

PISU Asti - Ovest

Programma operativo regionale 2007/2013 finanziato dal F.E.S.R. a titolo dell'obiettivo "Competitività ed occupazione" Asse III.2.2 "Riqualificazione aree degradate". Progetto Integrato di Sviluppo Urbano (P.I.S.U.) denominato "Asti - Ovest".

Scheda O1

RIQUALIFICAZIONE QUARTIERE TORRETTA

Intervento A.3.4

***Nuova bretella stradale tra C.so Ivrea e Strada
Ragazzi del '99***

Scheda 120/12

P.T. 2012/2014

C U P M a s t e r
e CUP G31B11000570007

**P
R
O
G
E
T
T
O

P
E
S
E
C
U
T
I
V
O**

Elaborato:

F

Relazione Idraulica Fognatura

Progettista
Capogruppo R.T.P.

Ing. Elio BOERO



Il Responsabile del Procedimento

Arch. P. A. SCARAMOZZINO

RELAZIONE TECNICA

(ai sensi dell'All. 4 della Delibera Interm. del 04/02/77)

La presente relazione ha per oggetto la descrizione e il calcolo della rete fognaria di smaltimento acque bianche a servizio dell'area denominata "PISU Asti-ovest – Riqualificazione Quartiere Torretta"; in particolare tale rete sarà realizzata lungo la nuova bretella stradale tra Corso Ivrea e Strada Ragazzi del '99.

Nello specifico i tratti di canalizzazioni che costituiscono la rete fognaria, sono così caratterizzati:

- *Collettore principale corrente lungo la nuova bretella stradale dello sviluppo planimetrico di circa 340m in PEAD così suddivisi:*
 - Tratto da Pozzetto A a Pozzetto B (Øi 427) con pendenza del 3 %
 - Tratto da Pozzetto B a Pozzetto D (Øi 535) con pendenza del 3 %
 - Tratto da Pozzetto D a Pozzetto D1 (Øi 678) con pendenza del 1,5%
 - Tratto da Pozzetto D1 a Pozzetto F (Øi 851) con pendenza del 0,5%
 - Tratto da Pozzetto F a Pozzetto I (Øi 851) con pendenza dello 0,9%
- *Elementi secondari costituiti da condotti di raccolta in PEAD delle acque bianche convogliate dalle caditoie stradali ai pozzetti principali.*

I materiali scelti per la realizzazione della rete fognaria garantiscono la impermeabilità alla penetrazione di acque dall'esterno e alla fuoriuscita di liquidi dal loro interno nelle previste condizioni di esercizio.

Le tubazioni saranno in polietilene ad alta densità (PEAD) coestruso a doppia parete, caratterizzato da rigidità circonferenziale SN 8, liscia internamente di colore chiaro in modo da favorire le teleispezioni e corrugata esternamente di colore nero per garantire stabilità alla luce.

I giunti potranno essere eseguiti con manicotto e guarnizione elastomerica oppure con saldature di testa. La guarnizione elastomerica è alloggiata all'interno della corrugazione per evitare che possa fuoriuscire nelle fasi di montaggio del manicotto. Detta guarnizione inoltre ha un particolare profilo che non solo impedisce la fuoriuscita del liquido, ma evita che in presenza di falda, l'acqua penetri nella tubazione. La saldatura di testa, laddove necessaria, migliora la tenuta idraulica nel caso di fenomeni di sovrappressione; il collegamento può essere eseguito con le macchine saldatrici per i tubi estrusi lisci per condotte in pressione.

Le tubazioni saranno posate su materassino di allettamento in sabbia viva; saranno altresì rinfrancate per uno spessore di circa 1/3 del diametro con sabbia viva e saranno ricoperte superiormente da calotta di calcestruzzo magro dello spessore medio di circa 15cm.

I pozzetti di ispezione saranno realizzati in elementi prefabbricati in cls armato di sezione cm. 150×150 debitamente sigillati.

I pozzetti, prefabbricati o gettati in opera hanno dimensioni tali da garantire l'agevole accesso al personale addetto alle operazioni di manutenzione e controllo.

L'interasse tra i pozzetti sarà di circa 45 m., tranne per i primi due tratti di lunghezza rispettivamente di m. 39,00 e m. 30,50.

Tutti i pozzetti saranno sormontati da chiusini di ispezione in ghisa sferoidale con passo d'uomo mm 600 rispondente alle norme uni-en 124, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore.

Con i collaudi in corso d'opera e finali si verificherà e attesterà l'impermeabilità del sistema fognario.

Le tubazioni scelte in abbinamento alle soluzioni costruttive delle opere d'arte connesse sono in grado di resistere alle azioni di tipo fisico, chimico e biologico delle acque correnti in esse.

Il regime della velocità delle acque nelle canalizzazioni è tale da evitare sia la formazione di depositi di materiale che l'abrasione delle superfici interne.

Ad ogni variazione planimetrica e di livelletta sono previsti dei pozzetti di ispezione.

Il piano di scorrimento nei pozzetti rispetta la linearità della livelletta della canalizzazione in uscita dai manufatti stessi.

Le caditoie stradali saranno in calcestruzzo prefabbricato a chiusura idraulica con sifone munito di tappo per l'ispezione e la pulizia del condottino di scarico; saranno dotate di griglia carrabile in ghisa sferoidale di luce netta cm 35 classe D 400 (UNI. EN. 124) per quelle lungo la nuova bretella stradale e classe C 250 per quelle correnti lungo la pista ciclabile. La griglia sarà posata in opera su diaframma di mattoni pieni spessore cm 13 altezza cm 25; tale soluzione impedirà l'uscita dalle canalizzazioni di animali vettori e/o di esalazioni moleste.

La distanza mutua tra le caditoie in progetto è di circa 22 metri ed in corrispondenza dei pozzetti è presente una caditoia ambo i lati.

Tale soluzione consentirà la veloce evacuazione nella rete di fognatura delle acque di pioggia evitando inoltre ristagni di acque sulle sedi stradali o sul piano di campagna.

Il progetto della canalizzazione fognaria ha tenuto in debito conto della distanza e della quota di approfondimento rispetto alla condotta dell'acqua potabile. Il valore minimo del piano di posa della canalizzazione rispetto al piano viario in progetto è pari a m. 1,90.

PLANIMETRIA AREA DI BACINO TRONCO FOGNARIO

Scala 1:1000



LEGENDA:

- SUPERFICIE A (kmq 0,004)
- SUPERFICIE B (kmq 0,013)
- SUPERFICIE C (kmq 0,006)
- SUPERFICIE D (kmq 0,010)
- SUPERFICIE E (kmq 0,021)

— TRONCO FOGNARIO

ANALISI IDRAULICA IN MOTO UNIFORME

- Determinazione della capacità di deflusso -

VERIFICA SEZIONE A-A'

1) Caratterizzazione generale del bacino, tempo di corrivazione

L	= 0,039 Km	lunghezza dell'asta alla sezione A-A'
q ₂	= 126,54 mt s.l.m.	quota alla sezione di verifica A-A'
q _{max}	= 127,90 mt s.l.m.	quota massima del bacino
S	= 0,004 Km ²	superficie del bacino A

Per la determinazione del tempo di corrivazione, in assenza di dati sperimentali si utilizza la formula classica di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione nel caso di bacini minori di 10 km².

$$t_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \sqrt{H_m - H_{sez}}} = \frac{\frac{1}{0,667 \cdot 1,27} \sqrt{0,004} + 1,5 \times 0,039}{0,8 \cdot \sqrt{127,22 - 126,54}} = 0,20 \text{ ore}$$

dove $H_m = (q_{max} + q_{sez})/2 = 127,22$ mt	altezza media bacino
con $q_{max} = 127,90$ mt s.l.m.	altezza massima bacino
$q_{sez} = 126,54$ mt s.l.m.	altezza sezione di verifica

Il valore delle costanti M e d viene desunto dalla seguente tabella:

	Tipo di copertura	M
→	Terreno nudo	0,667
	Terreni coperti con erbe rade	0,250
	Terreni coperti da bosco	0,200
	Terreni coperti da prato permanente	0,167
	Permeabilità	d
→	Terreni semi-impermeabili	1,270
	Terreni poco permeabili	0,960
	Terreni mediamente permeabili	0,810
	Terreni molto permeabili	0,690

2) Determinazione della massima precipitazione nel tempo di corrvazione e con tempo di ritorno $T = 200$ anni

Preso a riferimento il modello “T-CEV-PIOGGE ORARIE” elaborato dalla Regione Piemonte che suddivide il Territorio piemontese in 6 aree omogenee ed in 3 sottozone pluviometriche (All. 1), e per ciascuna delle quali determina la funzione di distribuzione

$x' = \frac{X_t}{[E]}$ “curva di crescita delle precipitazioni”, fissando il tempo di ritorno T , e quindi la probabilità di non superamento F , si determina la stima della variabile adimensionale x' (All. 3).

