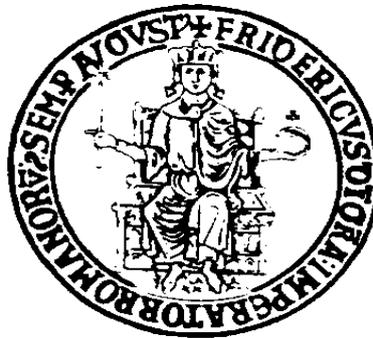


UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

**INGEGNERIA PER L' AMBIENTE E IL TERRITORIO
CORSO DI INFRASTRUTTURE IDRAULICHE**

**Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale
"Girolamo Ippolito"**

ANNO ACCADEMICO 2009/2010



DIMENSIONAMENTO DI UN SISTEMA DI DRENAGGIO URBANO

**Prof. Ing. Maurizio Giugni
Prof. Ing. Francesco De Paola**

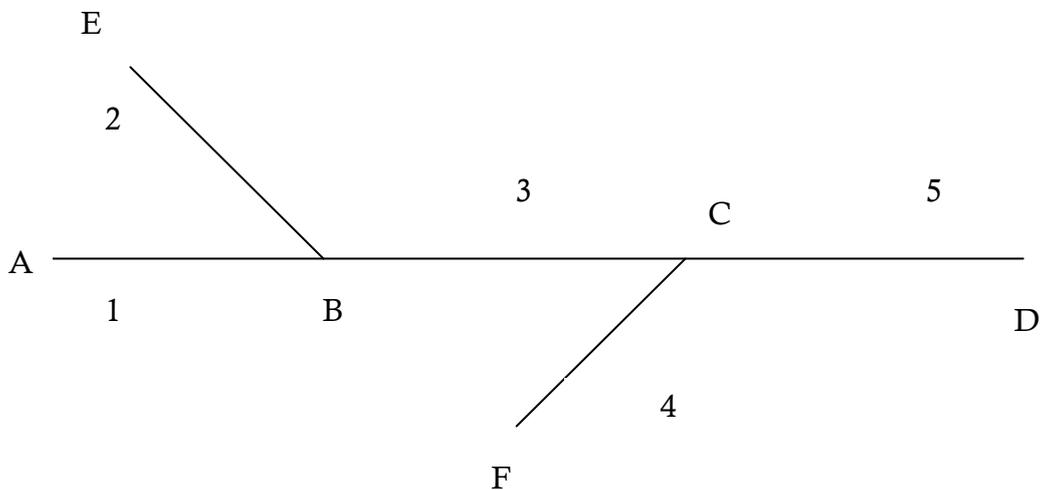
Studenti:	BAVARELLA SALVATORE	518/715
	CORTESE MARCO	518/751
	FIGAJ RAFAL DAMIAN	518/742
	ONOTRI LUCA	518/691

INDICE

1.	<u>PREMESSA</u>	<u>3</u>
2.	<u>VALUTAZIONE DELLA PORTATA FECALE</u>	<u>4</u>
3.	<u>VALUTAZIONE DELLA PORTATA PLUVIALE</u>	<u>4</u>
4.	<u>DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO URBANO</u>	<u>5</u>
	<u>4.1 Metodo della corrivazione</u>	<u>5</u>
	<u>4.2 Metodo dell' invaso semplificato</u>	<u>10</u>
	<u>4.3 Metodo dell' invaso</u>	<u>12</u>

1. PREMESSA

Si deve dimensionare un sistema di drenaggio urbano costituito da un collettore principale (tratti 1-3-5) e due immissioni (tratti 2-4) disposti secondo il seguente schema:



I dati di partenza relativi ai tratti sono i seguenti:

TRATTO	CONFL.	L [m] lunghezza	A [ha] superficie	N (ab)	i pendenza	φ coeff. afflusso
1	NO	100	1	80	0,01	0,75
2	NO	80	1	70	0,02	0,75
3	1 - 2	82	0,9	70	0,01	0,6
4	NO	75	0,9	60	0,015	0,8
5	1-2-3-4	68	1,2	75	0,01	0,75

