



Cofinanziato dall'Unione europea  
Meccanismo per collegare l'Europa



Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture e Mobilità



FERROVIENORD



Società Esercizi  
Aeroportuali S.p.A.

CODICE  
COMMESSA

M 2 0

LIVELLO  
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.  
207/10

f

PROGRESSIVO  
ELABORATO

0 1 6

CATEGORIA  
OPERA

IT

NUMERO  
OPERA

- -

REVISIONE

R 0

SCALA

---

MXP-AT RAILINK - COLLEGAMENTO FERROVIARIO  
MALPENSA TERMINAL 2 - LINEA RFI SEMPIONE  
*Progetto Definitivo*

CALCOLI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI  
SMALTIMENTO ACQUE

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3				
	2				
	1				
	0	01/2018	PRIMA EMISSIONE		

FERROVIENORD

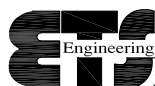
NORD\_ING

Progettista



NORD\_ING

Collaborazione



Engineering and Technical Services  
S.p.A.

Via A. Mazzi, 32 - Villa d'Almè (BG) - tel. 035/6313111 - fax. 035/545066  
e-mail: info@etseng.it - url: www.etseng.it

Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:2000 - Cert. n. SQ00461 CSICERT

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.

## SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE.....	2
2.	SISTEMA SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA.....	3
3.	SISTEMA SMALTIMENTO ACQUE MANUFATTI E PIAZZALI.....	8

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione riguarda la descrizione delle opere civili relative al **sistema di smaltimento acque di piattaforma** da realizzarsi per il collegamento ferroviario tra il Terminal 2 dell'Aeroporto intercontinentale di Malpensa, capolinea della linea ferroviaria Milano - Malpensa in concessione a FERROVIENORD, e il tracciato ferroviario esistente Milano-Domodossola di RFI.

Il tracciato si sviluppa in parte in sotterraneo (galleria artificiale e galleria naturale) e in parte a cielo aperto (trincea).

Le quote del piano campagna sono comprese tra quota 231 e quota 265 m.s.m. circa, i terreni attraversati sono di origine fluvioglaciale e sono costituiti essenzialmente da ghiaie sabbiose localmente limose, che costituiscono l'acquifero indifferenziato dell'alta pianura.

La soggiacenza della falda è compresa tra -20 e -50 m dal piano campagna.

Il collegamento ferroviario fa parte di un sistema infrastrutturale molto più ampio il cui sviluppo risulta essere strategico per il miglioramento dell'intera rete delle infrastrutture che garantiscono l'accessibilità all'Aeroporto di Malpensa, sia per il traffico passeggeri che per le spedizioni aeree di merci.

