoso, è stato determinato l'idrogramma di ingresso al fosso  $q_{imp}(t)$  e dalla soluzione dell'equazione (4), alle differenze finite, è stato valutato il massimo valore del tirante all'interno del fosso.

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
 zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	10 di 13

Variando quindi la durata dell'evento piovoso è stato possibile determinare la durata critica alla quale corrisponde il massimo valore del tirante idrico (metodo variazionale). La necessità di un metodo variazionale è dettata dal fatto che, come ben noto, l'evento critico per i manufatti in oggetto ha una durata diversa da quella relativa all'evento critico assunto per il dimensionamento dei manufatti di raccolta e collettamento ( $t_c$ ). Nella tabella che segue si riportano i risultati delle elaborazioni condotte mentre le successive figure rappresentano graficamente sia i massimi valori di portata (entrante ed uscente) e il livello idrico nel fosso, al variare della durata dell'evento piovoso, sia l'evoluzione temporale, con il solo riferimento all'evento critico, ancora della portata (entrante ed uscente) e del livello nel fosso.

Superficie ridotta gravante (m <sup>2</sup> )	Lunghezza (m)	Base (m)	Trincea			Evento critico			
			H (m)	L (m)	B (m)	$t_p/t_c$	$q_{i,max}$ (m <sup>3</sup> /s)	$q_{u,max}$ (m <sup>3</sup> /s)	$h_{max}$ (m)
3308.	23.5	2.0	1.0	23.50	0.5	1.02	0.50	0.20	1.72

**Tabella 3 - Verifiche idrauliche del fosso disperdente -**

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
 zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	11 di 13

