

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA
TRATTO : BOLOGNA S. LAZZARO - DIRAM. RAVENNA

PROGETTO DEFINITIVO

S3 - NUOVO SVINCOLO DI SOLAROLO

IMPIANTO DI STAZIONE

PIAZZALE DI STAZIONE

RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N.16492 RESPONSABILE UFFICIO IDR	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Giuliana Garigali Ord. Ingg. Milano N. 18419 RESPONSABILE AREA DI PROGETTO BOLOGNA	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE FUNZIONE FSP
---	--	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA: MAGGIO 2011	REVISIONE				
	DIRETTORIO			FILE				n.	data			
-	codice	commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo							
-	1	1	1	4	3	7	0	1	IDR0200--	SCALA: VARIE		

 ingegneria europea	COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO Ing. Mario Brugnoli	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
CONSULENZA A CURA DI :		IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Maurizio Torresi - O.I. Milano N. 16492

VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA DIREZIONE OPERATIVA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASPI Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	--	--

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
2.1. Normativa nazionale	3
2.2. Normativa regionale	5
3. IDROLOGIA	6
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	14
5. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO	16
5.1. Scelta del tempo di ritorno	16
5.2. Il metodo razionale	16
6. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA RETE	18
6.1. Dimensionamento degli elementi di raccolta.....	18
6.2. Dimensionamento degli elementi di convogliamento	19

1. PREMESSA

La presente relazione affronta i caratteri generali dell'idrologia e dell'idraulica della zona interessata dalla realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Solarolo lungo l'Autostrada A14 Bologna - Bari – Taranto, ricadente nel territorio del Comune di Castel Bolognese (RA).

In particolare, l'intervento oggetto della presente relazione riguarda lo studio del sistema di raccolta, smaltimento e successivo trattamento delle acque meteoriche che incidono sulla piattaforma stradale del piazzale di stazione

La rete drenante ha lo scopo di raccogliere le acque superficiali che interessano la piattaforma stradale, evitando che queste formino dannosi ristagni, e di recuperare le acque di infiltrazione, impedendo che queste vadano ad interessare il sottofondo stradale.

Visto il costante passaggio di veicoli, anche in sosta temporanea, nei pressi della stazione, è stata posta una particolare attenzione alla raccolta e al trattamento delle acque di prima pioggia.

Il sistema di drenaggio del piazzale di esazione è di tipo chiuso. L'acqua di piattaforma, prima di essere immessa nel reticolo naturale, viene trattata tramite un impianto di disoleazione e sedimentazione, onde consentire sia la deposizione del materiale trasportato in sospensione sia la flottazione degli oli e degli idrocarburi, con l'obiettivo finale di preservare il corpo idrico ricettore dallo sversamento di tali sostanze inquinanti.

Il recapito delle acque trattate è costituito dai fossi di guardia, da questi le acque saranno convogliate ai ricettori idrici superficiali presenti o al sistema di smaltimento autostradale.

Si analizzano di seguito le metodologie e le relative elaborazioni per il calcolo della pioggia di progetto preposta alla determinazione della massima portata defluente dalla superficie pavimentata, necessaria per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque meteoriche.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Si riportano i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale, regionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico - idraulico, ambientale e di difesa del suolo.

2.1. Normativa nazionale

RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento. La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi. Vengono individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione; vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo e l'Autorità di Bacino. Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino.

L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

DL 04/12/1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio.

L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile; individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio; prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Piazzale di stazione - Relazione idrologico-idraulica

IDR200

Tale decreto ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Sostituisce ed integra il DL 152/99.

2.2. Normativa regionale

Il tratto autostradale di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Emilia Romagna.

Di seguito vengono riportate le principali leggi regionali in materia ambientale e di difesa del suolo.

LR n. 42 del 02.08.1984

Nuove norme in materia di enti di bonifica. Delega di funzioni amministrative

LR n. 25 del 25.05.1992

Norme per il funzionamento dell'Autorità di Bacino del Reno.

Delibera della Giunta Regionale n.2003/567 del 07.04.2003

Approvazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il Bacino del fiume Reno e dei Torrenti Idice, Santerno e Sillaro, ai sensi dell'art. 19 della L. 183/1989 e successive modificazioni

3. IDROLOGIA

Per la progettazione dei sistemi di drenaggio è stato necessario caratterizzare dal punto di vista idrologico la zona oggetto d'intervento.

Per il calcolo dell'intensità di pioggia si ricorre alla formula:

$$i = a t^{(n-1)}$$

Per la determinazione del regime pluviometrico nell'area d'interesse, e quindi dei parametri a e n , si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio "La valutazione delle piogge intense su base regionale" (A. Brath, M. Franchini, 1998) di seguito descritto.

Lo studio citato ha come oggetto la definizione del Metodo VAPI - piogge al territorio appartenente alle regioni amministrative Emilia-Romagna e Marche.

I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

In particolare l'area in esame è stata suddivisa in 5 zone omogenee per le quali valgono i seguenti valori dei parametri della curva di crescita.

