

## AUTOSTRADA (A1): MILANO-NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA  
NEL TRATTO INCISA - VALDARNO

LOTTO 1

### PROGETTO ESECUTIVO

AU - AUTOSTRADA A1

GALLERIA BRUSCHETO  
PARTE GENERALE

RELAZIONE IDRAULICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO  Ing. Paolo De Paoli Ord. Ingg. Pavia N. 1739  Responsabile Idrologia e Idraulica	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496  Progettazione Infrastrutture
---	---	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip	Disciplina	Progressivo	Rev	
119941	LL01	PE	AU	G02	GE000	00000	R	IDR	1962	-1	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER  Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725	SUPPORTO SPECIALISTICO	REVISIONE
			n.      data
			0      LUGLIO 2020
			1      OTTOBRE 2020
REDATTO:		VERIFICATO:	

	VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Furio Cruciani	VISTO DEL CONCEDENTE    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	---	---



## Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	IDROLOGIA.....	5
	2.1.1 Determinazione delle curve di possibilità climatica.....	5
3	GESTIONE DELLE ACQUE DURANTE LE FASI ESECUTIVE DI SCAVO .....	9
4	REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE INTERNE ALLE AREE DI SCAVO .....	11
4.1	SCHEMA DI DRENAGGIO.....	11
4.2	ACQUE METEORICHE DILAVANTI (QUALITÀ DELLE ACQUE) .....	11
4.3	PARTICOLARI IDRAULICI .....	12
	4.3.1 Fossi in terra rivestiti (FR) .....	12
	4.3.2 Mezzi tubi in lamiera ondulata.....	12
	4.3.3 Cunette in terra sprizzate (CUN-T).....	13
	4.3.4 Tubi in Pead.....	14
	4.3.5 Canaletta grigliata in c.a.v. (CGR) .....	15
	4.3.1 Canaletta bordo pista di cantiere (CUN-C).....	16
	4.3.2 Canaletta rettangolare (CR).....	16
4.4	DESCRIZIONE IMPIANTO DI TRATTAMENTO .....	17
	4.4.1 Premessa.....	17
	4.4.2 Dati di progetto.....	17
	4.4.3 Funzionamento.....	18
5	DRENAGGIO DELLE ACQUE IN FASE ESECUTIVA.....	20
	5.1.1 Afflussi meteorici.....	20
	5.1.2 Valutazione della portata al colmo.....	20
	5.1.1 Metodologia di verifica idraulica.....	21
5.2	DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI ACCUMULO .....	22
	5.2.1 Calcolo del volume di acque da stoccare .....	22
	5.2.2 Scelta delle vasche di accumulo .....	22
6	DRENAGGIO DELLE ACQUE NELLA SISTEMAZIONE DEFINITIVA.....	25
6.1	AFFLUSSI METEORICI.....	25
6.2	VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI COLMO .....	25
	6.2.1 Metodologia di verifica idraulica.....	26
6.3	PARTICOLARI IDRAULICI .....	26
	6.3.1 Mezzi tubi in calcestruzzo armato vibrato .....	26
	6.3.2 Canalette CRO.....	27
	6.3.3 Canaletta grigliata in c.a.v. CRG.....	27
	6.3.4 Tubi in Pead.....	27
7	ALLEGATO 1: RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE .....	28
7.1	IMBOCCO SUD.....	28
7.2	IMBOCCO NORD.....	31

## Indice delle Figure

FIGURA 1.1 – UBICAZIONE DELLA GALLERIA BRUSCHETO E INQUADRAMENTO DEGLI IMBOCCHI .....	4
FIGURA 4.1 – PARTICOLARE FOSSO RIVESTITO FR .....	12
FIGURA 4.2 – PARTICOLARE MEZZO TUBO ARMCO DN600 .....	13
FIGURA 4.3 – PARTICOLARE CUNETTA IN TERRA CUN-T .....	13
FIGURA 4.4 – PARTICOLARE TRINCEA DI POSA TUBI .....	14
FIGURA 4.5 – PARTICOLARE POZZETTI DI ISPEZIONE IN C.A.V. ....	15
FIGURA 4.6 – PARTICOLARE CANALETTA GRIGLIATA IN C.A.V. ....	16
FIGURA 4.7 – PARTICOLARE CUN-C .....	16
FIGURA 5.1 – RAPPRESENTAZIONE DI UNA VASCA DI ACCUMULO PREFABBRICATA MONOBLOCCO .....	23
FIGURA 5.2 – PARTICOLARE VASCA DI ACCUMULO PREFABBRICATA MONOBLOCCO .....	24
FIGURA 6.1 – MEZZO TUBO DN600 IN CAV. ....	27
FIGURA 7.1 – IMBOCCO SUD: AREE DI SUDDIVISIONE DIMENSIONANTI PER I VARI RAMI DELLA RETE DI SMALTIMENTO PROVVISORIA. ....	29
FIGURA 7.2 – AREE DI SUDDIVISIONE DIMENSIONANTI PER I VARI RAMI DELLA RETE .....	30
FIGURA 7.3 – IMBOCCO NORD: AREE DI SUDDIVISIONE DIMENSIONANTI PER I VARI RAMI DELLA RETE DI SMALTIMENTO PROVVISORIA. ....	31
FIGURA 7.4 – IMBOCCO NORD: AREE DI SUDDIVISIONE DIMENSIONANTI PER I VARI RAMI DELLA RETE DI SMALTIMENTO DEFINITIVA. ....	32

## Indice delle Tabelle

TABELLA 2-1: STAZIONI PLUVIOGRAFICHE CONSIDERATE IN PROGETTAZIONE DEFINITIVA .....	5
TABELLA 2-2: STAZIONE PLUVIOGRAFICA CONSIDERATA IN PROGETTAZIONE ESECUTIVA .....	5
TABELLA 2-3: STORICO RENACCI (FATTORIA) DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA E CASI CRITICI DAL 1951 AL 2014 .....	6
TABELLA 2-4: DISTRIBUZIONE DI GUMBEL: PARAMETRI "A" IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO .....	7
TABELLA 2-5: CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA RENACCI (FATTORIA) .....	8
TABELLA 3-1: FASI ESECUTIVE IMBOCCO NORD (SINISTRA) E IMBOCCO SUD (DESTRA) .....	9
TABELLA 7-1 - RISULTATI DELLE VERIFICHE SULLE CONDOTTE PROVVISORIE .....	28
TABELLA 7-2 - RISULTATI DELLE VERIFICHE SULLE CONDOTTE DEFINITIVE .....	30
TABELLA 7-3 – IMBOCCO NORD: RISULTATI DELLE VERIFICHE SULLE CONDOTTE DEFINITIVE .....	32

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce agli imbocchi della nuova Galleria Bruschetto nell'ambito dei lavori di ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A1 nel tratto tra Incisa e Valdarno.

L'Oggetto della presente relazione è la tematica della regimazione delle acque durante le fasi esecutive dell'imbocco Nord e dell'imbocco Sud.

La gestione delle acque durante le fasi esecutive riguarda prevalentemente l'intercettazione, il trattamento e lo scarico delle acque meteoriche di dilavamento delle aree di scavo durante i vari ribassi e la regimazione delle acque di versante nel rispetto della continuità idraulica.

La galleria Bruschetto si trova nel comune di Reggello (Fi).

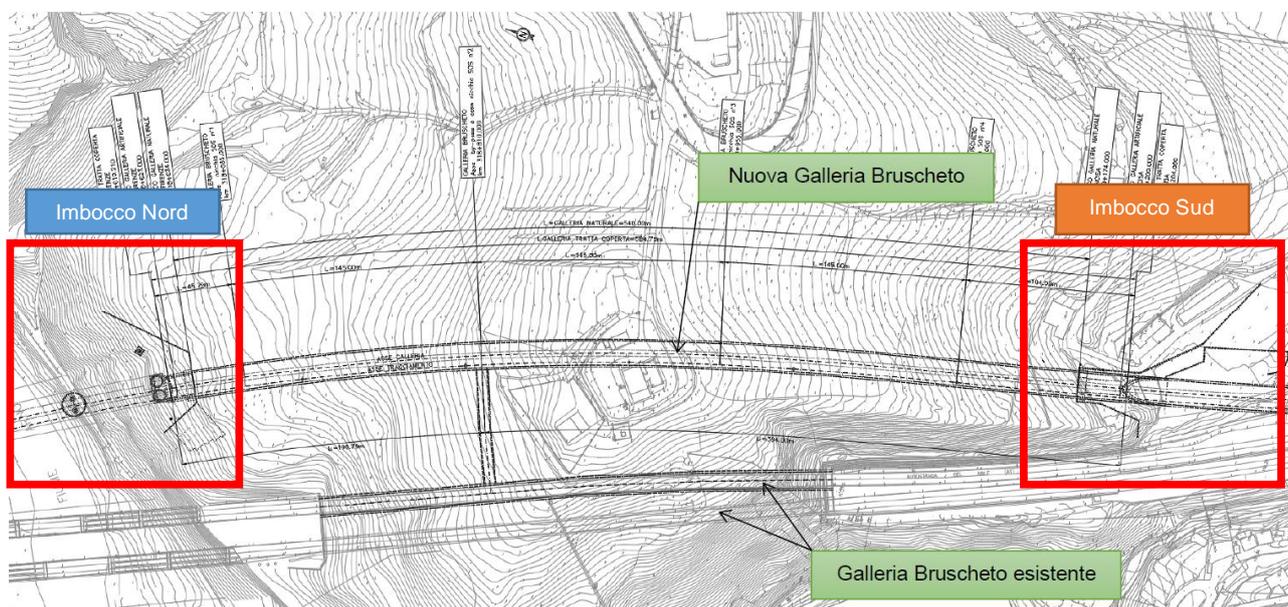


Figura 1.1 – Ubicazione della galleria Bruschetto e inquadramento degli imbocchi

## 2 IDROLOGIA

L'analisi idrologica è stata effettuata definendo il regime delle piogge di breve durata e notevole intensità, considerando durate inferiori all'ora e comprese tra 1 e 24 ore.

L'acquisizione dei dati pluviometrici si è limitata quindi a considerare le stazioni dotate di pluviometro registratore che permettono di individuare le precipitazioni di massima intensità e breve durata (Annali Idrologici, Parte I, Tabelle III e V).

Per lo studio idrologico eseguito in progettazione definitiva, erano state analizzate inizialmente tre stazioni pluviografiche gestite dal Servizio Idrografico e Mareografico - Sezione di Pisa - dotate di strumento registratore, adiacenti all'area in esame.

Nella Tabella 2-1 si riportano le caratteristiche delle tre stazioni pluviografiche di interesse.

La serie storica esaminata comprende 61 anni, dal 1951 al 2014. La mancanza di registrazioni relative a durate inferiori all'ora, per gli anni precedenti al 1951, non ha reso possibile un'ulteriore estensione della serie.

Tabella 2-1: Stazioni pluviografiche considerate in progettazione definitiva

Cod. stazione	Stazione	Comune	Lat.	Long.	Quota (m slm)	Bacino
TOS10001080	Firenze (Idrografico)	Firenze	43.783	11.256	50.00	Arno
TOS10001090	Firenze (Ximeniano)	Firenze	43.776	11.256	48.00	Arno
TOS01001141	Antella	Bagno a Ripoli	43.730	11.330	170.00	Arno

In progettazione esecutiva, è stata invece considerata una nuova stazione, Renacci (Fattoria), che ricade all'interno del comune di S.Giovanni Valdarno (Tabella 2-2).

Tale stazione, oltre ad essere da un punto di vista geografico più idonea rispetto alle precedenti, presenta valori di pioggia più elevati, che garantiscono un livello di sicurezza superiore.

Tabella 2-2: Stazione pluviografica considerata in progettazione esecutiva

Cod. stazione	Stazione	Comune	Lat.	Long.	Quota (m slm)	Bacino
TOS10000870	Renacci (Fattoria)	S.Giovanni Val.	43.591	11.526	210.00	Arno

### 2.1.1 Determinazione delle curve di possibilità climatica

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate all'individuazione, per ogni stazione, della curva di possibilità climatica o pluviometrica, esprimibile con la relazione:

$$h(t) = a \times t^n$$

in cui l'altezza di pioggia (in mm) è legata alla durata (in ore) tramite i parametri a e n, ricavati dalla serie di dati mediante elaborazione statistica.

