

COMUNE DI PESARO

Area Dinamiche Urbane
SERVIZIO EDILIZIA PRIVATA

REALIZZAZIONE DEL PIANO ATTUATIVO PPA 2006 - 2010 DEL COMUNE DI PESARO, LOC. SANTA MARIA DELL' ARZILLA - (scheda 0.067)

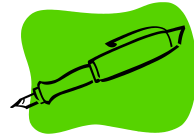
RIF. CATASTALI: SEZIONE DI CANDELARA Foglio 15 Mapp. n. 6 - 8 - 129 - 159 - 161 - 162 - 308 - 309 e Foglio 13 Strada provinciale S.P.32

DITTE	PROVINCIA DI PESARO-URBINO Via Gramsci, 4 61121 Pesaro (PU)	CIAVARINI ALBA MARIA Via Santa Maria dell' Arzilla, 44 61122 Pesaro (PU)	CECCHI PAOLINA Via Santa Maria dell' Arzilla, 10 61122 Pesaro (PU)	VITALI AMEDEO Via Angelo Recchi, 32 61122 Pesaro (PU)
	_____	_____	_____	_____
I TECNICI	ING. MARCO ROSSI presso STUDIO INCO Via Picciola, 3 - 61121 Pesaro (PU) tel.0721.67035 e-mail studioinco@tin.it	ARCH. ANDREA BRAGAGNA presso STUDIO ASS.TO ARKA34 Via F. Mengaroni,34 - 61121 Pesaro (PU) tel.0721.32816 e-mail studioarka34@virgilio.it	ARCH. DANIELA PULIN presso STUDIO ASS.TO ARKA34 Via F. Mengaroni,34 - 61121 Pesaro (PU) tel.0721.32816 e-mail studioarka34@virgilio.it	
				

OGGETTO: RELAZIONE SMALTIMENTO ACQUE REFLUE

R10

RELAZIONE NUMERO



INDICE

SMALTIMENTO ACQUE BIANCHE	
○ Pluviometria Pesaro	
○ Dimensionamento rete fognaria -relazione di calcolo idraulico	
SMALTIMENTO ACQUE NERE	
○ Dimensionamento rete fognaria -relazione di calcolo idraulico	

PLUVIOMETRIA

Introduzione

Il presente capitolo riguarda l'elaborazione statistica del campione delle misure della variabile idrologica pioggia, allo scopo di definire la forma della funzione di distribuzione di probabilità (FDP) della variabile medesima, ovvero il legame tra la variabile e il tempo di ritorno (numero medio di anni che occorre aspettare per il primo superamento di un generico valore x proveniente da una serie di dati) che si ricava dal processo dei massimi annuali mediante la relazione:

$$T(x) = E[N_x] = \frac{1}{1 - F(x)};$$

che è dipendente dalla *probabilità* che x sia superato almeno una volta in n anni tramite la relazione $P = 1 - \frac{1}{T}$ che a sua volta risulta dipendente dal *rischio* $R = 1 - P$:

$$X_T = X(T)$$

Nel caso in oggetto, il legame tra la variabile e il tempo di ritorno T_r viene ricavato elaborando i suoi massimi annui misurati in una serie di anni, anche non consecutivi, procedura definita come elaborazione della serie dei massimi annui (AM). La stima della FDP della variabile idrologica altezza di pioggia è ottenuta da un unico campione di dati misurati. Il campione è stato misurato presso la stazione pluviometrica di Pesaro. La FDP prescelta è quella di Gumbel in cui la distribuzione del massimo valore, ovvero l'altezza di precipitazione massima caduta in un intervallo prescelto, tra M valori di una variabile casuale, segue la cosiddetta *prima legge asintotica del massimo valore* (o di Gumbel appunto) quando M è sufficientemente grande.

Curva di possibilità Climatica

Al fine di calcolare le portate di pioggia, occorrono informazioni sull'idrologia della zona d'esame. Queste informazioni possono essere riassunte dalla relazione a due parametri denominata legge di probabilità pluviometrica (o curva segnatrice di possibilità climatica) che lega altezza e durata di pioggia con l'espressione seguente:

$$h = at^n$$

Per la stima di a e di n è necessario raccogliere i dati di pioggia riportati dai pluviografi che nel caso del bacino dei fossi esaminati possono essere ben rappresentati dalla serie storica disponibile presso il pluviografo di Pesaro facente parte del Servizio Idrografico Nazionale - sezione di Bologna -. Per tale pluviografo sono stati considerati 63 anni (compresi tra il 1900 ed il 1998) di dati che vengono riassunti nella *Tabella 1*: dati pubblicati sugli Annali Idrologici redatti dal Servizio Idrografico Nazionale, sezione di Bologna.

Nel caso in esame, per la stima della portata al colmo, occorre individuare le piogge di massima intensità registrate dai pluviografi.

Tabella 1: Altezze di pioggia massime (mm) e relative durate per la serie storica 1900-1998

	1h	3h	6h	12h	24h
1900	50.00				
1915	57.50				
1916			75.60		
1920				80.40	95.00
1934	45.20				
1937	50.00	85.20	87.60	95.60	96.20
1938					
1939					
1940	20.00	34.60	38.00	87.60	95.00
1941	45.20	64.20	73.00	87.60	95.80
1942	15.60	24.00	39.60	46.80	46.80
1943	20.40	31.80	40.00	43.80	68.00
1944					
1945	24.40	31.20	38.20	49.80	54.80
1946	24.60	25.60	37.40	52.80	69.00
1947		59.00	74.40	80.40	84.20
1948					
1949	20.40	26.40	31.60	31.80	48.00
1950	30.80	40.80	44.00	44.00	44.00
1951	19.80	29.00	37.60	37.60	40.80
1952	16.20	19.60	22.60	34.00	55.00
1953	19.60	36.00	42.60	43.60	60.20
1954	28.00	30.20	39.20	50.60	50.80
1955	38.80	42.20	47.60	55.60	85.40
1956	20.40	37.00	49.80	49.80	49.00
1957	16.00	16.80	23.20	37.80	44.00
1958	12.20	23.40	36.40	41.00	44.80
1959	22.60	38.00	41.00	62.60	76.60
1960	33.40	37.60	37.60	52.40	54.60
1961	45.00	61.80	62.00	102.40	105.40
1962	34.00	67.20	71.20	76.80	84.60

1963	39.40	45.20	45.60	48.60	68.60
1964	60.00	62.40	62.60	81.40	81.40
1965	18.20	26.20	26.20	30.20	36.40
1966	80.00	117.20	118.00	118.20	134.40
1967	16.20	23.00	27.00	27.00	28.40
1968	16.00	21.80	25.60	35.20	43.40
1969	15.60	39.40	50.00	53.00	53.60
1970	34.60	44.40	51.80	53.00	54.60
1971	11.40	72.62	25.40	30.60	40.20
1972	66.60	82.00	72.80	86.00	86.00
1973	41.00	34.00	117.00	139.80	181.60
1974	23.20	34.00	37.60	46.40	52.00
1975	27.40	35.00	47.00	74.00	79.20
1976	27.60		43.00	77.40	102.80
1977		25.20			
1978	15.20	32.00	32.00	37.40	46.60
1979	17.00	24.60	51.00	82.00	113.40
1980	19.40		26.60	29.00	53.80
1981		40.00			
1982	23.00	28.80	42.00	42.00	64.60
1983	23.60	18.60	30.00	59.00	116.20
1984	18.00		18.80	34.00	41.00
1985					
1986					
1987	21.00				
1988	17.60				
1989	38.00				
1990	14.40	23.80	34.20	49.20	62.60
1991	17.60	31.00	42.00	53.00	65.60
1992	25.20	26.00	33.80	47.40	66.40
1993	19.00	45.20	50.60	51.00	52.60
1994	20.00	26.20	37.80	54.00	65.00
1995	33.00	70.80	108.60	110.80	116.00
1996	31.60	47.40	48.60	67.80	95.00
1997	7.40	14.60	24.20	39.40	49.40
1998	34.70				97.40

Sono state costruite curve di possibilità climatica per diversi tempi di ritorno ($Tr = 200$ anni, $Tr = 100$ anni, $Tr = 50$ anni, $Tr = 25$ anni, $Tr = 10$ anni, $Tr = 5$ anni) tramite l'uso della legge di probabilità di Gumbel che lega i valori estremi di pioggia della *Tabella 1* con la probabilità di avere valori minori di quelli considerati.