Zona	λ	θ	λ_1	η	Note
Zona A	0.109	2.361	24.70	4.005	Valida per tutte le durate
Zona B	1.528	1.558	13.65	4.651	Valida per d = 1 ora
			19.35	5.000	Valida per d = 3 ore
			26.20	5.303	Valida per d = 6 ore
			39.20	5.706	Valida per d ≥ 12 ore ed 1
Zona C	1.528	1.558	13.65	4.615	Valida per d = 1 ora
			14.70	4.725	Valida per d = 3 ore
			20.25	5.046	Valida per d = 6 ore
			25.70	5.284	Valida per d ≥ 12 ore ed 1
Zona D	0.361	2.363	29.00	4.634	Valida per tutte le durate
Zona E	0.044	3.607	13.60	3.328	Valida per d = 1 ora
			19.80	3.704	Valida per d = 3 ore
			23.65	3.882	Valida per d = 6 ore
			30.45	4.135	Valida per d ≥ 12 ore ed 1

Tab. 1 - Parametri delle curve di crescita relative al modello TCEV per le varie durate

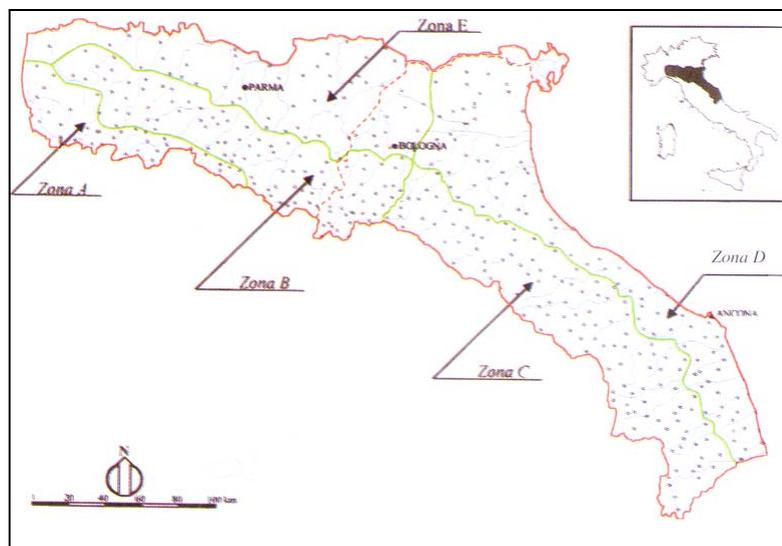


Fig. 1 - Zone omogenee con riferimento regime di frequenza delle piogge intense

La curva di crescita si ricava invertendo l'espressione (3.1) scritta in funzione del tempo di ritorno, mentre la pioggia indice viene calcolata mediante la (3.2):

$$P(x) = \exp\left[-\lambda_1 \exp(-x \eta) - \lambda \lambda_1^{1/\theta} \exp(-x \eta/\theta)\right] \quad (3.1)$$

$$\mu = m_1 \cdot d \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.2)$$

$m(h24)$ = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione di durata d(24 ore);

m_G = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione giornaliera;

m_1 = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione in 1 ora;

$\gamma = m_G / m(h24) = 0.89$ nella regione esaminata.

Per la determinazione dei parametri m_1 e m_G si fa riferimento alle isolinee riportate in figura.

In conclusione, si ricava che il parametro a delle LSPP è pari al prodotto del coefficiente m_1 per la curva di crescita, mentre il parametro n è pari a:

$$n = \frac{\ln(m_G) - \ln(\gamma) - \ln(m_1)}{\ln(24)} \quad (3.3)$$

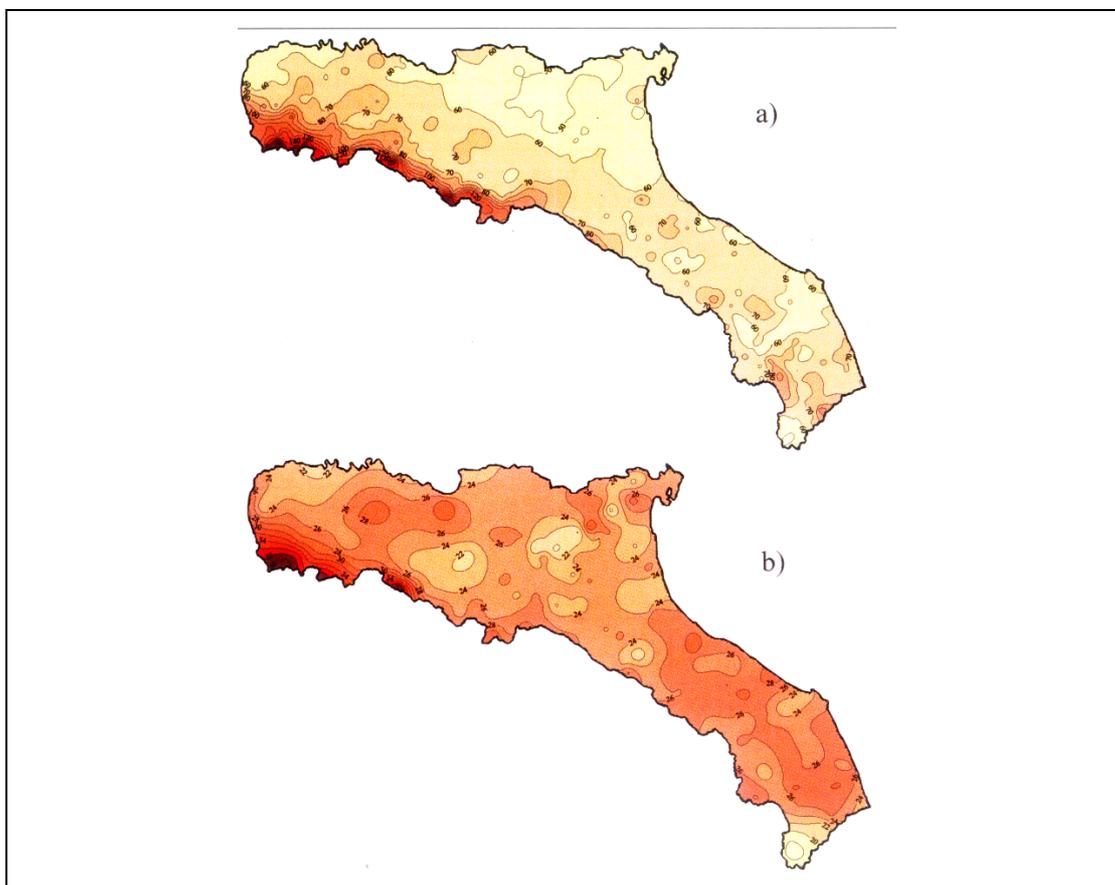


Fig. 2 - *Isolinee delle altezze medie di pioggia massime annuali della durata di 1 giorno (a) e 1 ora (b).*