Nello studio idrologico è stata utilizzata la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel per le altezze di pioggia. Questa elaborazione è stata applicata a tutte le stazioni analizzate, con riferimento ai tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

A ciascuna stazione pluviografica e per ciascun tempo di ritorno risulta pertanto associata una curva di possibilità climatica per eventi di pioggia di durata da 0 a 24 ore.

Si riportano di seguito i dati storici della stazione Renacci (Fattoria) TOS010000870 che sono di tipo discontinuo e vanno dal 1951 al 2014 per un totale di 61 anni di dati archiviati.

Tabella 2-3: storico Renacci (Fattoria) delle intensità di pioggia e casi critici dal 1951 al 2014

Anno	Durata (h)					Casi Critici Tot=61	Durata (h)				
	1	3	6	12	24		1	3	6	12	24
1948	40.0	52.8	52.8	71.6	73.8	1	80.0	143.0	145.2	155.0	227.0
1949	31.0	41.0	44.8	62.4	70.4	2	45.8	76.4	102.4	145.2	145.6
1950	15.0	31.2	40.0	43.4	43.4	3	45.6	74.0	102.0	106.4	124.0
1951	18.0	31.6	47.4	47.6	47.6	4	41.8	68.6	80.8	96.0	109.6
1952	12.0	24.0	28.6	31.4	31.4	5	41.2	67.0	77.6	89.4	90.0
1953	30.2	30.2	30.2	34.8	38.4	6	40.0	60.0	75.4	86.0	89.8
1954	27.0	45.2	45.2	45.2	45.2	7	39.8	53.4	69.8	80.7	87.1
1955	22.4	28.0	34.2	37.4	41.2	8	37.0	53.0	61.7	79.0	83.2
1956	12.0	20.0	31.6	36.6	52.4	9	36.0	52.8	56.6	71.6	79.2
1957	15.0	21.0	26.6	36.0	36.6	10	35.0	47.4	55.8	69.8	77.0
1958	18.4	20.0	28.0	50.6	57.0	11	33.2	45.2	52.8	62.4	73.8
1963	20.2	24.6	42.8	50.8	60.0	12	33.0	45.2	51.2	62.4	70.4
1964	35.0	76.4	102.4	106.4	109.6	13	31.4	42.2	50.6	62.0	69.8
1965	80.0	143.0	145.2	145.2	145.6	14	31.0	41.0	47.4	60.2	66.4
1966	36.0	74.0	102.0	155.0	227.0	15	30.4	40.0	46.2	57.1	65.2
1967	16.0	26.4	33.6	40.0	43.8	16	30.3	39.3	46.0	56.0	64.8
1968	21.6	28.2	38.0	38.4	38.4	17	30.2	39.2	45.9	55.0	63.8
1969	33.0	60.0	75.4	86.0	89.8	18	27.4	39.0	45.2	54.4	61.6
1970	19.0	22.6	23.2	26.4	30.6	19	27.0	38.8	45.0	54.4	60.0
1971	16.2	22.6	32.8	33.0	36.0	20	26.8	38.2	44.8	54.2	58.6
1972	18.4	20.0	24.8	31.6	47.8	21	26.6	37.2	43.8	53.2	58.2
1973	41.2	53.0	55.8	56.0	56.0	22	24.6	36.6	43.6	53.0	57.4
1974	18.8	26.4	34.8	44.8	57.4	23	23.4	35.2	42.8	50.8	57.4
1975	22.0	27.0	36.0	44.0	51.4	24	23.2	34.2	42.0	50.8	57.2
1976	23.2	33.0	40.8	50.8	64.8	25	23.2	34.0	40.8	50.6	57.0
1977	19.0	21.6	29.0	33.2	33.2	26	22.4	33.0	40.0	48.6	56.0
1978	13.6	18.8	24.0	38.8	44.4	27	22.4	31.6	40.0	47.6	54.8
1979	18.8	34.0	46.2	54.4	54.8	28	22.4	31.2	39.2	47.4	53.4
1980	20.0	38.8	43.6	54.4	61.6	29	22.2	31.2	39.0	47.0	53.2
1981	30.4	37.2	51.2	54.2	66.4	30	22.0	30.8	38.4	46.0	53.0
1982	22.0	39.0	39.0	40.0	51.4	31	22.0	30.2	38.0	45.2	52.6
1983	17.4	22.0	26.2	36.2	52.6	32	21.6	28.2	36.6	44.8	52.4
1984	22.4	31.2	31.2	31.4	33.6	33	21.0	28.0	36.0	44.2	51.4
1985	12.0	17.2	18.6	33.0	53.0	34	20.2	27.2	34.8	44.0	51.4
1986	19.8	25.0	29.8	41.2	58.6	35	20.0	27.0	34.2	43.4	51.2
1987	24.6	39.2	39.2	62.4	77.0	36	19.8	26.6	33.6	41.4	51.0
1988	13.4	18.6	18.8	35.0	35.4	37	19.0	26.4	32.8	41.2	50.8
1989	30.3	35.2	45.9	57.1	65.2	38	19.0	26.4	32.2	40.0	50.0
1992	33.2	47.4	56.6	96.0	124.0	39	18.8	26.0	31.6	40.0	49.6
1993	45.6	67.0	80.8	89.4	90.0	40	18.8	25.0	31.6	40.0	49.2
1994	41.8	45.2	46.0	46.0	46.0	41	18.4	24.8	31.2	38.8	47.8
1995	16.8	21.6	30.4	48.6	57.4	42	18.4	24.6	30.4	38.4	47.6
1996	22.4	36.6	42.0	47.4	58.2	43	18.0	24.2	30.2	38.2	46.0
1997	15.2	24.2	30.2	44.2	50.0	44	17.4	24.0	30.2	37.4	45.2
1998	21.0	24.8	27.9	38.2	50.8	45	16.8	23.6	29.8	37.0	44.6
1999	14.8	26.6	38.4	41.4	41.8	46	16.8	22.6	29.0	36.6	44.4
2000	22.2	39.3	61.7	80.7	87.1	47	16.2	22.6	28.6	36.2	43.8
2001	26.6	27.2	31.6	47.0	51.2	48	16.0	22.0	28.0	36.0	43.4
2002	23.2	26.0	27.2	37.0	49.2	49	15.4	21.6	27.9	35.0	41.8
2003	6.4	10.0	14.4	20.4	28.6	50	15.2	21.6	27.2	34.8	41.2
2004	39.8	40.0	40.0	40.0	51.0	51	15.0	21.0	26.6	33.2	38.4
2005	27.4	34.2	36.6	55.0	57.2	52	15.0	20.0	26.2	33.2	38.4
2006	15.4	23.6	32.2	62.0	83.2	53	14.8	20.0	24.8	33.0	36.6
2007	14.0	18.4	21.2	33.2	44.6	54	14.0	20.0	24.0	33.0	36.0
2008	37.0	38.2	43.8	60.2	63.8	55	13.6	19.0	23.2	31.8	35.4
2009	16.8	19.0	22.8	27.2	32.0	56	13.4	18.8	22.8	31.6	33.6
2010	31.4	53.4	77.6	79.0	79.2	57	12.0	18.6	21.2	31.4	33.2
2011	23.4	30.8	45.0	53.0	53.4	58	12.0	18.4	18.8	31.4	32.0
2012	45.8	68.6	69.8	69.8	69.8	59	12.0	17.2	18.8	27.2	31.4
2013	26.8	42.2	50.6	53.2	53.2	60	7.6	13.4	18.6	26.4	30.6
2014	7.6	13.4	18.8	31.8	49.6	61	6.4	10.0	14.4	20.4	28.6

Tabella 2-4: distribuzione di Gumbel: parametri "a" in funzione del tempo di ritorno

Tr (anni)	P(a)	a (mm/h)
2	0,5000	24,40
3	0,6667	29,64
5	0,8000	35,47
10	0,9000	42,80
15	0,9333	46,94
20	0,9500	49,83
25	0,9600	52,06
30	0,9667	53,88
35	0,9714	55,41
40	0,9750	56,73
45	0,9778	57,89
50	0,9800	58,93
60	0,9833	60,73
70	0,9857	62,25
80	0,9875	63,56
90	0,9889	64,72
100	0,9900	65,75
150	0,9933	69,73
200	0,9950	72,55

Dalla regolarizzazione dei minimi quadrati per piogge di durata superiore all'ora, si ottiene un valore costante di "n" pari a 0.2936.

Poiché per piogge di breve durata (inferiori a 1 ora) la curva di probabilità pluviometrica restituisce dei valori di "n" che sono lontani da quelli reali, si utilizza la seguente relazione:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(T) = \left(\frac{t}{60}\right)^s$$

dove "s" è un parametro che varia a seconda della regione in esame.

Per h<1 ora un parametro "n" pari a 0.4499.

Nella tabella seguente si riportano, perciò i parametri "a" ed "n" delle curve di possibilità pluviometrica adottati per ciascun tempo di ritorno.

Tabella 2-5: Curve di possibilità pluviometrica Renacci (Fattoria)

t	n	a						
		Tr = 5 anni	Tr = 10 anni	Tr = 25 anni	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
< 1 ora	0.449 9	35.47	42.80	52.06	58.93	65.75	72.55	81.51
> 1 ora	0.293 6	35.47	42.80	52.06	58.93	65.75	72.55	81.51

### 3 GESTIONE DELLE ACQUE DURANTE LE FASI ESECUTIVE DI SCAVO

La gestione delle acque durante le fasi esecutive di scavo riguarda:

- L'intercettazione, il trattamento e lo scarico delle acque meteoriche di dilavamento delle aree di scavo durante i vari ribassi;
- La regimazione delle acque di versante nel rispetto della continuità idraulica.

Per ogni fase esecutiva prevista in progetto è stata definita una specifica rete di drenaggio in grado di raccogliere e convogliare a trattamento le acque meteoriche di dilavamento.

Per maggior dettaglio di seguito si riporta la descrizione di ogni fase esecutiva:

Tabella 3-1: fasi esecutive imbocco Nord (sinistra) e imbocco Sud (destra)