La legge di Gumbel è la seguente:

$$P(h) = e^{-e^{-a(h-u)}}$$

dove $a = \frac{1,285}{S(h)}$ e $u = E(h) - 0,45S(h)$

essendo $E(h) = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{n}$ VALORE ATTESO

$$S(h) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - E(h))^2}{n-1}}$$
 SCARTO QUADRATICO MEDIO

Esplicitando le espressioni statistiche in modo da ottenere la probabilità di non superamento e le altezze di pioggia per i diversi tempi di ritorno per ciascuna durata di pioggia:

$$P(h(T_r)) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

$$h(T_r) = u - a^{-1} \cdot \ln(-\ln(P(h(T_r))))$$

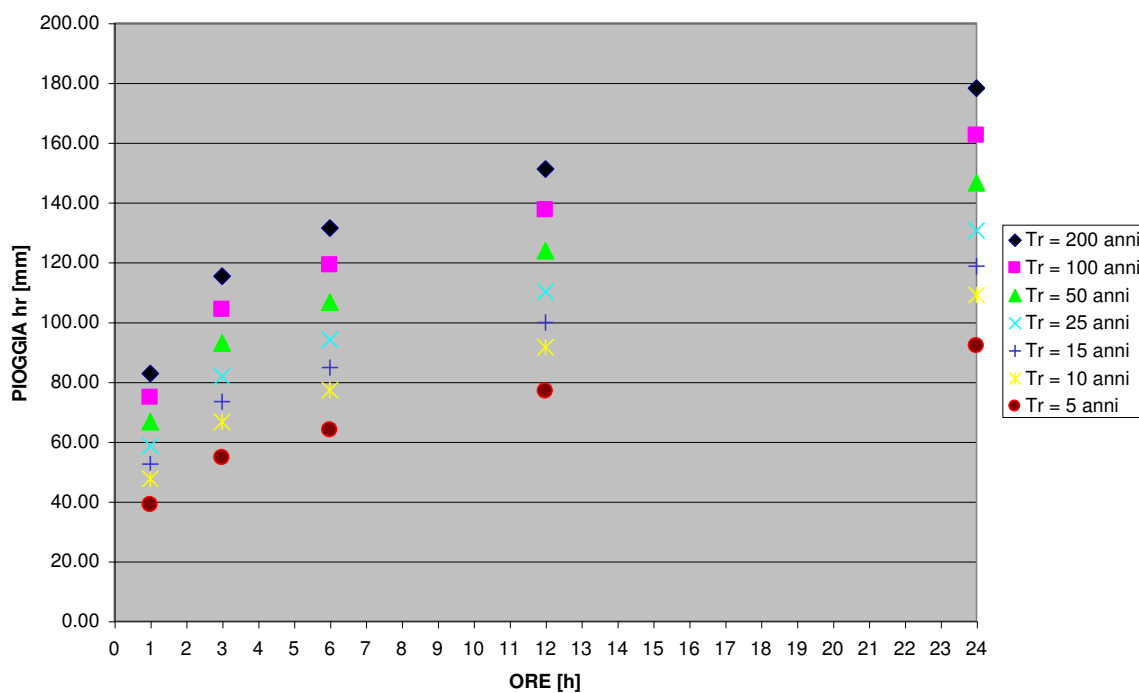
si ottengono, le seguenti altezze di pioggia (*Tabella 2*):

Tabella 2: Probabilità di non superamento e altezze di pioggia

Tr (anni)	P (h(Tr))	h(Tr) (mm)				
		1h	3h	6h	12h	24h
200	0.995	82.78	115.29	131.42	151.12	178.20
100	0.990	74.74	104.17	119.04	137.51	162.41
50	0.980	66.67	93.01	106.61	123.86	162.42
25	0.960	58.55	81.76	94.09	110.10	130.58
10	0.900	47.59	66.60	77.21	91.56	109.05
5	0.800	38.92	54.60	63.86	76.88	92.01

da cui si ricavano cinque altezze di pioggia critica per ciascun tempo di ritorno che sono rappresentate nel diagramma (Tp/h(Tr)) di *Figura 1*.

Figura 1: Altezze di pioggia per differenti Tempi di ritorno



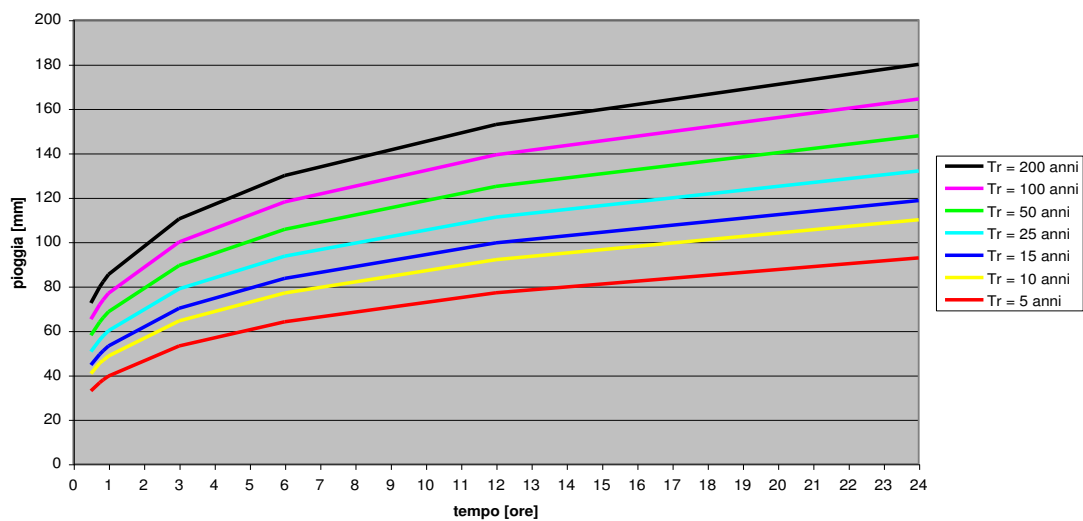
E' possibile ora procedere al calcolo della curva di possibilità climatica stimando i parametri a e n con il metodo dei minimi quadrati, riassunti in *Tabella 3*:

Tabella 3: Parametri "n, a" e curve di possibilità climatica

Tr (anni)	n	a	$h = at^n$
200	0.235	85.28	$h = 85.28t^{0.235}$
100	0.239	76.91	$h = 76.91t^{0.239}$
50	0.242	68.50	$h = 68.50t^{0.242}$
25	0.248	60.02	$h = 60.02t^{0.248}$
15	0.253	53.10	$h = 53.10t^{0.248}$
10	0.257	48.61	$h = 48.61t^{0.257}$
5	0.268	39.58	$h = 39.58t^{0.268}$

Le curve ottenute dai valori della *Tabella 3* sono rappresentate in *Figura 2* che mostra, per 6 valori del tempo di ritorno, gli andamenti delle precipitazioni in relazione alle durate.