Per tutti i corsi d'acqua di interesse, appartenenti alla "zona omogenea D", sono stati stimati valori dei parametri m_1 e m_G pari rispettivamente a 24 e 60, mentre il parametro g , che come dimostrato da numerosi studi, risulta poco variabile da sito a sito assume il valore di 0.89.

La tabella seguente riporta i valori calcolati per i parametri a e n delle LSPP.

a (25 anni)	a (50 anni)	a (100 anni)	a (200 anni)	n
45.52	53.33	61.52	69.88	0.32

Tab. 2 - *Valori dei parametri delle LSPP per diversi T_R*

La definizione delle piogge di breve durata, tipicamente inferiore all'ora, è stata definita in base ai rapporti r_δ tra le altezze di durata d molto breve e l'altezza oraria.

Questa metodologia è utilizzata nelle zone in cui non sono disponibili osservazioni dirette per durate inferiori all' ora come ancora oggi nella maggior parte delle stazioni pluviometriche italiane.

I rapporti presi a riferimento sono stati dedotti dal *Manuale di progettazione – Sistemi di fognatura – Hoepli* e si riferiscono ad un campione di 17 anni di osservazione.

	h1/h1ora	h2/h1ora	h3/h1ora	h4/h1ora	h5/h1ora	h15/h1ora	h30/h1ora	h45/h1ora
r_δ	0.130	0.180	0.229	0.272	0.322	0.601	0.811	0.913

Tab. 3 - Rapporti r_{δ} tra le altezze di durata d molto breve e l'altezza oraria

t [min]	1	2	3	4	5	15	30	45	1h	3h	6h	12h	24h
25	5.92	8.19	10.42	12.38	14.66	27.36	36.91	41.56	45.52	65.05	81.48	102.07	127.86
50	6.93	9.60	12.21	14.51	17.17	32.05	43.25	48.69	53.33	76.21	95.47	119.59	149.81
100	8.00	11.07	14.09	16.73	19.81	36.97	49.89	56.16	61.52	87.91	110.12	137.95	172.80
200	9.08	12.58	16.00	19.01	22.50	42.00	56.67	63.80	69.88	99.87	125.10	156.70	196.30

Tab. 4 - Altezze di pioggia per differenti T_R

In base ai valori di altezze di pioggia ricavate per durate comprese tra 1 minuto e 24 ore si è operata un' opportuna interpolazione tale da limitare l'errore.