## **2. SISTEMA SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA**

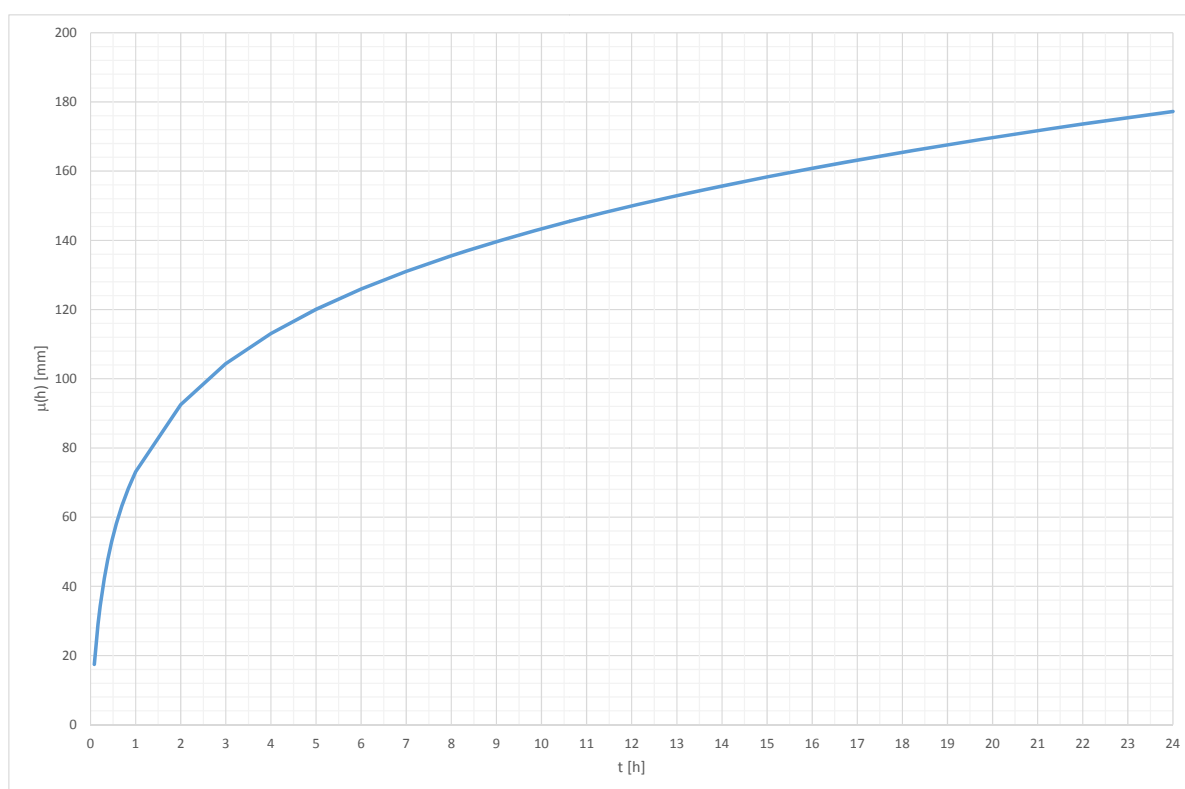
La rete di smaltimento delle acque di piattaforma è costituita da elementi differenti a seconda che la piattaforma ferroviaria si trovi in rilevato, in trincea o in galleria.

Per i tratti in rilevato le acque vengono raccolte alle canalette posizionate ai lati della piattaforma grazie alla pendenza trasversale del conglomerato bituminoso di piattaforma.

Le canalette convogliano a loro volta l'acqua ai primi embrici disponibili, posti sulla scarpata con interasse minimo di 15 m che scaricano a loro volta le acque in fossi trapezi in C.A. che convogliano le acque raccolte ai ricettori idraulici individuati nella zona in esame.

Per i tratti in trincea e quelli in galleria, le acque di piattaforma sono raccolte da una o due canalette in C.A. con dimensioni 50x45 cm e pendenza pari a quella del piano ferro, e quindi convogliate a una serie di trincee disperdenti posizionate lungo la tratta.

Per la definizione del numero di trincee disperdenti necessarie è stata usata la curva di possibilità pluviometrica riportata in Figura 2.1, relativa a tempo di ritorno di 100 anni e definita sulla base dell'analisi statistica dei dati pluviometrici registrati dalle stazioni di Busto Arsizio, Gallarate e Venegono Inferiore.



*Figura 2.1 – Curva di possibilità pluviometrica per l'area in esame – TR=100 anni.*

Le portate di progetto utilizzate per le verifiche idrauliche sono state definite mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi (metodo razionale), che definisce per una pioggia di durata pari al tempo massimo di corrivazione la seguente portata di progetto:

$$Q(t,T) = \varphi \times I(t,T) \times A / 360$$

Con:

$Q(t,T)$  Portata funzione del tempo di corrivazione  $t$  e del tempo di ritorno  $T$  (m<sup>3</sup>/s)

$\phi$  Coefficiente di afflusso assunto cautelativamente pari a 0.9 per le aree costituite dalla massicciata ferroviaria (ballast e subballast) e 0.7 per le aree con copertura vegetale

