

Le **portate di tempo asciutto** sono quelle che provengono:

- dagli scarichi delle utenze servite dall'acquedotto civile (domestiche, pubbliche, commerciali, turistiche, industriali, artigianali)
- dagli scarichi di utenze non servite dall'acquedotto civile (es. industrie)
- da eventuale drenaggio della falda urbana (giunti non perfettamente impermeabilizzati o sfilati, lesioni e rotture dei collettori).

Le dispersioni in falda della rete fognaria vengono in genere trascurate.

Si fa riferimento alle portate massime nei diversi collettori riferite al termine della vita utile del sistema di fognatura (circa 40 anni).

Portate di tempo asciutto: coefficiente udometrico (I)

Per il dimensionamento e la verifica dei condotti fognari è frequente l'introduzione del *coefficiente udometrico* u (portata per unità di superficie del bacino drenante), di norma espresso in $\text{l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ($1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$). Il coefficiente udometrico può essere definito sia per le acque nere, che per le acque bianche.

Determinato il coefficiente udometrico u per tutto il centro urbano (o per delle aree omogenee), la portata Q (in l/s) in una sezione qualsiasi della rete viene determinata moltiplicando u per la superficie drenante A (in ha) a monte della sezione stessa.

Il coefficiente udometrico relativo alle portate di tempo asciutto si determina considerando tre contributi:

$$u = u_a + u_{na} + u_f \quad [\text{l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}]$$

- u_a = portate provenienti da scarichi di utenze servite dall'acquedotto
- u_{na} = portate provenienti da scarichi di utenze **non** servite dall'acquedotto
- u_f = portate drenate dalla falda

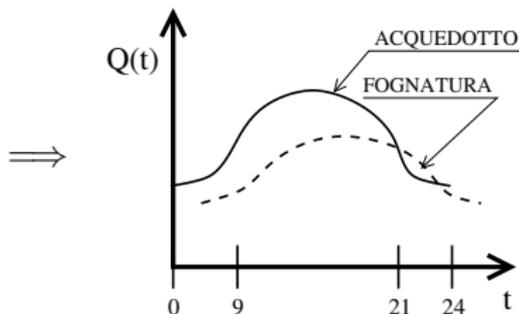
Portate di tempo asciutto: coefficiente idrometrico (II)

La determinazione del contributo degli *scarichi delle utenze servite dall'acquedotto civile* u_a alle portate di tempo asciutto (riferite al termine della vita utile del sistema di fognatura) è affetta dallo stesso tipo di incertezze che si riscontrano nella stima dei futuri consumi acquedottistici:

- previsione della popolazione e dello sviluppo urbanistico futuri
- previsione delle dotazioni pro-capite future

Altro elemento di incertezza è la determinazione delle perdite della distributrice e degli usi senza recapito in fogna (consumi assoluti). Si assume in genere una dispersione pari al 20÷30% delle portate erogate dall'acquedotto.

Inoltre per effetto della laminazione il picco di portata in fogna è smorzato e ritardato rispetto al picco di consumo dell'acquedotto.



Portate di tempo asciutto: coefficiente udometrico (III)

$$u = \underbrace{\frac{\alpha\beta P_n f_g}{86\,400A}}_{u_a} + \underbrace{\frac{Q_{na}}{A}}_{u_{na}} + \underbrace{\frac{\xi L}{A}}_{u_f} \quad [l\ s^{-1}\ ha^{-1}] \quad (1)$$

$\alpha = 0.7 \div 0.8$ - coeff. di riduzione o dispersione (usi senza recapito in fogna)

$\beta = 1.3 \div 2$ - coefficiente di punta (rapporto fra la portata massima in fogna e la portata media nel giorno di massimo consumo)

f_g = dotazione idrica pro-capite nel giorno di massimo consumo [$l\ ab^{-1}\ d^{-1}$]

P_n = popolazione futura [ab]

A = superficie del bacino urbano drenante [ha]

Q_{na} = portate non derivate dall'acquedotto civile [$l\ s^{-1}$]

$\xi = 1 \div 2\ l\ s^{-1}\ km^{-1}$ - portate drenate dalla falda per unità di lunghezza rete

L = lunghezza della rete di fognatura [km]

ORDINE DI GRANDEZZA: $u \approx 1 \div 2\ [l\ s^{-1}\ ha^{-1}]$

Sistema separato: per ciascuna tratta della rete la massima portata Q di tempo asciutto si calcola moltiplicando il coefficiente udometrico u della (1) per l'area A drenata a monte della sezione da dimensionare o verificare:

$$Q = uA$$

Sistema misto: si applica lo stesso procedimento, ma il coefficiente udometrico u deve includere il contributo delle prime acque di pioggia (bionde), oltre a quelli relativi alle portate di tempo asciutto:

$$u = \underbrace{\frac{\alpha\beta P_n f_g}{86\,400A}}_{u_a} + \underbrace{\frac{Q_{na}}{A}}_{u_{na}} + \underbrace{\frac{\xi L}{A}}_{u_f} + u_m \quad [l\ s^{-1}\ ha^{-1}] \quad (2)$$