Figura 2: Curve di possibilità climatica per differenti Tempi di ritorno e durate



1 Dimensionamento e verifica delle condotte

Il dimensionamento di una rete di drenaggio dipende dalle portate critiche valutate in corrispondenza di ogni singolo collettore calcolate come somma della massima portata nera e della massima portata meteorica. Le portate di origine meteorica (piogge di progetto) dipendono dalle caratteristiche geometriche della rete di smaltimento e dalle caratteristiche generali delle aree drenanti che costituiscono il sottobacino afferente a ciascun collettore mentre le portate nere dipendono dalla densità abitativa e dall'apporto procapite in fognatura.

Il dimensionamento della rete fognante è stato condotto utilizzando il modello cinematico modificato (Becciu, Paoletti 1997) ampiamente descritto nel seguito che ricordiamo avere numerosi riscontri sperimentali della sua efficacia.

2.1 Generalità

Il Metodo cinematico è basato su un modello concettuale lineare e stazionario secondo cui il bacino drenante viene schematizzato come un insieme di canali lineari che producono soltanto un ritardo dell'uscita rispetto all'ingresso e nessun effetto di laminazione o riduzione del colmo. Secondo tale metodo la pioggia critica cioè quella che produce la portata massima nella sezione terminale del bacino è la pioggia avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino. L'idrogramma di piena ha forma di triangolo isoscele caratterizzato da un valore massimo della portata doppio di quello medio.

Pertanto la massima portata è esprimibile con la formula razionale:

$$Q_c = 2.78 S \phi a d_c^{n_c}$$

in cui:

S indica la superficie totale drenante nella condotta;

ϕ indica il coefficiente di afflusso;

a indica il coefficiente pluviometrico orario;

n indica il coefficiente n esponente della linea segnalatrice di pioggia.

d_c indica la durata critica ;

Il coefficiente di afflusso tiene conto che non tutto l'afflusso pluviometrico viene trasformato in deflusso nella rete di fognatura. Sono cause della perdita gli invasi nelle depressioni della superficie del suolo, il velo idrico trattenuto dalla tensione superficiale, l'infiltrazione nel sottosuolo, l'evaporazione. Nelle aree urbanizzate l'infiltrazione risulta la causa principale di perdita.

La durata critica è espressa dalla relazione proposta da Becciu, Paoletti [1997] $d_c = T_e + T_r / 1.5$ in cui T_e indica il tempo di ingresso in rete e T_r tempo di corrivazione della rete. Il coefficiente correttivo 1.5 tiene conto del fatto che i reali tempi di concentrazione delle portate di piena son ben minori del tempo di corrivazione $T_e + T_r$. Il tempo di ruscellamento o di ingresso in rete viene assunto

pari a 5-15 minuti, in funzione del grado di urbanizzazione del centro abitato e della pendenza delle superfici. Il tempo T_r di percorrenza entro il tratto di canalizzazione lungo L percorso in condizioni di moto uniforme dalla portata Q_r con velocità v_r viene calcolato mediante la $T_r = L/v_r$ in cui L è la lunghezza del condotto e v_r la velocità a massimo riempimento (moto uniforme).

Per i tratti non di testa, al tempo di percorrenza del condotto di riferimento si deve sommare anche il valore massimo dei tempi di corrivazione dei percorsi canalizzati a monte.

Nota la durata critica è possibile calcolare la durata critica di pioggia mediante la a a cui viene sommata la portata nera di punta Q_{np} per la verifica della massima portata fluente nella sezione di calcolo.

Nota la durata critica è possibile calcolare la durata critica di pioggia mediante la $Q_c = 2.78 S \phi a d^{n_c}$ a cui viene sommata la portata nera di punta Q_{np} per la verifica della massima portata fluente nella sezione di calcolo.

Nota la Q_t , attraverso le scale di deflusso dello speco in esame calcolate sotto l'ipotesi di flusso in moto uniforme, si risale, al valore del grado di riempimento ed alla velocità reale di scorrimento v .

Si pone a confronto il grado di riempimento relativo alla portata critica (somma della portata critica di pioggia e della portata nera di punta) con il grado di riempimento e velocità di progetto assunto dall'utente.

Se il grado di riempimento e la velocità risultano superiore ai valori imposti dall'utente occorrerà riverificare la sezione del condotto mentre nel caso contrario le dimensioni del condotto sono tali da rispettare sia il grado di riempimento che la velocità di scorrimento ;

Nel caso in cui, fatto salvo il grado di riempimento, il valore massimo della velocità ecceda il limite consentito per il tipo di materiale utilizzato per la costruzione dello speco si provvederà a ridurre la pendenza della canalizzazione, con l'inserimento di salti di fondo.

3 Dati di input

3.2 Acque bianche

3.2.1 Eventi meteorici intensi

Lo studio idrologico ha riguardato l'analisi delle precipitazioni di breve durata e forte intensità della zona oggetto di intervento per caratterizzarne l'intensità, la durata e la frequenza. Tramite l'elaborazione dei dati pluviometrici si definiscono i parametri caratteristici della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica esprimibile dalla seguente relazione $h=ad^n$ in cui:

a rappresenta il coefficiente pluviometrico orario espresso in mm/h;

n il coefficiente esponenziale adimensionale funzione del tempo di ritorno T_r ;

d la durata dell'evento meteorico;

h indica l'altezza della precipitazione espressa in mm che ricade sul bacino di riferimento.
Nel caso in oggetto si sono assunti i seguenti dati:

tempo di ritorno di progetto T_r 5 anni;

coefficiente a: 39,58 mm/h

coefficiente n: 0,268

3.2.2 Determinazione della pioggia netta o efficace

Tramite la curva segnalatrice di pioggia si determina la quantità di pioggia in ingresso al bacino. Una quota parte di tale pioggia si perde per una serie di fenomeni idrologici (evaporazione, infiltrazione nella coltre superficiale dei terreni, immagazzinamento negli avvallamenti superficiali, formazione del velo idrico superficiale) e non contribuisce alla formazione del deflusso che arriva alla rete di drenaggio.

Il calcolo della pioggia netta o efficace cioè della quota parte che genera deflusso superficiale drenato dalla rete fognaria viene calcolato mediante la definizione del coefficiente di afflusso ϕ che rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume della pioggia totale. Il calcolo della pioggia netta o efficace cioè della quota parte che genera deflusso superficiale drenato dalla rete fognaria viene calcolato mediante la definizione del coefficiente di afflusso ϕ che rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume della pioggia totale. Dato che un bacino è composto da zone con tipologie di utilizzo del suolo diverse il coefficiente di afflusso complessivo si determina come media pesata in funzione delle aree e dei relativi coefficienti di afflusso cioè utilizzando la relazione $\phi = \sum S_i \phi_i / \sum S_i$ in cui S_i indica l'estensione del sottobacino i-esimo omogeneo in termini di superficie e ϕ_i il coefficiente di afflusso relativo al sottobacino i-esimo.

Si rimanda a quanto contenuto nella tabella in cui sono riportati per i diversi nodi afferenti i valori del coefficiente di afflusso stimato secondo la metodologia sopraesposta.

Caratteristiche della rete fognaria da dimensionare

Nelle successive tabelle si riassumono le principali caratteristiche sia dei bacini afferenti la rete che dei condotti che costituiscono la rete fognante.