Il tipo di fognatura scelto è di tipo “misto”: esso servirà cioè ad allontanare dal centro abitato sia i liquami domestici sia le acque meteoriche, e a convogliarli entrambi all’ impianto di depurazione. In assenza di eventi meteorici la portata fognaria risulta coincidere con quella fecale, che a sua volta corrisponde al 70-80 % della dotazione idrica fornita dall’ acquedotto (supponendo che la restante percentuale si perda in attività varie); essa è fortemente variabile in relazione ai consumi giornalieri, per cui se ne considera un valore medio e uno di punta. In

occasione di eventi di pioggia, si aggiunge la portata pluviale, che risulta essere di gran lunga maggiore di quella fecale.

2. VALUTAZIONE DELLA PORTATA FECALE

Il centro urbano al cui servizio è la nostra fognatura presenta una dotazione idrica pari a:
 $d=213 \text{ l}/(\text{ab} \cdot \text{g})$

La portata fecale media è quindi:

$$Q_m = \frac{d \times nr.ab}{86400} \cdot 0,8 \text{ [l/s]}$$

Possiamo considerare un coefficiente di punta pari a:

$$c_p = 2,5$$

Da cui risulta che la portata fecale di punta è:

$$Q_p = c_p \times Q_m \text{ [l/s]}$$

Applicando tali considerazioni a ciascuno dei tratti, otteniamo:

TRATTO	ΣN [ab]	Q_{fm} [l/s] portata fecale media	Q_{fp} [l/s] portata fecale di punta	Q_{fm}^3 [m ³ /s] portata fecale media	Q_{fp}^3 [m ³ /s] portata fecale di punta
1	80	0,158	0,394	0,000158	0,000394
2	70	0,138	0,345	0,000138	0,000345
3	220	0,434	1,085	0,000434	0,001085
4	60	0,118	0,296	0,000118	0,000296
5	355	0,700	1,750	0,000700	0,001750

Per i tratti 3 e 5 la portata è stata valutata facendo riferimento non al singolo tronco, bensì a tutto il bacino di influenza, ossia a tutte le aree le cui portate scolano nei suddetti tratti. In particolare, nel tratto 3 scolano i bacini 1, 2 e 3, mentre nel tratto 5 scolano i bacini 1, 2, 3, 4 e 5.

3. VALUTAZIONE DELLA PORTATA PLUVIALE

Essa sarà condotta mediante:

- ✓ Metodo dell' involucro semplificato di Guido De Martino

- ✓ Metodo della corrivazione
- ✓ Metodo dell' invaso

Tali metodi rappresentano anche i sistemi di dimensionamento del sistema di drenaggio, per cui i relativi risultati saranno proposti più avanti.

4. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO URBANO

Prima di procedere all' applicazione dei suddetti metodi, scegliamo di adoperare spechi circolari in calcestruzzo vibrocompresso non armato. I diametri nominali disponibili sono:

da 200 a 2000 [mm]

Una volta scelti i diametri da adottare, dovranno essere verificate le velocità massime e minime in condotta, corrispondenti rispettivamente alla portata pluviale e a quella fecale:

$$v_{\max} \leq 5 \text{ m/s}$$

Velocità maggiori comporterebbero la rapida abrasione delle tubazioni, facendone aumentare la scabrezza.

$$v_{\min} \geq 0,5 \text{ m/s}$$

Velocità minori comporterebbero il ristagno dei liquami, con conseguenza negative dal punto di vista igienico.

