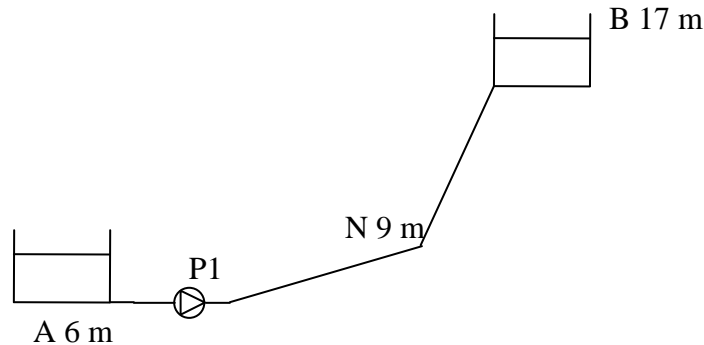


Esercizio n°1 (punti 5)

Si consideri l'impianto di sollevamento rappresentato in figura costituito da una pompa che preleva acqua dal serbatoio A per alimentare il serbatoio B. Il serbatoio A è posto alla quota di 6 m. Il serbatoio B è posto alla quota di 17 m. Il nodo N si trova a quota 9 m.



I tratti AN e NB sono lunghi 650 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma_1 \cdot L_1 \cdot Q^2 \quad (\text{dove } \Delta H \text{ e } L_1 \text{ in m, e } Q \text{ in L/s})$$

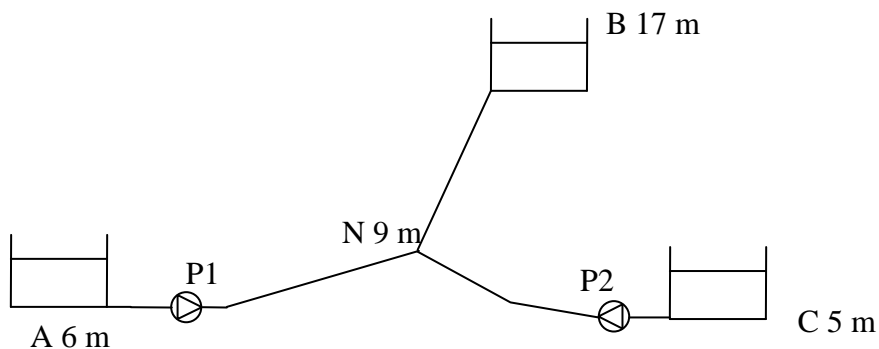
con $\gamma_1 = 7 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$

La pompa lavora a $n = 1000$ giri/min con un rendimento pari a 0.7 e con la seguente curva caratteristica:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r = 32 \text{ m, } s = 0.003 \text{ m/(l/s)}^2$$

Calcolare la portata consegnata al serbatoio B, la prevalenza della pompa e la potenza assorbita dalla stessa.

In condizioni di funzionamento normale dell'impianto, deve pervenire ogni giorno al serbatoio B un volume idrico pari a 5000 m^3 . Indicare il numero complessivo di ore di funzionamento dell'impianto che consente di sollevare il suddetto volume. Alcuni giorni dell'anno, è necessario far pervenire al serbatoio B un volume idrico doppio rispetto a quello relativo al funzionamento normale. A tal fine, il precedente impianto viene potenziato con un sollevamento aggiuntivo dal serbatoio C (quota 5 m). La pompa che solleva dal serbatoio C è identica a quella che solleva dal serbatoio A.



Nell'impianto potenziato, il tratto CN è lungo 800 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma_2 \cdot L_2 \cdot Q^2 \quad (\text{dove } \Delta H \text{ e } L_2 \text{ in m, e } Q \text{ in l/s})$$

con $\gamma_2 = 9 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$

Calcolare in questa nuova configurazione la portate consegnata al serbatoio B. Quante ore di funzionamento dell'impianto è necessario prevedere in questa nuova condizione di funzionamento. È possibile far variare il numero di giri delle pompe per ottenere, in questa seconda configurazione, un funzionamento senza interruzioni?