Dimensionamento rete fognaria - relazione di calcolo idraulico

Identificativo nodo/bacino	Area drenante [ha]	Coefficiente di afflusso [-]	Portata da altri ingressi [l/s]
17	0,0797	0,6620703	
312			
16	0,0808	0,6622772	
112	0,0797	0,6620703	
53	0,1564	0,6620715	
416	0,0417	0,7879859	
511	0,0283	0,7879859	
45	0,0283	0,7879859	
68	0,0283	0,7879859	
122			
142			
116	0,0283	0,7879859	
211	0,0283	0,7879859	
114			
515			
113	0,0688	0,6325145	
38	0,0283	0,7879859	
56			
86			
26			
215			
612			
106			
212			
64			
76	0,0283	0,7879859	
49			
79			
54	0,0557	0,6621005	

Identificativo ramo	Lunghezza [m]	Pendenza [%]	Scabrezza [$m^{1/3}s^{-1}$]	Grado di riempimento di progetto [%]
76 - 86	5	1,5	85	75
312 - 49	19	2	85	75
68 - 79	5	1,5	85	75
54 - 64	5	1,5	85	75
612 - 79	23	2	85	75
212 - 312	16,5	2	85	75
116 - 215	5	1,5	85	75
515 - 612	24	2	85	75
53 - 64	5	1,5	85	75
64 - 86	14	2	85	75
38 - 49	5	1,5	85	75
79 - 86	22,5	2	85	75
215 - 312	22,5	2	85	75
114 - 122	12,5	2	85	75
26 - 56	17	2	85	75
17 - 26	5	1,5	85	75
112 - 212	5	1,5	85	75
211 - 312	5	1,5	85	75
45 - 56	5	1,5	85	75
56 - 64	14	2	85	75
49 - 56	25	2	85	75
122 - 142	55	2	85	75
113 - 212	5	1,5	85	75
16 - 26	5	1,5	85	75
106 - 114	18	2	85	75
416 - 515	5	1,5	85	75
86 - 106	14	2	85	75
511 - 612	5	1,5	85	75

3.3.1 Tempo di ingresso in rete

Il tempo di ingresso in rete è valutato mediante i valori contenuti nella seguente tabella:

Tipi di bacini	Te [min]
Centro urbano intensivo con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 - 7
Centri urbani semintensivi con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	7-10
Aree urbane di tipo estensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10-15

Nella tabella successiva si riassumono i tempi di ingresso in rete adottati nel progetto.

Identificativo nodo/bacino	Tempo ingresso in rete [min]
17	15
312	
16	15
112	15
53	15
416	10
511	10
45	10
68	10
122	
142	
116	10
211	10
114	
515	
113	15
38	10
56	
86	
26	
215	
612	
106	
212	
64	
76	10
49	
79	
54	15

3.3.2 Portata da altri ingressi

Si prevede di considerare i seguenti apporti esterni definiti come \"portata da altri ingressi\".

Identificativo nodo/bacino	Portata da altri ingressi [l/s]
17	
312	
16	
112	
53	
416	
511	

45	
68	
122	
142	
116	
211	
114	
515	
113	
38	
56	
86	
26	
215	
612	
106	
212	
64	
76	
49	
79	
54	

4 Algoritmo di calcolo

Nel presente paragrafo si illustrano i diversi passi che costituiscono la base dell'algoritmo di calcolo teso al dimensionamento della rete fognante mediante il metodo cinematico:

1. valutazione dell'estensione del bacino drenante relativo alla condotta. Nel caso in cui il condotto non sia di testa si calcola l'area totale drenante costituita da tutti i bacini di monte che afferiscono al condotto di riferimento;
2. calcolo del coefficiente di afflusso ϕ secondo la metodologia precedentemente indicata. Nel caso in cui il condotto non sia di testa il coefficiente di afflusso è quello globale desunto come media pesata sull'area di tutti i coefficienti di afflusso dei bacini drenanti posti a monte del condotto di riferimento
3. calcolo della portata nera di punta come indicato in precedenza;
4. assunzione del diametro di primo tentativo
5. valutazione del tempo di ingresso in rete T_e mediante i valori riassunti nella tabella
6. calcolo della velocità a massimo riempimento V_r mediante l'applicazione della formula di Chezy $V_r = \chi \sqrt{i}$ in cui R indica il raggio idraulico, i la pendenza del collettore e il coefficiente di resistenza valutato secondo la formula di Strickler $\chi \sqrt{g} = k_s R^{1/6}$ in cui k_s indica la scabrezza.
7. calcolo del tempo di percorrenza T_r nel collettore come rapporto tra lunghezza L e velocità V_r - $T_r = L/V_r$
8. calcolo della durata critica d_c come somma del tempo di ingresso in rete T_e e del maggiore dei tempi di percorrenza nella rete per raggiungere la sezione finale del collettore diviso per 1.5.
 $d_c = T_e + T_r/1.5$

9. calcolo della portata critica Q_c mediante la formula $Q_c = S 2.78 \phi a d^{n_c}$ in cui:
 - S indica la superficie totale drenante nella condotta;
 - ϕ indica il coefficiente di afflusso globale;
 - a indica il coefficiente pluviometrico orario;
 - d indica la durata critica;
 - n indica il coefficiente n esponente della linea segnalatrice di pioggia.
 10. verifica che la portata critica Q_c a cui si deve sommare la Q nera di punta e la portata da altri ingressi defluisca nel condotto con il diametro ipotizzato di primo tentativo con un grado di riempimento minore o uguale a quello imposto dall'utente.
 11. nel caso tale verifica risulti negativa il modulo di calcolo prevede il cambiamento del diametro. L'algoritmo riprende dal precedente punto 5.
 12. verifica (opzionale) che la velocità corrispondente alla portata di progetto, calcolata considerando l'effettivo grado di riempimento, sia compresa tra 0.5 e 5 m/s.
- Si sottolinea che nel caso di dimensionamento di una rete nera la portata defluente nei condotti è la portata nera di punta e quindi l'algoritmo prevede le seguenti procedure di calcolo:
1. calcolo della portata nera di punta come indicato in precedenza;
 2. assunzione del diametro di primo tentativo
 3. verifica che la portata Q_{np} defluisca nel condotto con il diametro ipotizzato di primo tentativo con un grado di riempimento minore o uguale a quello imposto dall'utente.
 4. nel caso tale verifica risulti negativa il modulo di calcolo prevede il cambiamento del diametro. L'algoritmo riprende dal precedente punto 2.
 5. verifica (opzionale) che la velocità corrispondente alla portata $Q_c + Q_{np}$, calcolata considerando l'effettivo grado di riempimento, sia compresa tra 0.5 e 5 m/s.

5 Risultati

Nella successiva tabella si mostra il quadro riassuntivo dei principali calcoli di dimensionamento in base al metodo cinematico.