4.1 Metodo della corrivazione

Questo metodo si basa sull' assunto che la massima portata di piena in una generica sezione della rete di drenaggio si ottiene per una durata di pioggia pari al massimo tempo di corrivazione del bacino sotteso, nelle ipotesi che:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- la velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce;
- la portata defluente è data dalla somma delle portate elementari provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura;

- pluviogramma rettangolare (pioggia d'intensità costante);

La portata è fornita dalla seguente "formula razionale":

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot A}{360} \quad [m^3/s]$$

dove:

φ = coefficiente di afflusso

i = l'intensità media di pioggia per una durata pari a t_c (misurato in ore) ed ha la seguente espressione:

$$i_{tc} = a \cdot t_c^{n-1} \quad [mm/h]$$

A = area in ettari

Prima di iniziare il calcolo, diamo alcune definizioni:

- T_r è il tempo di ruscellamento, ovvero il tempo che l'acqua impiega per andare dal punto più lontano del bacino sotteso dal tronco in esame, fino alla sezione iniziale del tronco stesso; essendo un tempo di percorrenza su elementi fisici (quale è il terreno, le strade, i tetti, etc), non è definibile esattamente, per cui viene fissato in maniera empirica.

- T_p è il tempo di percorrenza dell'acqua all'interno del tronco di fogna di progetto; esso può essere definito in maniera esatta allorché siano noti la lunghezza, la pendenza e la scala di deflusso dello speco ipotizzato. Infatti si ha: $T_p = L / V$, cioè il rapporto tra la lunghezza della fogna e la velocità di percorrenza dell'acqua al suo interno.

- T_c è il tempo di corrivazione della sezione terminale del generico tratto considerato, cioè il tempo che l'acqua impiega per portarsi dal punto più lontano del bacino, alla sezione considerata; esso è inteso come somma del tempo di ruscellamento e dei tempi di percorrenza dei tratti attraversati.

Si dà quindi inizio ad un calcolo condotto per iterazione:

Per ogni singolo tratto sul quale non c'è nessuna confluenza, si fissa un tempo di ruscellamento (T_r) che varia fra i 5 e i 15 minuti, a seconda che l'area sia più o meno pendente o urbanizzata; nel caso di tratto che presenta tratti confluenti, si prende, come tempo di ruscellamento, il più grande fra i tempi di corrivazione dei tratti confluenti.

Si fissa una velocità di tentativo, e con essa si calcola il tempo di percorrenza:

$$T_p = \frac{L}{V}$$

dove :

L è la lunghezza del tratto

V è la velocità ipotizzata

Noto il tempo di percorrenza si calcola il tempo di corrivazione come somma del tempo di percorrenza e di quello di ruscellamento, cioè:

$$T_c = T_p + T_r$$

Con tale tempo di corrivazione si calcola l'intensità media di pioggia:

$$i_c = a \times T_c^{n-1}$$

dove:

n è posto pari a 0,5 ;

T_c è il tempo di corrivazione.

Si determina la portata pluviale mediante la formula razionale.

Si valuta la portata totale, come somma della portata pluviale appena calcolata, e della portata fecale di punta:

$$Q_{tot} = Q_{pl} + Q_{fp}$$

Nota la pendenza *i* del tratto, si calcola la portata Q_r per entrare nella scala di deflusso, tenendo presente la formula:

$$Q = \left(\frac{D}{D_r} \right)^{\frac{8}{3}} \cdot \frac{k'}{k_r} \cdot \sqrt{i} \cdot Q_r$$

Le scale di deflusso adoperate presentano:

$$k_r = 70 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$$

$$D_r = 1 \text{ m}$$

Inoltre assumiamo $k'=55 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, a vantaggio di sicurezza.

Entrando con Q_r nella scala di deflusso, leggiamo il grado di riempimento $h_r=h/D$, verificando che sia compreso tra 50% e 60% (se ciò non avviene aumentiamo o diminuiamo il diametro dello speco ipotizzato tenendo sempre presente i DN commerciali). Una volta fissato lo speco e il grado di riempimento, leggiamo il valore di v_r e ricaviamo la velocità v' mediante la seguente formula:

$$v' = v_r \cdot \left(\frac{D}{D_r} \right)^{2/3} \cdot \frac{k'}{k_r} \cdot \sqrt{i}$$

Se v' è uguale alla v ipotizzata, lo speco è quello giusto, altrimenti bisogna operare un secondo tentativo, sostituendo al posto di v il valore di v' .