$u_m \approx 3.3\ l\ s^{-1}\ ha^{-1}$ - coefficiente udometrico relativo alle prime acque di pioggia (corrisponde a intensità di 2 mm/h, coefficiente di afflusso 0.6)

Formule di resistenza nei canali e nelle condotte

Formula di Chézy per il moto uniforme assolutamente turbolento nei canali:

$$U = \chi \sqrt{Ri} \quad \Longleftrightarrow \quad Q = \sigma \chi \sqrt{Ri}$$

Fissati il diametro e la geometria della sezione, il raggio idraulico R è funzione del tirante idrico h : $R(h) = \sigma(h)/C(h)$,
dove $\sigma(h)$ è l'area bagnata e $C(h)$ è il contorno bagnato.

NOTA: la relazione $R = D/4$ fra raggio idraulico e diametro D delle condotte circolari vale solo per il moto a bocca piena oppure con tirante pari a $D/2$.

Alcune espressioni utilizzate per il *coefficiente di resistenza dimensionale* χ :

$$\chi = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad \text{(Bazin)}$$

$$\chi = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \quad \text{(Kutter)}$$

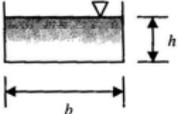
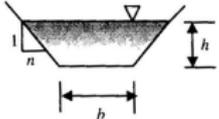
$$\chi = k_s R^{1/6} \quad \text{(Gauckler-Strickler)}$$

$$\chi = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad \text{(Manning)}$$

Valori di γ , m , k_s , n in tabelle: unità di tutte le grandezze in metri e secondi.

Alcune formule per sezioni a geometria semplice

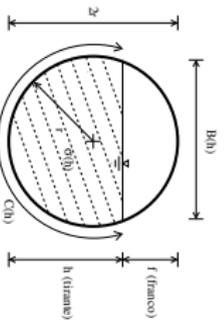
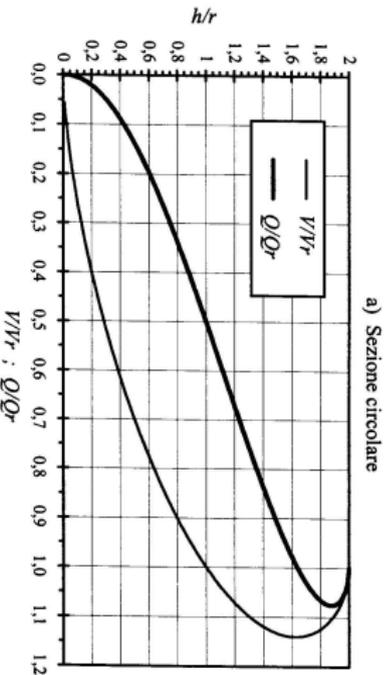
Tabella 1.3 - Area, contorno bagnato e larghezza del pelo libero in funzione del tirante idrico per diversi tipi di sezione di canali a pelo libero.

Sezione	Area	Contorno bagnato	Larghezza pelo libero
<p>RETTANGOLARE</p> 	hb	$b + 2h$	b
<p>TRAPEZIA</p> 	$h(b + nh)$	$b + 2h\sqrt{1+n^2}$	$b + 2nh$
<p>CIRCOLARE</p>  <p>$\varphi = 2 \arccos\left(1 - \frac{h}{r}\right)$</p>	$\frac{r^2}{2}(\varphi - \text{sen } \varphi)$	$r\varphi$	$2r \text{sen } \frac{\varphi}{2}$

Scale delle portate e delle velocità adimensionali (I)

- Scelta del materiale dei collettori: scabrezza da tabella
- La portata Q alla sezione è stata calcolata
 - Ipotesi di pendenza i per il collettore (primo tentativo $i =$ pendenza terreno)
 - Ipotesi di un diametro commerciale
- ① Calcolo la portata Q_r e la velocità media V_r per funzionamento a bocca piena, e calcolo il rapporto adimensionale Q/Q_r .
- ② Dal grafico adimensionale (o da tabella) leggo il valore h/r che corrisponde a Q/Q_r : eseguo la *verifica sul franco*. Se il tirante idrico h è troppo grande o troppo piccolo si aumenta o diminuisce il diametro e si riprende al punto 1.
- ③ Entrando nel grafico con il valore h/r appena ricavato si ottiene il valore del rapporto V/V_r , che moltiplicato per V_r (calcolato al punto 1) fornisce la velocità V .
- ④ Si verifica che la velocità sia ammissibile. Se la velocità è troppo bassa si aumenta la pendenza, se troppo elevata si diminuisce la pendenza: si riprende dal punto 1.