$I$  Intensità di pioggia (mm/h)

$A$  Area del bacino drenato (ha)

La portata di deflusso è massima per una precipitazione di durata critica  $t_c$  calcolata come segue:

$$t_c = \max\{t'_c; t_e\} + L/V$$

Con:

$t'_c$  Il massimo dei tempi di corrivazione dei tratti confluenti a monte nel tratto in esame (s)

$t_e$  tempi di ingresso, vale a dire il tempo massimo che impiegano le gocce d'acqua a raggiungere il canale di drenaggio a partire dal punto di caduta, assunto pari a 5 minuti.

$L$  lunghezza della tratta in esame (m)

$V$  velocità della corrente nel tratto in esame (m/s)

La procedura di calcolo, distinta per tratte omogenee, è di tipo iterativo e comprende i seguenti passi fondamentali:

1. Per ogni sezione di progetto è calcolata l'area sottesa ed il coefficiente di afflusso medio  $\phi$  calcolato come media pesata delle singole subaree in cui è stata suddivisa l'area sottesa
2. E' determinato per ogni area il tempo di corrivazione  $t_c$  ipotizzando una velocità di scorrimento di primo tentativo delle acque nei canali
3. Noto il tempo di corrivazione si calcola l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione e si valuta la portata di piena
4. A partire dalla portata si verificano le canalette di smaltimento delle acque di piattaforma e si calcola la velocità corrispondente. Se il valore di velocità ottenuto è diverso da quello ipotizzato al punto 2) si ripete la procedura iterativa utilizzando il nuovo valore

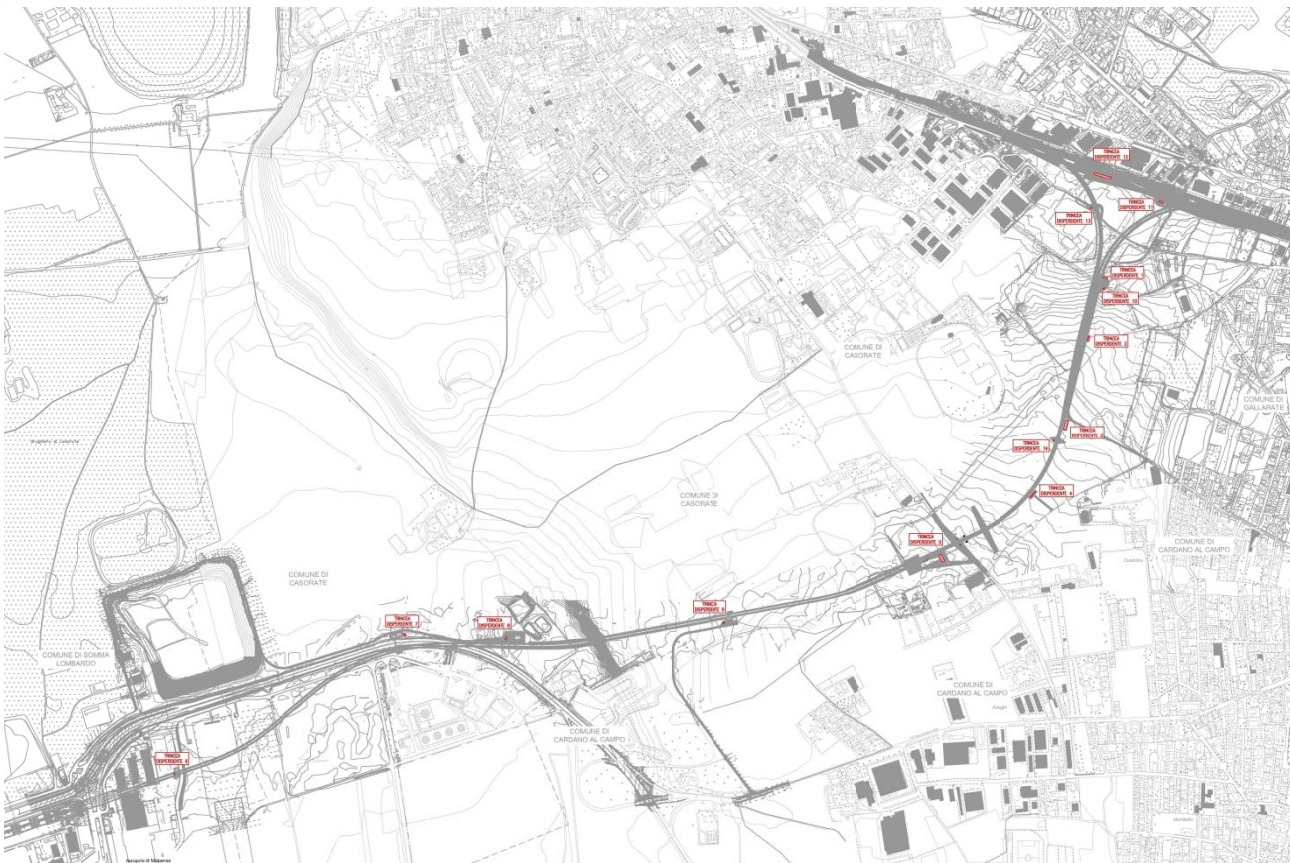
Le canalette sono state verificate utilizzando i seguenti criteri:

- Franco minimo di 10 cm
- Velocità minima di 0.4 m/s e massima di 2.5 m/s

Per il calcolo della portata convogliata dalle canalette in C.A. è stata utilizzata la formula di Manning assumendo coefficiente di scabrezza  $n = 0.015$ .

Le trincee disperdenti delle acque superficiali sono state posizionate in modo da garantire il rispetto del franco minimo delle canalette, e in funzione della posizione degli imbocchi dei tratti in galleria.

Viene riportato di seguito in Figura 2.12 il posizionamento delle trincee disperdenti lungo la tratta in oggetto.



*Figura 2.2 – Planimetria posizionamento trincee disperdenti*

Per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma l'intervento è stato suddiviso in otto tratte.

In Tabella 2.1, sotto riportata, sono definite le tratte considerate e l'ubicazione delle trincee disperdenti.

In Tabella 2.2 e Tabella 2.3 sono riportati rispettivamente i calcoli relativi alla portata di progetto di ciascuna tratta (o combinazione di tratte) e le verifiche idrauliche delle canalette.

In Tabella 2.4 sono riportati i calcoli delle portate massime entranti nelle trincee disperdenti.

Infine in Tabella 2.45 sono riportati i calcoli di dimensionamento delle trincee disperdenti.

In totale sono state collocate 5 trincee disperdenti per i tratti in trincea più una trincea disperdente per il tratto di galleria a partire dalla progressiva 54+765 verso la stazione di Malpensa.

TRATTA - ELEMENTI GEOMETRICI										
N.	Descrizione	Sezione iniziale	Sezione finale	Lunghezza (m)	Larghezza piattaforma (m)	Pendenza media (m/m)	Area drenata piattaforma (ha)	Coefficiente di afflusso	Area totale (ha)	Area ridotta drenata totale (ha)
1	Racc. Milano	56+633	56+477	156	12,2	0,0016	0,190	0,9	0,190	0,171
2	Racc. Milano	56+477	56+417	60	12,2	0,0016	0,073	0,9	0,073	0,066
TRINCEA DISPERDENTE 1 - Racc. Milano 55+922 - Tratta 1 e 2										
3	Racc. Milano	55+922	55+854	68	12,2	0,001	0,083	0,9	0,083	0,075
4	Racc. Milano	55+854	55+720	134	12,2	0,001	0,163	0,9	0,163	0,147
TRINCEA DISPERDENTE 2 - Racc. Milano 55+720 - Tratta 3 e 4										
5	Racc. Milano	55+720	55+486	234	12,2	0,0017	0,285	0,9	0,285	0,257
6	Racc. Domodossola	56+105	55+486	619	13,4	0,00189	0,828	0,9	0,828	0,745
TRINCEA DISPERDENTE 3 - Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6										
7	Racc. Milano	55+486	55+215	271	12,2	0,0017	0,331	0,9	0,331	0,298
TRINCEA DISPERDENTE 4 - Racc. Milano 55+215 - Tratta 7										
8	Racc. Milano	55+215	54+765	450	12,2	0,0017	0,549	0,9	0,549	0,494
TRINCEA DISPERDENTE 5 - Racc. Milano 54+765 - Tratta 8										
TRINCEA DISPERDENTE 6 - Racc. Milano 52+388 - Acque galleria										