Notiamo che, una volta concluso il procedimento iterativo, le velocità ottenute saranno quelle massime, poiché corrispondono alla somma della portata fecale e quella pluviale. Bisognerà poi verificare le velocità minime con la portata fecale media (la minima possibile): da questa si ottiene Q_r , in corrispondenza della quale nella scala di deflusso si legge v_r e quindi si ricava v_{min} , da confrontare con il valore di $0,5 \text{ m/s}$.

Di seguito sono riportati i risultati del metodo della corrivazione.

DATI	
a =	42
n =	0,5
s =	15
dot =	213 l/(ab*g)
c _p =	2,5

D _r =	1	speco circolare
k _r =	70	
k' =	55	

FORMULE	
Q _{fm} =	(N*dot)*0,80/86400
Q _{fp} =	c _p *Q _{fm}
t _p =L/v	
i _{critica} =	a* (t _c /3600)n ⁻¹

Valori finali

TRATTO	CONFL.	L [m]	A [ha]	N [ab]	ΣN [ab]	i	φ	ΣA [ha]	φ _m	t _R [s]	t _p	t _c	i	Q _{pioggia}	Q totale
		lunghezza	superficie	numero di abitanti		pendenza	coeff. Afflusso		afflusso medio	ruscellamento	s	s	(mm/h)	(mc/s)	(mc/s)
1	NO	100	1	80	80	0,01	0,75	1	0,8	600,0	64,6	664,6	97,7	0,217	0,21
2	NO	80	1	70	70	0,02	0,75	1	0,7	600,0	41,0	641,0	99,5	0,194	0,19
3	1 - 2	82	0,9	70	220	0,01	0,6	2,9	0,703	600,0	29,1	693,7	95,7	0,542	0,54
4	NO	75	0,9	60	60	0,015	0,8	0,9	0,8	600,0	42,6	642,6	99,4	0,199	0,19
5	1-2-3-4	68	1,2	75	355	0,01	0,75	5	0,732	600,0	33,5	727,2	93,4	0,950	0,95

TRATTO	Φ _{int} [m]	Q _r	h/D	v _r	v _{min}
	speco interno		grado di riempimento		velocità minima
1	0,6000	0,0078411	0,0141	3,10409912	0,1735006
2	0,5000	0,007889	0,0141	3,10409912	0,2172844
3	0,8000	0,0100125	0,0161	3,38896464	0,2294695
4	0,5000	0,0078081	0,0141	3,10409912	0,1881738

4.2 Metodo dell' invaso semplificato

Tale metodo costituisce la semplificazione, ad opera del prof. De Martino, del metodo dell' invaso, e risulta applicabile solo per bacini di estensione inferiore a 30 ha (come nel nostro caso). La semplificazione consiste nell' assunto che la portata pluviale critica si sviluppi per una durata di pioggia pari a 15 minuti, quindi la formula razionale da adottare è:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_{15} \cdot A \cdot \psi}{360}$$

Con:

- φ coefficiente di afflusso;
- i_{15} intensità critica della pioggia, ovvero intensità di pioggia per una durata pari a 15 minuti:

$$i_{15} = a \times \left(\frac{15}{60}\right)^{n-1}$$

- A estensione del bacino in ettari;
- ψ coefficiente di ritardo tabellato in funzione dell' estensione del bacino, del coefficiente di afflusso, di i_{15} , della pendenza media del bacino, valutata con la formula:

$$\frac{L}{\sqrt{p}} = \sum \frac{L_i}{\sqrt{p_i}}$$

Dove p è la pendenza incognita e p_i sono le pendenze dei bacini singoli.