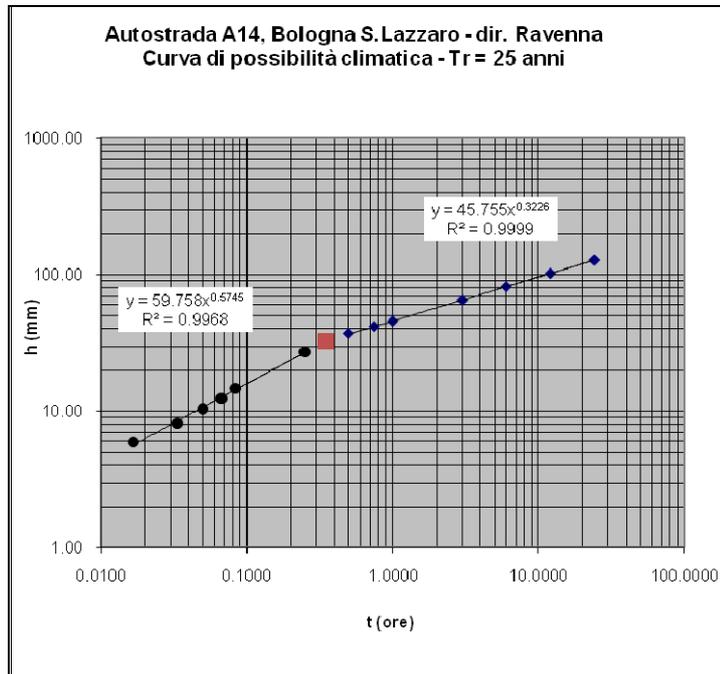


Fig. 3 - Curve di possibilità pluviometrica TR 25

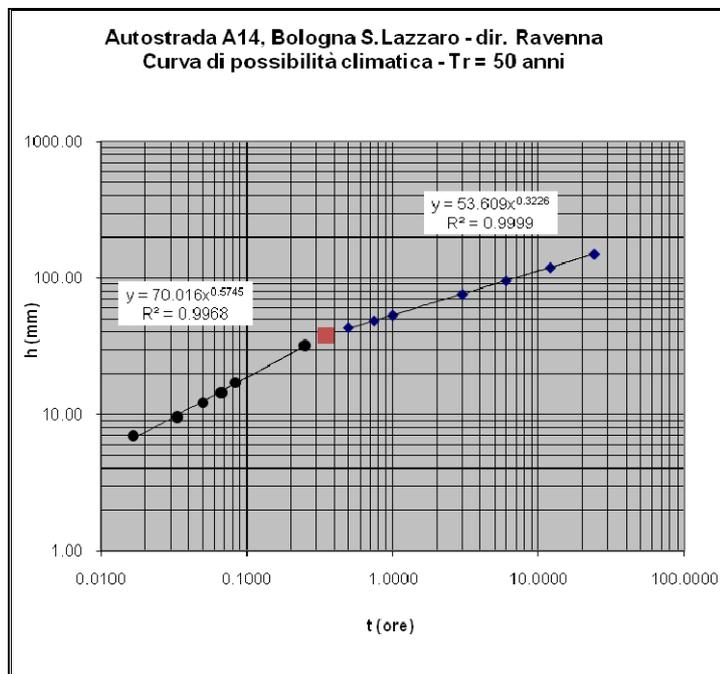


Fig. 4 - Curve di possibilità pluviometrica TR 50

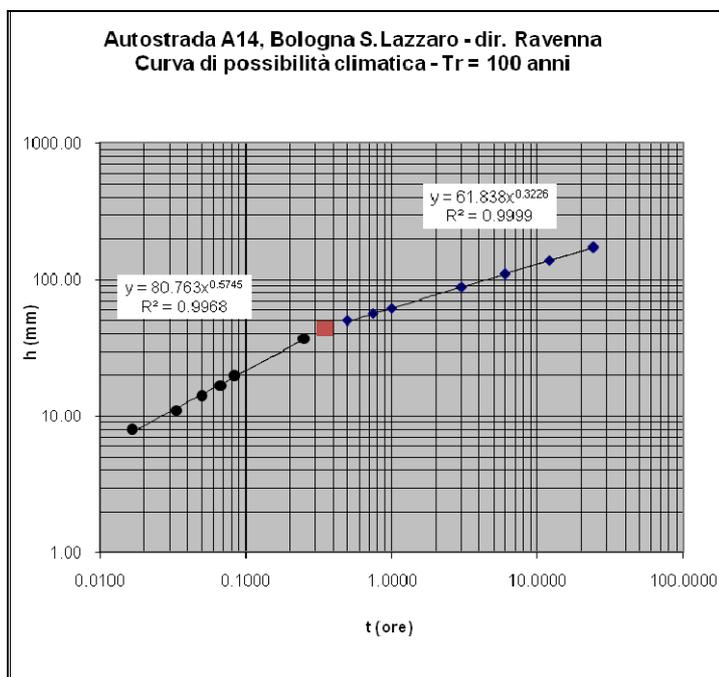


Fig. 5 - Curve di possibilità pluviometrica TR 100

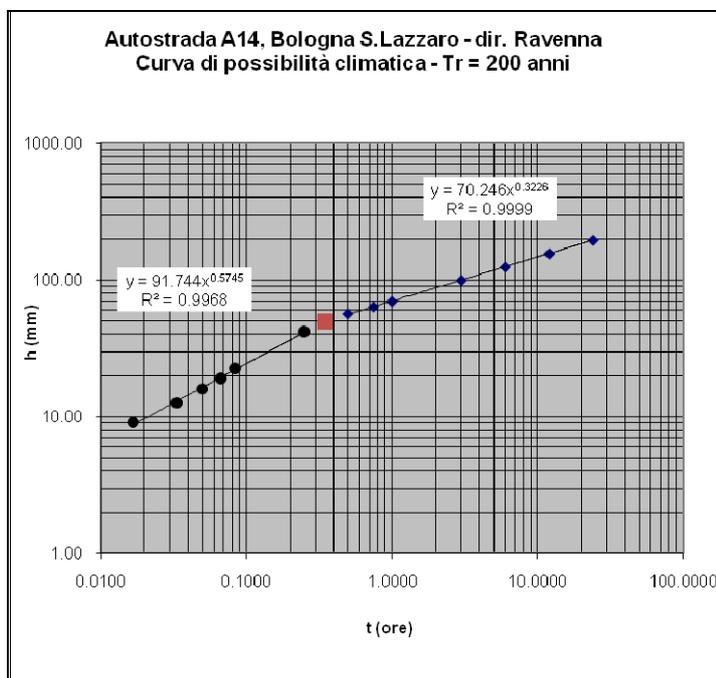


Fig. 6 - Curve di possibilità pluviometrica TR 200

Si riporta la sintesi delle curve di possibilità pluviometrica, desunte attraverso interpolazione, in funzione del tempo di ritorno T_r e della durata dell'evento considerato (t).

<i>Curve di probabilità pluviometrica</i>				
	<i>$t < 20.8 \text{ min}$</i>		<i>$t \geq 20.8 \text{ min}$</i>	
<i>T_r</i>	<i>a'</i>	<i>n'</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
<i>25</i>	<i>59.75</i>	<i>0.57</i>	<i>45.75</i>	<i>0.32</i>
<i>50</i>	<i>70.01</i>	<i>0.57</i>	<i>53.60</i>	<i>0.32</i>
<i>100</i>	<i>80.76</i>	<i>0.57</i>	<i>61.83</i>	<i>0.32</i>
<i>200</i>	<i>91.74</i>	<i>0.57</i>	<i>70.25</i>	<i>0.32</i>