Tabella 2.1 – Descrizione delle tratte omogenee per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma in trincea

TRATTA - ELEMENTI GEOMETRICI				CALCOLO PORTATA						
N.	Descrizione	Sezione iniziale	Sezione finale	Confluenza	t' conf (h)	Qconf (mc/s)	te (h)	tc (h)	i (mm/h)	Q (mc/s)
1	Racc. Milano	56+633	56+477				0,083	0,147	181,285	0,086
2	Racc. Milano	56+477	56+417	Tratta 1	0,147	0,086	0,083	0,170	173,414	0,118
TRINCEA DISPERDENTE 1 - Racc. Milano 55+922 - Tratta 1 e 2										
3	Racc. Milano	55+922	55+854				0,083	0,124	190,355	0,039
4	Racc. Milano	55+854	55+720	Tratta 3	0,124	0,039	0,083	0,186	168,065	0,108
TRINCEA DISPERDENTE 2 - Racc. Milano 55+720 - Tratta 3 e 4										
5	Racc. Milano	55+720	55+486				0,083	0,184	168,681	0,132
6	Racc. Domodossola	56+105	55+486				0,083	0,293	141,015	0,292
TRINCEA DISPERDENTE 3 - Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6										
7	Racc. Milano	55+486	55+215				0,083	0,196	165,053	0,150
TRINCEA DISPERDENTE 4 - Racc. Milano 55+215 - Tratta 7										
8	Racc. Milano	55+215	54+765				0,083	0,244	152,092	0,209
TRINCEA DISPERDENTE 5 - Racc. Milano 54+765 - Tratta 8										
TRINCEA DISPERDENTE 6 - Racc. Milano 52+388 - Acque galleria										

Tabella 2.2 – Calcolo tempi di corrvazione e portate di tratta per il dimensionamento delle canalette

TRATTA - ELEMENTI GEOMETRICI				VERIFICA IDRAULICA						
N.	Descrizione	Sezione iniziale	Sezione finale	Q (mc/s)	Tipo canalette	Velocità corrente (m/s)	h (m)	Franco (h)	Verifica franco	Verifica velocità
1	Racc. Milano	56+633	56+477	0,086	n. 1 - 50x45	0,68	0,25	0,20	Positiva	Positiva
2	Racc. Milano	56+477	56+417	0,118	n. 1 - 50x45	0,73	0,32	0,14	Positiva	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 1 - Racc. Milano 55+922 - Tratta 1 e 2										
3	Racc. Milano	55+922	55+854	0,039	n. 1 - 50x45	0,46	0,17	0,28	Positiva	Positiva
4	Racc. Milano	55+854	55+720	0,108	n. 1 - 50x45	0,60	0,35	0,10	Positiva	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 2 - Racc. Milano 55+720 - Tratta 3 e 4										
5	Racc. Milano	55+720	55+486	0,066	n. 2 - 50x45	0,64	0,20	0,25	Positiva	Positiva
6	Racc. Domodossola	56+105	55+486	0,146	n. 2 - 50x45	0,82	0,35	0,10	Positiva	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 3 - Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6										
7	Racc. Milano	55+486	55+215	0,075	n. 2 - 50x45	0,67	0,22	0,23	Positiva	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 4 - Racc. Milano 55+215 - Tratta 7										
8	Racc. Milano	55+215	54+765	0,209	n. 1 - 50x45	0,78	0,35	0,10	Positiva	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 5 - Racc. Milano 54+765 - Tratta 8										
TRINCEA DISPERDENTE 6 - Racc. Milano 52+388 - Acque galleria										