TRATTO	PENDENZA MEDIA	ψ
		fattore di ritardo
1	0,01000	0,756
2	0,02000	0,772
3	0,01206	0,760
4	0,01500	0,764
5	0,01212	0,765

I risultati del metodo dell' invaso semplificato sono riportati di seguito:

a =	42	parametri
n =	0,5	
$i_{15} =$	$a * (15 \text{ min})^{n-1} = 84,00 \text{ mm / h}$	
Q=	$(\varphi * i_{15} * A * \psi) / 360$	

TRATTO	CONFL.	L [m] lunghezza	A [ha] superficie	N (ab)	i pendenza	φ coeff. afflusso	ΣA [ha]	φ_m afflusso medio	ψ fattore di ritardo	Q [m ³ /s] portata pluviale	Qtot [m ³ /s] portata totale	u [l/(s*ha)] coeff. udometrico	Φ_{int} [mm] speco interno	Q _r [m ³ /s]
1	NO	100	1	80	0,01	0,75	1	0,75	0,756	0,132	0,133	132,7	500	10,7
2	NO	80	1	70	0,02	0,75	1	0,75	0,772	0,135	0,135	135,4	400	14,0
3	1 - 2	82	0,9	70	0,01	0,6	2,9	0,703	0,760	0,362	0,363	125,1	700	11,9
4	NO	75	0,9	60	0,015	0,8	0,9	0,8	0,764	0,128	0,129	142,9	500	8,4
5	1-2-3-4	68	1,2	75	0,01	0,75	5	0,732	0,765	0,653	0,655	131,0	900	11,0

PORTATA FECALE

dot = 213 l/(ab*g) cp= 2,5

TRATTO	ΣN [ab]	Q _{fm} [l/s] portata fecale media	Q _{fp} [l/s] portata fecale di punta	Q _{fm} [m ³ /s] portata fecale media	Q _{fp} [m ³ /s] portata fecale di punta
1	80	0,158	0,394	0,000158	0,000394
2	70	0,138	0,345	0,000138	0,000345
3	220	0,434	1,085	0,000434	0,001085

VELOCITA' MINIME

TRATTO	Φ_{int} [m] speco interno	Q _r	h/D grado di riempimento	v _r	v _{min} [m/s] velocità minima
1	0,5000	0,0127505	0,0181	3,66181	0,181
2	0,4000	0,0143037	0,0181	3,66181	0,221
3	0,7000	0,0142951	0,0181	3,66181	0,227

4.3 Metodo dell' invaso

Tale metodo schematizza la rete di drenaggio come successione di una serie di “invasi lineari”, ovvero caratterizzati da una relazione lineare tra la portata in ingresso e il volume d' acqua accumulatosi:

$$v = k \cdot q$$

con $k = \frac{W}{Q}$ “costante d' invaso”, con Q e W valutati in condizioni di massimo riempimento.

Il metodo riesce a tenere conto dell' aliquota del fenomeno del “ritardo complessivo” dovuta al tempo necessario per riempire il canale di drenaggio. L' altra aliquota, dovuta al tempo necessario da parte dell' acqua meteorica per raggiungere la rete, ovvero il tempo di ruscellamento, è contemplata invece nel metodo della corrivazione. I due metodi risultano perciò complementari.

Il metodo si basa sulla definizione del coefficiente udometrico tramite una relazione che lo lega ai parametri della legge di pioggia, al coefficiente di afflusso e al volume specifico, ovvero il volume invasato per unità di superficie:

$$U = \frac{2168 \cdot n \cdot (\varphi \cdot a)^{1/n}}{w^{n-1}}$$

Per ogni singolo tronco si ipotizza un valore di tentativo di U, ad esempio quello ricavato dal metodo della corrivazione, quindi si ricava il valore della portata pluviale:

$$Q = U \times A \quad [l/s]$$

Quindi si considera la portata totale come somma di quella fecale di punta e di quella pluviale:

$$Q_{tot} = Q + Q_{fp}$$

Una volta trasformata tale portata in $[m^3/s]$, si ipotizza uno speco e si ricava Q_r , mediante la relazione:

$$Q = \left(\frac{D}{D_r} \right)^{8/3} \cdot \frac{k'}{k_r} \cdot \sqrt{i} \cdot Q_r$$

Quindi, adoperando le scale di deflusso per spechi circolari, si legge il grado di riempimento $h_r = h/D$, e si verifica che questo sia compreso tra 50% e 60%, e si legge il valore di σ_r .