Scale delle portate e delle velocità adimensionali (II)



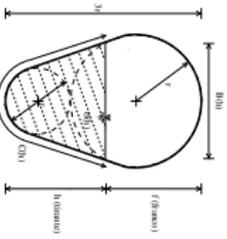
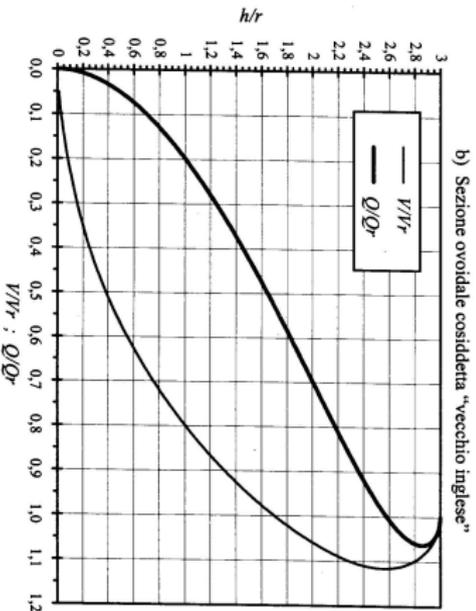
SEZIONE CIRCOLARE		
h/r	v/v_r	Q/Q_r
0.10	0.257	0.005
0.20	0.401	0.021
0.40	0.615	0.088
0.60	0.776	0.196
0.80	0.902	0.337
1.00	1.000	0.500
1.20	1.072	0.672
1.30	1.099	0.756
1.40	1.119	0.837
1.50	1.133	0.912
1.60	1.140	0.978
1.70	1.137	1.031
1.80	1.124	1.066
1.90	1.095	1.075
2.00	1.000	1.000

r = raggio della sezione circolare

SEZIONE CIRCOLARE			
h/r	A/h^2	R/h	B/h
0.05	0.021	0.033	0.624
0.10	0.059	0.065	0.872
0.15	0.107	0.097	1.054
0.20	0.164	0.127	1.200
0.25	0.227	0.157	1.323
0.30	0.296	0.186	1.428
0.40	0.447	0.241	1.600
0.50	0.614	0.293	1.732
0.60	0.793	0.342	1.833
0.70	0.980	0.387	1.908
0.80	1.174	0.429	1.960
0.90	1.371	0.466	1.990
1.00	1.571	0.500	2.000
1.10	1.771	0.530	1.990
1.20	1.968	0.555	1.960
1.30	2.162	0.576	1.908
1.40	2.349	0.593	1.833
1.50	2.527	0.603	1.732
1.60	2.694	0.608	1.600
1.70	2.846	0.607	1.438
1.75	2.915	0.603	1.323
1.80	2.978	0.596	1.200
1.85	3.035	0.587	1.054
1.90	3.083	0.573	0.872
1.95	3.121	0.553	0.624
2.00	3.142	0.500	0.000

r = raggio della sezione circolare

Scale delle portate e delle velocità adimensionali (III)



SEZIONE OVOIDALE (COSIDETTA "VECCHIO INGLESE")		
h/r	V/V_r	Q/Q_r
0.10	0.229	0.002
0.20	0.351	0.009
0.35	0.478	0.026
0.50	0.573	0.052
0.80	0.719	0.128
1.10	0.834	0.237
1.40	0.926	0.372
1.70	1.000	0.528
2.00	1.059	0.697
2.20	1.090	0.811
2.40	1.110	0.918
2.60	1.115	1.007
2.80	1.098	1.059
2.90	1.075	1.061
3.00	1.000	1.000

$r =$ raggio del semicerchio superiore della sezione ovoidale

SEZIONE OVOIDALE (COSIDETTA "VECCHIO INGLESE")				
h/r	A/r^2	R/r	H/r	
0.02	0.004	0.014	0.280	
0.05	0.015	0.033	0.436	
0.10	0.041	0.064	0.600	
0.15	0.074	0.093	0.714	
0.20	0.112	0.121	0.800	
0.25	0.154	0.147	0.873	
0.35	0.248	0.192	1.011	
0.50	0.414	0.251	1.196	
0.80	0.820	0.354	1.499	
1.10	1.305	0.441	1.724	
1.40	1.848	0.516	1.879	
1.70	2.426	0.579	1.970	
2.00	3.023	0.631	2.000	
2.10	3.223	0.646	1.990	
2.20	3.421	0.659	1.960	
2.30	3.614	0.670	1.908	
2.40	3.801	0.678	1.833	
2.50	3.980	0.682	1.732	
2.60	4.147	0.683	1.600	
2.70	4.299	0.678	1.428	
2.75	4.367	0.674	1.323	
2.80	4.431	0.667	1.200	
2.85	4.487	0.658	1.054	
2.90	4.535	0.645	0.872	
2.95	4.573	0.627	0.624	
3.00	4.594	0.579	0.000	

$r =$ raggio del semicerchio superiore della sezione ovoidale