Tabella 2.3 – Verifica idraulica delle canalette di tratta

TRINCEA DISPERDENTE	CALCOLO PORTATE			
Trincea disperdente	tc (h)	h (mm)	Area (ha)	Qmax (mc/s)
TRINCEA DISPERDENTE 1 - Racc. Milano 55+922 - Tratta 1 e 2	0,170	29,45	0,264	0,127
TRINCEA DISPERDENTE 2 - Racc. Milano 55+720 - Tratta 3 e 4	0,186	31,34	0,246	0,115
TRINCEA DISPERDENTE 3 - Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6	0,184	31,12	0,314	0,147
	0,293	41,35	0,828	0,324
TRINCEA DISPERDENTE 4 - Racc. Milano 55+215 - Tratta 7	0,196	32,41	0,363	0,166
TRINCEA DISPERDENTE 5 - Racc. Milano 54+765 - Tratta 8	0,244	37,14	0,549	0,232
TRINCEA DISPERDENTE 6 - Racc. Milano 52+388 - Acque galleria				

Tabella 2.4 – Calcolo portate massime entranti nelle trincee disperdenti

Per il calcolo di dimensionamento delle trincee disperdenti è stato considerato una capacità di smaltimento del singolo modulo pari a 205 litri con un coefficiente di porosità pari al 96%.

Per il calcolo della quantità di acqua da smaltire per ogni trincea disperdente è stato considerato un evento meteorico della durata di 20 minuti.

TRINCEA DISPERDENTE	DIMENSIONAMENTO TRINCEE DISPERDENTI							
Trincea disperdente	Qmax (mc/s)	Volume (l)	n. moduli minimo	Altezza (n. moduli / m)	Lunghezza (n. moduli / m)	Larghezza (n. moduli / m)	n. moduli previsto	Verifica
TRINCEA DISPERDENTE 1 - Racc. Milano 55+922 - Tratta 1 e 2	0,127	152.400	774	8 / 2,56	17 / 13,60	6 / 4,80	816	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 2 - Racc. Milano 55+720 - Tratta 3 e 4	0,115	138.000	701	8 / 2,56	18 / 14,40	5 / 4,00	720	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 3 - Racc. Milano 55+486 - Tratta 5 e 6	0,471	565.200	2.872	8 / 2,56	23 / 18,40	16 / 12,80	2.944	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 4 - Racc. Milano 55+215 - Tratta 7	0,166	199.200	1.012	8 / 2,56	32 / 25,60	4 / 3,20	1.024	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 5 - Racc. Milano 54+765 - Tratta 8	0,232	278.400	1.415	8 / 2,56	24 / 19,20	10 / 8,00	2320*	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 6 - Racc. Milano 52+388 - Acque galleria		50.000	254	8 / 2,56	8 / 6,40	4 / 3,20	256	Positiva