Si ricava σ mediante la relazione:

$$\sigma = \sigma_r \times \left(\frac{D}{D_r} \right)^2$$

e si calcola il “volume di invaso proprio” ovvero il volume massimo che può essere invaso (ossia proprio il volume di ciascun tronco) mediante la relazione

$$W_{ip} = \sigma \cdot L$$

Quindi si ipotizza un “volume di piccolo invaso”, che tiene conto di quelle capacità superficiali, dovute all’irregolarità del terreno, in cui l’acqua piovana si raccoglie, non pervenendo alla rete di drenaggio. Questo volume (uno per ogni tratto) è stato valutato come:

$$W_{pi} = 40 \times A \text{ [m}^3\text{]}$$

Si calcola il “volume totale di invaso” come somma di piccolo invaso e invaso proprio, e lo si divide per la superficie del bacino per valutare il volume specifico. Noto il volume specifico portatolo da m^3/ha a m^3/m^2 (dividendo per 10000 essendo $1ha=10000m^2$) si calcola il coefficiente udometrico U' mediante la formula precedentemente illustrata. Se U' è pari a U di primo tentativo, il dimensionamento è corretto, altrimenti si effettua un secondo tentativo adoperando il valore di U' . Dopo il dimensionamento si andranno a verificare le velocità massime, leggendo, in corrispondenza di Q_r , il valore di v_r e ricavando quindi v :

$$v = v_r \cdot \left(\frac{D}{D_r} \right)^{2/3} \cdot \frac{k'}{k_r} \cdot \sqrt{i}$$

I risultati del metodo dell’ invaso sono riportati di seguito:

u =	$[2168 * n * (\varphi * a)^{1/n}] / w^{1/n-1}$
a =	0,042
n =	0,5

Risultati finali

TRATTO	CONFL.	L [m]	A [ha]	N [ab]	ΣN [ab]	i	φ	ΣA [ha]	φ _m	W _{pi} [m ³]	Σ W _{pi} [m ³]	W _{ip} [m ³]	Σ W _{ip} [m ³]	W _{tot} [m ³]	u (l/s*10 ³)
		lunghezza	superficie	numero di abitanti		pendenza	coeff. Afflusso		afflusso medio	volume piccolo invaso		volume invaso proprio			
1	NO	100	1	80	80	0,01	0,75	1	0,800	40	40	14,357	14,357	54,357	22
2	NO	80	1	70	70	0,02	0,75	1	0,700	40	40	7,976	7,976	47,976	19
3	1 - 2	82	0,9	70	220	0,01	0,6	2,9	0,703	36	116	21,454	43,786	159,786	17
4	NO	75	0,9	60	60	0,015	0,8	0,9	0,800	36	36	9,154	9,154	45,154	24
5	1-2-3-4	68	1,2	75	355	0,01	0,75	5	0,732	48	200	26,566	79,506	279,506	16

PORTATA FECALE

dot = 213 l/(ab*g)

TRATTO	ΣN [ab]	Q _{fm} [l/s]	Q _{fp} [l/s]	Q _{fm} [m ³ /s]	Q _{fp} [m ³ /s]
		portata fecale media	portata fecale di punta	portata fecale media	portata fecale di punta
1	80	0,158	0,3944444	0,0001578	0,0003944
2	70	0,138	0,3451389	0,0001381	0,0003451
3	220	0,434	1,0847222	0,0004339	0,0010847
4	60	0,118	0,2958333	0,0001183	0,0002958
5	355	0,700	1,7503472	0,0007001	0,0017503

VELOCITA' MINIME

TRATTO	Φ _{int} [m]	Q _r	h/D	v _r	v _{min}
	speco interno		grado di riempimento		velocità minima
1	0,6000	0,007841	0,0141	3,10409912	0,17350063
2	0,5000	0,007889	0,0141	3,10409912	0,21728441
3	0,8000	0,010012	0,0161	3,38896464	0,22946952
4	0,5000	0,007808	0,0141	3,10409912	0,18817382
5	0,9000	0,011802	0,0161	3,38896464	0,24821424