FASI DI CANTIERIZZAZIONE	FASI DI CANTIERIZZAZIONE
<p><b>FASE 1</b> Realizzazione di pista di accesso alla zona di cantiere e preparazione della rampa per realizzazione piazzale di lavoro a quota 149.00/150.00 (con interventi di presidio delle scarpate e opere idrauliche). Inclinazione degli scavi 1/2 e 2/3. Per gli scavi i=2/3, esecuzione delle chiodature definitive e/o provvisorie.</p> <p><b>FASE 2</b> Realizzazione dei micropali Ø240mm da quota 149.00/150.00 (tratta B-C-D-E-F, parte di tratta A-B e F-G, ove necessario con perforazione a vuoto (var. 0.00-2.00m)) e realizzazione cordolo di testa pali. (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 3</b> Scavi di ribasso fino a quota 148.00, realizzazione cordolo di testa pali eseguiti da quota 149.00/150.00. Posa in opera travi di contrasto e realizzazione tiranti fino a quota 148.00. Esecuzione delle chiodature degli scavi provvisori i=2/3 nel tratto B-A. (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 4</b> Scavi di ribasso H&lt;1.00m fino a quota 143.00. Ad ogni ribasso: - esecuzione delle chiodature degli scavi provvisori i=2/3 nel tratto B-A. - realizzazione dei micropali Ø240mm - realizzazione cordolo di testa pali - posa in opera travi di contrasto e realizzazione tiranti. (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 5</b> Scavi di ribasso H&lt;1.00m fino a quota 140.00. Ad ogni ribasso: - esecuzione delle chiodature degli scavi provvisori i=2/3 nel tratto B-A. - realizzazione dei micropali Ø240mm - realizzazione cordolo di testa pali - posa in opera travi di contrasto e realizzazione tiranti. (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 6</b> Scavi di ribasso H&lt;1.00m fino a quota definitiva piazzale (132.00c.a.). Ad ogni ribasso: - esecuzione delle chiodature degli scavi provvisori i=2/3 nel tratto B-A. - realizzazione dei micropali Ø240mm - realizzazione cordolo di testa pali - posa in opera travi di contrasto e realizzazione tiranti.</p> <p>Realizzazione della parte di pista di cantiere da quota 138.00 a quota piazzale 132.00c.a. Esecuzione delle chiodature definitive e/o provvisorie per gli scavi i=2/3. (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p>Costruzione della dima di attacco della galleria e seguito della realizzazione delle opere di consolidamento all'imbocco (infilaggi e consolidamento del fronte di scavo). Creazione area di cantiere. Scavo primo campo di avanzamento e scavo ulteriori 2 campi di scavo della galleria naturale.</p> <p><b>FASE 7</b> Scavi da piazzale di lavoro fino a quota 130.00c.a. per realizzazione pozzi spalla "B" del viadotto Arno. Costruzione manufatto spalla "B".</p> <p><b>FASE 8</b> Ritombamento spalla fino a quota 132.00c.a. e posa gabbrioni metallici definitivi fino a quota 132.00c.a. Realizzazione della Galleria Artificiale e del Portale di Imbocco a seguito del completamento dello scavo e dei rivestimenti della galleria naturale.</p> <p>Completamento posa gabbrioni metallici definitivi fino a quota 130.00c.a. Realizzazione terre rinforzate.</p> <p><b>FASE 9</b> Sistemazione definitiva dell'area.</p>	<p><b>FASE 0</b> Prima dell'avvio dei lavori di scavo dell'imbocco sud si dovranno attuare tutte le misure di protezione dell'autostrada per garantire la sicurezza degli utenti.</p> <p><b>FASE 1</b> Realizzazione di rampa di accesso al piazzale a quota 144.00 e demolizione del fabbricato esistente. (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche). Demolizione dei fabbricati esistenti e scavo per la posa della vasca di accumulo fino a quota 128.00 con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche.</p> <p><b>FASE 2</b> Reintegro della vasca di accumulo fino a quota 130.50 con adeguamento interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche. Realizzazione del piazzale di lavorazione a quota 147.00 mediante scavi e riporti. Realizzazione dei pali Ø600mm per la tratta D-E-F-G-H, ove necessario con perforazione a vuoto (var. 0.00-3.00m) e realizzazione cordolo di testa pali. Realizzazione del rilevato in misto cementato e gabbrioni a sostegno di parte del piazzale a quota 144.00. Creazione pista per realizzazione micropali Ø240mm per la tratta P-Q-R-S (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 3</b> Scavi di ribasso a quota 146.00-145.00-144.00, realizzazione dei pali Ø600mm per la tratta H-I-L, realizzazione cordolo di testa pali. Scavi di ribasso a quota 146.00-145.00-144.00, realizzazione dei micropali Ø240mm per le tratte B1-C e M-N. Realizzazione dei micropali Ø240mm per la tratta P-Q-R-S (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 4</b> Esecuzione trave di contrasto a quota 144.00 (tratta E-F) e posa puntori di contrasto. Scavi di ribasso e posa in opera tiranti fino a quota 140.00-141.00, realizzazione cordolo di testa micropali per le tratte B1-C e M-N. Realizzazione cordolo porta FCA per la tratta P-Q-R e cordolo testa micropali Ø240mm per la tratta R-S (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 5</b> Scavi di ribasso e posa in opera tiranti fino a quota 137.00-136 per le tratte B1-C-D-E-F-G-H-I-L-M-N, realizzazione dei micropali Ø240mm per le tratte A-B-B1 e N-O. Scavi di ribasso a quote realizzazione primo ordine di tiranti a 105.00-131.00 PER per la tratta P-Q-R-S (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche).</p> <p><b>FASE 6</b> Scavo di ribasso e posa in opera tiranti fino a quota piazzale (131.00+131.00) (con interventi di presidio delle scarpate, trincee drenanti e opere idrauliche). Costruzione della dima di attacco della galleria a seguito della realizzazione delle opere di consolidamento all'imbocco (infilaggi e consolidamento del fronte di scavo). Creazione area di cantiere.</p> <p><b>FASE 7</b> Realizzazione della Galleria Artificiale a seguito del completamento dello scavo e dei rivestimenti della galleria naturale. Realizzazione del Portale a becco di flauto e costruzione del muro di contenimento a tergo della cabina impianti. Costruzione dei locali impianti (Cabine Elettriche, vasche antincendio, ecc.).</p> <p><b>FASE 8</b> Sistemazione definitiva dell'area.</p>

In generale durante le fasi di scavo le aree da drenare sono aree in terra.

Il progetto del sistema di drenaggio durante le fasi esecutive deve tenere in conto le esigenze di sicurezza e funzionalità e allo stesso tempo deve essere il più semplice possibile per adattarsi facilmente alle varie fasi di scavo.

Le acque meteoriche di dilavamento delle aree di scavo possono risultare inquinate per il passaggio mezzi di cantiere e per le lavorazioni eseguite durante le varie fasi esecutive pertanto devono essere adeguatamente trattate prima di essere scaricate nel reticolo idrografico.

---

La restituzione delle acque raccolte e trattate nella rete idraulica di progetto avviene nel corpo idrico ricettore naturale dell'area, ovvero il Fosso Cetina per l'imbocco Sud e il fiume Arno per l'imbocco Nord.

## 4 REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE INTERNE ALLE AREE DI SCAVO

### 4.1 SCHEMA DI DRENAGGIO

Le acque meteoriche provenienti dai versanti ("acque pulite") e che non interferiscono con l'area di cantiere, verranno raccolte lungo i limiti del cantiere mediante canalette rettangolari in c.a.v. o canali costituiti da mezzi tubi DN600 in lamiera ondulata e convogliate direttamente al recapito finale.

Le acque meteoriche ricadenti sull'area di scavo sono potenzialmente cariche di sostanze inquinanti e pertanto vengono definite "acque sporche".

Nel caso specifico delle aree di scavo degli imbocchi si ritiene di trattare i primi 20 mm ovvero 200 mc per ettaro di superficie.

Le acque meteoriche afferenti alle aree di scavo vengono intercettate con fossi in terra perimetrali o con mezzi tubi in lamiera ondulata DN600 mentre lungo le piste di cantiere sono previste cunette marginali.

La rete di raccolta e convogliamento delle acque viene progressivamente adattata ai diversi scenari di avanzamento del piazzale di scavo.

Le acque intercettate dagli elementi idraulici superficiali vengono convogliate mediante pozzetti di raccordo in c.a.v. in collettori in PEAD che posti lungo i versanti acclivi recapitano alla vasca di stoccaggio dimensionata per i 20mm. La vasca è composta in elementi modulari in c.a. prefabbricati.

A monte del sistema di accumulo è posto un pozzetto separatore, in c.a. prefabbricato, in grado di separare la quota parte eccedente il volume di acque da trattare che verrà recapitata direttamente allo scarico finale.

All'inizio della precipitazione, le acque meteoriche di dilavamento che si immettono nel pozzetto separatore defluiscono nella vasca di accumulo, inizialmente vuota, attraverso la tubazione di comunicazione; se viene raggiunto il livello di massimo riempimento della vasca, una apposita valvola a galleggiate chiude l'ingresso in vasca. Le eventuali acque eccedenti (superiori all'altezza di pioggia di 20 mm), vengono direttamente convogliate nella tubazione di scarico e portate a recapito.

Le acque invase vengono successivamente portate all'impianto di trattamento mediante pompa di sollevamento.

La vasca di accumulo delle acque da trattare è ubicata nella zona a valle dell'area di cantiere in modo da ricevere il più possibile a gravità gli apporti convogliati dalla rete di monte e tale ubicazione rimane fissa durante le diverse fasi di scavo.

Il sistema di accumulo è dotato di una pompa di svuotamento con misuratore di livello in grado di sollevare una portata di 6 l/s pari alla capacità dell'impianto di trattamento. Lo svuotamento delle vasche avviene sempre entro le 24 ore.

Il livello di attacco della pompa di svuotamento è pari a +0,50 m dal fondo della vasca, mentre quello di stacco corrisponde al fondo vasca stesso.

### 4.2 ACQUE METEORICHE DILAVANTI (QUALITÀ DELLE ACQUE)

Come anticipato nei paragrafi precedenti per le aree di scavo dell'imbocco si prevede il trattamento di un volume di acque di dilavamento pari a 20mm. Tecnicamente non è possibile garantire il trattamento di tutti gli eventi meteorici di qualsiasi intensità e durata, pertanto è stata eseguita una specifica analisi statistica sui dati idrologici catalogati. Dall'analisi delle piogge giornaliere di una serie rappresentativa di 20 anni è emerso che l'85% dei gironi piovosi sono caratterizzati da altezza di precipitazione inferiori a 20 mm, pertanto si ritiene ragionevole stoccare un volume corrispondente a 20 mm (200 mc/ettaro).

Le acque da trattare saranno caratterizzate soprattutto da solidi sospesi contenuti nelle acque di dilavamento dei piazzali di scavo; oltre ai solidi sospesi, nelle acque saranno presenti olii ed idrocarburi in tracce, non quantificabili, dato il movimento dei mezzi all'interno dell'area di cantiere.

### 4.3 PARTICOLARI IDRAULICI

#### 4.3.1 Fossi in terra rivestiti (FR)

Sono fossi simili ai fossi inerbiti con la differenza che vengono rivestiti.

Questi tipi di fossi vengono realizzati o in presenza di forti pendenze, per evitare l'erosione del fosso stesso oppure in prossimità delle zone di recapito al reticolo idrografico in presenza di barriera filtro.

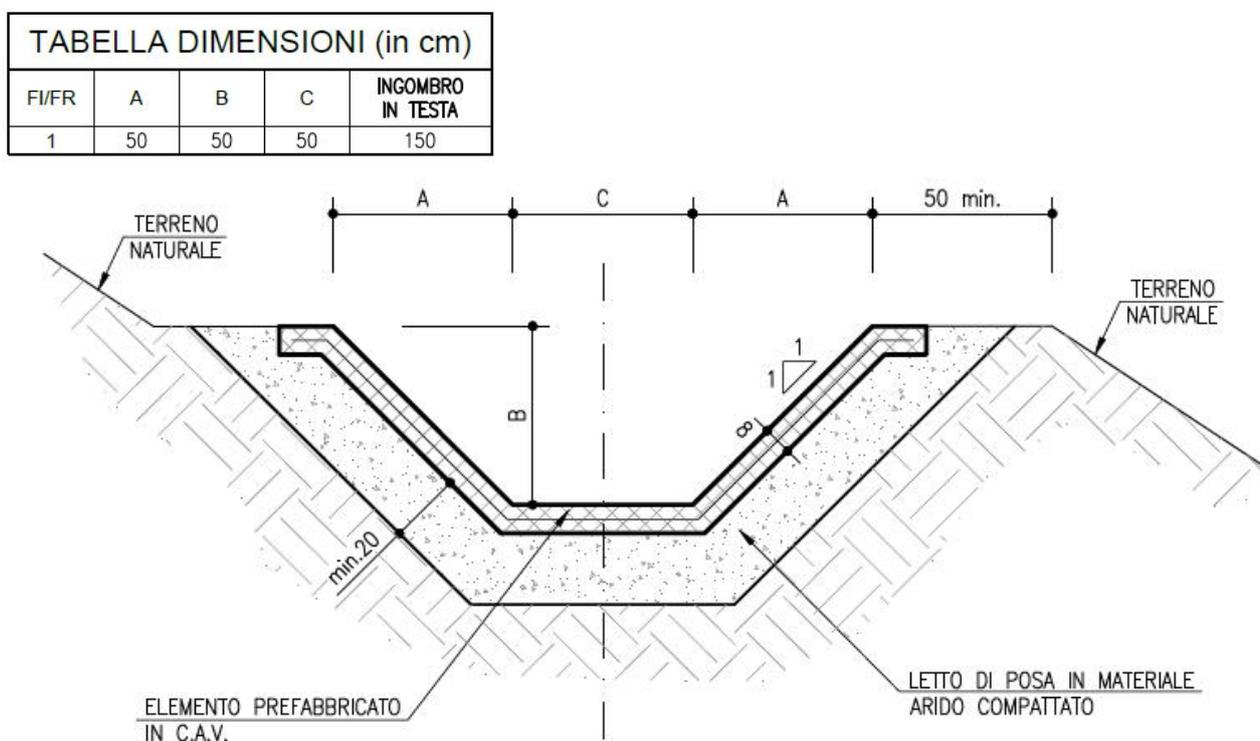


Figura 4.1 – Particolare fosso rivestito FR

#### 4.3.2 Mezzi tubi in lamiera ondulata

Per esigenze particolari l'intercettazione delle acque meteoriche di dilavamento delle aree di scavo può essere realizzata mediante mezzi tubi in lamiera ondulata normalmente aventi sezione DN600. In particolare questo avviene per intercettare il ruscellamento delle acque lungo i versanti di scavo molto acclivi, dove risulta tecnicamente poco realizzabile lo scavo di fossi in terra; in questi casi vengono posati i mezzi tubi ancorati al terreno mediante staffature in acciaio INOX a passo 1.5 metri.