Esercizio n°2 (punti 5)

I dati di altezza di pioggia (mm) massima annuale osservati ad una stazione pluviometrica per durate di 15, 30, 45 e 60 minuti sono riportati in Tabella 1.

	h (mm)			
	15	30	45	60
12.16	13.61	15.60	16.51	
7.08	16.33	18.51	24.13	
15.60	19.41	22.14	25.04	
22.50	40.82		72.21	
8.35	15.79		24.68	
9.62		12.88	13.61	
35.20		53.89	68.40	
17.96	18.69	20.32	20.68	
18.87	20.87	24.86	26.85	
17.06	27.03	36.47	37.56	
27.03	36.29	37.01	37.20	
9.62		11.07	12.34	
17.78	24.86	27.58	27.76	
11.61	17.24	24.86	25.95	
25.76	25.95		31.93	
16.87	17.78		21.41	
13.43	14.52		16.51	
7.98	11.61	15.24	20.50	
8.89		12.34	12.52	
15.42	37.20	38.83	40.82	

Si valutino:

- i parametri della curva di possibilità climatica per un tempo di ritorno di 5 anni;
- l'altezza di pioggia con tempo di ritorno di 5 anni per una durata di 20 minuti.

Spiegare la procedura adottata e commentare i passaggi effettuati per ricavare i parametri a ed n illustrandone il significato

Formule:

Distribuzione di Gumbel

$$F_x(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{(x-u)}{\alpha}\right]\right\}; \quad \sigma^2 = 1.645\alpha^2; \quad \mu = u + 0.5772\alpha;$$

Modello lineare

$$y = a + bx; \quad a = \bar{y} - b\bar{x}; \quad b = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x_i^2 - n(\bar{x})^2};$$

(N.B. costruire la curva di possibilità climatica in modo da avere le altezze di pioggia in mm e le durate in ore)

Esercizio n°3 (punti 5)

Si consideri una carreggiata larga 10 m, asfaltata (coefficiente di afflusso $\phi=1$, coefficiente di scabrezza di Strickler $K=75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) e con pendenza trasversale $S_x=1.3\%$. La carreggiata, lunga complessivamente 80 metri, ha pendenza longitudinale $S_0=0.8\%$ per i primi 40 metri (dalla progressiva 0 fino alla progressiva 40) e $S_0=1.3\%$ per i successivi 40 metri (dalla progressiva 40 fino alla progressiva 80) (vedi figura 1).

Lungo la carreggiata vi sono posizionate, in una cunetta a sezione triangolare (vedi figura 2), caditoie a grata con barre parallele alla direzione della corrente di larghezza $W=0.8 \text{ m}$ e lunghezza $L=0.8 \text{ m}$ ad interasse di 20 m. Calcolare la larghezza massima di allagamento a fronte di una precipitazione di intensità 90 mm/h .

N.B. Si calcoli la portata intercettata e by-passata dalle caditoie e si disegni l'andamento dell'area allagata in funzione della progressiva e si commenti il risultato.

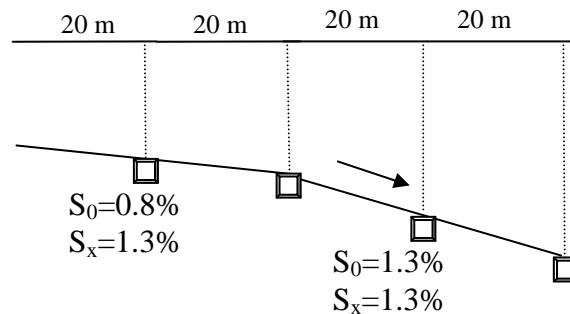


Figura 1. Sezione longitudinale della sede stradale

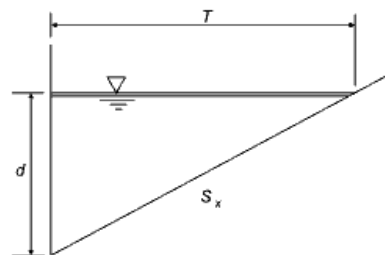


Figura 2. Sezione trasversale della cunetta.