Dimensionamento rete fognaria - relazione di calcolo idraulico

Ramo	superficie drenata	coeff. afflusso	Pendenza	DN-De	durata critica	coefficiente udometrico	portata critica	portata nera	portata totale	grado riempimento	velocità corrispondente alla portata critica
	[ha]	[-]	[%]	[mm]	[min]	[l/s ha]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[-]	[m/s]
76 - 86	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427
312 - 49	0,2051	0,686904	2	710	0,2212948	4565,669	936,4188	0	936,4188	0,6281407	3,995831
68 - 79	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427
54 - 64	0,0557	0,6621005	1,5	160	15,04721	200,518	11,16885	0	11,16885	0,517588	1,193776
612 - 79	0,07	0,7879859	2	450	0,2399663	4936,006	345,5204	0	345,5204	0,7336683	3,060899
212 - 312	0,1485	0,6483771	2	710	0,0971479	7873,244	1169,177	0	1169,177	0,7386935	4,152503
116 - 215	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427
515 - 612	0,0417	0,7879859	2	450	0,1456409	7114,139	296,6596	0	296,6596	0,6532663	2,982493
53 - 64	0,1564	0,6620715	1,5	200	15,04066	200,5732	31,36965	0	31,36965	0,6834171	1,521731
64 - 86	0,6343	0,6813653	2	900	0,3785175	3057,373	1939,292	0	1939,292	0,6683417	4,76337
38 - 49	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427
79 - 86	0,0983	0,7879859	2	500	0,326001	3944,296	387,7243	0	387,7243	0,6482412	3,191921
215 - 312	0,0283	0,7879859	2	355	0,1637955	6527,948	184,7409	0	184,7409	0,7386935	2,615913
114 - 122	0,7609	0,699105	2	900	0,4934848	2583,41	1965,717	0	1965,717	0,6733668	4,77246
26 - 56	0,1605	0,6621745	2	800	0,09472584	8190,771	1314,619	0	1314,619	0,6331658	4,337248
17 - 26	0,0797	0,6620703	1,5	160	15,04721	200,5089	15,98056	0	15,98056	0,6482412	1,292525
112 - 212	0,0797	0,6620703	1,5	160	15,04721	200,5089	15,98056	0	15,98056	0,6482412	1,292525
211 - 312	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427
45 - 56	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427
56 - 64	0,4222	0,691054	2	800	0,342348	3337,405	1409,052	0	1409,052	0,6683417	4,403306
49 - 56	0,2334	0,6991602	2	630	0,3032209	3690,255	861,3055	0	861,3055	0,7437186	3,838631
122 - 142	0,7609	0,699105	2	800	0,6471985	2118,314	1611,825	0	1611,825	0,7386935	4,496439
113 - 212	0,0688	0,6325145	1,5	160	15,04721	191,5578	13,17918	0	13,17918	0,5728643	1,241645
16 - 26	0,0808	0,6622772	1,5	160	15,04721	200,5715	16,20618	0	16,20618	0,6532663	1,295319
106 - 114	0,7609	0,699105	2	900	0,4611906	2714,621	2065,555	0	2065,555	0,6984925	4,813619
416 - 515	0,0417	0,7879859	1,5	160	10,04721	320,7365	13,37471	0	13,37471	0,5778894	1,245555
86 - 106	0,7609	0,699105	2	900	0,4146869	2934,259	2232,677	0	2232,677	0,7437186	4,869051
511 - 612	0,0283	0,7879859	1,5	125	10,05571	320,5381	9,07123	0	9,07123	0,6934673	1,114427

ELENCO DISTINTA BASE

Numero	Descrizione Prodotto	Codice
--------	----------------------	--------

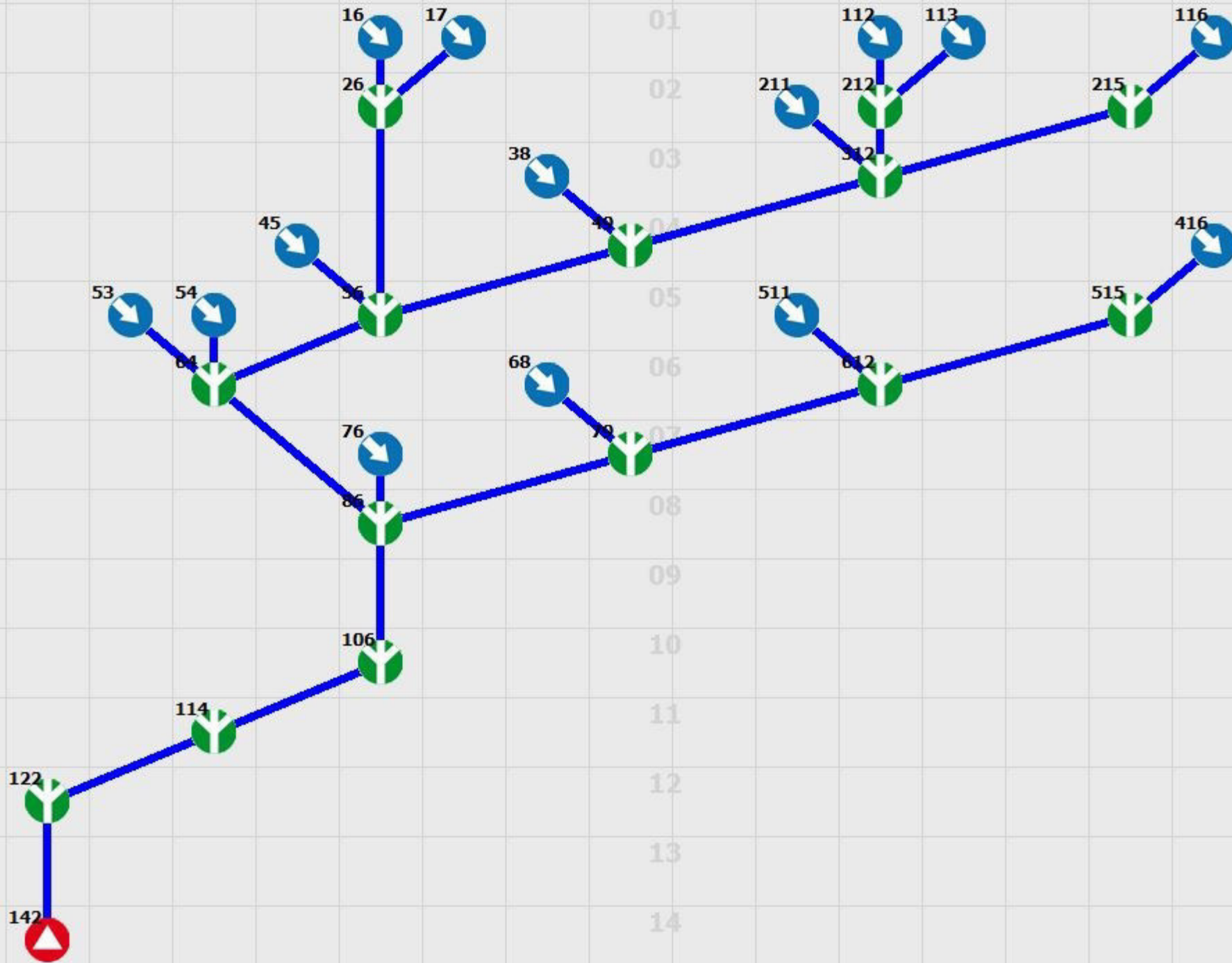
Riferimenti bibliografici

- Da Deppo, Datei, (2009): Fognature. Edizioni Cortina, Padova
- Da Deppo, Datei, Fiorotto, Saladini (2003): Acquedotti. Edizioni Cortina, Padova
- Milano, (1996): Acquedotti. Hoepli, Milano
- Pavan, Frassine (2006): Tubazioni in polietilene per il trasporto di acqua. Springer, Milano
- Salvini, Soma (2007): Impianti idrici negli edifici. Hoepli, Milano
- CSDU (1997): Sistemi di Fognatura. Manuale di Progettazione. Hoepli, Milano
- Rimoldi (2010): Ingegneria Idraulica Urbana. Maggioli Editore.
- Becciu, Paoletti (2005), Esercitazioni di costruzioni idrauliche, Edizioni CEDAM, Milano
- Usai (2008): Manuale di idrologia per la progettazione. Hoepli, Milano
- Centro Informazione sul PVC (2005): le condotte in PVC.
- A. P. Moser Steven Folkman, Buried Pipe Design, Utah State University Logan, Utah
- Spangler (1948), Underground Conduits. An appraisal of modern research ASCE
- Lancellota (1997), Geotecnica. Zanichelli

Riferimenti Normativi

- UNI EN 1295-1: 1999 Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico – Requisiti generali
- ASTM D7380 – 08 Standard Test Method for Soil Compaction Determination at Shallow Depths Using 5 lb (2.3 kg) Dynamic Cone Penetrometer
- UNI EN 1329 : 2000 “Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U)”;
- UNI 7613 : 1976 “Tubi di polietilene ad alta densità per condotte di scarico interrate”;
- UNI 9032 “Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV)”.
- UNI EN 14364: 2009 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni
- UNI EN1401: Tubi e raccordi di PVC rigido per condotte di scarico interrate (tipi, dimensioni e requisiti);
- PR EN13476 : Tubi strutturali in PVC rigido per condotte di scarico interrate
- UNI ISO/TR 7473: Tubi e raccordi di PVC rigido - Resistenza chimica nei confronti dei fluidi.
- ISO/DTR 7073: Raccomandazioni per la posa di condotte interrate di PVC (1983);
- ISO/TC 138/1062: Tubi in plastica non a pressione. Metodi di calcolo per tubi flessibili interrati.
- D.M. 22 gennaio 2008, n.° 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici", art. 5 c.3
- UNI EN 12056-1 “Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Requisiti generali e prestazioni”
- UNI EN 12056-3 “Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo”
- UNI EN 612 “Canali di gronda e pluviali di lamiera metallica. Definizioni, classificazioni e requisiti”