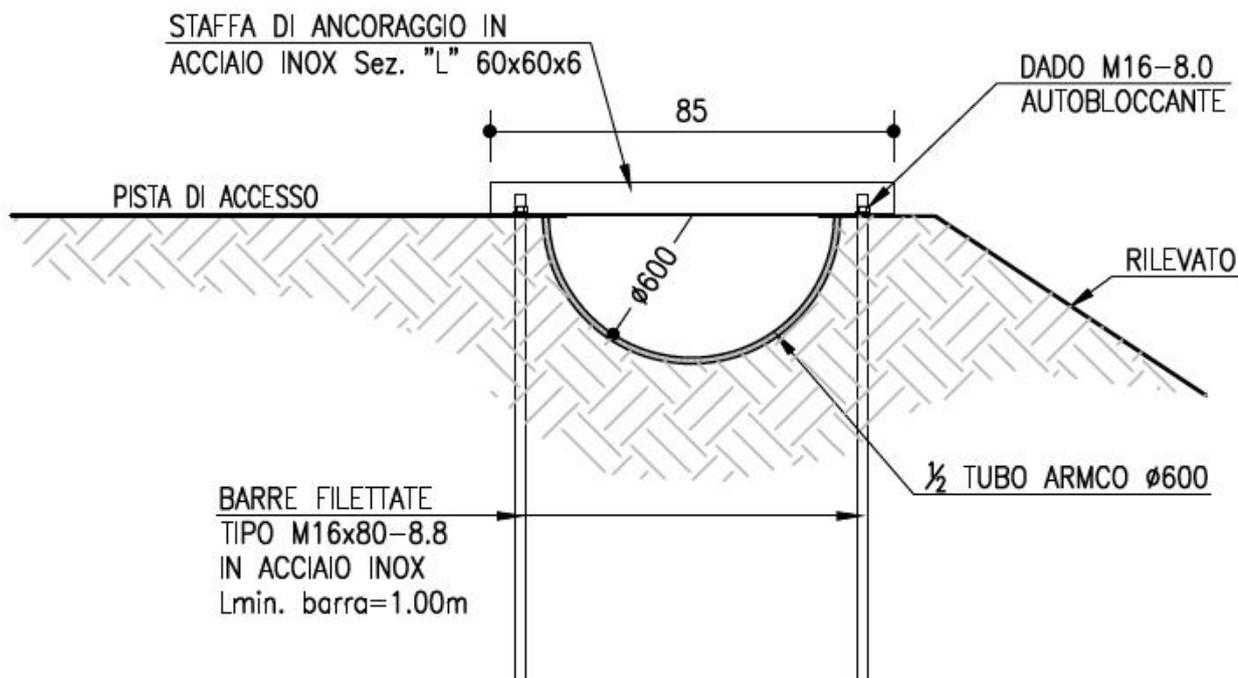


Figura 4.2 – Particolare mezzo tubo Armco DN600

#### 4.3.3 Cunette in terra sprizzate (CUN-T)

Per il drenaggio delle piste di cantiere necessarie alla realizzazione delle paratie, al fine di contenere l'ingombro dell'elemento di drenaggio e per facilitare la realizzazione dello stesso, si realizzano a bordo pista lato monte dei fossetti rettangolari in terra sprizzati di sezione 30x30 cm.

La realizzazione di queste cunette risulta molto agevole e facilmente adeguabile alle varie fasi di scavo e allo stesso tempo consente di intercettare le acque prodotte durante la trivellazione dei micropali di paratia e l'esecuzione dei getti, oltre alle acque meteoriche di dilavamento della pista di cantiere.

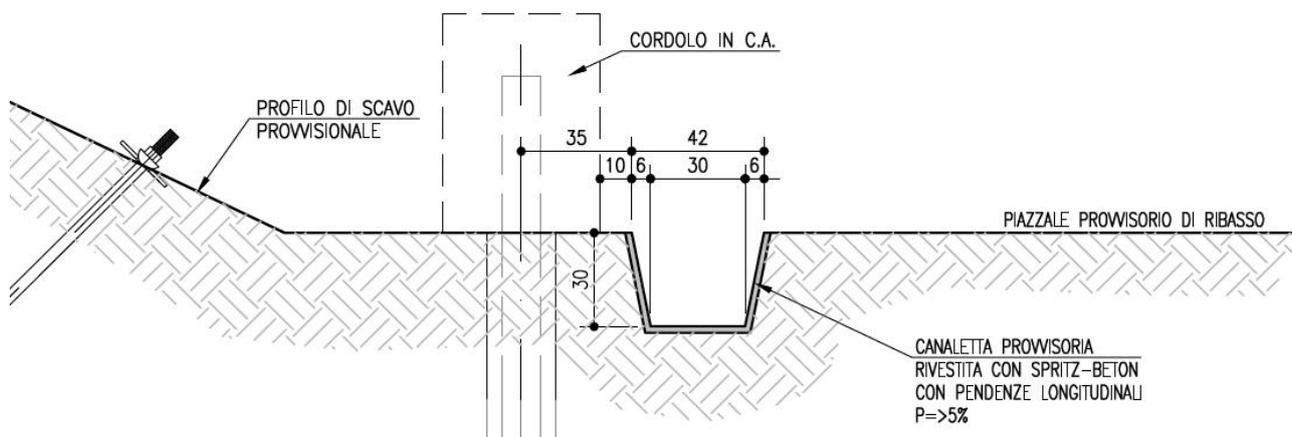


Figura 4.3 – Particolare cunetta in terra CUN-T

#### 4.3.4 Tubi in Pead

Per l'attraversamento delle viabilità di servizio in cui non è possibile mantenere elementi idraulici a sezione aperta (fossi in terra, canalette, mezzi tubi) e per convogliare le acque lungo i versanti naturali, le acque vengono convogliate mediante pozzetti in c.a.v. all'interno di tubazioni in PEAD diametri da DN300 a DN630.

Le tubazioni giungono fino ad un pozzetto prefabbricato in c.a.v. di by-pass dove le acque meteoriche dilavanti (200 mc/ha), che necessitano di trattamento, vengono inviate ad un sistema di stoccaggio mentre le acque successive vengono inviate al recapito senza trattamento.

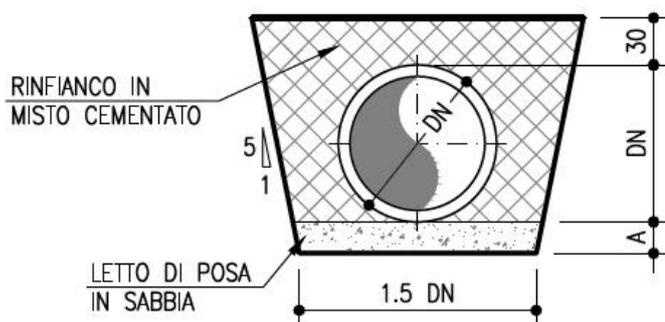


TABELLA DIMENSIONI TUBI PEAD e PP								
DN	DN250	DN315	DN400	DN500	DN630	DN800	DN1000	DN1200
A (cm)	10	10	10	15	15	20	25	25

Figura 4.4 – Particolare trincea di posa tubi

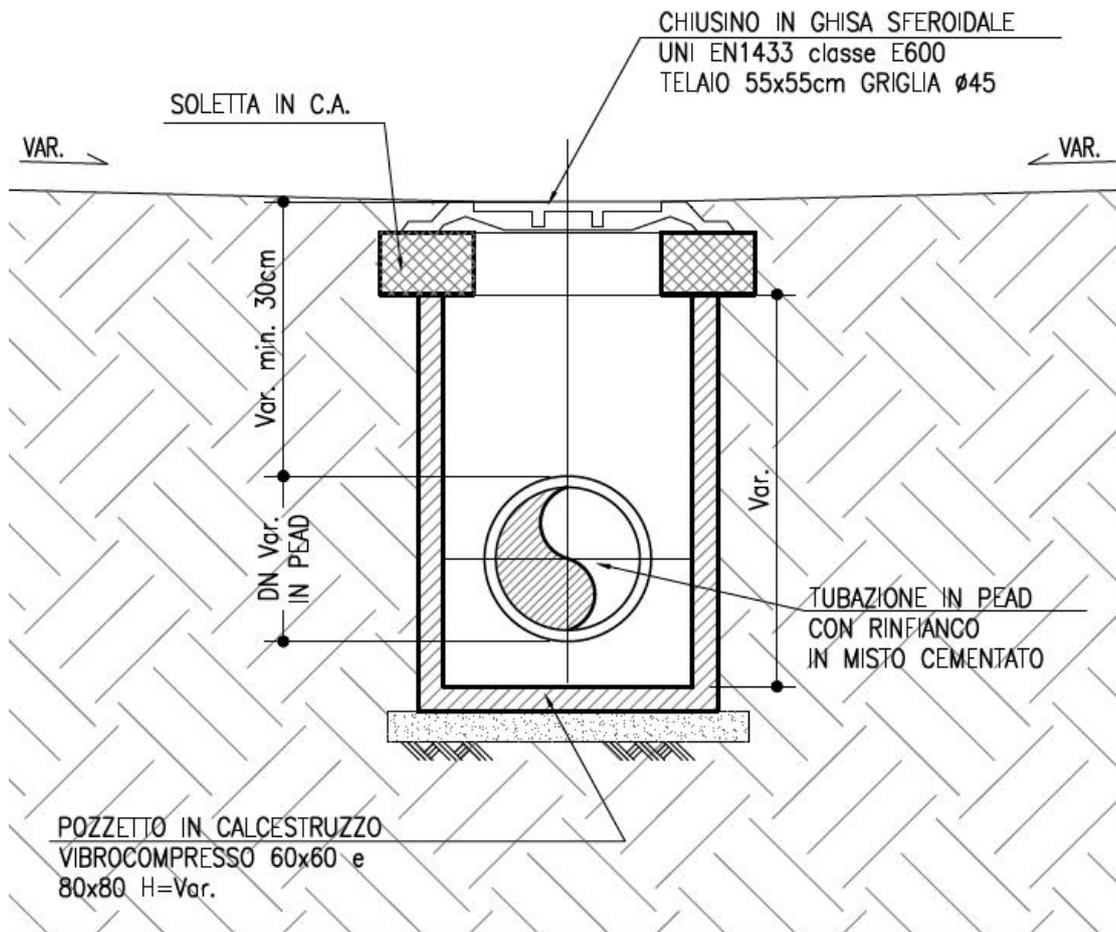


Figura 4.5 – Particolare pozzetti di ispezione in c.a.v.

#### 4.3.5 Canaletta grigliata in c.a.v. (CGR)

La canaletta è composta da un elemento in c.a.v. rettangolare largo 20 cm e alto 34 cm ed è dotata di griglia carrabile classe E600.

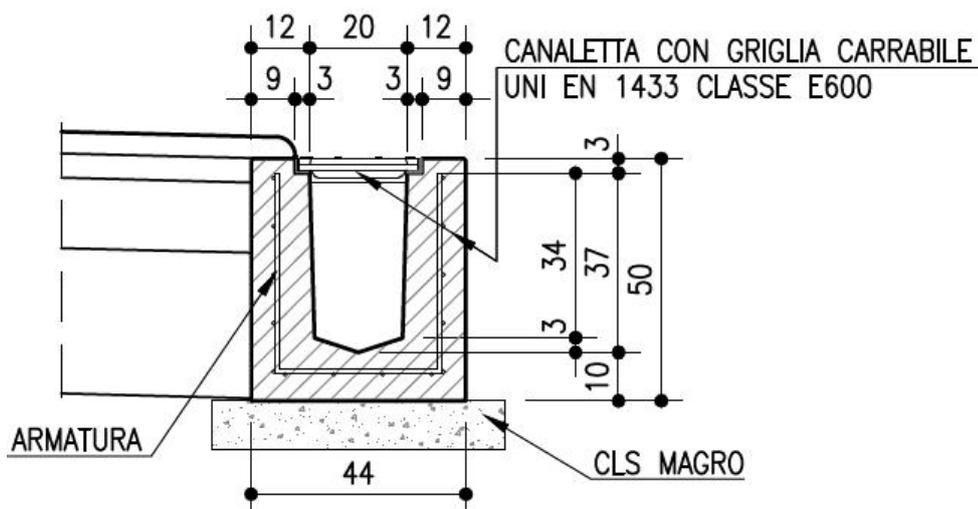


Figura 4.6 – Particolare canaletta grigliata in c.a.v.