Si procede quindi a determinare la precipitazione massima prevedibile, con un tempo di ritorno $T = 200$ anni, in un punto a quota $q = 126,54$ m situato nell'area omogenea 3.

Dalla tabella (All. 2) in cui sono indicate le equazioni della curva di probabilità pluviometrica, si ottiene per la zona AO3 il valore $ht_{(t,z)} = 22,62 \text{ tc}^{(0,3377+0,000178 \times Z)/1,38}$

Sostituendo nell'equazione precedente i valori di t_c e z rispettivamente con 0,20 e 126,54 si ottiene:

$[E] = ht_{(t,z)} = 22,62 \times 0,20^{(0,3377+0,000178 \times 126,54)/1,38} = 14,89 \text{ mmt}$ (valore massimo medio annuo).

Sulla “curva di crescita” (all.3) curva del campo O2, per un tempo di ritorno $T = 200$ anni, corrisponde un x' di 3,00 e pertanto, sostituendo nella funzione i valori di x' ed $[E]$, si ottiene:

$$3,00 = \frac{X_t}{h_{t(t,z)}} \longrightarrow X_t = 3,00 \cdot 14,89 = 44,67 \text{ mmt}$$

3) Calcolo della portata di massima piena probabile

Per la valutazione della portata di massima piena probabile si adotta l'espressione razionale:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_{t(t,c)} \cdot S}{3,60}$$

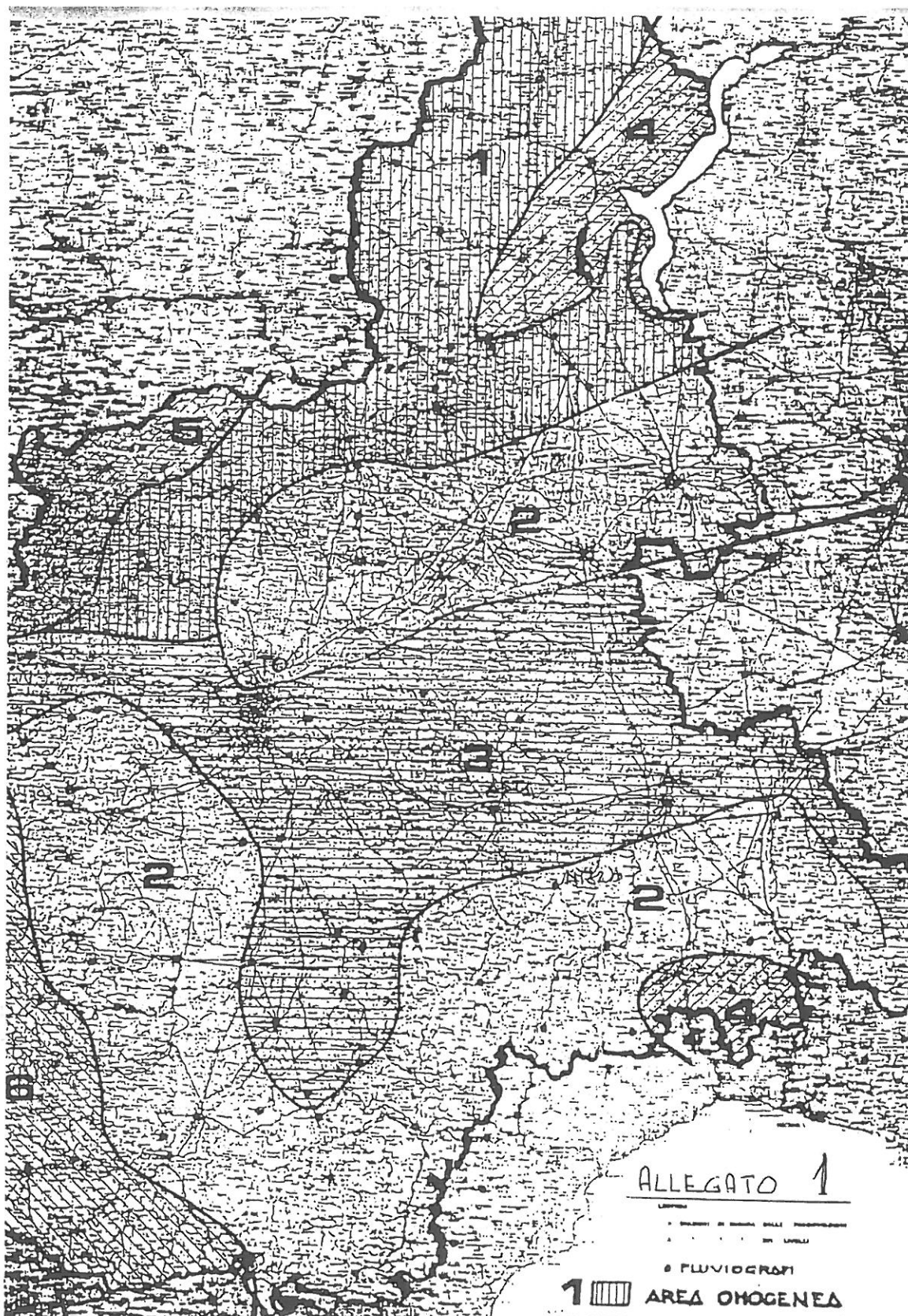
dove:

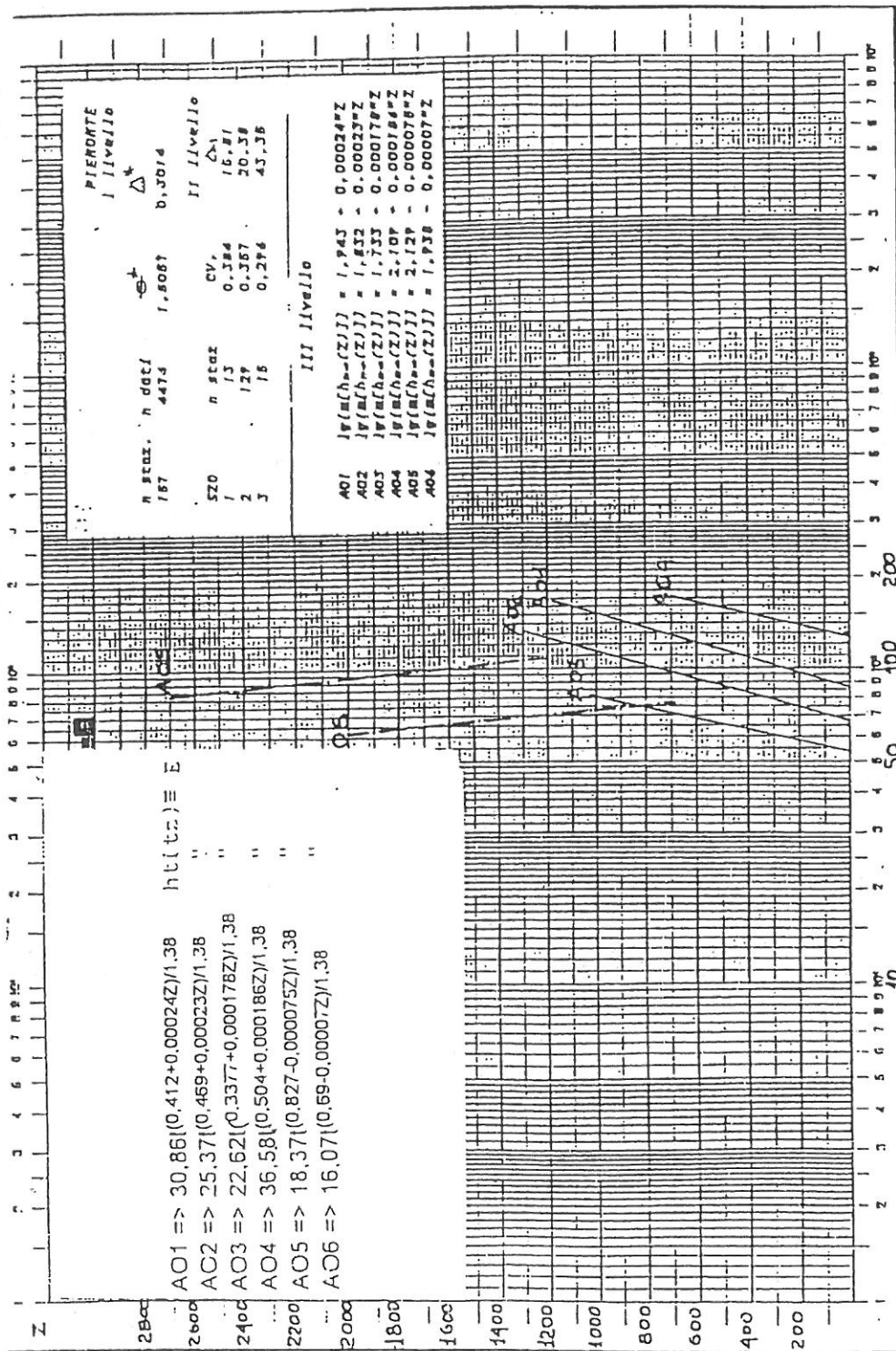
$\varphi = 1,0$ coefficiente di deflusso del bacino (valore ritenuto idoneo e corretto per la tipologia di pavimentazione presente).