- UNI EN 13476-1:2008 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- UNI EN 12666-1:2011 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Polietilene (PE) - Parte 1: Specifiche per i tubi, i raccordi e il sistema
- UNI EN 1519-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi all'interno di fabbricati – Polietilene (PE) – specifiche per i tubi, i raccordi e il sistema
- UNI En 1453-1:2001 - Sistemi di tubazioni di materia plastica con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa e alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema.
- UNI 10972:2006 - Tubi di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) per ventilazione e trasporto interrato di acqua piovane
- UNI 10968:2005 “Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE)”
- prEN 13476 “Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE)”
- I.I.P. (1984): Installazione delle fognature in PVC – Pubblicazione n.3, novembre
- ANSI AWWA C950-88 (1988) – AWWA Standard for fiberglass pressure pipes – American Water Works Association, Denver, Colorado
- Ministère de l'équipement, du logement e des transports (1992) – Ouvrages d'assainissement, Fascicule n. 70 – Gennaio
- Fiberglass Pipe Design AWWA MANUAL M45 American Water Works Association 1999



1 Dimensionamento e verifica delle condotte

Il dimensionamento di una rete di drenaggio dipende dalle portate critiche valutate in corrispondenza di ogni singolo collettore calcolate come somma della massima portata nera e della massima portata meteorica. Le portate di origine meteorica (piogge di progetto) dipendono dalle caratteristiche geometriche della rete di smaltimento e dalle caratteristiche generali delle aree drenanti che costituiscono il sottobacino afferente a ciascun collettore mentre le portate nere dipendono dalla densità abitativa e dall'apporto procapite in fognatura.

Il dimensionamento della rete fognante è stato condotto utilizzando il modello cinematico modificato (Becciu, Paoletti 1997) ampiamente descritto nel seguito che ricordiamo avere numerosi riscontri sperimentali della sua efficacia.

2.1 Generalità

Il Metodo cinematico è basato su un modello concettuale lineare e stazionario secondo cui il bacino drenante viene schematizzato come un insieme di canali lineari che producono soltanto un ritardo dell'uscita rispetto all'ingresso e nessun effetto di laminazione o riduzione del colmo. Secondo tale metodo la pioggia critica cioè quella che produce la portata massima nella sezione terminale del bacino è la pioggia avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino. L'idrogramma di piena ha forma di triangolo isoscele caratterizzato da un valore massimo della portata doppio di quello medio.

Pertanto la massima portata è esprimibile con la formula razionale:

$$Q_c = 2.78 S \phi a d_c^{n_c}$$

in cui:

S indica la superficie totale drenante nella condotta;

ϕ indica il coefficiente di afflusso;

a indica il coefficiente pluviometrico orario;

n indica il coefficiente n esponente della linea segnalatrice di pioggia.

d_c indica la durata critica ;

Il coefficiente di afflusso tiene conto che non tutto l'afflusso pluviometrico viene trasformato in deflusso nella rete di fognatura. Sono cause della perdita gli invasi nelle depressioni della superficie del suolo, il velo idrico trattenuto dalla tensione superficiale, l'infiltrazione nel sottosuolo, l'evaporazione. Nelle aree urbanizzate l'infiltrazione risulta la causa principale di perdita.

La durata critica è espressa dalla relazione proposta da Becciu, Paoletti [1997] $d_c = T_e + T_r / 1.5$ in cui T_e indica il tempo di ingresso in rete e T_r tempo di corrivazione della rete. Il coefficiente correttivo 1.5 tiene conto del fatto che i reali tempi di concentrazione delle portate di piena son ben minori del tempo di corrivazione $T_e + T_r$. Il tempo di ruscellamento o di ingresso in rete viene assunto

pari a 5-15 minuti, in funzione del grado di urbanizzazione del centro abitato e della pendenza delle superfici. Il tempo T_r di percorrenza entro il tratto di canalizzazione lungo L percorso in condizioni di moto uniforme dalla portata Q_r con velocità v_r viene calcolato mediante la $T_r = L/v_r$ in cui L è la lunghezza del condotto e v_r la velocità a massimo riempimento (moto uniforme).

Per i tratti non di testa, al tempo di percorrenza del condotto di riferimento si deve sommare anche il valore massimo dei tempi di corrivazione dei percorsi canalizzati a monte.

Nota la durata critica è possibile calcolare la durata critica di pioggia mediante la a a cui viene sommata la portata nera di punta Q_{np} per la verifica della massima portata fluente nella sezione di calcolo.

Nota la durata critica è possibile calcolare la durata critica di pioggia mediante la $Q_c = 2.78 S \phi a d^{n_c}$ a cui viene sommata la portata nera di punta Q_{np} per la verifica della massima portata fluente nella sezione di calcolo.

Nota la Q_t , attraverso le scale di deflusso dello speco in esame calcolate sotto l'ipotesi di flusso in moto uniforme, si risale, al valore del grado di riempimento ed alla velocità reale di scorrimento v .

Si pone a confronto il grado di riempimento relativo alla portata critica (somma della portata critica di pioggia e della portata nera di punta) con il grado di riempimento e velocità di progetto assunto dall'utente.

Se il grado di riempimento e la velocità risultano superiore ai valori imposti dall'utente occorrerà riverificare la sezione del condotto mentre nel caso contrario le dimensioni del condotto sono tali da rispettare sia il grado di riempimento che la velocità di scorrimento ;

Nel caso in cui, fatto salvo il grado di riempimento, il valore massimo della velocità ecceda il limite consentito per il tipo di materiale utilizzato per la costruzione dello speco si provvederà a ridurre la pendenza della canalizzazione, con l'inserimento di salti di fondo.

3 Dati di input

3.1 Acque nere

La portata nera è stimabile mediante due diverse metodologie:

la prima fa riferimento al calcolo in base alla densità abitativa ed all'apporto procapite in fognatura derivante dall'uso dell'acqua distribuita dall'acquedotto;

la seconda fa riferimento al concetto di unità di scarico.

3.1.1 Metodologia abitanti equivalenti

La portata nera media è stimata secondo la seguente relazione:

$$Q_n = \phi * D * N_{ab} / 86400$$

In cui:

φ indica il coefficiente di deflusso cioè l'apporto procapite in fognatura derivante dall'uso dell'acqua distribuita dall'acquedotto; da porsi usualmente pari a 0.8;

D la dotazione idrica espressa in l/d ab; in funzione della tipologia di centro abitato;

N il numero di abitanti equivalenti;

La portata nera di punta è data dalla relazione:

$$Q_n = (P_g * P_o * \varphi * D * N_{ab}) / 86400$$

in cui sono P_g e P_o il coefficiente di punta giornaliero e orario posti abitualmente pari a 1.5. Per il calcolo degli abitanti equivalenti si utilizza la tabella di conversione riportata nel seguito che permette in funzione della tipologia di utenza di determinare il numero di abitanti equivalenti. La tabella è conforme a quanto prescritto da D.Lgs 152/06.