#### 4.3.1 Canaletta bordo pista di cantiere (CUN-C)

La canaletta denominata CUN-C viene posata a bordo delle piste pavimentate di cantiere e raccoglie l'acqua sporca proveniente da tali piste.

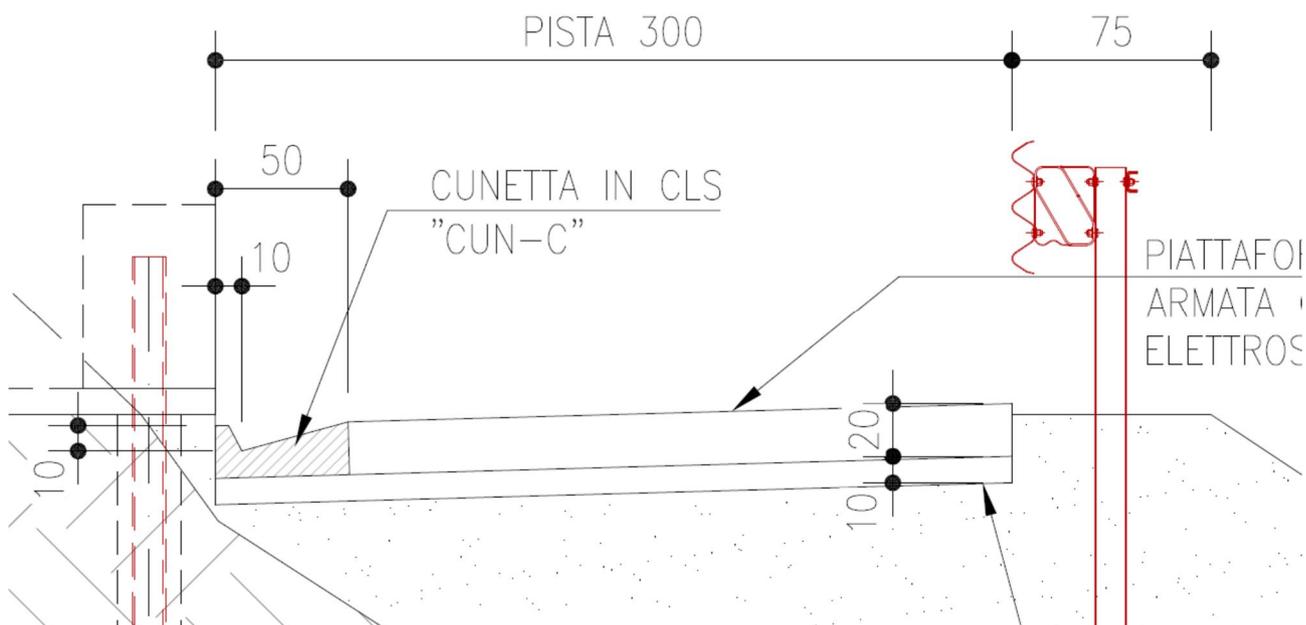
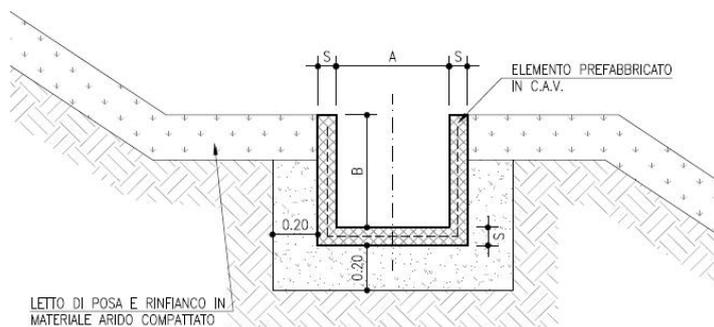


Figura 4.7 – Particolare CUN-C

#### 4.3.2 Canaletta rettangolare (CR)

Sono canali rettangolari prefabbricati con dimensioni standard.

Queste canalette vengono realizzate in presenza di forti pendenze, dove lo spazio a disposizione non permette la posa di un fosso.



CR	A	B	S	INGOMBRO IN TESTA
CR0	30	30	6	42
CR1	50	50	10	70
CR2	70	70	12	94
CR3	80	80	12	104

## 4.4 DESCRIZIONE IMPIANTO DI TRATTAMENTO

### 4.4.1 Premessa

In questo cantiere gli scarichi idrici sono determinati dalle acque industriali utilizzate ai fini lavorativi e da quelle meteoriche, incontrate durante la realizzazione degli scavi di ribasso dell'imbocco. Essi sono caratterizzati qualitativamente dalla presenza dei seguenti contaminanti: idrocarburi minerali, tensioattivi (presenti non solo nei terreni di scavo ma anche nel confezionamento dei calcestruzzi), particelle di natura inerte e cementizia, che conferiscono all'acqua caratteristiche di torbidità e di basicità.

I rendimenti dell'impianto, riferiti ai parametri sopra citati, devono consentire come richiesto dalle leggi vigenti, un effluente conforme agli standard riportati Tabella 3 Allegato 5 della D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

### 4.4.2 Dati di progetto

Il trattamento delle acque avviene mediante un impianto di depurazione di tipo chimico-fisico per le acque meteoriche di lavorazione; tale impianto è prefabbricato e dimensionato per la portata riportata nella tabella sottostante nella quale sono indicati i parametri di progetto.

Parametri di progetto	Unità misura	Grandezze
Portata massima	L/sec	6,0
Concentrazione massima di S.S. in ingresso al decantatore	g/L	12
Basicità delle acque	pH	12,3
Oli minerali e idrocarburi	mg/L	tracce

L'impianto si sviluppa secondo il seguente schema di flusso:

## LINEA ACQUE

- Sedimentazione particelle grossolane;
- Coagulazione e neutralizzazione;
- Flocculazione con dosaggio automatico proporzionale di polielettrolita;
- Sollevamento acque e sedimentazione con chiarificatore statico;
- Neutralizzazione finale con controllo e registrazione dei parametri chimico/fisici;
- Filtrazione su quarzite.

## LINEA FANGHI

- Stoccaggio fanghi;
- Disidratazione con filtro pressa a piastre.

### 4.4.3 Funzionamento

Le acque provenienti dagli scavi di ribasso dell'imbocco sono torbide per la presenza di solidi in sospensione, costituiti in concentrazione variabile da particelle di natura inerte, con granulometria variabile, da polvere di cemento attivo, da tracce di sostanze grasse e oleose.

Prima di inviarle all'impianto di trattamento, esse giungono in una vasca, nella quale si effettua una separazione degli eventuali solidi grossolani e una prima disoleazione a gravità.

Mediante un'elettropompa sommergibile, le acque sono inviate alla "vasca di neutralizzazione" dove è dosato dell'acido cloridrico, in modo automatico, in funzione della misurazione del pH.

La neutralizzazione si rende necessaria poiché la polvere di cemento, conferisce all'acqua di scarico, un pH basico in parte elevato.

Il trattamento delle acque si termina con la rimozione delle particelle sospese, mediante l'aggiunta di un coadiuvante di flocculazione (policloruro di alluminio o cloruro ferrico), e si completa con la successiva aggiunta di un polielettrolita anionico.

Il coadiuvante di flocculazione ha l'importante funzione di aggregare in coaguli, le particelle finissime sotto il micron, mentre il polielettrolita anionico, ha la funzione di aggregare tutte le particelle in fiocchi corposi e pesanti per accelerare la loro separazione dall'acqua, mediante il processo di sedimentazione.

Nella "vasca di neutralizzazione" è dosato il coadiuvante con una pompa dosatrice e miscelato in acqua mediante un agitatore.

Per gravità, le acque passano nella "vasca di sollevamento" per essere inviate con elettropompa sommergibile, al decantatore statico a sviluppo verticale.

Lungo la tubazione di mandata, è dosato il polielettrolita in maniera proporzionale, in funzione della misura dei Solidi Sospesi effettuata a monte del punto di dosaggio, per mezzo di un sensore di misura della loro concentrazione.

La soluzione di polielettrolita è preparata mediante un "polipreparatore automatico" di adeguate dimensioni, nel quale avviene la dissoluzione del polielettrolita e lo stoccaggio della soluzione preparata.

Il decantatore statico a sviluppo verticale, ha la funzione di separare la parte flocculata, costituita dai "fiocchi di fango", dalla parte liquida.

La frazione liquida chiarificata stramazza in una canaletta, posta sul suo bordo superiore, e da qui inviata ad una "vasca di accumulo" (utilizzata per il controlavaggio del filtro a quarzite), nella quale è effettuata la neutralizzazione finale di sicurezza e le misure dei principali parametri chimico/fisici prima dello scarico. I dati raccolti dalle sonde di misura e quelli di portata sono inviati a un data logger che provvede alla loro registrazione e ha il compito di inviare messaggi SMS all'operatore di turno per allarme di superamento limiti dei parametri chimici e di avaria cumulativa delle apparecchiature.

Le acque così trattate, sono inviate al serbatoio di accumulo delle acque industriali per il riutilizzo mediante una pompa centrifuga (se richiesto dal cantiere) o al trattamento di "filtrazione a quarzite" per sicurezza e per ridurre ulteriormente il contenuto dei solidi sospesi nelle acque di scarico.

Durante l'esercizio il filtro a quarzite tende ad accumulare solidi sospesi sulla superficie filtrante, al raggiungimento di una determinata pressione differenziale esso si rigenera mediante controlavaggi con acqua e aria. Le acque di controlavaggio, ricche di solidi sospesi, sono convogliate in testa all'impianto per essere trattate di nuovo.

Le acque, in uscita dalla filtrazione e le eventuali acque di troppo pieno della vasca di accumulo, sono inviate al pozzetto fiscale per lo scarico nel corpo idrico ricettore.

Prima del pozzetto fiscale è misurata la portata idrica, con un misuratore a induzione elettromagnetica.

La frazione solida, sedimentata nel chiarificatore e scaricata in una vasca fanghi, è inviata con una pompa centrifuga di pressurizzazione al filtro pressa a piastre per la sua disidratazione.

Il filtro pressa ha lo scopo di separare ulteriormente le acque dal fango, con l'obiettivo di avere un fango disidratato e palabile.

Il fango così disidratato è conferito in discarica autorizzata, mentre le acque di filtrazione, anche se limpide, per sicurezza sono inviate in testa all'impianto per essere ritratte.

Le acque meteoriche insistenti sull'area d'impianto e le acque di lavaggio del filtro pressa, sono sempre raccolte in un pozzetto, all'interno dell'area, e inviate in testa all'impianto con elettropompa sommergibile.

Le apparecchiature devono essere alloggiare in un locale tecnico coibentato e condizionato, che è diviso in due settori: il primo che accoglie le apparecchiature di processo, il secondo insonorizzato per lo stazionamento dell'operatore addetto alla gestione.

Tutte le opere in carpenteria metallica devono essere corredate di calcoli strutturali e, nella progettazione dell'impianto di trattamento acque, devono essere adottati tutti quei presidi necessari per ottemperare alle vigenti norme in merito alla sicurezza. Ciò non solo attribuibile al periodo dei lavori d'installazione ma anche per quella intrinseca per la conduzione dell'impianto, che deve essere priva di rischi d'infortunio.

## 5 DRENAGGIO DELLE ACQUE IN FASE ESECUTIVA

### 5.1.1 Afflussi meteorici

La rete delle acque meteoriche è stata dimensionata per un evento con tempo di ritorno quinquennale (TR=5 anni), ritenuto sufficiente per la durata del cantiere e l'inesistenza di situazioni di particolare vulnerabilità.

I risultati dell'analisi pluviometrica sono riportati nel paragrafo specifico, nel seguito si ripetono brevemente i valori dei parametri utilizzati nel dimensionamento della rete in oggetto.

Scelta la curva di possibilità pluviometrica con una legge a due parametri del tipo:

$$h = a t^n$$

dove:

- h è l'altezza di pioggia;
- a e n sono i due parametri della curva, dipendenti dal tempo di ritorno;
- t è la durata della pioggia.

In riferimento ad un evento di pioggia di durata inferiore all'ora e tempo di ritorno di progetto pari a 5 anni si considerano i seguenti valori: a = 35.47 e n = 0.4499.