$$i_{t(tc)} = \frac{X_t}{tc} = \frac{44,67}{0,20} = 223,35 \text{ mmt} \text{ intensità di pioggia relativa al tempo di corrivazione}$$

3,60 fattore di conversione per ottenere la portata in mc/sec

$$Q = \frac{1,0 \cdot 223,35 \cdot 0,004}{3,60} = 0,248 \text{ mc/sec}$$





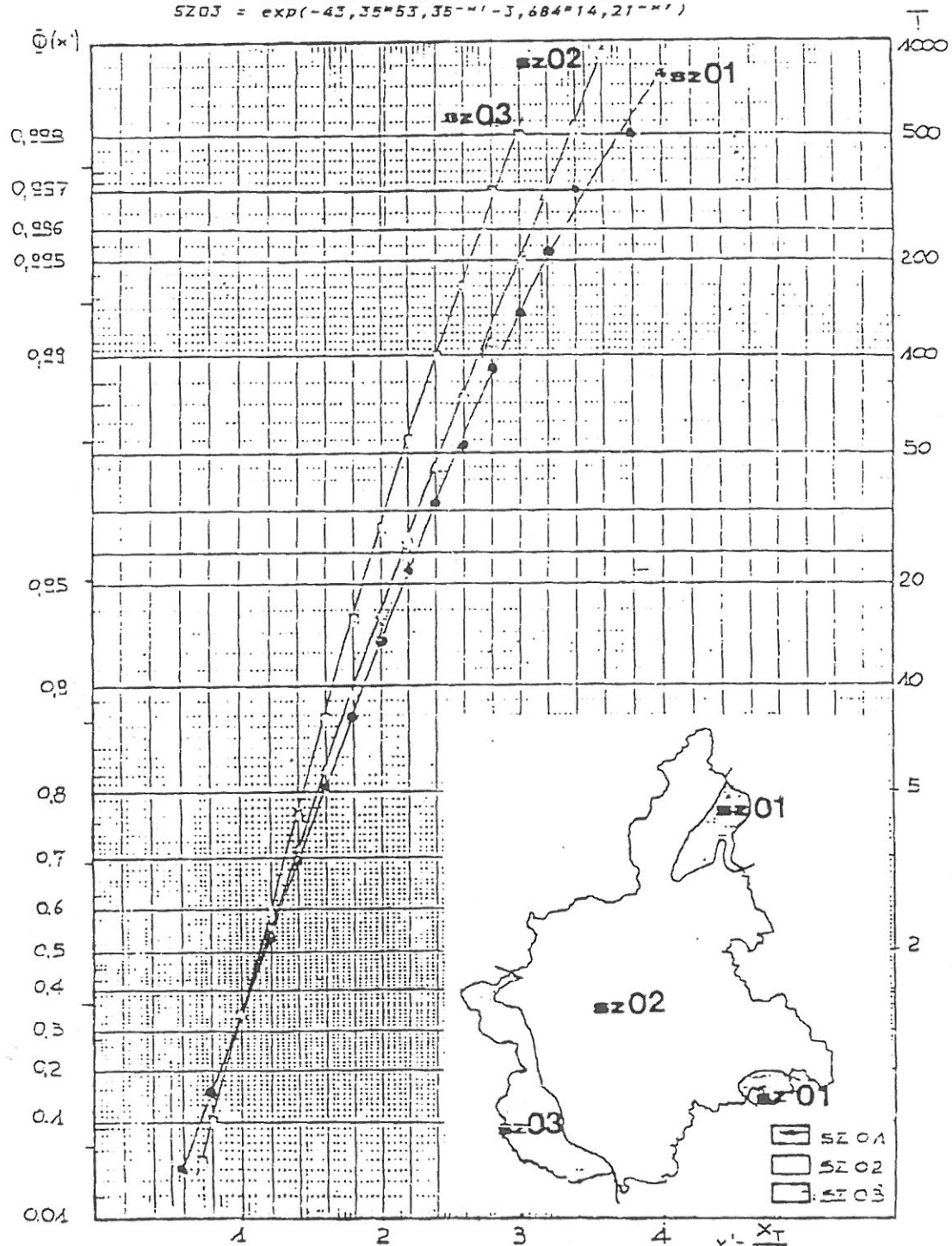
ALLEGATO 2

AREE PLUVIOMETRICHE OMOGENEE	NUMERO SEZIONI	NUMERO DATI
11	26	1125

PIEMONTE

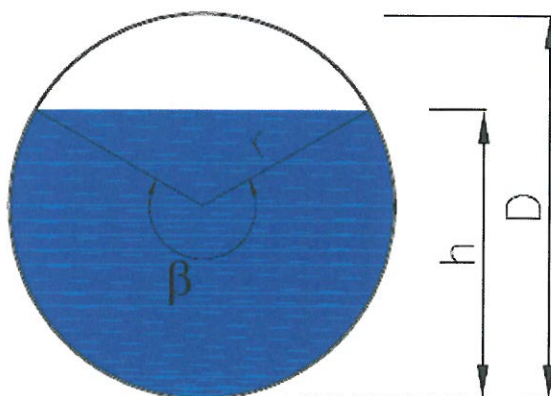
CURVE DI CRESCITA

$$\begin{aligned} SZ01 &= \exp(-15,81 \cdot 19,452 \cdot T^{-1} - 1,885 \cdot T, 179 \cdot T^{-1}) \\ SZ02 &= \exp(-20,38 \cdot 25,078 \cdot T^{-1} - 2,231 \cdot T, 8,498 \cdot T^{-1}) \\ SZ03 &= \exp(-43,35 \cdot 53,35 \cdot T^{-1} - 3,684 \cdot T, 14,21 \cdot T^{-1}) \end{aligned}$$



ALLEGATO 3

Verifica della sezione condotta in PEAD ϕ_i 427/ ϕ_e 500 a sezione colma a 3/4



Fissato il valore di $h = \text{cm.32}$ si determina l'angolo al centro β espresso in radianti.

$$\beta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times h/D) = 4,18879 \text{ rad}$$

Noto β è possibile ricavare A e C tramite le seguenti relazioni:

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\beta - \sin \beta) = 0,11 \text{ mq} \quad \text{sezione dell'area liquida}$$

$$C = r \times \beta = 0,89 \text{ mt} \quad \text{contorno bagnato}$$

$$R = \frac{A}{C} = 0,12 \text{ mt} \quad \text{raggio idraulico}$$

$$m = 0,011 \quad \text{coefficiente di scabrezza dedotto dalle tabulazioni di Manning per tubi in PEAD}$$

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i}}{m} = \frac{\sqrt[3]{0,12^2} \cdot \sqrt{0,03}}{0,011} = 3,83 \text{ m/s} \quad \text{velocità massima del liquido nel condotto}$$

$$Q_{\max} = V \cdot A = 3,83 \times 0,11 = 0,42 \text{ mc/sec}$$

$$0,42 > 0,25 \text{ mc/sec} \quad \text{condizione di verifica}$$

La sezione risulta verificata e quindi sufficiente al trasporto del liquido.