Tab. 5 - Parametri caratteristici delle CPP

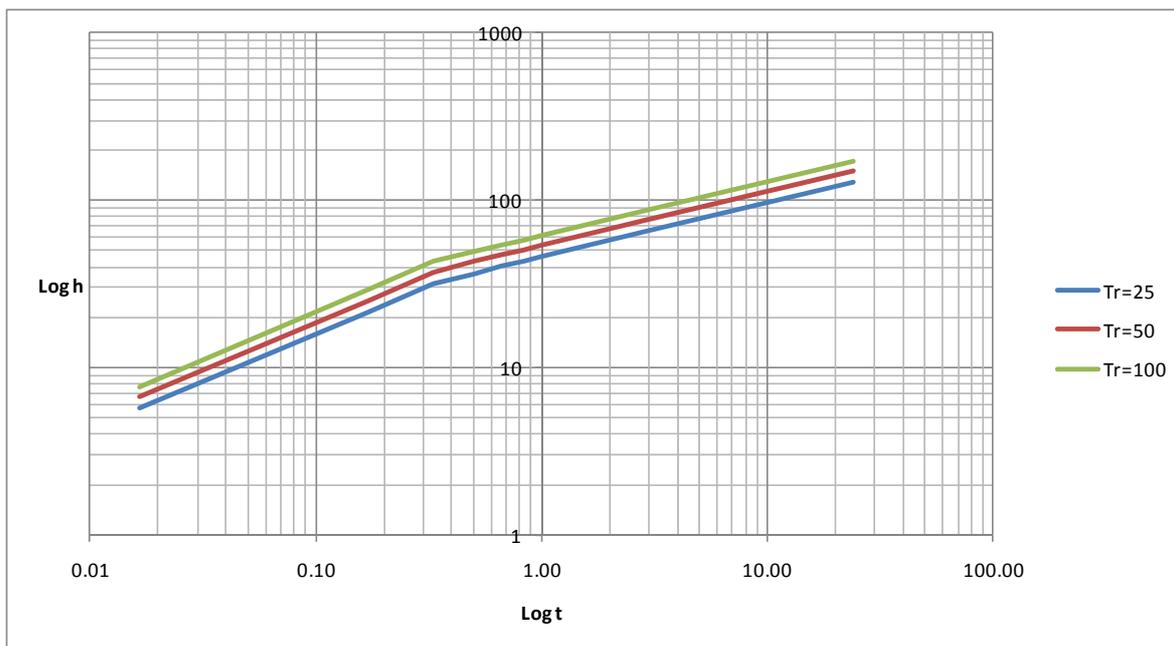


Fig. 7 - Altezze di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento

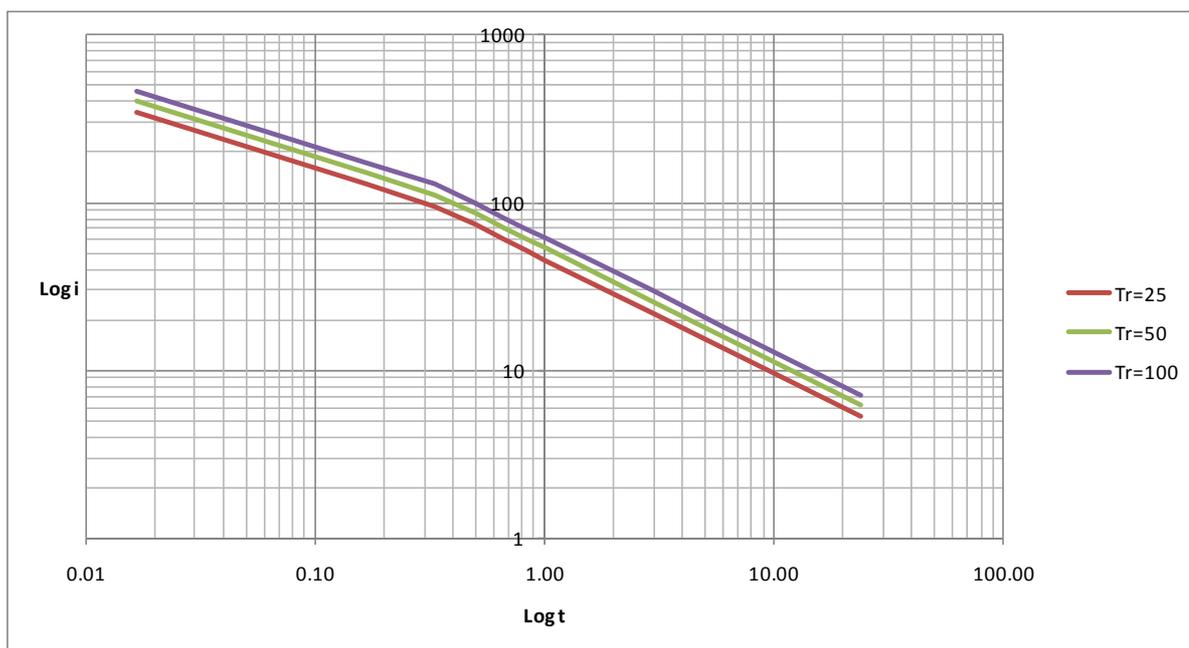


Fig. 8 - Intensità di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il Decreto Legislativo del Governo n° 152 del 11/05/1999, recante “Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.”, come modificato dal Decreto Legislativo n° 258 del 18/08/2000 “Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128.”, e successivamente dal D.Lgs. 3 Aprile 2006 n.152 “Norme in materia ambientale” forniscono disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento, prevedendo l'obbligo del trattamento delle acque di prima pioggia dei piazzali su cui possono ricadere oli minerali ed altre sostanze inquinanti.

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale ed il trasferimento dei deflussi fino al recapito; quest'ultimo è costituito dai fossi di guardia posti al piede del rilevato. Prima dello smaltimento nei recapiti, le acque saranno convogliate nei presidi idraulici, costituiti da un sistema di sedimentatori e disoleatori, posizionati all'esterno del piazzale.

Le acque meteoriche che ricadono sul piazzale, saranno opportunamente raccolte attraverso canalette grigliate e caditoie con griglia, collocate ad intervalli di circa 5-10 m l'una dall'altra, e recapitate ai presidi tramite tubazione in PEAD e PP di opportuno diametro.