### 5.1.2 Valutazione della portata al colmo

La forzante idraulica agente in ciascuna sezione di calcolo è stata determinata applicando il metodo razionale. Tale metodo consente di valutare la massima portata al colmo mediante la seguente espressione:

$$Q_{max} = 0.00278 \cdot \varphi \cdot i \cdot S$$

con:

S = superficie del sottobacino [ha];

i = intensità di pioggia [mm/h];

$\varphi$  = coefficiente di deflusso.

Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in luoghi diversi del bacino, arrivano alla sezione di chiusura in tempi diversi;
- il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale all'intensità di pioggia caduta in quel punto per il tempo necessario al raggiungimento della sezione di chiusura da parte del contributo stesso;

- tale tempo è caratteristico di ogni singolo punto e rimane costante per tutta la durata del fenomeno pluviometrico.

Ne consegue che le massime portate al colmo si ottengono per tempi di pioggia pari al tempo di concentrazione determinati alla sezione di chiusura in esame.

Il tempo di concentrazione è stato definito cautelativamente in funzione dell'estensione della superficie di scavo afferente, assumendo come valore minimo 10 minuti.

La riduzione dell'afflusso ( $\varphi$ ) alle rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Se esistono bacini tributari di area  $A_i$  sarà:

$$\varphi = \frac{S_j A_i}{S A_i}$$

Nel caso in esame è stato adottato un coefficiente di deflusso  $\varphi$  pari a 0.6 per le superfici di scavo non pavimentate.

### 5.1.1 Metodologia di verifica idraulica

L'analisi idraulica dei tratti di tubazione e di canalette grigliate verrà eseguita mediante valutazione del deflusso della corrente a pelo libero in condizioni di moto uniforme.

La formula utilizzata è quella di Gauckler-Strickler valida per deflussi a pelo libero:

$$Q = k_s \times W \times R^{2/3} \times i_f^{1/2} = k_s \times W^{5/3} \times B^{3/2} \times i_f^{1/2}$$

nella quale:

Q = portata liquida all'interno delle canalette e delle tubazioni;

$k_s$  = coefficiente di scabrezza (assunto pari a  $120 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per tubazioni in materiale plastico,  $80 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  per elementi in cls);

W = area della sezione di deflusso;

$i_f$  = pendenza tubazione o canaletta di scolo;

R = raggio idraulico;

B = perimetro bagnato.

Sia le tubazioni sia le canalette dovranno essere sempre verificate con un grado di riempimento massimo  $GR_{max}=80\%$ , calcolato mediante la formula di Gauckler-Strickler.

## 5.2 DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI ACCUMULO

Il sistema di accumulo della acque meteoriche dilavanti (20 mm/ha) è costituito da vasche monoblocco poste in parallelo nelle quali avviene già una prima fase di sedimentazione.

In queste vasche vengono separate e accumulate le acque che gradualmente vengono inviate al trattamento, al riempimento delle vasche avviene la chiusura della valvola meccanica a galleggiante posta sulla tubazione d'ingresso e le eventuali acque successive vengono convogliate in una tubazione diretta al ricettore.

### 5.2.1 Calcolo del volume di acque da stoccare

Il volume di acque da stoccare  $V$  si ottiene moltiplicando la superficie scolante  $S$  per l'altezza di pioggia da trattare pari a 0.02 m (i primi 20 mm) e per il coefficiente di deflusso  $\varphi$ .

$$V = S \times 0.02 \times \varphi$$

Il coefficiente di deflusso è stato definito in funzione della tipologia di superficie scolante pari a:

1 per le superfici pavimentate impermeabili;

0.6 per superfici non pavimentate come le aree di scavo;

Per garantire che lo stesso sistema sia in grado di stoccare efficacemente le acque anche durante la successiva fase di cantierizzazione, il sistema di drenaggio e le vasche di accumulo sono stati dimensionati tenendo conto di un coefficiente di deflusso medio tra le superfici impermeabilizzate e le superfici di scavo pari a 0.8.

Per l'imbocco Sud a fronte di una superficie di cantiere pari a circa 8400 m<sup>2</sup> è necessario stoccare un volume pari a circa 135 m<sup>3</sup>, pertanto si sono utilizzate 4 vasche da 40m<sup>3</sup> per un volume totale pari a 160m<sup>3</sup>.

Per l'imbocco Nord a fronte di una superficie di cantiere pari a circa 5350 m<sup>2</sup> è necessario stoccare un volume pari a circa 86 m<sup>3</sup>, pertanto si sono utilizzate 3 vasche da 40m<sup>3</sup> per un volume totale pari a 120 m<sup>3</sup>.

### 5.2.2 Scelta delle vasche di accumulo

Il sistema è costituito da tre/quattro vasche di accumulo prefabbricate in cemento armato vibrato monoblocco, rinforzate con pilastri verticali e puntoni orizzontali in acciaio inox.

Le vasche presentano dimensioni in pianta pari a 2.46 x 9.70 ed una altezza di 2.00 m, per un volume utile di 40 mc per vasca. All'ingresso di ciascuna vasca è presente una valvola a galleggiante in acciaio INOX per la chiusura dell'alimentazione del sistema al raggiungimento del massimo volume accumulabile.



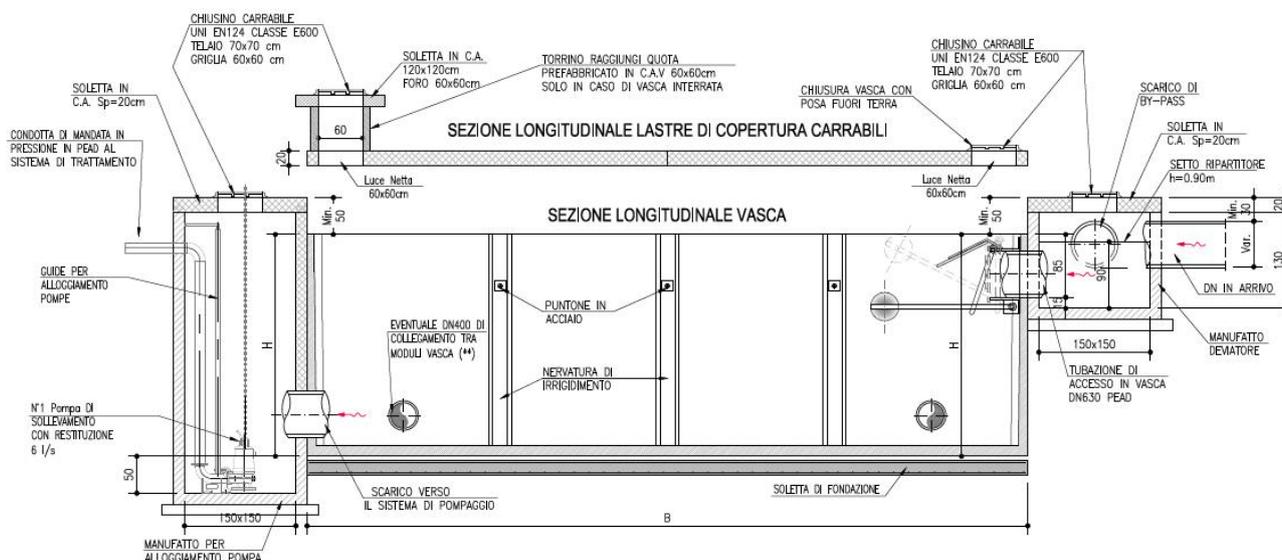
Figura 5.1 – Rappresentazione di una vasca di accumulo prefabbricata monoblocco

Ciascuna vasca è provvista di soletta carrabile  $h=20$  cm ed i chiusini di ispezione sono previsti con griglia  $60 \times 60$  cm in ghisa sferoidale classe E600. Ciascuna vasca andrà posizionata su sottofondo di calcestruzzo e sabbia a perfetto livello.

I due moduli sono messi in comunicazione idraulica mediante forometrie DN400 realizzate sulla parete laterale in prossimità del fondo.

Lo svuotamento delle vasche avviene mediante un'elettropompa sommersa monofase, avente portata pari a  $6$  l/s, dotata di 2 elettrolivelli (avvio ed arresto) e tubo di mandata in PEAD. Nel caso specifico lo svuotamento della vasca avviene in circa 2h.

La pompa di sollevamento è alloggiata in un pozzetto in c.a. prefabbricato collegato ad una delle due vasche mediante una forometria in prossimità del fondo.



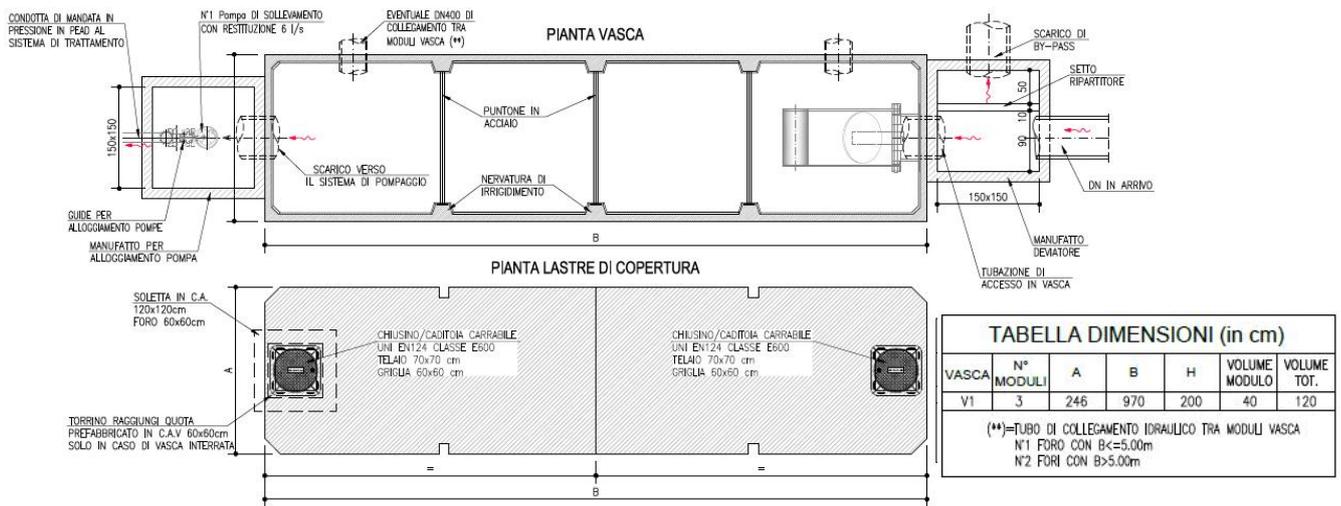


Figura 5.2 – Particolare vasca di accumulo prefabbricata monoblocco

## 6 DRENAGGIO DELLE ACQUE NELLA SISTEMAZIONE DEFINITIVA

### 6.1 AFFLUSSI METEORICI

La rete di drenaggio delle acque meteoriche nella configurazione definitiva è stata dimensionata per un evento con tempo di ritorno TR=25 anni per la verifica di tutti gli elementi di drenaggio interni e TR=50 anni per gli elementi di coronamento perimetrali che intercettano le acque di versante.

I risultati dell'analisi pluviometrica sono riportati nel paragrafo specifico, nel seguito si ripetono brevemente i valori dei parametri utilizzati nel dimensionamento della rete in oggetto.

Scelta la curva di possibilità pluviometrica con una legge a due parametri del tipo:

$$h = a t^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia;

a e n sono i due parametri della curva, dipendenti dal tempo di ritorno;

t è la durata della pioggia.

In riferimento ad un evento di pioggia di durata inferiore all'ora e tempo di ritorno di progetto pari a 50 anni si considerano i seguenti valori: a = 58.93 e n = 0.4499.

### 6.2 VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI COLMO

La forzante idraulica agente in ciascuna sezione di calcolo è stata determinata applicando il metodo razionale. Tale metodo consente di valutare la massima portata al colmo mediante la seguente espressione:

$$Q_{\max} = 0.00278 \cdot \varphi \cdot i \cdot S$$

con:

S = superficie del sottobacino [ ha ] ;

i = intensità di pioggia [ mm/h ] ;

$\varphi$  = coefficiente di deflusso.

Tale metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

gocce di pioggia cadute contemporaneamente in luoghi diversi del bacino, arrivano alla sezione di chiusura in tempi diversi;

il contributo di ogni singolo punto del bacino alla portata di piena è direttamente proporzionale all'intensità di pioggia caduta in quel punto per il tempo necessario al raggiungimento della sezione di chiusura da parte del contributo stesso;

tale tempo è caratteristico di ogni singolo punto e rimane costante per tutta la durata del fenomeno pluviometrico.