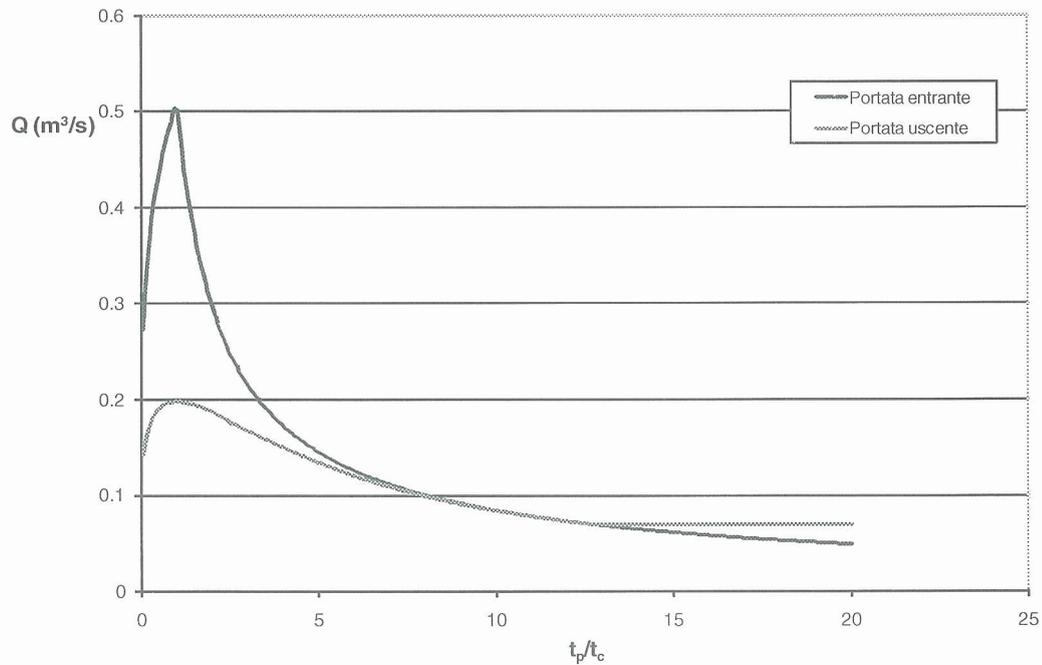


Figura 3 - Curva dei massimi di portata al variare della durata dell'evento -

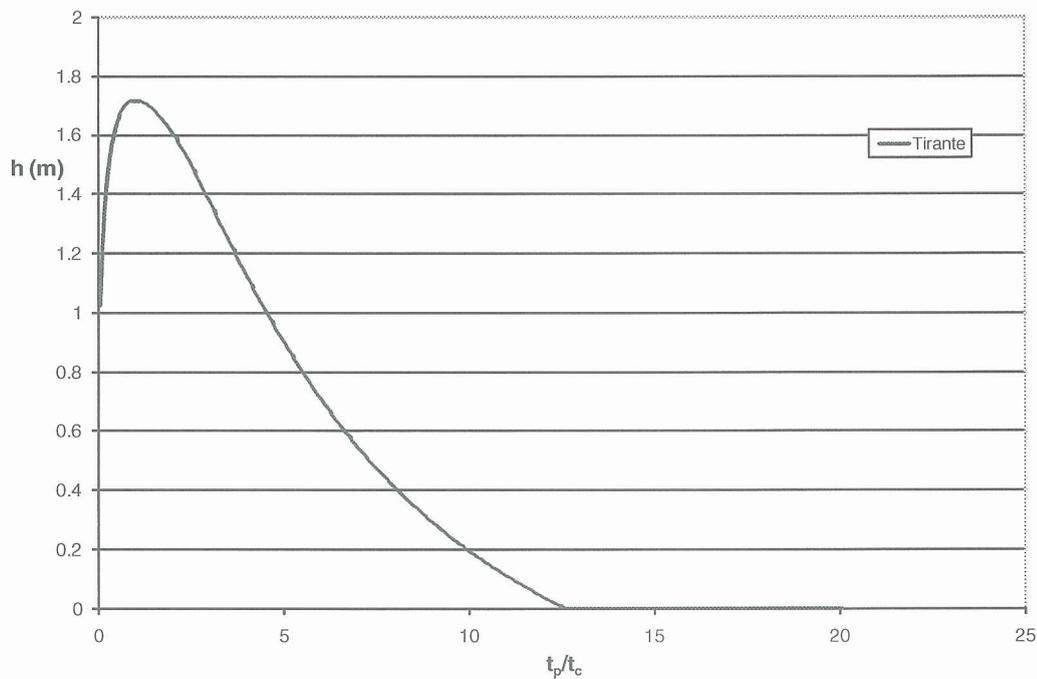
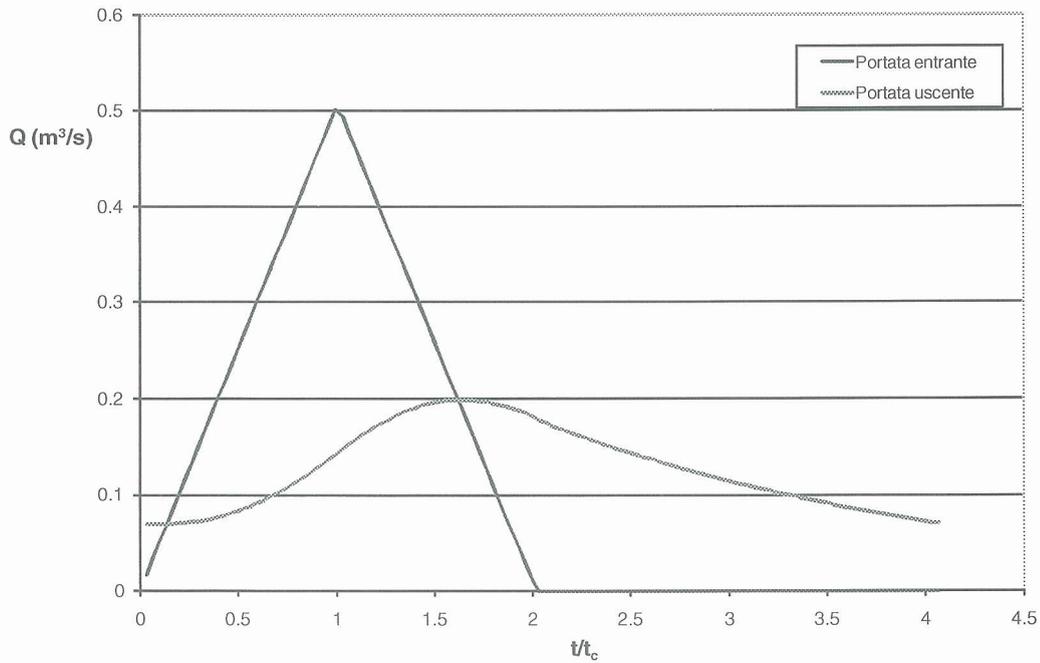