Il funzionamento del disoleatore avviene nel modo seguente: durante un evento piovoso l'acqua meteorica raccolta nel piazzale viene convogliata nel pozzetto. Da questo, l'acqua piovana addizionata a piccole quantità di oli minerali, morchie, terriccio e residui di altro genere raccolti sulla pavimentazione stradale arriva all'Impianto di disoleazione ed inizia il trattamento depurativo. La prima vasca componente l'impianto in esame riceve tutte le acque raccolte ed ha funzione di scolmatore. Infatti, durante precipitazioni di minima entità tutta l'acqua in arrivo passa direttamente alla seconda vasca, mentre viceversa nel caso di forti precipitazioni sale il livello dell'acqua nella vasca scolmatore e la quantità di acqua in eccesso viene incanalata mediante by-pass nel pozzetto d'ispezione situato a valle dell'impianto; onde evitare la fuoriuscita di oli minerali, l'uscita della condotta è protetta da un setto interno alla vasca di scolmatura con una tubazione di uscita con pescaggio dal fondo della vasca stessa. La seconda vasca ha funzione di eliminare, dall'acqua

meteorica, tutti i solidi raccolti sul piazzale; pertanto nel fondo vasca, mediante decantazione, si accumulano tutti i fanghi ed altre sostanze pesanti eventualmente presenti. L'acqua passa successivamente alla vasca di disoleazione che è divisa in due vani; nel primo vano, per effetto fisico di gravità, vengono trattiene in superficie circa il 90% degli oli minerali liberi contenuti nell'acqua; il secondo vano è attrezzato con un filtro, idoneo a trattenere oli minerali liberi residui, oli minerali in emulsione, sostanze sospese e materie metalliche residue. Tramite apposita tubazione di uscita l'acqua, ormai trattata, viene recapitata all'interno del pozzetto a valle del piazzale e da qui immessa definitivamente nel ricettore finale.

Per il piazzale di stazione è previsto l'uso di due disoleatori, ognuno di dimensioni tali da essere in grado di trattare i primi 5 mm di pioggia ricadenti su una superficie fino a 7.500 mq.

5. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

5.1. Scelta del tempo di ritorno

Le curve di possibilità pluviometrica non forniscono per un'assegnata probabilità il modo di variare della precipitazione nel tempo, ma consentono solo di conoscere l'altezza totale h di precipitazione che, per una data durata t , ha un'assegnata probabilità di non superamento.

Spesso, in luogo della probabilità di non superamento, si utilizza la grandezza statistica tempo di ritorno (Tr), definibile come il tempo (espresso in anni) che mediamente intercorre tra due eventi che producono, per l'assegnata durata, un'altezza di precipitazione maggiore o uguale di quella data.

La scelta di Tr deriva da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle esondazioni e l'esigenza di contenere le dimensioni delle strutture di controllo delle piene entro limiti accettabili economicamente e compatibili con i vincoli esistenti nel territorio interessato. Nel caso della progettazione delle opere idrauliche inerenti a problemi di drenaggio stradale, si adottano in genere tempi di ritorno compresi tra 20 e 200 anni.

Nel caso dei collettori e degli elementi di raccolta si assume un tempo di ritorno pari a 25 anni.

5.2. Il metodo razionale

Per il calcolo delle portate di progetto è stato utilizzato il metodo razionale.

La formula razionale per la previsione della portata di massima piena, per assegnato tempo di ritorno, è direttamente dedotta dal metodo cinematico, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica sia pari al tempo di corrivazione.

La massima portata al colmo di piena, espressa in m^3/s , è calcolata mediante la seguente relazione:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot i_c \cdot A}{360}$$

dove:

φ è il coefficiente di deflusso,

$i_c = h/t_c$ è l'intensità della precipitazione, in mm/ora, corrispondente ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione e dipendente dal tempo di ritorno

A è l'area della superficie del bacino espressa in ha.

Il metodo razionale considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata di piena in modo rigoroso sotto le seguenti ipotesi:

- l'intensità di precipitazione è costante per tutta la durata dell'evento meteorico che si considera equivalente al tempo di corrivazione;
- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T_r di quello utilizzato per la determinazione dell'intensità di pioggia;
- il coefficiente di deflusso è costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- la portata è nulla all'istante iniziale;
- il modello di trasformazione afflussi-deflussi è di tipo lineare stazionario.

Il coefficiente di deflusso φ rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia efficace ed il volume della pioggia totale e tiene conto in modo globale delle perdite del bacino.

Nel caso delle superfici pavimentate, il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1.

6. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA RETE

6.1. Dimensionamento degli elementi di raccolta

Per la raccolta delle acque di piattaforma vengono utilizzate canalette grigliate e pozzetti in PEAD con chiusino carrabile grigliato adiacente al ciglio. Il dimensionamento delle caditoie consiste nello stabilirne l'interasse massimo in modo che l'acqua presente sulla strada transiti in un tratto limitato di banchina delimitata dall'arginello.

Gli elementi di raccolta previsti sono di tipo discontinuo, ovvero sono degli elementi puntuali.

Gli interassi tra gli elementi si dimensionano calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie stradale scolante) per unità di lunghezza, data dalla:

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1}$$

dove b (m) è la larghezza della falda, φ il coefficiente di deflusso, i (mm/h) l'intensità di pioggia.

In base alla teoria dell'onda cinematica si ha che la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Trascurando il tempo di percorrenza dell'elemento da dimensionare si ha che il tempo di corrivazione è pari al tempo di afflusso da una falda piana che è dato dalla

$$t_a = t_c = 3.26(1.1 - \varphi) \frac{L_{eff}^{0.5}}{j^{1/3}}$$

Dove:

$j = \sqrt{j_l^2 + j_t^2}$ pendenza della strada lungo la linea di corrente (j_l pendenza longitudinale e j_t pendenza trasversale);

$L_{eff} = b \left[1 + \left(\frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$ lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata.