Equazioni:

$$Q = C_f K S_x^{5/3} T^{8/3} S_0^{1/2} \quad \text{essendo } C_f=0.376;$$

$$E_0 = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2.67}; \quad Q_s = Q(1 - E_0);$$

$$v_0 = 2.54 L^{0.51}$$

$$R_f = \begin{cases} 1 - K_f (V - v_0) & V \geq v_0 \\ I & V \leq v_0 \end{cases} \quad \text{essendo } K_f=0.0295;$$

$$R_s = \left(1 + \frac{K_s V^{1.8}}{S_x L^{2.3}}\right)^{-1} \quad \text{essendo } K_s=0.0828;$$

Domande (punti 3 ciascuna)

1. Fissate le ipotesi di calcolo di una turbomacchina, disegnare i triangoli di velocità all'ingresso e all'uscita di una pompa centrifuga e ricavare l'equazione di Eulero in condizioni di progetto, descrivendo i singoli passaggi.
2. Definizione di NPSH. Calcolare la posizione della pompa rispetto al serbatoio di alimentazione una volta noto l' $NPSH_R$.
3. Che cosa è la ventilazione parallela indiretta? Quando viene utilizzata?
4. Che cosa rappresenta il coefficiente d'afflusso (φ)? Come può essere stimato? Come varia il valore del coefficiente di afflusso con il tempo di ritorno T?
5. Disegnare e descrivere il funzionamento del dispositivo di cacciata di tipo Contarino.

Esercizio n°1**Prima configurazione**

La curva della pompa P₁ è rappresentata dalla seguente equazione:

$$H = r - s \cdot Q^2 = 32 - 0.003 \cdot Q^2 \quad (1)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto AN è così definita:

$$H = z_N - z_A + \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (2)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto NB è così definita:

$$H = z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (3)$$

La curva dell'impianto relativa all'intero tratto ANB si ottiene sommando la (2) e la (3) ed assume la seguente equazione:

$$H = z_B - z_A + 2\gamma_1 L_1 Q^2 = 11 + 0.00091 \cdot Q^2 \quad (4)$$

Mettendo a sistema la curva caratteristica della pompa (1) e la curva caratteristica dell'impianto (4) si ottiene:

$$\begin{cases} H = 32 - 0.003 \cdot Q^2 \\ H = 11 + 0.00091 \cdot Q^2 \end{cases} \quad (5)$$

La risoluzione del precedente sistema dà $Q = 73.29 \text{ L/s}$ e $H = 15.89 \text{ m}$.

La potenza assorbita è data da:

$$P = \frac{\rho Q H}{\eta} = \frac{9806 \times (73.29/1000) \times 15.89}{0.7} = 16.31 \text{ kW} \quad (6)$$

Il calcolo del numero di ore di funzionamento è dato da:

$$N_{ore} = \frac{Volume}{Q \cdot 86400/24} = \frac{5000 \times 1000}{73.29 \times 86400/24} = 18.95 \quad (7)$$

Seconda configurazione

La curva dell'impianto relativa al tratto CN è così definita:

$$H = z_N - z_C + \gamma_2 L_2 Q^2 = 4 + 0.00072 \cdot Q^2 \quad (8)$$

È possibile trasportare le pompe P1 e P2 nel punto N, e mettere quindi in parallelo i due impianti di sollevamento trasportati in N:

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - H}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (z_N - z_C) - H}{s + \gamma_2 L_2}} \quad (9)$$

È possibile mettere a sistema la precedente con la curva dell'impianto NB di eq. (3) e si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - H}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (z_N - z_C) - H}{s + \gamma_2 L_2}} \\ H = z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2 \end{cases} \quad (10)$$