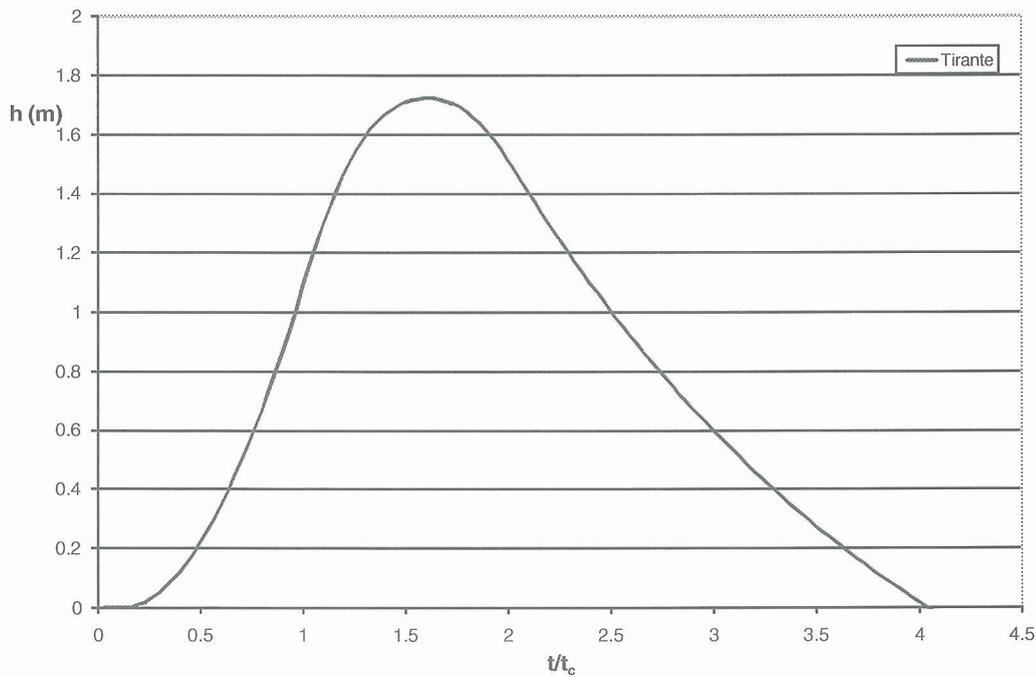
Figura 4 - Curva dei massimi di tirante al variare della durata dell'evento -

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
 zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	12 di 13



**Figura 5 - Andamento temporale della portata durante l'evento critico -**



**Figura 6 - Andamento temporale del tirante durante l'evento critico -**



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA  
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO  
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

Relazione di dimensionamento idraulico opere di sede  
zona raccordo Y

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 RI	ID 00 00 002	A	13 di 13

## 6 MATERIALI IMPIEGATI

Le canalette sono previste realizzate con impasto di conglomerato cementizio armato semiasciutto sottoposto, per l'ottenimento di una resistenza non inferiore ad  $R_{bK} 350 \text{ kg / cm}^2$ , a ciclo lavorativo di vibrazione e compressione. L'armatura è costituita da gabbia rigida in acciaio singola elettrosaldata a barre longitudinali.

Le tubazioni sono previste in PVC rigido con giunto a bicchiere con anello elastomerico per condotte interrate non in pressione conformi alle norme UNI EN 1401 con classe di rigidità SN8 ( $8 \text{ kN/m}^2$ ).

I pozzetti, con finalità sia di ispezione che di confluenza saranno prefabbricati e realizzati in cemento Tipo 42.5 R e inerti lavati e vagliati per ottenere un cls di classe maggiore di 35 Mpa. La posa avverrà su platea realizzata in calcestruzzo di spessore 0.10 m e le sigillature saranno realizzate con malta cementizia.