Tipo di utenza	Abitanti equivalenti
Abitazioni	1 a.e. ogni persona
Alberghi, agriturismi, villaggi turistici	1 a.e. ogni persona + 1 a.e. ogni 3 addetti
Campeggi	1 a.e. ogni 2 persone + 1 a.e. ogni 3 addetti
Ristoranti	1 a.e. ogni 3 coperti + 1 a.e. ogni 3 addetti
Bar	1 a.e. ogni 10 clienti + 1 a.e. ogni 3 addetti
Cinema, teatri, sale convegni	1 a.e. ogni 10 posti + 1 a.e. ogni 3 addetti
Scuole	1 a.e. ogni 6 alunni
Uffici, negozi, attività commerciali	1 a.e. ogni 3 impiegati
Fabbriche, laboratori	1 a.e. ogni 2 lavoratori

3.1.2 Metodologia Unità di scarico

L'unità di scarico è definita dalla portata di 0.25 l/s. Il calcolo della portata scaricata fa generalmente riferimento al numero delle unità di scarico. Gli apparecchi sono classificati per gruppi, detti appunto gruppi di unità di scarico, ciascuno caratterizzato dalla stessa portata di scarico costante: con numerazione di classifica eguale o multipla dell'unità di scarico di 0.25 l/s. La successiva tabella indica il gruppo delle unità di scarico dei principali apparecchi a uso civile. Considerata una sezione di una colonna o di un collettore, la massima portata che può essere scaricata dagli apparecchi allacciati a monte dipende dal numero degli apparecchi che probabilmente sono in funzione contemporaneamente, con riferimento anche alla destinazione d'uso dell'edificio.

Detta Q_t la portata totale degli apparecchi allacciati a monte della sezione considerata, la portata

probabile Q_p è data dalla relazione sperimentale $Q_p = K_r \cdot \sqrt{Q_{in}}$ in cui K_r coefficiente tabulato nella tabella successiva. La Q_p è espressa in l/s.

Tipologia uso	Tipo di apparecchio idrosanitari	Portata di scarico Q in l/s - UNITA' DI SCARICO
civile	bacinella ad uso dentistico	0.25
civile	fontanella a zampillo	0.25
civile	lavabo	0.50
civile	bidet	0.50
civile	lavabo a canale (3 rubinetti)	0.50
civile	centrifuga ad uso domestico	0.50
civile	piatto doccia	0.50
civile	vasca da bagno	1.00
civile	lavapiedi	1.00
civile	lavabo a canale (10 rubinetti)	1.00
civile	orinatoio	1.00
civile	lavello da cucina doppio	1.00
civile	lavastoviglie	1.00
civile	lavatoio per lavanderia	1.00
civile	lavatrice fino a 6 kg	1.00
civile	pozzetto a pavimenti con uscita D = 63 mm	1.00
civile	vasca da bagno terapeutica	1.50
civile	lavatrice da 7 kg a 12 kg	1.50
civile	pozzetto a pavimenti con uscita D = 75 mm	1.50
civile	lavastoviglie per ristoranti	1.50
civile	lavatorio doppio per lavanderia	1.50
civile	W.C (vaschetta 6 - 7.5 litri)	2.00
civile	W.C (vaschetta 9 litri)	2.50
civile	vuotatoio	2.50
civile	lavatrice da 13 kg a 40 kg	2.50
civile	pozzetto a pavimento con uscita	2.50
industriale	piccola lavatrice	0.30
industriale	vuotatoio per acidi	0.40
industriale	bacinelli con tappo di chiusura	1.00
industriale	lavatrice di laboratorio	1.50

Tabella : valori della portata scaricata da apparecchi idrosanitari ad uso civile suddivisi per gruppo di unità di scarico

Destinazione uso	Coeff. K
abitazioni uffici	0.5
ospedali, scuole, ristoranti	0.7
bagni pubblici	1

Tabella : coefficiente K per destinazione d'uso

3.1.3 Dati di progetto

Si riassumono nel seguito i dati relativi al progetto.

Identificativo nodo/bacino	Abitanti equivalenti AE	Dotazione idrica D [l/ab d]
14	16	120
99		
23		
86		
10	12	120
49		
56		
11	32	120
29		
43		
13	16	120
19	16	120
110	10	120
21		
1010		

Identificativo nodo/bacino	Coefficiente di afflusso in rete φ	Coefficiente di punta giornaliero _g	Coefficiente di punta orario P _o
14	0,8	15	15
99			
23			
86			
10	0,8	15	15
49			
56			
11	0,8	15	15
29			
43			
13	0,8	15	15
19	0,8	15	15
110	0,8	15	15
21			
1010			

Identificativo nodo/bacino	Portata nera Media _{nm}	Portata nera di punta _{np}
14	0,01777778	4
99		
23		
86		
10	0,01333333	3
49		
56		
11	0,03555556	8
29		
43		
13	0,01777778	4
19	0,01777778	4
110	0,01111111	2,5
21		
1010		

Tabella : quadro riepilogativo portate nere – metodologia \"abitanti equivalenti\"

Caratteristiche della rete fognaria da dimensionare

Nelle successive tabelle si riassumono le principali caratteristiche sia dei bacini afferenti la rete che dei condotti che costituiscono la rete fognante.

Identificativo nodo/bacino	portata nera [l/s]	Portata da altri ingressi [l/s]
14	4	
99	25,5	
23	8	
86	25,5	
10	3	
49	6,5	
56	25,5	
11	8	
29	6,5	
43	19	
13	4	
19	4	
110	2,5	
21	11	
1010		

Identificativo ramo	Lunghezza [m]	Pendenza [%]	Scabrezza [$m^{1/3}s^{-1}$]	Grado di riempimento di progetto [%]
86 - 99	23,5	1,5	85	75
10 - 21	5	1,5	85	75
14 - 23	5	1,5	85	75
99 - 1010	10	1,5	85	75
19 - 29	5	1,5	85	75
11 - 21	5	1,5	85	75
21 - 43	17	1,5	85	75
49 - 56	19,5	1,5	85	75
43 - 56	19,5	1,5	85	75
56 - 86	23,5	1,5	85	75
23 - 43	13	1,5	85	75
13 - 23	5	1,5	85	75
29 - 49	13	1,5	85	75
110 - 29	5	1,5	85	75

3.3.1 Tempo di ingresso in rete

Il tempo di ingresso in rete è valutato mediante i valori contenuti nella seguente tabella:

Tipi di bacini	Te [min]
Centro urbano intensivo con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 - 7
Centri urbani semintensivi con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	7-10
Aree urbane di tipo estensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10-15

Nella tabella successiva si riassumono i tempi di ingresso in rete adottati nel progetto.

Identificativo nodo/bacino	Tempo ingresso in rete [min]
14	
99	
23	
86	
10	
49	
56	
11	
29	
43	
13	

19	
110	
21	
1010	

3.3.2 Portata da altri ingressi

Si prevede di considerare i seguenti apporti esterni definiti come \"portata da altri ingressi\".

Identificativo nodo/bacino	Portata da altri ingressi [l/s]
14	
99	
23	
86	
10	
49	
56	
11	
29	
43	
13	
19	
110	
21	
1010	

4 Algoritmo di calcolo

Nel presente paragrafo si illustrano i diversi passi che costituiscono la base dell'algoritmo di calcolo teso al dimensionamento della rete fognante mediante il metodo cinematico:

1. valutazione dell'estensione del bacino drenante relativo alla condotta. Nel caso in cui il condotto non sia di testa si calcola l'area totale drenante costituita da tutti i bacini di monte che afferiscono al condotto di riferimento;
2. calcolo del coefficiente di afflusso ϕ secondo la metodologia precedentemente indicata. Nel caso in cui il condotto non sia di testa il coefficiente di afflusso è quello globale desunto come media pesata sull'area di tutti i coefficienti di afflusso dei bacini drenanti posti a monte del condotto di riferimento
3. calcolo della portata nera di punta come indicato in precedenza;
4. assunzione del diametro di primo tentativo
5. valutazione del tempo di ingresso in rete T_e mediante i valori riassunti nella tabella
6. calcolo della velocità a massimo riempimento V_r mediante l'applicazione della formula di Chezy $V_r = \chi \sqrt{i}$ in cui R indica il raggio idraulico, i la pendenza del collettore e il coefficiente di resistenza valutato secondo la formula di Strickler $\chi \sqrt{i} = k_s R^{1/6}$ in cui k_s indica la scabrezza.