VERIFICA SEZIONE B-B'

1) Caratterizzazione generale del bacino, tempo di corrivazione

L	= 0,115 Km	lunghezza dell'asta alla sezione B-B'
q ₂	= 124,16 mt s.l.m.	quota alla sezione di verifica B-B'
q _{max}	= 127,90 mt s.l.m.	quota massima del bacino
S	= 0,017 Km ²	superficie del bacino A+B

Per la determinazione del tempo di corrivazione, in assenza di dati sperimentali si utilizza la formula classica di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione nel caso di bacini minori di 10 km².

$$t_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \sqrt{H_m - H_{sez}}} = \frac{\frac{1}{0,667 \cdot 1,27} \sqrt{0,017} + 1,5 \times 0,115}{0,8 \cdot \sqrt{126,03 - 124,16}} = 0,30 \text{ ore}$$

dove $H_m = (q_{max} + q_{sez})/2 = 126,03 \text{ mt}$

altezza media bacino

con $q_{max} = 127,90 \text{ mt s.l.m.}$

altezza massima bacino

$q_{sez} = 124,16 \text{ mt s.l.m.}$

altezza sezione di verifica

2) Determinazione della massima precipitazione nel tempo di corrivazione e con tempo di ritorno $T = 200$ anni

Preso a riferimento il modello “T-CEV-PIOGGE ORARIE” elaborato dalla Regione Piemonte che suddivide il Territorio piemontese in 6 aree omogenee ed in 3 sottozone pluviometriche (All. 1), e per ciascuna delle quali determina la funzione di distribuzione

$x' = \frac{X_t}{[E]}$ “curva di crescita delle precipitazioni”, fissando il tempo di ritorno T , e quindi la

probabilità di non superamento F , si determina la stima della variabile adimensionale x' (All. 3).

Si procede quindi a determinare la precipitazione massima prevedibile, con un tempo di ritorno $T = 200$ anni, in un punto a quota $q = 124,16$ m situato nell'area omogenea 3.

Dalla tabella (All. 2) in cui sono indicate le equazioni della curva di probabilità pluviometrica, si ottiene per la zona AO3 il valore $ht_{(t,z)} = 22,62 \text{ tc}^{(0,3377+0,000178 \times Z)/1,38}$

Sostituendo nell'equazione precedente i valori di t_c e z rispettivamente con 0,30 e 124,16 si ottiene:

$[E] = ht_{(t,z)} = 22,62 \times 0,30^{(0,3377+0,000178 \times 124,16)/1,38} = 16,52 \text{ mmt}$ (valore massimo medio annuo).

Sulla “curva di crescita” (all.3) curva del campo O2, per un tempo di ritorno $T = 200$ anni, corrisponde un x' di 3,00 e pertanto, sostituendo nella funzione i valori di x' ed $[E]$, si ottiene:

$$3,00 = \frac{X_t}{h_{t(t,z)}} \longrightarrow X_t = 3,00 \cdot 16,52 = 49,56 \text{ mmt}$$

3) Calcolo della portata di massima piena probabile

Per la valutazione della portata di massima piena probabile si adotta l'espressione razionale:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_{t(t,c)} \cdot S}{3,60}$$

dove:

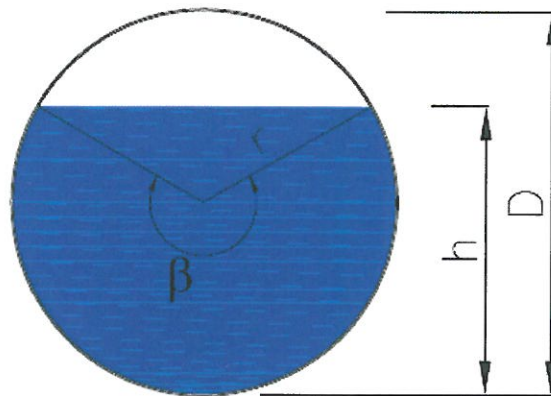
$\varphi = 1,0$ coefficiente di deflusso del bacino (valore ritenuto idoneo e corretto per la tipologia di suolo presente).

$$i_{t(tc)} = \frac{X_t}{tc} = \frac{49,56}{0,30} = 165,20 \text{ mmt} \text{ intensità di pioggia relativa al tempo di corrivazione}$$

3,60 fattore di conversione per ottenere la portata in mc/sec

$$Q = \frac{1,00 \cdot 165,20 \cdot 0,017}{3,60} = 0,78 \text{ mc/sec}$$

Verifica della sezione condotta in PEAD \varnothing_i 535/ \varnothing_e 630 colma a 3/4



Fissato il valore di $h = \text{cm.40}$ si determina l'angolo al centro β espresso in radianti.

$$\beta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times h/D) = 4,18879 \text{ rad}$$

Noto β è possibile ricavare A e C tramite le seguenti relazioni:

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\beta - \sin \beta) = 0,18 \text{ mq} \quad \text{sezione dell'area liquida}$$

$$C = r \times \beta = 1,12 \text{ mt} \quad \text{contorno bagnato}$$

$$R = \frac{A}{C} = 0,16 \text{ mt} \quad \text{raggio idraulico}$$

$$m = 0,011 \quad \text{coefficiente di scabrezza dedotto dalle tabulazioni di Manning per tubi in PEAD}$$

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i}}{m} = \frac{\sqrt[3]{0,16^2} \cdot \sqrt{0,03}}{0,011} = 4,64 \text{ m/s} \quad \text{velocità massima del liquido nel condotto}$$

$$Q_{\max} = V \cdot A = 4,64 \times 0,18 = 0,84 \text{ mc/sec}$$

$$0,84 > 0,78 \text{ mc/sec} \quad \text{condizione di verifica}$$

La sezione risulta verificata e quindi sufficiente al trasporto del liquido.

VERIFICA SEZIONE C-C'

1) Caratterizzazione generale del bacino, tempo di corrivazione

L	= 0,142 Km	lunghezza dell'asta alla sezione C-C'
q ₂	= 123,62 mt s.l.m.	quota alla sezione di verifica C-C'
q _{max}	= 127,90 mt s.l.m.	quota massima del bacino
S	= 0,023 Km ²	superficie del bacino A+B+C

Per la determinazione del tempo di corrivazione, in assenza di dati sperimentali si utilizza la formula classica di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione nel caso di bacini minori di 10 km².

$$t_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \sqrt{H_m - H_{sez}}} = \frac{\frac{1}{0,667 \cdot 1,27} \sqrt{0,023} + 1,5 \times 0,142}{0,8 \cdot \sqrt{125,76 - 123,62}} = 0,33 \text{ ore}$$

dove $H_m = (q_{max} + q_{sez})/2 = 125,76 \text{ mt}$

altezza media bacino

con $q_{max} = 127,90 \text{ mt s.l.m.}$

altezza massima bacino

$q_{sez} = 123,62 \text{ mt s.l.m.}$

altezza sezione di verifica

2) Determinazione della massima precipitazione nel tempo di corrvazione e con tempo di ritorno $T = 200$ anni

Preso a riferimento il modello “T-CEV-PIOGGE ORARIE” elaborato dalla Regione Piemonte che suddivide il Territorio piemontese in 6 aree omogenee ed in 3 sottozone pluviometriche (All. 1), e per ciascuna delle quali determina la funzione di distribuzione

$x' = \frac{X_t}{[E]}$ “curva di crescita delle precipitazioni”, fissando il tempo di ritorno T , e quindi la probabilità di non superamento F , si determina la stima della variabile adimensionale x' (All. 3).