Si è comunque imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 5 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il dimensionamento dell'interasse degli elementi puntuali si ottiene facendo il rapporto tra la portata massima transitante in un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo, e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0):

$$\text{Interasse} = Q_{max} / q_0$$

Le canalette sono poste mediamente ad un interasse pari a 5 m, i pozzetti con caditoia che assolvono una funzione sia di raccolta che di ispezione sono posizionati ad interassi variabili tra un minimo di 15 m e un massimo di 40 m.

6.2. Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Gli elementi di convogliamento sono costituiti da collettori circolari in PEAD nei tratti in affiancamento alla sede stradale e in PP nei tratti che attraversano la piattaforma stradale.

I collettori in polietilene ad alta densità (PEAD) sono di tipo SN 8 kN/m² coestruso a doppia parete, conformi alla norma UNI EN 13476 tipo B; i collettori in polipropilene ad alto modulo elastico (PP-HM) sono del tipo coestruso a doppia parete conformi al prEN 13476-1 tipo B, con classe di rigidità SN 16 kN/m².

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato in tabella).

DN	Diametro interno
(mm)	(mm)
400	343
500	427
630	535
800	678

Tab. 6 - Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m²

Per il dimensionamento dei collettori si è tenuto conto delle pendenze del piano stradale. Generalmente la pendenza del collettore è la stessa del terreno, ad eccezione dei casi in cui è stato necessario ottenere una pendenza minima per il corretto funzionamento della condotta. Si è utilizzata una pendenza minima dello 0,5% con una velocità minima di 0,5 m/s, per asportare eventuali sedimenti accumulatisi nel tempo, e una velocità massima di 4 m/s.

Per evitare che i collettori vadano in pressione, si è considerato un riempimento massimo dell'80% con la portata di progetto avente tempo di ritorno di 25 anni.

Il dimensionamento della rete di drenaggio superficiale per lo smaltimento delle acque meteoriche viene effettuato a partire dalla valutazione delle portate afferenti ai vari tratti della rete. In base alle diverse superfici contribuenti si valutano le portate afferenti ai collettori.

La condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione relativo a ciascuna sezione di calcolo è stimato secondo la seguente formulazione:

$$t_c = t_a + t_r = t_a + \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{v_i}$$

Dove:

t_r rappresenta il tempo di percorrenza dell'elemento di convogliamento

L rappresenta la lunghezza del tronco i -esimo espresso in m

v rappresenta la velocità di deflusso all'interno del tronco i -esimo espresso in m/s

N numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;

t_a rappresenta il tempo di afflusso (o di ruscellamento) cioè il massimo tempo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere l'elemento partendo dal punto di caduta.

Il dimensionamento dei collettori viene effettuato ipotizzando che il deflusso all'interno della condotta avvenga in condizioni di moto uniforme.

Le caratteristiche idrauliche delle sezioni di progetto sono determinate mediante l'applicazione della formula di Chezy, nell'espressione di Gauckler-Strickler:

$$Q = \chi A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \mathfrak{R}^{\frac{1}{6}} A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m³/s);

k coefficiente di scabrezza di Strickler (m^{1/3}/s) pari a 80 per i collettori in PVC e in acciaio;

A area bagnata (m²);

- C contorno bagnato (m);
- j pendenza media della condotta (m/m);
- $\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$ raggio idraulico (m).

La verifica avviene secondo una procedura iterativa:

- Si sceglie il diametro del collettore e si assegna una velocità di percorrenza di primo tentativo,
- Si calcola il tempo di percorrenza t_p e quindi il tempo di corrivazione t_c ,
- Si calcola l'intensità di pioggia critica, di durata pari al tempo di corrivazione, e la corrispondente portata critica,
- Si calcola il tirante idrico corrispondente alla portata critica,
- Si verifica che il grado di riempimento (pari al rapporto tra il tirante idrico e il diametro interno) non sia superiore al 80%,
- Si calcola la velocità all'interno del collettore e si verifica che rispetti i vincoli imposti,
- Se la velocità è uguale a quella ipotizzata si interrompe il calcolo, altrimenti si procede all'iterazione successiva utilizzando la velocità ottenuta.

Si riportano in tabella i calcoli relativi ai tronchi verificati:

pozzetto	tratto	Lt (m)	St (ha)	tc (ore)	hc (mm)	lc (mm/ora)	Q (mc/s)	i (m/m)	v (m/s)	y (m)	DN	GR	tipo
PC1													
PC2	1-2	5.35	0.015	0.086	14.73	171.83	0.007	0.005	0.62	0.062	400	18.0%	PP
PC3	2-3	5.35	0.029	0.088	14.92	170.19	0.014	0.005	0.77	0.086	400	25.0%	PP
PC4	3-4	5.35	0.044	0.089	15.09	168.77	0.021	0.005	0.86	0.105	400	30.6%	PP
PC5	4-5	5.35	0.059	0.091	15.24	167.49	0.027	0.005	0.93	0.122	400	35.4%	PP
PC6	5-6	7.60	0.074	0.093	15.44	165.83	0.034	0.005	0.99	0.136	400	39.7%	PP
PC7	6-7	22.30	0.112	0.096	15.70	163.80	0.051	0.038	2.30	0.099	400	29.0%	PEAD
PC8	7-8	15.00	0.164	0.099	15.96	161.77	0.074	0.009	1.48	0.181	400	52.8%	PP
PC9													
PC10	9-10	5.35	0.010	0.086	14.76	171.57	0.005	0.005	0.55	0.051	400	14.8%	PP
PC11	10-11	4.00	0.020	0.088	14.92	170.21	0.009	0.005	0.69	0.070	400	20.3%	PP
PC12	11-12	26.00	0.053	0.092	15.35	166.59	0.025	0.025	1.62	0.076	400	22.2%	PEAD
PC13	12-13	26.00	0.091	0.097	15.85	162.63	0.041	0.010	1.36	0.124	400	36.3%	PEAD