7. calcolo del tempo di percorrenza T_r nel collettore come rapporto tra lunghezza L e velocità V_r -
 $T_r = L/V_r$
 8. calcolo della durata critica d_c come somma del tempo di ingresso in rete T_e e del maggiore dei tempi di percorrenza nella rete per raggiungere la sezione finale del collettore diviso per 1.5.
 $d_c = T_e + T_r/1.5$
 9. calcolo della portata critica Q_c mediante la formula $Q_c = S2.78\phi ad^{n_c}$ in cui:
 - S indica la superficie totale drenante nella condotta;
 - ϕ indica il coefficiente di afflusso globale;
 - a indica il coefficiente pluviometrico orario;
 - d_c indica la durata critica;
 - n indica il coefficiente n esponente della linea segnalatrice di pioggia.
 10. verifica che la portata critica Q_c a cui si deve sommare la Q nera di punta e la portata da altri ingressi defluisca nel condotto con il diametro ipotizzato di primo tentativo con un grado di riempimento minore o uguale a quello imposto dall'utente.
 11. nel caso tale verifica risulti negativa il modulo di calcolo prevede il cambiamento del diametro. L'algoritmo riprende dal precedente punto 5.
 12. verifica (opzionale) che la velocità corrispondente alla portata di progetto, calcolata considerando l'effettivo grado di riempimento, sia compresa tra 0.5 e 5 m/s.
- Si sottolinea che nel caso di dimensionamento di una rete nera la portata defluente nei condotti è la portata nera di punta e quindi l'algoritmo prevede le seguenti procedure di calcolo:
1. calcolo della portata nera di punta come indicato in precedenza;
 2. assunzione del diametro di primo tentativo
 3. verifica che la portata Q_{np} defluisca nel condotto con il diametro ipotizzato di primo tentativo con un grado di riempimento minore o uguale a quello imposto dall'utente.
 4. nel caso tale verifica risulti negativa il modulo di calcolo prevede il cambiamento del diametro. L'algoritmo riprende dal precedente punto 2.
 5. verifica (opzionale) che la velocità corrispondente alla portata $Q_c + Q_{np}$, calcolata considerando l'effettivo grado di riempimento, sia compresa tra 0.5 e 5 m/s.

5 Risultati

Nella successiva tabella si mostra il quadro riassuntivo dei principali calcoli di dimensionamento in base al metodo cinematico.

Dimensionamento rete fognaria - relazione di calcolo idraulico

Ramo	Pendenza	DN-De	durata critica	portata totale	grado riempimento	velocità corrispondente alla portata critica
	[%]	[mm]	[min]	[l/s]	[-]	[m/s]
86 - 99	1,5	200	0,8394189	25,5	0,5929648	1,45946
10 - 21	1,5	110	0,06096255	3	0,4371859	0,8581157
14 - 23	1,5	110	0,06096255	4	0,5125628	0,9208432
99 - 1010	1,5	200	0,920738	25,5	0,5929648	1,45946
19 - 29	1,5	110	0,06096255	4	0,5125628	0,9208432
11 - 21	1,5	125	0,05570743	8	0,6331658	1,08798
21 - 43	1,5	160	0,2214913	11	0,5125628	1,188981
49 - 56	1,5	110	0,4572191	6,5	0,7085427	1,02304
43 - 56	1,5	160	0,4056272	19	0,7386935	1,330806
56 - 86	1,5	200	0,648319	25,5	0,5929648	1,45946
23 - 43	1,5	125	0,2058019	8	0,6331658	1,08798
13 - 23	1,5	110	0,06096255	4	0,5125628	0,9208432
29 - 49	1,5	110	0,2194652	6,5	0,7085427	1,02304
110 - 29	1,5	110	0,06096255	2,5	0,3969849	0,8190861

ELENCO DISTINTA BASE

Numero	Descrizione Prodotto	Codice
--------	----------------------	--------

Riferimenti bibliografici

- Da Deppo, Datei, (2009): Fognature. Edizioni Cortina, Padova
- Da Deppo, Datei, Fiorotto, Saladini (2003): Acquedotti. Edizioni Cortina, Padova
- Milano, (1996): Acquedotti. Hoepli, Milano
- Pavan, Frassine (2006): Tubazioni in polietilene per il trasporto di acqua. Springer, Milano
- Salvini, Soma (2007): Impianti idrici negli edifici. Hoepli, Milano
- CSDU (1997): Sistemi di Fognatura. Manuale di Progettazione. Hoepli, Milano
- Rimoldi (2010): Ingegneria Idraulica Urbana. Maggioli Editore.
- Becciu, Paoletti (2005), Esercitazioni di costruzioni idrauliche, Edizioni CEDAM, Milano
- Usai (2008): Manuale di idrologia per la progettazione. Hoepli, Milano
- Centro Informazione sul PVC (2005): le condotte in PVC.
- A. P. Moser Steven Folkman, Buried Pipe Design, Utah State University Logan, Utah
- Spangler (1948), Underground Conduits. An appraisal of modern research ASCE
- Lancellota (1997), Geotecnica. Zanichelli

Riferimenti Normativi

- UNI EN 1295-1: 1999 Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico – Requisiti generali
- ASTM D7380 – 08 Standard Test Method for Soil Compaction Determination at Shallow Depths Using 5 lb (2.3 kg) Dynamic Cone Penetrometer
- UNI EN 1329 : 2000 “Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U)”;
- UNI 7613 : 1976 “Tubi di polietilene ad alta densità per condotte di scarico interrate”;
- UNI 9032 “Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV)”.
- UNI EN 14364: 2009 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni
- UNI EN1401: Tubi e raccordi di PVC rigido per condotte di scarico interrate (tipi, dimensioni e requisiti);
- PR EN13476 : Tubi strutturali in PVC rigido per condotte di scarico interrate
- UNI ISO/TR 7473: Tubi e raccordi di PVC rigido - Resistenza chimica nei confronti dei fluidi.
- ISO/DTR 7073: Raccomandazioni per la posa di condotte interrate di PVC (1983);
- ISO/TC 138/1062: Tubi in plastica non a pressione. Metodi di calcolo per tubi flessibili interrati.
- D.M. 22 gennaio 2008, n.° 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici", art. 5 c.3
- UNI EN 12056-1 “Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Requisiti generali e prestazioni”
- UNI EN 12056-3 “Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici - Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo”
- UNI EN 612 “Canali di gronda e pluviali di lamiera metallica. Definizioni, classificazioni e requisiti”

- UNI EN 13476-1:2008 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- UNI EN 12666-1:2011 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Polietilene (PE) - Parte 1: Specifiche per i tubi, i raccordi e il sistema
- UNI EN 1519-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi all'interno di fabbricati – Polietilene (PE) – specifiche per i tubi, i raccordi e il sistema
- UNI En 1453-1:2001 - Sistemi di tubazioni di materia plastica con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa e alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema.
- UNI 10972:2006 - Tubi di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) per ventilazione e trasporto interrato di acqua piovane
- UNI 10968:2005 “Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE)”
- prEN 13476 “Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE)”
- I.I.P. (1984): Installazione delle fognature in PVC – Pubblicazione n.3, novembre
- ANSI AWWA C950-88 (1988) – AWWA Standard for fiberglass pressure pipes – American Water Works Association, Denver, Colorado
- Ministère de l'équipement, du logement e des transports (1992) – Ouvrages d'assainissement, Fascicule n. 70 – Gennaio
- Fiberglass Pipe Design AWWA MANUAL M45 American Water Works Association 1999