Si procede quindi a determinare la precipitazione massima prevedibile, con un tempo di ritorno $T = 200$ anni, in un punto a quota $q = 123,62$ m situato nell’area omogenea 3.

Dalla tabella (All. 2) in cui sono indicate le equazioni della curva di probabilità pluviometrica, si ottiene per la zona AO3 il valore $ht_{(t,z)} = 22,62 \text{ tc}^{(0,3377+0,000178 \times Z)/1,38}$

Sostituendo nell’equazione precedente i valori di t_c e z rispettivamente con 0,33 e 123,62 i ottiene:

$[E] = ht_{(t,z)} = 22,62 \times 0,33^{(0,3377+0,000178 \times 123,62)/1,38} = 15,18 \text{ mmt}$ (valore massimo medio annuo).

Sulla “curva di crescita” (all.3) curva del campo O2, per un tempo di ritorno $T = 200$ anni, corrisponde un x' di 3,00 e pertanto, sostituendo nella funzione i valori di x' ed $[E]$, si ottiene:

$$3,00 = \frac{X_t}{h_{t(t,z)}} \longrightarrow X_t = 3,00 \cdot 15,18 = 45,54 \text{ mmt}$$

3) Calcolo della portata di massima piena probabile

Per la valutazione della portata di massima piena probabile si adotta l'espressione razionale:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_{t(t,c)} \cdot S}{3,60}$$

dove:

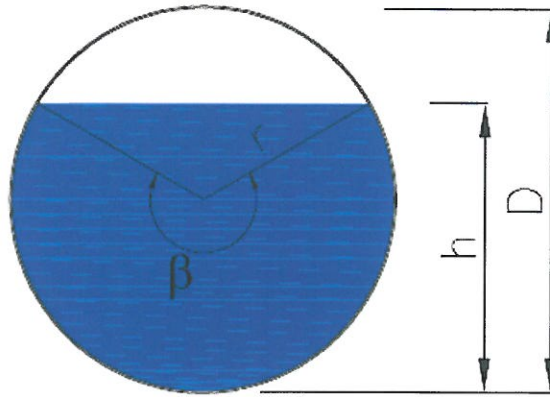
$\varphi = 1,0$ coefficiente di deflusso del bacino (valore ritenuto idoneo e corretto per la tipologia di suolo presente).

$$i_{t(tc)} = \frac{X_t}{tc} = \frac{45,54}{0,33} = 138,00 \text{ mmt} \text{ intensità di pioggia relativa al tempo di corrivazione}$$

3,60 fattore di conversione per ottenere la portata in mc/sec

$$Q = \frac{1,00 \cdot 138,00 \cdot 0,023}{3,60} = 0,88 \text{ mc/sec}$$

Verifica della sezione condotta in PEAD ϕ_i 678/ ϕ_e 800 sezione colma a 3/4



Fissato il valore di $h = \text{cm.51}$ si determina l'angolo al centro β espresso in radianti.

$$\beta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times h/D) = 4,18879 \text{ rad}$$

Noto β è possibile ricavare A e C tramite le seguenti relazioni:

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\beta - \sin \beta) = 0,29 \text{ mq} \quad \text{sezione dell'area liquida}$$

$$C = r \times \beta = 1,42 \text{ mt} \quad \text{contorno bagnato}$$

$$R = \frac{A}{C} = 0,20 \text{ mt} \quad \text{raggio idraulico}$$

$$m = 0,011 \quad \text{coefficiente di scabrezza dedotto dalle tabulazioni di Manning per tubi in PEAD}$$

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i}}{m} = \frac{\sqrt[3]{0,20^2} \cdot \sqrt{0,015}}{0,011} = 3,81 \text{ m/s} \quad \text{velocità massima del liquido nel condotto}$$

$$Q_{\max} = V \cdot A = 0,29 \times 3,81 = 1,11 \text{ mc/sec}$$

$$1,11 > 0,88 \text{ mc/sec} \quad \text{condizione di verifica}$$

La sezione risulta verificata e quindi sufficiente al trasporto del liquido.

VERIFICA SEZIONE D-D'

1) Caratterizzazione generale del bacino, tempo di corrivazione

L	= 0,205 Km	lunghezza dell'asta alla sezione D-D'
q ₂	= 123,14 mt s.l.m.	quota alla sezione di verifica D-D'
q _{max}	= 127,90 mt s.l.m.	quota massima del bacino
S	= 0,033 Km ²	superficie del bacino A+B+C+D

Per la determinazione del tempo di corrivazione, in assenza di dati sperimentali si utilizza la formula classica di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione nel caso di bacini minori di 10 km².

$$t_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \sqrt{H_m - H_{sez}}} = \frac{\frac{1}{0,667 \cdot 1,27} \sqrt{0,033} + 1,5 \times 0,205}{0,8 \cdot \sqrt{125,52 - 123,14}} = 0,42 \text{ ore}$$

dove $H_m = (q_{max} + q_{sez})/2 = 125,52 \text{ mt}$

altezza media bacino

con $q_{max} = 127,90 \text{ mt s.l.m.}$

altezza massima bacino

$q_{sez} = 123,14 \text{ mt s.l.m.}$

altezza sezione di verifica

2) Determinazione della massima precipitazione nel tempo di corrvazione e con tempo di ritorno $T = 200$ anni

Preso a riferimento il modello “T-CEV-PIOGGE ORARIE” elaborato dalla Regione Piemonte che suddivide il Territorio piemontese in 6 aree omogenee ed in 3 sottozone pluviometriche (All. 1), e per ciascuna delle quali determina la funzione di distribuzione

$x' = \frac{X_t}{[E]}$ “curva di crescita delle precipitazioni”, fissando il tempo di ritorno T , e quindi la

probabilità di non superamento F , si determina la stima della variabile adimensionale x' (All. 3).

Si procede quindi a determinare la precipitazione massima prevedibile, con un tempo di ritorno $T = 200$ anni, in un punto a quota $q = 123,14$ m situato nell’area omogenea 3.

Dalla tabella (All. 2) in cui sono indicate le equazioni della curva di probabilità pluviometrica, si ottiene per la zona AO3 il valore $ht_{(t,z)} = 22,62 \text{ tc}^{(0,3377+0,000178 \times Z)/1,38}$

Sostituendo nell’equazione precedente i valori di t_c e z rispettivamente con 0,42 e 123,14 si ottiene:

$[E] = ht_{(t,z)} = 22,62 \times 0,42^{(0,3377+0,000178 \times 123,14)/1,38} = 18,04 \text{ mmt}$ (valore massimo medio annuo).