Tabella 2.5 – Calcolo di dimensionamento delle trincee disperdenti

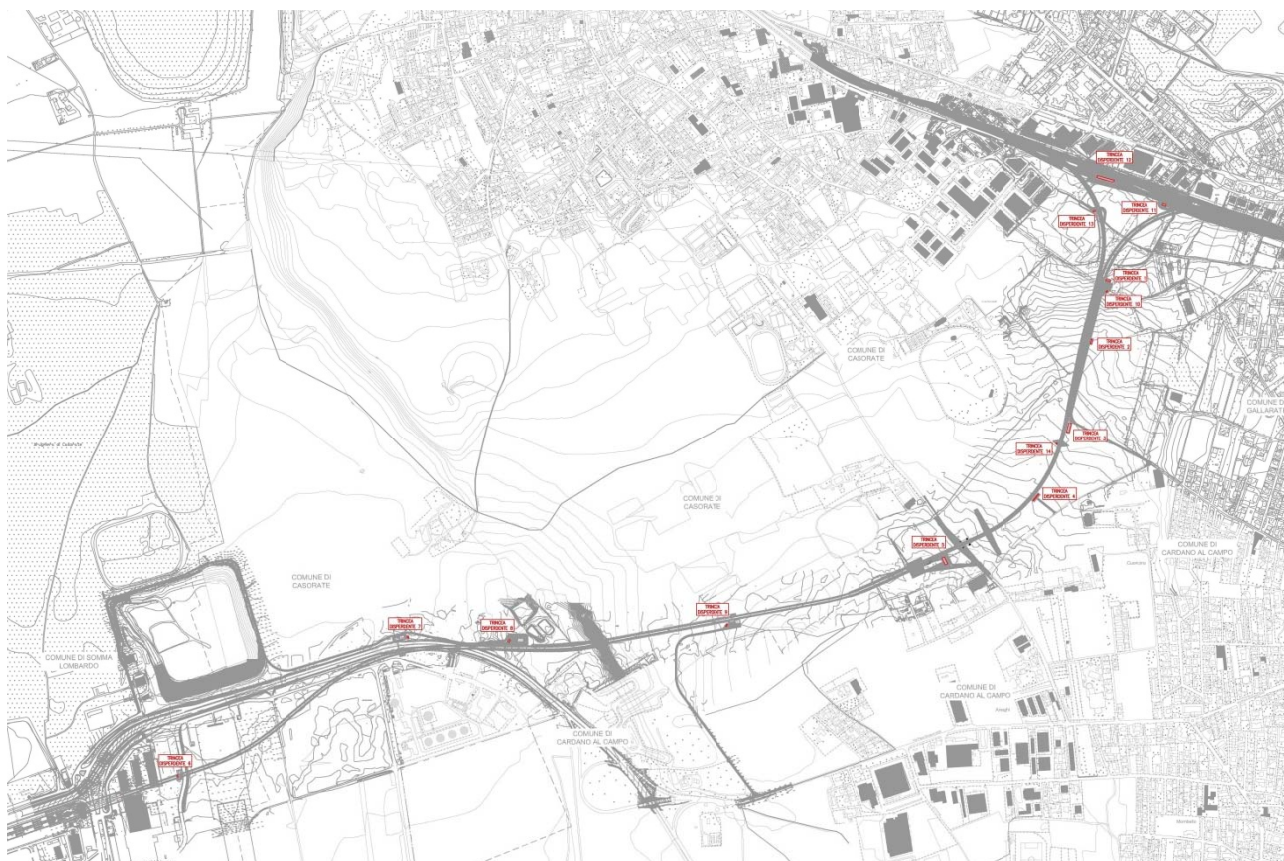
\* Numero di 2.320 moduli comprensivo del calcolo per il piazzale manufatto SSE e US5. (moduli per la piattaforma = 1.440 + moduli per piazzale = 880)



### **3. SISTEMA SMALTIMENTO ACQUE MANUFATTI E PIAZZALI**

Per il dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque relative ai manufatti ed ai piazzali l'intervento è stato suddiviso in otto trincee disperdenti.

Viene riportato di seguito in Figura 2.11 il posizionamento delle trincee disperdenti lungo la tratta in oggetto.