Sostituendo la seconda equazione del sistema (10) all'interno della prima, si ottiene la seguente equazione in Q :

$$Q = \sqrt{\frac{r - (z_N - z_A) - (z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (z_N - z_C) - (z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2)}{s + \gamma_2 L_2}} \quad (11)$$

$$Q = \sqrt{\frac{32 - 3 - (8 + 0.000455 Q^2)}{0.003 + 0.000455}} + \sqrt{\frac{32 - 4 - (8 + 0.000455 Q^2)}{0.003 + 0.00072}}$$

Risolviendo per tentativi l'eq. (11) si ottiene la portata sollevata al serbatoio B, pari a $Q=123.2$ L/s.

Applicando la formula (7) si ottiene in questo caso $N_{ore} = 22.55$.

Per portare N_{ore} a 24 è possibile ridurre la portata sollevata da una delle pompe (o da entrambe) riducendo il numero di giri di una delle pompe (o di entrambe). In questa sede si sceglie di ridurre il numero di giri di entrambe le pompe. Per entrambe le pompe il nuovo numero di giri sarà $n_1 < n$. Invertendo la formula (7) si ottiene la portata che deve pervenire al serbatoio B per ottenere il funzionamento in continuo ($Q=115.74$ L/s).

Per entrambe le pompe l'equazione (1) della curva caratteristica risulta modificata a causa della riduzione dei giri:

$$H = r \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 - s \cdot Q^2 = 32 \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 - 0.003 \cdot Q^2 \quad (12)$$

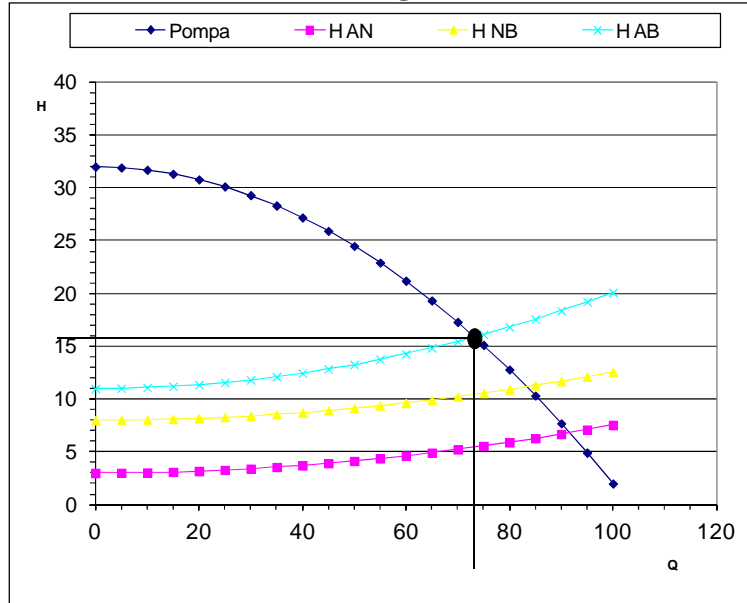
Alla luce della precedente modifica e imponendo la portata in arrivo al serbatoio B pari a $Q=115.74$ L/s, l'equazione (11) diventa:

$$Q = \sqrt{\frac{r \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 - (z_N - z_A) - (z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2)}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r \left(\frac{n_1}{n} \right)^2 - (z_N - z_C) - (z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2)}{s + \gamma_2 L_2}} \quad (11)$$