pozzetto	tratto	Lt (m)	St (ha)	tc (ore)	hc (mm)	lc (mm/ora)	Q (mc/s)	i (m/m)	v (m/s)	y (m)	DN	GR	tipo
PC14													
PC15	14-15	30.00	0.015	0.090	15.10	168.61	0.007	0.045	1.34	0.036	400	10.4%	PEAD
PC16	15-16	30.00	0.035	0.101	16.17	160.16	0.016	0.004	0.74	0.096	400	27.9%	PEAD
PC17													
PC18	17-18	15.00	0.025	0.087	14.83	170.93	0.012	0.017	1.21	0.056	400	16.4%	PEAD
PC16	18-16	20.00	0.068	0.091	15.24	167.51	0.032	0.012	1.33	0.105	400	30.5%	PEAD
PC16			0.103	0.101									
PC13	16-13	12.00	0.122	0.104	16.44	158.16	0.054	0.005	1.12	0.177	400	51.5%	PP
PC13			0.214	0.104									
PC8	13-8	42.60	0.245	0.113	17.24	152.60	0.104	0.005	1.32	0.230	500	54.0%	PP
PC19													
PC20	19-20	25.00	0.038	0.088	14.97	169.75	0.018	0.023	1.43	0.067	400	19.5%	PEAD
PC8	20-8	15.00	0.077	0.090	15.17	168.09	0.036	0.036	2.04	0.084	400	24.5%	PP
PC8			0.486	0.113									
P1	8-P1	4.00	0.539	0.114	17.30	152.20	0.228	0.005	1.59	0.325	630	60.8%	PEAD
PC21													
PC22	21-22	5.35	0.009	0.086	14.78	171.43	0.004	0.005	0.52	0.049	400	14.2%	PP
PC23	22-23	5.35	0.018	0.088	15.00	169.53	0.008	0.005	0.66	0.067	400	19.4%	PP
PC24	23-24	5.35	0.026	0.090	15.18	167.99	0.012	0.005	0.79	0.077	400	22.5%	PP
PC25	24-25	7.60	0.035	0.093	15.43	165.94	0.016	0.005	0.81	0.093	400	27.0%	PP
PC26	25-26	20.00	0.072	0.096	15.69	163.84	0.033	0.036	1.99	0.080	400	23.3%	PEAD
PC27	26-27	20.00	0.115	0.099	16.00	161.48	0.052	0.016	1.70	0.125	400	36.4%	PEAD
PC28													
PC27	28-27	15.00	0.061	0.085	14.69	172.17	0.029	0.045	2.09	0.072	400	20.9%	PEAD
PC27			0.177	0.099						0.100			
PC33	27-33	43.60	0.242	0.108	16.83	155.42	0.104	0.005	1.32	0.231	500	54.1%	PP
PC29													
PC30	29-30	5.35	0.014	0.086	14.72	171.95	0.007	0.005	0.66	0.056	400	16.4%	PP
PC31	30-31	5.35	0.027	0.088	14.91	170.27	0.013	0.005	0.75	0.083	400	24.1%	PP
PC32	31-32	4.00	0.041	0.089	15.04	169.19	0.019	0.005	0.85	0.101	400	29.5%	PP
PC33	32-33	27.60	0.064	0.094	15.51	165.28	0.029	0.020	1.55	0.088	400	25.8%	PEAD
PC33			0.306	0.108									

pozzetto	tratto	Lt (m)	St (ha)	tc (ore)	hc (mm)	lc (mm/ora)	Q (mc/s)	i (m/m)	v (m/s)	y (m)	DN	GR	tipo
PC34	33-34	12.00	0.334	0.111	17.04	153.98	0.143	0.005	1.42	0.283	500	66.3%	PEAD
PC35	34-35	11.30	0.362	0.113	17.23	152.68	0.153	0.005	1.42	0.301	500	70.6%	PP
PC38													
PC39	38-39	11.00	0.015	0.086	14.74	171.70	0.007	0.026	1.20	0.039	400	11.3%	PEAD
PC41	39-41	12.10	0.029	0.090	15.13	168.39	0.014	0.007	0.85	0.079	400	23.0%	PEAD
PC40													
PC41	40-41	20.00	0.013	0.088	14.98	169.66	0.006	0.024	1.12	0.037	400	10.7%	PEAD
PC41			0.042	0.090									
PC42	41-42	20.00	0.055	0.093	15.40	166.17	0.025	0.044	1.97	0.067	400	19.6%	PEAD
PC35	42-35	25.00	0.067	0.100	16.08	160.85	0.030	0.005	0.96	0.127	400	37.1%	PEAD
PC35			0.429	0.113									
PC36	35-36	25.00	0.451	0.117	17.62	150.10	0.188	0.005	1.53	0.287	630	53.7%	PEAD
PC37	36-37	17.50	0.524	0.120	17.88	148.43	0.216	0.005	1.57	0.314	630	58.7%	PP
PC43													
PC37	43-37	12.50	0.046	0.086	14.78	171.39	0.022	0.012	1.19	0.086	400	25.1%	PP
PC37			0.569	0.120									
P4	37-P4	4.00	0.631	0.121	17.94	148.08	0.259	0.005	1.64	0.355	630	66.4%	PP

Tab. 7 - Verifiche idrauliche