Sulla “curva di crescita” (all.3) curva del campo O2, per un tempo di ritorno $T = 200$ anni, corrisponde un x' di 3,00 e pertanto, sostituendo nella funzione i valori di x' ed $[E]$, si ottiene:

$$3,00 = \frac{X_t}{h_{t(t,z)}} \longrightarrow X_t = 3,00 \cdot 18,04 = 54,12 \text{ mmt}$$

3) Calcolo della portata di massima piena probabile

Per la valutazione della portata di massima piena probabile si adotta l'espressione razionale:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_{t(t,c)} \cdot S}{3,60}$$

dove:

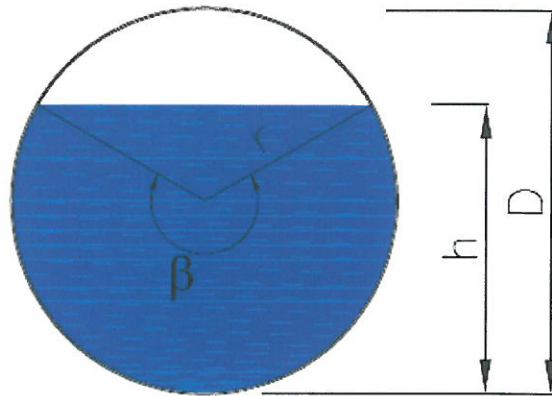
$\varphi = 1,0$ coefficiente di deflusso del bacino (valore ritenuto idoneo e corretto per la tipologia di suolo presente).

$$i_{t(tc)} = \frac{X_t}{tc} = \frac{54,12}{0,42} = 128,86 \text{ mmt} \quad \text{intensità di pioggia relativa al tempo di corrivazione}$$

3,60 fattore di conversione per ottenere la portata in mc/sec

$$Q = \frac{1,00 \cdot 128,86 \cdot 0,033}{3,60} = 1,18 \text{ mc/sec}$$

Verifica della sezione condotta in PEAD $\phi_i 851/\phi_e 1000$ colma a 3/4



Fissato il valore di $h = \text{cm.}63,8$ si determina l'angolo al centro β espresso in radianti.

$$\beta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times h/D) = 4,18879 \text{ rad}$$

Noto β è possibile ricavare A e C tramite le seguenti relazioni:

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\beta - \sin \beta) = 0,46 \text{ mq} \quad \text{sezione dell'area liquida}$$

$$C = r \times \beta = 1,78 \text{ mt} \quad \text{contorno bagnato}$$

$$R = \frac{A}{C} = 0,26 \text{ mt} \quad \text{raggio idraulico}$$

$$m = 0,011 \quad \text{coefficiente di scabrezza dedotto dalle tabulazioni di Manning per tubi in PEAD}$$

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i}}{m} = \frac{\sqrt[3]{0,26^2} \cdot \sqrt{0,005}}{0,011} = 2,62 \text{ m/s} \quad \text{velocità massima del liquido nel condotto}$$

$$Q_{\max} = V \cdot A = 0,46 \times 2,62 = 1,21 \text{ mc/sec}$$

$1,21 > 1,18 \text{ mc/sec}$ condizione di verifica

La sezione risulta verificata e quindi sufficiente al trasporto del liquido.

VERIFICA SEZIONE E-E'

1) Caratterizzazione generale del bacino, tempo di corrivazione

L	= 0,338 Km	lunghezza dell'asta alla sezione E-E'
q ₂	= 121,67 mt s.l.m.	quota alla sezione di verifica E-E'
q _{max}	= 127,90 mt s.l.m.	quota massima del bacino
S	= 0,054 Km ²	superficie del bacino A+B+C+D+E

Per la determinazione del tempo di corrivazione, in assenza di dati sperimentali si utilizza la formula classica di Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri per consentirne l'applicazione nel caso di bacini minori di 10 km².

$$t_c = \frac{\frac{1}{M \cdot d} \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \sqrt{H_m - H_{sez}}} = \frac{\frac{1}{0,667 \cdot 1,27} \sqrt{0,054} + 1,5 \times 0,338}{0,8 \cdot \sqrt{124,79 - 121,67}} = 0,55 \text{ ore}$$

dove $H_m = (q_{max} + q_{sez})/2 = 124,79 \text{ mt}$

altezza media bacino

con $q_{max} = 127,90 \text{ mt s.l.m.}$

altezza massima bacino

$q_{sez} = 121,67 \text{ mt s.l.m.}$

altezza sezione di verifica

2) Determinazione della massima precipitazione nel tempo di corrvazione e con tempo di ritorno $T = 200$ anni

Preso a riferimento il modello “T-CEV-PIOGGE ORARIE” elaborato dalla Regione Piemonte che suddivide il Territorio piemontese in 6 aree omogenee ed in 3 sottozone pluviometriche (All. 1), e per ciascuna delle quali determina la funzione di distribuzione

$x' = \frac{X_t}{[E]}$ “curva di crescita delle precipitazioni”, fissando il tempo di ritorno T , e quindi la probabilità di non superamento F , si determina la stima della variabile adimensionale x' (All. 3).

Si procede quindi a determinare la precipitazione massima prevedibile, con un tempo di ritorno $T = 200$ anni, in un punto a quota $q = 121,67$ m situato nell'area omogenea 3.

Dalla tabella (All. 2) in cui sono indicate le equazioni della curva di probabilità pluviometrica, si ottiene per la zona AO3 il valore $ht_{(t,z)} = 22,62 \text{ tc}^{(0,3377+0,000178 \times Z)/1,38}$

Sostituendo nell'equazione precedente i valori di t_c e z rispettivamente con 0,55 e 121,67 si ottiene:

$[E] = ht_{(t,z)} = 22,62 \times 0,55^{(0,3377+0,000178 \times 121,67)/1,38} = 19,35 \text{ mmt}$ (valore massimo medio annuo).

Sulla “curva di crescita” (all.3) curva del campo O2, per un tempo di ritorno $T = 200$ anni, corrisponde un x' di 3,00 e pertanto, sostituendo nella funzione i valori di x' ed $[E]$, si ottiene:

$$3,00 = \frac{X_t}{h_{t(t,z)}} \longrightarrow X_t = 3,00 \cdot 19,35 = 58,06 \text{ mmt}$$

3) Calcolo della portata di massima piena probabile

Per la valutazione della portata di massima piena probabile si adotta l'espressione razionale:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_{t(tc)} \cdot S}{3,60}$$

dove:

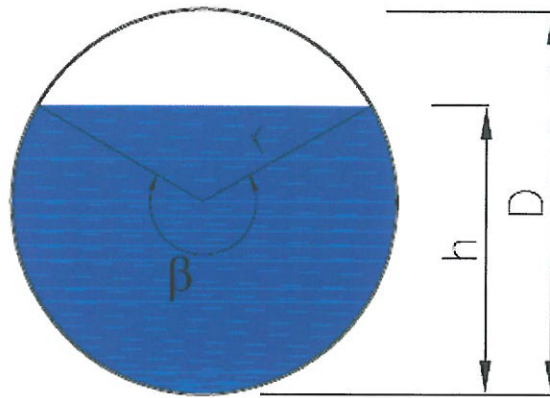
$\varphi = 1,0$ coefficiente di deflusso del bacino (valore ritenuto idoneo e corretto per la tipologia di suolo presente).

$$i_{t(tc)} = \frac{X_t}{tc} = \frac{58,06}{0,55} = 105,56 \text{ mmt} \quad \text{intensità di pioggia relativa al tempo di corrivazione}$$

3,60 fattore di conversione per ottenere la portata in mc/sec

$$Q = \frac{1,00 \cdot 105,56 \cdot 0,055}{3,60} = 1,61 \text{ mc/sec}$$

Verifica della sezione condotta in PEAD $\phi_i 851/\phi_e 1000$ colma a 3/4



Fissato il valore di $h = \text{cm.}63,8$ si determina l'angolo al centro β espresso in radianti.

$$\beta = 2 \times \arccos(1 - 2 \times h/D) = 4,18879 \text{ rad}$$

Noto β è possibile ricavare A e C tramite le seguenti relazioni:

$$A = \frac{r^2}{2} \times (\beta - \sin \beta) = 0,46 \text{ mq} \quad \text{sezione dell'area liquida}$$

$$C = r \times \beta = 1,78 \text{ mt} \quad \text{contorno bagnato}$$

$$R = \frac{A}{C} = 0,26 \text{ mt} \quad \text{raggio idraulico}$$

$$m = 0,011 \quad \text{coefficiente di scabrezza dedotto dalle tabulazioni di Manning per tubi in PEAD}$$

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{i}}{m} = \frac{\sqrt[3]{0,26^2} \cdot \sqrt{0,009}}{0,011} = 3,51 \text{ m/s} \quad \text{velocità massima del liquido nel condotto}$$

$$Q_{\max} = V \cdot A = 0,46 \times 3,51 = 1,62 \text{ mc/sec}$$

$1,62 > 1,61 \text{ mc/sec}$ condizione di verifica

La sezione risulta verificata e quindi sufficiente al trasporto del liquido.

CALCOLO STATICO

Premessa

Ai fini della verifica statica delle tubazioni in PEAD, viene eseguito il calcolo della resistenza alle forze ovalizzanti trattandosi di “tubi flessibili”.