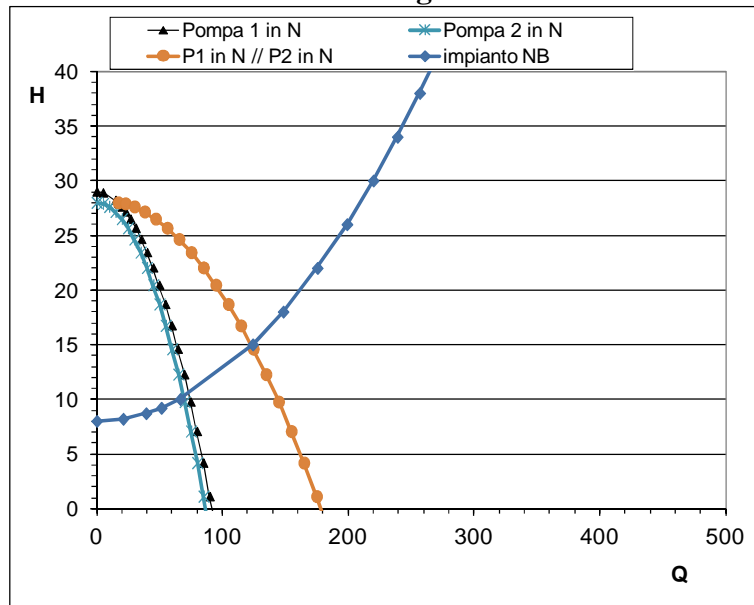
$$115.74 = \sqrt{\frac{32 \left(\frac{n_1}{1000} \right)^2 - 3 - (8 + 0.000455 Q^2)}{0.003 + 0.000455}} + \sqrt{\frac{32 \left(\frac{n_1}{1000} \right)^2 - 4 - (8 + 0.000455 Q^2)}{0.003 + 0.00072}}$$

Risolviendo la precedente rispetto a n_1 si ottiene $n_1 = 975$.

Prima configurazione



Seconda configurazione



Esercizio n°2

	15	30	45	60				
	12.16	13.61	15.60	16.51				
	7.08	16.33	18.51	24.13				
	15.60	19.41	22.14	25.04				
	22.50	40.82		72.21				
	8.35	15.79		24.68				
	9.62		12.88	13.61				
	35.20		53.89	68.40				
	17.96	18.69	20.32	20.68				
	18.87	20.87	24.86	26.85				
	17.06	27.03	36.47	37.56				
	27.03	36.29	37.01	37.20				
	9.62		11.07	12.34				
	17.78	24.86	27.58	27.76				
	11.61	17.24	24.86	25.95				
	25.76	25.95		31.93				
	16.87	17.78		21.41				
	13.43	14.52		16.51				
	7.98	11.61	15.24	20.50				
	8.89		12.34	12.52				
	15.42	37.20	38.83	40.82				
Media	15.94	22.37	24.77	28.83				
var	53.72	80.05	147.47	267.31				
u	12.64	18.35	19.31	21.47				
alfa	5.715	6.976	9.468	12.747				
T	5.000	5.000	5.000	5.000				
h	21.213	28.811	33.509	40.593				
t	0.250	0.500	0.750	1.000				
logh	3.055	3.361	3.512	3.704	ymedio	3.408	xymedio	-2.017
logt	-1.386	-0.693	-0.288	0.000	xmedio	-0.592	n	4.000
xiyi	-4.235	-2.329	-1.010	0.000	Sommaxiyi	-7.574		
xi2	1.922	0.480	0.083	0.000	Sommaxi2	2.485		
B=n	0.454							
A	3.676							
a	39.499							
hcalc	21.05	28.84	34.66	39.50				
h20'	23.99	mm						