*Figura 3.1 – Planimetria posizionamento trincee disperdenti*

In Tabella 2.21 sono riportati i calcoli delle portate massime entranti nelle trincee disperdenti calcolati in base alla superficie dei manufatti e dei piazzali, all'indice pluviometrico della zona calcolato nel precedente capitolo e del coefficiente di afflusso.

$$Q = A \times I \times \varphi$$

- $\varphi$  Coefficiente di afflusso assunto cautelativamente pari a 1,0 per le aree costituite da piazzali e manufatti e 0.3 per le aree a verde
- $I$  Intensità di pioggia (mm/h)
- $A$  Area del bacino drenato (mq)

TRINCEA DISPERDENTE	CALCOLO PORTATE				
	i (mm/h)	i (l/Sxmq)	Superficie (mq)	K	Q <sub>max</sub> (mc/s)
Trincea disperdente					
TRINCEA DISPERDENTE 7 - US2	152	0,042	490	1,0	0,021
TRINCEA DISPERDENTE 8 - US3	152	0,042	1850	1,0	0,078
TRINCEA DISPERDENTE 9 - US4	152	0,042	1075	1,0	0,045
TRINCEA DISPERDENTE 5 - US5	152	0,042	3420	1,0	0,144
TRINCEA DISPERDENTE 10 - US7	190	0,053	745	1,0	0,039
TRINCEA DISPERDENTE 11 - TE RFI	190	0,053	2275	1,0	0,120
TRINCEA DISPERDENTE 12 - ACS	190	0,053	8630	1,0	0,455
TRINCEA DISPERDENTE 13 - Sottopasso vie verdi	190	0,053	420	1,0	0,022
	190	0,053	2555	0,3	0,040
TRINCEA DISPERDENTE 14 - Sottopasso faunistico	165	0,046	700	0,3	0,010

Tabella 3.1 – Calcolo portate massime entranti nelle trincee disperdenti

Infine in Tabella 2.4 sono riportati i calcoli di dimensionamento delle trincee disperdenti. Per il calcolo di dimensionamento delle trincee disperdenti è stato considerato una capacità di smaltimento del singolo modulo pari a 205 litri con un coefficiente di porosità pari al 96%. Per il calcolo della quantità di acqua da smaltire per ogni trincea disperdente è stato considerato un evento meteorico della durata di 20 minuti.

TRINCEA DISPERDENTE	DIMENSIONAMENTO TRINCEE DISPERDENTI							
	Q <sub>max</sub> (mc/s)	Volume (l)	n. moduli minimo	Altezza (n. moduli / m)	Lunghezza (n. moduli / m)	Larghezza (n. moduli / m)	n. moduli previsto	Verifica
Trincea disperdente								
TRINCEA DISPERDENTE 7 - US2	0,021	24.827	126	4 / 1,28	8 / 6,40	4 / 3,20	128	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 8 - US3	0,078	93.733	476	8 / 2,56	10 / 8,00	6 / 4,80	480	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 9 - US4	0,045	54.467	277	8 / 2,56	9 / 7,20	4 / 3,20	288	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 5 - US5	0,144	173.280	880	8 / 2,56	24 / 19,20	10 / 8,00	2320*	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 10 - US7	0,039	47.183	240	8 / 2,56	8 / 6,40	4 / 3,20	256	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 11 - TE RFI	0,120	144.083	732	8 / 2,56	14 / 11,20	7 / 5,60	784	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 12 - ACS	0,455	546.567	2.777	8 / 2,56	66 / 52,80	8 / 6,40	4224	Positiva
	0,062	74.400	378	8 / 2,56	8 / 6,40	6 / 4,80	384	Positiva
TRINCEA DISPERDENTE 14 - Sottopasso faunistico	0,010	11.550	59	4 / 1,28	4 / 3,20	4 / 3,20	64	Positiva

Tabella 3.2 – Calcolo di dimensionamento delle trincee disperdenti

\* Numero di 2.320 moduli comprensivo del calcolo per il tratto di piattaforma n. 8. (moduli per la piattaforma = 1.440 + moduli per piazzale = 880)