L’ analisi del sistema strutturale tubo flessibile-terreno è affrontata con il Metodo di Spangler dove il valore della deformazione è pari al rapporto tra il carico gravante sul tubo e la sommatoria della rigidezza del medesimo con quella del terreno.

L’ equazione di Spangler è la seguente:

$$\Delta_v = \frac{(d_1 \cdot p_0 + p_t) \cdot K_X}{8 \cdot SN + 0,061 \cdot E'}$$

dove:

Δ_v = deformazione, in m

d_1 = fattore di autocompattazione (1,5 per compattazioni moderate e 2 per compattazioni medie con limitata altezza di copertura)

p_0 = carico del terreno, in N/m

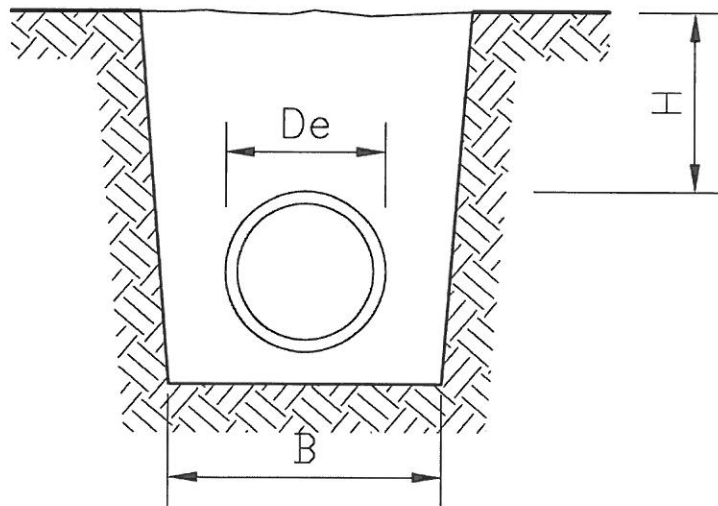
p_t = carico dovuto al traffico, in N/m

K_X = costante di fondo dipendente dall’ angolo di appoggio

SN = rigidezza circonferenziale a lungo termine (riferita al diametro), in Pa

E' = modulo secante del terreno, in Pa

Verifica della sezione condotta in PEAD ϕ_i 851 ϕ_e 1000



$$B = 2,00\text{m} \quad H = 1,15\text{m} \quad D_e = 1,00\text{m}$$

$$\Delta_v = \frac{(d_1 \cdot p_0 + p_t) \cdot K_x}{8 \cdot SN + 0,061 \cdot E'} = \frac{(2 \cdot 18.000 + 39.734) \cdot 0,096}{8 \cdot 27.200 + 0,061 \cdot 2.760} = 0,033 \text{ m} = 3,3\text{cm}$$

Condizione di verifica :

3,3cm < 5cm (deformazione diametrale massima pari al 5%·De) **verificato**

$$d_1 = 2$$

$$p_0 = \text{carico del terreno} = C \cdot \gamma_t \cdot D_e \cdot B = 0,50 \cdot 18.000 \cdot 1,00 \cdot 2,00 = 18.000 \text{ N/m}$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H}{B}\right)}}{2 \cdot K \cdot \mu} = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot 0,33 \cdot 0,75 \cdot 1,15}{2,00}\right)}}{2 \cdot 0,33 \cdot 0,75} = 0,5$$

$$K = \text{coefficiente di Rankine} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0,33$$

μ = coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e del fianco dello scavo = 0,75

$$p_t = \text{carico del traffico} = \frac{3 \cdot Q \cdot D_e}{2 \cdot \pi \cdot H^2} = \frac{3 \cdot 110.000 \cdot 1}{2 \cdot \pi \cdot 1,15^2} = 39.734 \text{ N/m}$$

$$Q = \text{carico superficiale totale} = Q_s + Q_t$$

$$Q_s = \text{carico pacchetto stradale} = 10.000 \text{ N/mq}$$

$$Q_t = \text{carico traffico veicolare} = 100.000 \text{ N (carico per ruota traffico pesante)}$$

$K_x = \text{costante di fondo} = 0,096$

$SN = \text{rigidezza circonferenziale} = E \cdot (J/D_m^3) = 8 \cdot 10^8 \cdot (0,000034)/1^3 = 27.200 \text{ Pa}$

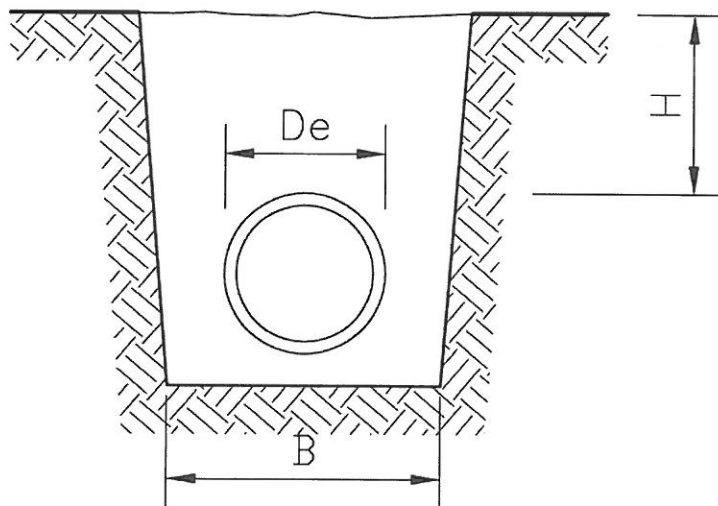
$E = \text{modulo di elasticità del tubo} = 8 \cdot 10^8 \text{ Pa}$

$J = \text{momento di inerzia di parete del tubo} = s^3/12 = 0,0745^3/12 = 0,000034 \text{ m}^4$

$D_m = \text{diametro medio del tubo} = 1,00 \text{ m}$

$E' = \text{modulo secante o di resistenza del terreno} = 2.760 \text{ Pa}$

Verifica della sezione condotta in PEAD ϕ_i 678 ϕ_e 800



$$B = 1,50\text{m} \quad H = 1,30\text{m} \quad D_e = 0,80\text{m}$$

$$\Delta_v = \frac{(d_1 \cdot p_0 + p_t) \cdot K_x}{8 \cdot SN + 0,061 \cdot E'} = \frac{(2 \cdot 15.273 + 24.875) \cdot 0,096}{8 \cdot 29.688 + 0,061 \cdot 2.760} = 0,022 \text{ m} = 2,2\text{cm}$$

Condizione di verifica :

2,2cm < 4cm (deformazione diametrale massima pari al 5%·De) **verificato**

$$d_1 = 2$$

$$p_0 = \text{carico del terreno} = C \cdot \gamma_t \cdot D_e \cdot B = 0,70 \cdot 18.000 \cdot 0,80 \cdot 1,50 = 15.273 \text{ N/m}$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H}{B}\right)}}{2 \cdot K \cdot \mu} = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot 0,33 \cdot 0,75 \cdot 1,30}{1,50}\right)}}{2 \cdot 0,33 \cdot 0,75} = 0,7$$

$$K = \text{coefficiente di Rankine} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0,33$$

$$\mu = \text{coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e del fianco dello scavo} = 0,75$$

$$p_t = \text{carico del traffico} = \frac{3 \cdot Q \cdot D_e}{2 \cdot \pi \cdot H^2} = \frac{3 \cdot 110.000 \cdot 0,80}{2 \cdot \pi \cdot 1,30^2} = 24.875 \text{ N/m}$$

$$Q = \text{carico superficiale totale} = Q_s + Q_t$$

$$Q_s = \text{carico pacchetto stradale} = 10.000 \text{ N/mq}$$

$$Q_t = \text{carico traffico veicolare} = 100.000 \text{ N (carico per ruota traffico pesante)}$$

$K_x = \text{costante di fondo} = 0,096$

$SN = \text{rigidezza circonferenziale} = E \cdot (J/D_m^3) = 8 \cdot 10^8 \cdot (0,000019)/0,80^3 = 29.688 \text{ Pa}$