Ne consegue che le massime portate al colmo si ottengono per tempi di pioggia pari al tempo di concentrazione determinati alla sezione di chiusura in esame.

Il tempo di concentrazione è stato definito cautelativamente in funzione dell'estensione della superficie di scavo afferente, assumendo come valore minimo 10 minuti.

La riduzione dell'afflusso ( $\varphi$ ) alle rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Se esistono bacini tributari di area  $A_i$  sarà:

$$\varphi = \frac{S_j A_i}{S A_i}$$

Nel caso in esame è stato adottato un coefficiente di deflusso  $\varphi$  pari a 0.6 per le superfici non pavimentate e pari ad 1 per le superfici pavimentate.

### 6.2.1 Metodologia di verifica idraulica

L'analisi idraulica dei tratti di tubazione e di canalette grigliate verrà eseguita mediante valutazione del deflusso della corrente a pelo libero in condizioni di moto uniforme.

La formula utilizzata è quella di Gauckler-Strickler valida per deflussi a pelo libero:

$$Q = k_s \times W \times R^{2/3} \times i_f^{1/2} = k_s \times W^{5/3} \times B^{3/2} \times i_f^{1/2}$$

nella quale:

Q = portata liquida all'interno delle canalette e delle tubazioni;

ks = coefficiente di scabrezza (assunto pari a 80 m<sup>1/3</sup> s-1 per tubazioni in materiale plastico, 60 m<sup>1/3</sup> s-1 per elementi in cls);

W = area della sezione di deflusso;

if = pendenza tubazione o canaletta di scolo;

R = raggio idraulico;

B = perimetro bagnato.

Sia le tubazioni sia le canalette dovranno essere sempre verificate con un grado di riempimento massimo GRmax=80%, calcolato mediante la formula di Gauckler-Strickler.

## 6.3 PARTICOLARI IDRAULICI

### 6.3.1 Mezzi tubi in calcestruzzo armato vibrato

L'intercettazione delle acque meteoriche di ruscellamento dalle aree di versante in prossimità dell'imbocco sud della galleria e della strada di accesso al piazzale viene realizzata mediante mezzi tubi in calcestruzzo armato vibrato (cav) aventi diametri variabili di DN1400, DN1000 e DN600 in funzione dell'area di competenza.

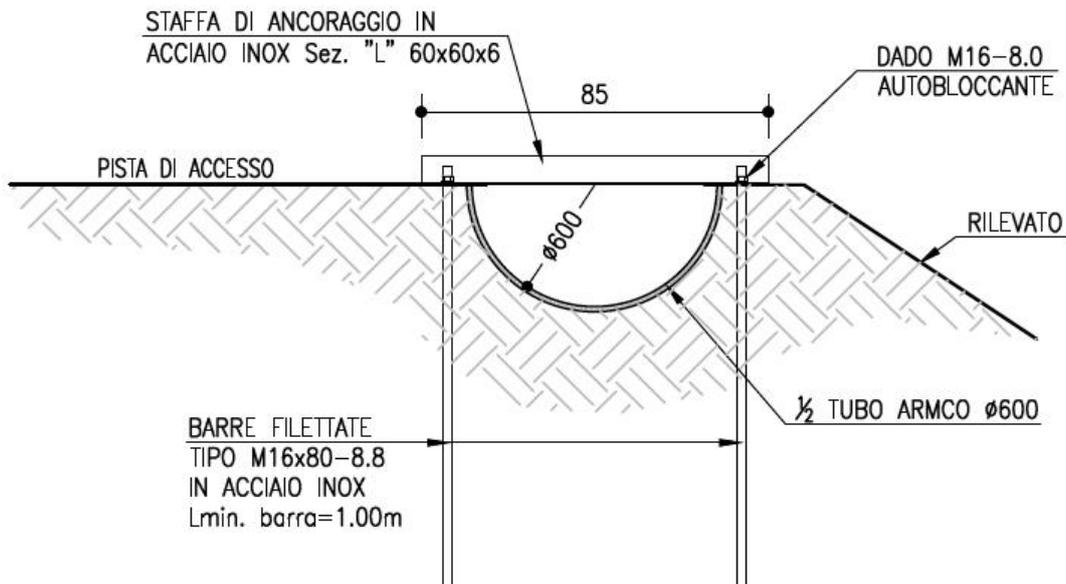


Figura 6.1 – Mezzo tubo DN600 in cav.

### 6.3.2 Canalette CR0

Le canalette prefabbricate CR0 sono utilizzate per intercettare l'acqua meteorica di ruscellamento delle aree comprese tra il muro di sostegno del piazzale e la strada di accesso al piazzale stesso.

### 6.3.3 Canaletta grigliata in c.a.v. CRG

La canaletta grigliata CRG viene posta lungo l'area del piazzale ed in corrispondenza del tratto terminale della strada di accesso.

### 6.3.4 Tubi in Pead

I collettori utilizzati per il convogliamento delle acque sono delle tubazioni in Pead SN8 di diametro DN315 e DN630. Le tubazioni sono raccordate tra di loro e con gli altri elementi da pozzetti prefabbricati in c.a.v.

## 7 ALLEGATO 1: RISULTATI DELLE VERIFICHE IDRAULICHE

### 7.1 IMBOCCO SUD

Verifiche sulla rete nella configurazione provvisoria:

Si riportano a seguire le tabella con i risultati delle verifiche sulle condotte in cui sono indicati:

La superficie scolante equivalente  $S_{eq}$  gravante sulla sezione di calcolo;

Il tempo di concentrazione nella sezione di calcolo  $t_c$  (assunto pari a 10');

L'intensità di pioggia  $i$ ;

La portata massima al colmo  $Q_{max}$  nella sezione di calcolo per il tempo di ritorno di progetto decennale;

La pendenza minima del tratto  $p$ ;

La velocità di scorrimento nel tronco di condotta  $v$ ;

Il tirante idrico in condotta  $y$ .

Il grado di riempimento  $Gr$ ;

Si riportano a seguire la tabella con i risultati delle verifiche sulle condotte provvisorie:

Tabella 7-1 - Risultati delle verifiche sulle condotte provvisorie

FASE DI CALCOLO	Area	$S_{eq}$ [m <sup>2</sup> ]	Descrizione	Dimensioni [mm]	$t_c$ [h]	$i$ [mm/h]	$f$ [-]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$p_{min}$ [m/m]	$v$ [m/s]	$y$ [m]	$Gr$ [%]
7	1	951	mezzo tubo f 600	Diam int. 600	0,167	95,04	0,6	0,02	0,2%	0,44	0,11	36%
7	1+2	36801	CR2	70X70	0,167	95,04	0,6	0,58	0,5%	1,52	0,55	55%
7	3	4650	CR0	30X30	0,167	95,04	0,6	0,07	0,5%	0,91	0,16	33%
1	1+2+3	41451	CR3	80X80	0,167	95,04	0,6	0,66	0,5%	1,58	0,52	65%
7	1+2+3	41451	tubo pead DN710	Diam int. 626	0,167	95,04	0,6	0,66	1,0%	2,64	0,47	75%
6	4+5+6	2780	CUN-T	30x42	0,167	95,04	0,6	0,04	0,2%	0,58	0,22	70%
6	4+5+6	2780	tubo pead DN400	Diam int. 327	0,167	95,04	0,6	0,04	0,2%	0,74	0,22	66%
6	7	3345	CUN-T	30x42	0,167	95,04	0,6	0,05	0,2%	0,65	0,23	75%
6	4+5+6+7+8	6805	tubo pead DN400	Diam int. 327	0,167	95,04	0,6	0,11	1,0%	1,69	0,23	71%

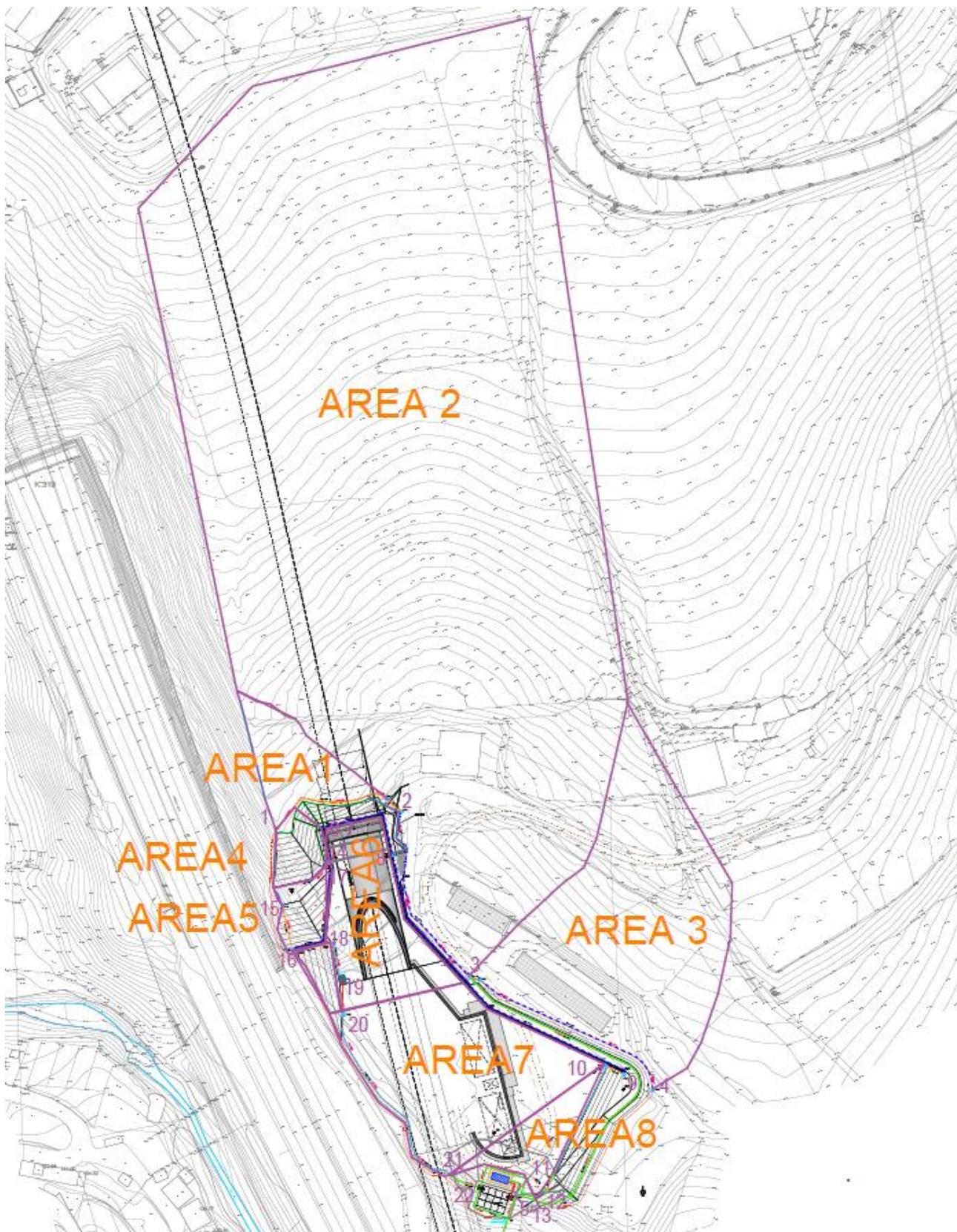


Figura 7.1 – Imbocco Sud: Aree di suddivisione dimensionanti per i vari rami della rete di smaltimento provvisoria.