Esercizio n°3

Esercizio n°3			
1° LIVELLETTA			
Sede stradale	ip	90 mm/h	φ 1
So	0.8 %	Caditoia Reticuline	
Sx	1.3 %	Lungh	0.8 m
Lungh	40 m	Largh W	0.8 m
Largh	10 m		
Ks	75 m ^{1/3} s ⁻¹	Interasse	20 m
T	1.5 m	V Sp.Over	2.27 m/s
Calcolo la portata per metro lineare di strada			
Q1	0.0003 m ³ /s	0.250 l/s	
Portata massima che può defluire in cunetta			
Qmax	0.0053 m ³ /s	5.345 l/s	$Q=0.376 \cdot K_s \cdot T^{8/3} \cdot S_x^{5/3} \cdot S_o^{1/2}$
Portata per tratto			
Qt	0.005 m ³ /s	5.000 l/s	<Qmax
2° LIVELLETTA			
Sede stradale	ip	90 mm/h	φ 1
So	1.3 %	Caditoia Reticuline	
Sx	1.3 %	Lungh	0.8 m
Lungh	40 m	Largh W	0.8 m
Largh	10 m		
Ks	75 m ^{1/3} s ⁻¹	Interasse	20 m
T	1.5 m	V Sp.Over	2.27 m/s
Calcolo la portata per metro lineare di strada			
Q1	0.0003 m ³ /s	0.250 l/s	
Portata massima che può defluire in cunetta			
Qmax	0.0068 m ³ /s	6.813 l/s	$Q=0.376 \cdot K_s \cdot T^{8/3} \cdot S_x^{5/3} \cdot S_o^{1/2}$
Portata per tratto			
Qt	0.005 m ³ /s	5.000 l/s	<Qmax
Riassunto			
Caditoia	Progr	T	
1	20	1.46	
2	40	1.50	
4	60	1.38	
5	80	1.37	

Progressiva (m)	T (m)
20	1.46
40	1.50
60	1.38
80	1.37

Calcolo delle portate intercettate e by-passate dalle singole caditoie					
1° LIVELLETTA					
Caditoia	1		Progressiva	20	
Q	0.005	m3/s	5.000	l/s	<Qmax= 5.345 l/s
T	1.4629	m			$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{3/8}$
Eo	0.8792				$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$
Qw	0.0044	m3/s			$Qw=Eo*Q$
Qs	0.0006	m3/s			$Qs=(1-Eo)*Q$
A	0.0139	m2	d2	0.019	m
V	0.3594	m/s	<v0=1.78 portata frontale tutta intercettata		
Rf	1				
Rs	0.3722				
Qint	0.0046	m3/s	4.621	l/s	
Qb	0.0004	m3/s	0.379	l/s	
Caditoia 2					
Caditoia	2		Progressiva	40	
Q	0.0054	m3/s	5.379	l/s	<Qmax= 5.345 l/s
T	1.5036	m			$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{3/8}$
Eo	0.8683				$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$
Qw	0.0047	m3/s			$Qw=Eo*Q$
Qs	0.0007	m3/s			$Qs=(1-Eo)*Q$
A	0.0147	m2	d2	0.020	m
V	0.3661	m/s	<v0=1.78 portata frontale tutta intercettata		
Rf	1				
Rs	0.3645				
Qint	0.0049	m3/s	4.929	l/s	
Qb	0.0005	m3/s	0.450	l/s	
2° LIVELLETTA					
Caditoia	3		Progressiva	60	
Q	0.0055	m3/s	5.450	l/s	<Qmax= 6.813 l/s
T	1.3795	m			$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{3/8}$
Eo	0.9013				$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$
Qw	0.0049	m3/s			$Qw=Eo*Q$
Qs	0.0005	m3/s			$Qs=(1-Eo)*Q$
A	0.0124	m2	d2	0.018	m
V	0.4406	m/s	<v0=1.78 portata frontale tutta intercettata		
Rf	1				
Rs	0.2912				
Qint	0.0051	m3/s	5.069	l/s	
Qb	0.0004	m3/s	0.381	l/s	
Caditoia 4					
Caditoia	4		Progressiva	80	
Q	0.0054	m3/s	5.381	l/s	<Qmax= 6.813 l/s
T	1.373	m			$T=(Q/(0.376*Ks*Sx^{5/3}*So^{1/2}))^{3/8}$
Eo	0.903				$Eo=1-(1-W/T)^{2.67}$
Qw	0.0049	m3/s			$Qw=Eo*Q$
Qs	0.0005	m3/s			$Qs=(1-Eo)*Q$
A	0.0123	m2	d2	0.018	m
V	0.4392	m/s	<v0=1.78 portata frontale tutta intercettata		
Rf	1				
Rs	0.2924				
Qint	0.005	m3/s	5.012	l/s	
Qb	0.0004	m3/s	0.369	l/s	