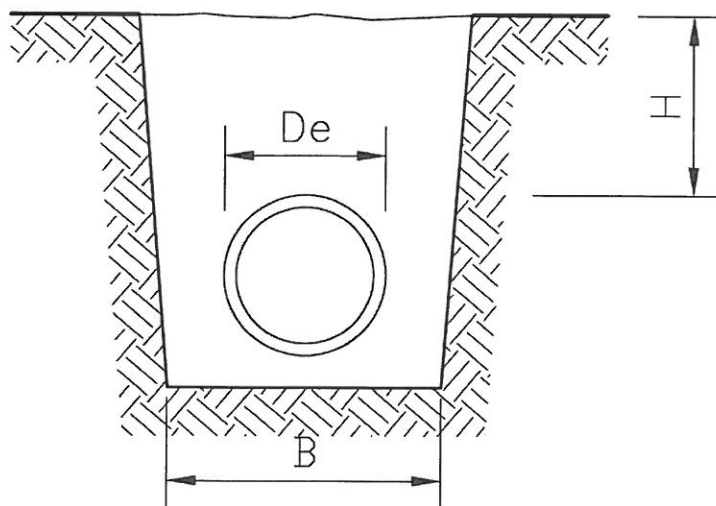
$E = \text{modulo di elasticità del tubo} = 8 \cdot 10^8 \text{ Pa}$

$J = \text{momento di inerzia di parete del tubo} = s^3/12 = 0,0610^3/12 = 0,000019 \text{ m}^4$

$D_m = \text{diametro medio del tubo} = 0,80 \text{ m}$

$E' = \text{modulo secante o di resistenza del terreno} = 2.760 \text{ Pa}$

Verifica della sezione condotta in PEAD ϕ_i 535 ϕ_e 630



$$B = 1,20\text{m} \quad H = 0,95\text{m} \quad D_e = 0,63\text{m}$$

$$\Delta_v = \frac{(d_1 \cdot p_0 + p_t) \cdot K_x}{8 \cdot SN + 0,061 \cdot E'} = \frac{(2 \cdot 8.845 + 36.682) \cdot 0,096}{8 \cdot 28.574 + 0,061 \cdot 2.760} = 0,023 \text{ m} = 2,3\text{cm}$$

Condizione di verifica :

2,30cm < 3,15cm (deformazione diametrale massima pari al 5%·De) **verificato**

$$d_1 = 2$$

$$p_0 = \text{carico del terreno} = C \cdot \gamma_t \cdot D_e \cdot B = 0,65 \cdot 18.000 \cdot 0,63 \cdot 1,20 = 8.845 \text{ N/m}$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H}{B}\right)}}{2 \cdot K \cdot \mu} = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot 0,33 \cdot 0,75 \cdot 0,95}{1,20}\right)}}{2 \cdot 0,33 \cdot 0,75} = 0,65$$

$$K = \text{coefficiente di Rankine} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0,33$$

$$\mu = \text{coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e del fianco dello scavo} = 0,75$$

$$p_t = \text{carico del traffico} = \frac{3 \cdot Q \cdot D_e}{2 \cdot \pi \cdot H^2} = \frac{3 \cdot 110.000 \cdot 0,63}{2 \cdot \pi \cdot 0,95^2} = 36.682 \text{ N/m}$$

$$Q = \text{carico superficiale totale} = Q_s + Q_t$$

$$Q_s = \text{carico pacchetto stradale} = 10.000 \text{ N/mq}$$

$$Q_t = \text{carico traffico veicolare} = 100.000 \text{ N (carico per ruota traffico pesante)}$$

$K_x = \text{costante di fondo} = 0,096$

$SN = \text{rigidezza circonferenziale} = E \cdot (J/D_m^3) = 8 \cdot 10^8 \cdot (0,0000089)/0,63^3 = 28.574 \text{ Pa}$

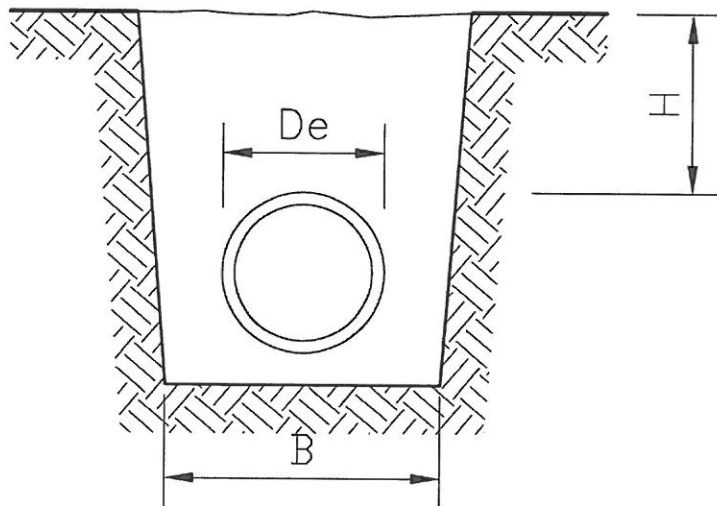
$E = \text{modulo di elasticità del tubo} = 8 \cdot 10^8 \text{ Pa}$

$J = \text{momento di inerzia di parete del tubo} = s^3/12 = 0,0475^3/12 = 0,0000089 \text{ m}^4$

$D_m = \text{diametro medio del tubo} = 0,63 \text{ m}$

$E' = \text{modulo secante o di resistenza del terreno} = 2.760 \text{ Pa}$

Verifica della sezione condotta in PEAD $\phi_i 427 \phi_e 500$



$$B = 1,00\text{m} \quad H = 1,70\text{m} \quad D_e = 0,50\text{m}$$

$$\Delta_v = \frac{(d_1 \cdot p_0 + p_t) \cdot K_x}{8 \cdot SN + 0,061 \cdot E'} = \frac{(2 \cdot 10.350 + 9.091) \cdot 0,096}{8 \cdot 25.600 + 0,061 \cdot 2.760} = 0,014 \text{ m} = 1,4\text{cm}$$

Condizione di verifica :

1,40cm < 2,50cm (deformazione diametrale massima pari al 5%·De) **verificato**

$$d_1 = 2$$

$$p_0 = \text{carico del terreno} = C \cdot \gamma_t \cdot D_e \cdot B = 1,15 \cdot 18.000 \cdot 0,50 \cdot 1,00 = 10.350 \text{ N/m}$$

$$C = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H}{B}\right)}}{2 \cdot K \cdot \mu} = \frac{1 - e^{\left(\frac{-2 \cdot 0,33 \cdot 0,75 \cdot 1,70}{1,00}\right)}}{2 \cdot 0,33 \cdot 0,75} = 1,15$$

$$K = \text{coefficiente di Rankine} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0,33$$

$$\mu = \text{coefficiente di attrito tra materiale di riempimento e del fianco dello scavo} = 0,75$$

$$p_t = \text{carico del traffico} = \frac{3 \cdot Q \cdot D_e}{2 \cdot \pi \cdot H^2} = \frac{3 \cdot 110.000 \cdot 0,50}{2 \cdot \pi \cdot 1,70^2} = 9.091 \text{ N/m}$$

$$Q = \text{carico superficiale totale} = Q_s + Q_t$$

$$Q_s = \text{carico pacchetto stradale} = 10.000 \text{ N/mq}$$

$$Q_t = \text{carico traffico veicolare} = 100.000 \text{ N (carico per ruota traffico pesante)}$$

$K_x = \text{costante di fondo} = 0,096$

$SN = \text{rigidezza circonferenziale} = E \cdot (J/D_m^3) = 8 \cdot 10^8 \cdot (0,0000040)/0,50^3 = 25.600 \text{ Pa}$

$E = \text{modulo di elasticità del tubo} = 8 \cdot 10^8 \text{ Pa}$

$J = \text{momento di inerzia di parete del tubo} = s^3/12 = 0,0365^3/12 = 0,0000040 \text{ m}^4$

$D_m = \text{diametro medio del tubo} = 0,50 \text{ m}$

$E' = \text{modulo secante o di resistenza del terreno} = 2.760 \text{ Pa}$