Verifiche sulla rete nella configurazione definitiva:

Tabella 7-2 - Risultati delle verifiche sulle condotte definitive

Area	$S_{eq}$ [m <sup>2</sup> ]	Descrizione	Dimensioni [mm]	$t_c$ [h]	$i$ [mm/h]	$f$ [-]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$p_{min}$ [m/m]	$v$ [m/s]	$y$ [m]	Gr [%]
1	34500	mezzo tubo cav	DN1400	0,167	157,91	0,6	0,91	0,5%	1,81	0,51	72%
1+2	39150	mezzo tubo cav	DN1000	0,167	157,91	0,6	1,03	4,0%	4,07	0,36	72%
1+2	39150	tubo pead	DN800	0,167	157,91	0,6	1,03	1,5%	3,46	0,50	71%
3	5250	mezzo tubo cav	DN800	0,167	157,91	0,6	0,14	0,5%	1,12	0,24	59%
1+2+3	44400	tubo pead	DN710	0,167	157,91	0,6	1,17	3,0%	4,58	0,48	77%
4+5	1120	canaletta CRO	300x300	0,167	139,50	0,8	0,03	0,2%	0,53	0,22	72%
4+5	1120	tubo pead	Dn315	0,167	139,50	0,8	0,03	0,2%	0,69	0,21	77%
6	720	canaletta grigliata CGR	200x340	0,167	139,50	1	0,02	0,2%	0,51	0,27	80%

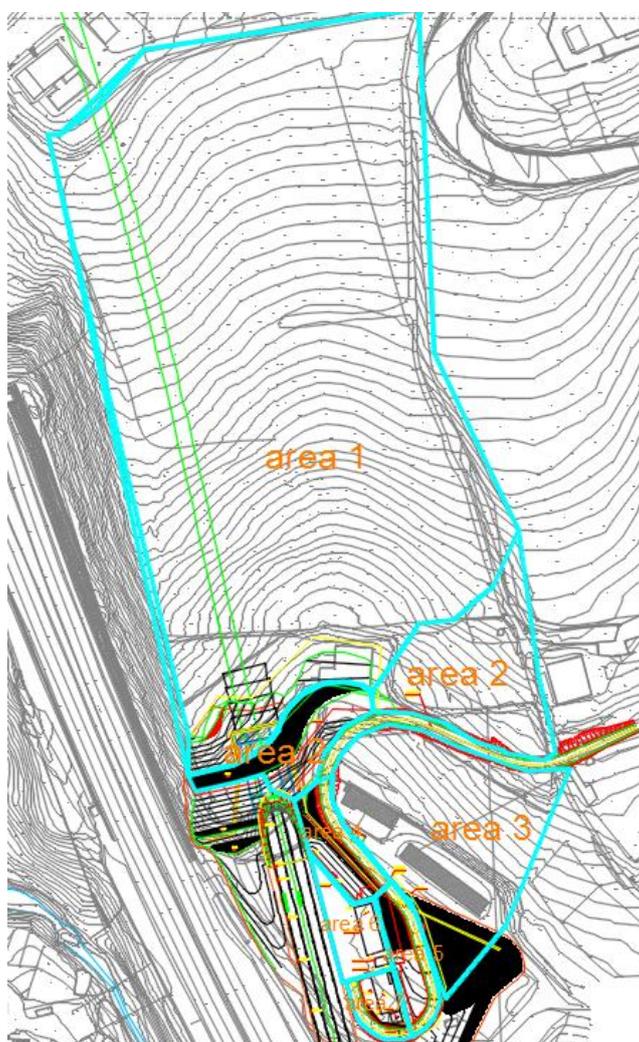


Figura 7.2 – Aree di suddivisione dimensionanti per i vari rami della rete.

Dai risultati delle verifiche si è ottenuto sempre un grado di riempimento inferiore al 80%, pertanto le sezioni hanno una capacità di smaltimento sufficiente ad allontanare le acque drenate con un opportuno grado di riempimento.

La portata totale massima recapitata al fosso di Cetina è pari a circa 1,3 mc/s.

## 7.2 IMBOCCO NORD

Verifiche sulla rete nella configurazione provvisoria:

Nella configurazione provvisoria le verifiche dei diversi elementi sono state principalmente effettuate nella fase 8 che precede la fase definitiva in cui le aree interessate dallo scavo sono maggiori. Sono state controllate tutte le diverse fasi e per alcuni elementi sono state individuate configurazioni dimensionanti nelle fasi precedenti.

FASE DI CALCOLO	Area	$S_{eq}$ [m <sup>2</sup> ]	Descrizione	Dimensioni [mm]	$t_c$ [h]	$i$ [mm/h]	$f$ [-]	$Q_{max}$ [m <sup>3</sup> /s]	$p_{min}$ [m/m]	$v$ [m/s]	$y$ [m]	Gr [%]
8	1	6641	mezzo tubo f 600	Diam int. 600	0,167	95,043	0,600	0,105	0,5%	1,30	0,20	66%
8	1+2	10136	mezzo tubo f 600	Diam int. 600	0,167	95,043	0,600	0,055	3,0%	2,79	0,15	51%
8	1+2+3	15142	tubo pead DN630	Diam int. 556	0,167	95,043	0,600	0,240	0,5%	1,62	0,33	59%
5	4	1581	CUN-T	30X42	0,167	95,043	0,600	0,025	0,2%	0,51	0,15	46%
5	5	301,6	CR0	30X30	0,167	95,043	0,600	0,005	0,2%	0,31	0,05	17%

Si riporta di seguito il dettaglio delle aree in cui le aree 1, 2, 3 sono comuni a tutte le fasi mentre le aree 4 e 5 sono state individuate per il calcolo della CUN-T e della CR0 nella fase 5 che risulta essere dimensionante per tali elementi.

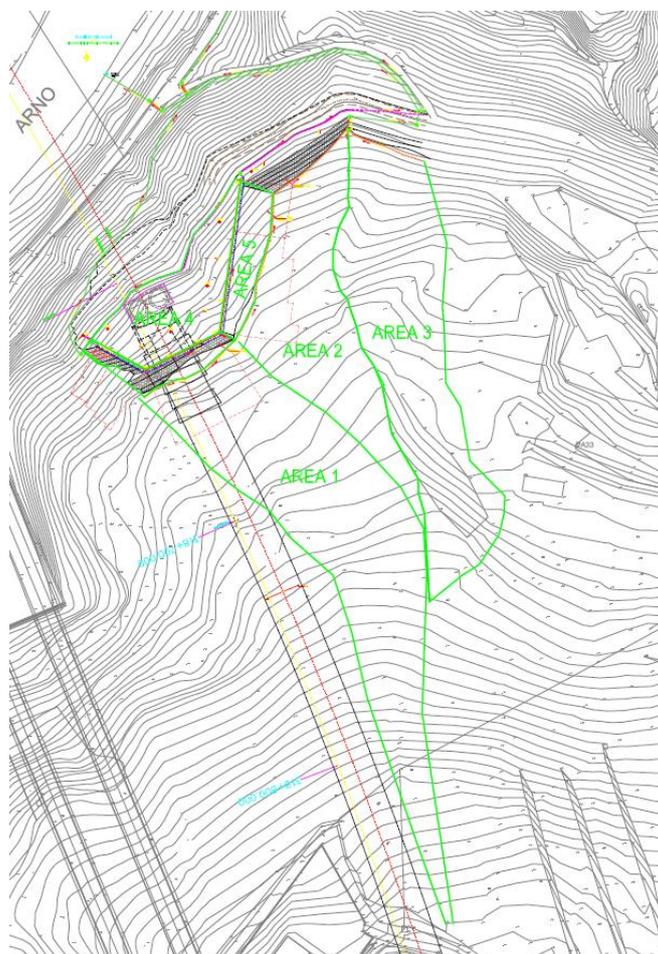


Figura 7.3 – Imbocco Nord: Aree di suddivisione dimensionanti per i vari rami della rete di smaltimento provvisoria.

Verifiche sulla rete nella configurazione definitiva:

Tabella 7-3 – Imbocco Nord: Risultati delle verifiche sulle condotte definitive

Area	S <sub>03</sub> [m <sup>2</sup> ]	Descrizione	Dimensioni [mm]	t <sub>c</sub> [h]	i [mm/h]	f [-]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]	p <sub>min</sub> [m/m]	v [m/s]	y [m]	Gr [%]
1+2	10135	mezzo tubo in lamiera ond	f600	0,167	157,906	0,6	0,267	3,0%	3,22	0,20	67%
3	5006	mezzo tubo in lamiera ond	f600	0,167	157,906	0,6	0,132	3,0%	2,63	0,14	47%
1+2+3	15141	tubo pead DN710	diam. Int. 626mm	0,167	157,906	0,6	0,399	0,5%	1,82	0,42	67%
(1+2+3)+Piazzale	(15141)+5205	tubo pead DN800	diam. Int. 705mm	0,167	(157,906) 139,497	(0,6) 0,8	0,560	0,5%	1,98	0,48	68%
6	2173	mezzo tubo cls	f600	0,167	139,497	0,8	0,067	0,2%	0,67	0,23	77%

Dai risultati delle verifiche si è ottenuto sempre un grado di riempimento inferiore al 80%, pertanto le sezioni hanno una capacità di smaltimento sufficiente ad allontanare le acque drenate con un opportuno grado di riempimento.

La portata totale massima recapitata al fiume Arno è pari a circa 0,56 mc/s.

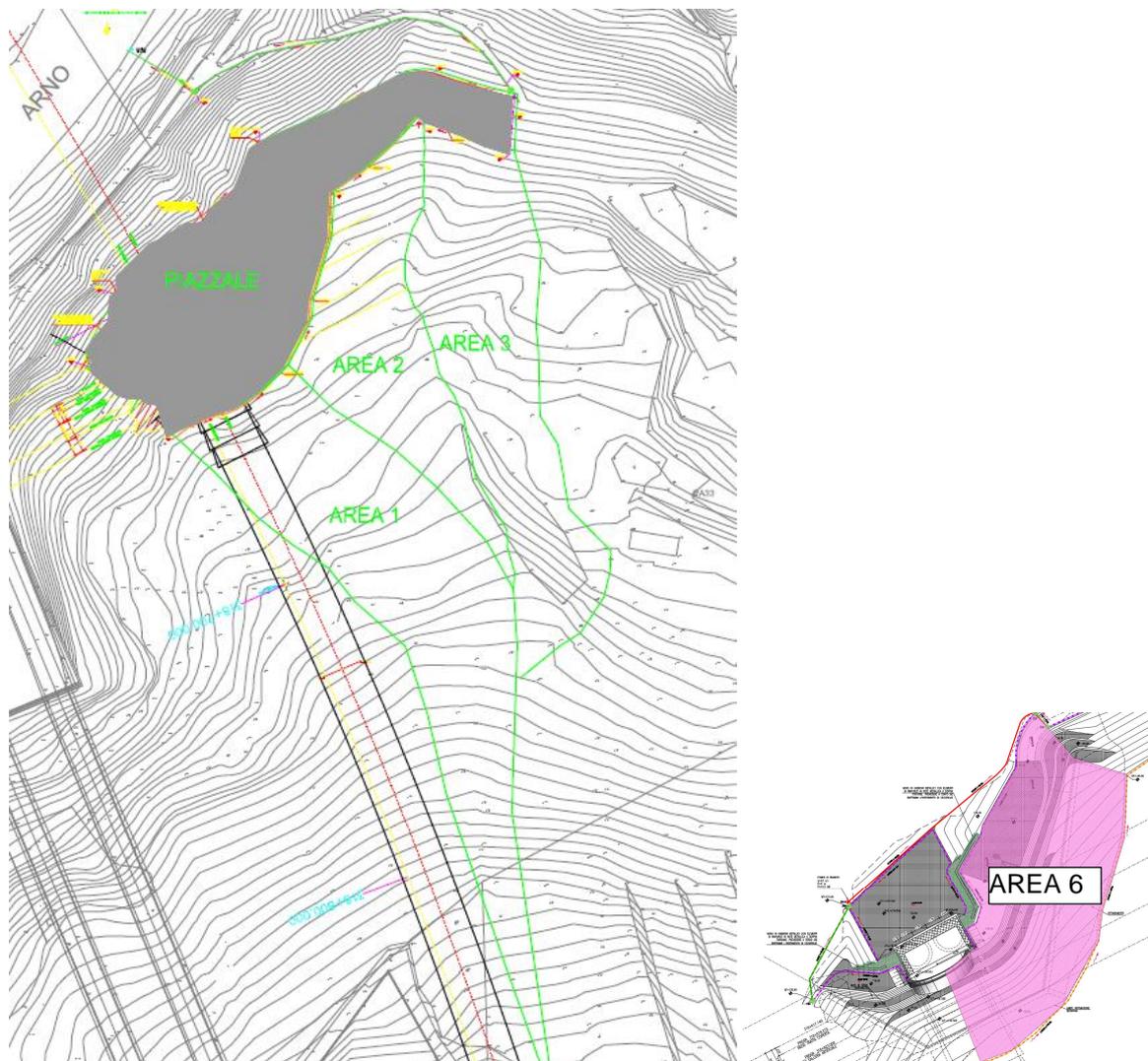


Figura 7.4 – Imbocco Nord: Aree di suddivisione dimensionanti per i vari rami della rete di smaltimento definitiva.