

ALLEGATI SERIE W

Indice

01 - ALLEGATO W1 - PROCEDURA DI MITIGAZIONE IDRAULICA PER DETENZIONE	2
02 - ALLEGATO W2 - NOMOGRAMMA PER IL CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	4
03 - ALLEGATO W3 - SCHEDA CALCOLO COEFFICIENTE AFFLUSSO MEDIO ORARIO.....	5
04 - ALLEGATO W4 - CORREZIONE DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO	6
05 - ALLEGATO W5 - CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI.....	7
06 - ALLEGATO W6 - CALCOLO TEMPO CRITICO DI PIOGGIA.....	8
07 - ALLEGATO W7 - CALCOLO PORTATA FORO DI LAMINAZIONE	9
08 - ALLEGATO W8 - TEORIA DELLA DETENZIONE IDRAULICA	10
09 - ALLEGATO W9 - IL POZZETTO DI LAMINAZIONE.....	17
10 - ALLEGATO W10 - METODI ALTERNATIVI PER LA STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	20
11 - ALLEGATO W11 - DIAGRAMMA DI FLUSSO PROCEDURA DI MITIGAZIONE.....	21
12 - ALLEGATO W12 - POZZI DI INFILTRAZIONE.....	22
13 - ALLEGATO W13 - PARTICOLARI COSTRUTTIVI RICORRENTI.....	30

01 - ALLEGATO W1 - PROCEDURA DI MITIGAZIONE IDRAULICA PER DETENZIONE

La presente procedura di mitigazione idraulica per detenzione è consigliabile per superfici S_{BAC} del lotto/bacino non superiori a 10.000 m^2 ; si possono utilizzarne i risultati, accettando approssimazioni via via sempre più grossolane, fino a 100.000 m^2 ovvero 10 ha. Oltre tale valore si ritiene che una analisi di mitigazione per detenzione non possa essere attendibilmente eseguita con metodologia puramente cinematica (tipica del metodo del tempo di corivazione del Turazza).

Se si vuole acquisire la mitigazione idraulica attraverso la **stabilizzazione base (invarianza idraulica)** eseguire i passi n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (tubi circolari), 33 (canale a pelo libero con sezione rettangolare), 34 (canale a pelo libero con sezione trapezoidale)

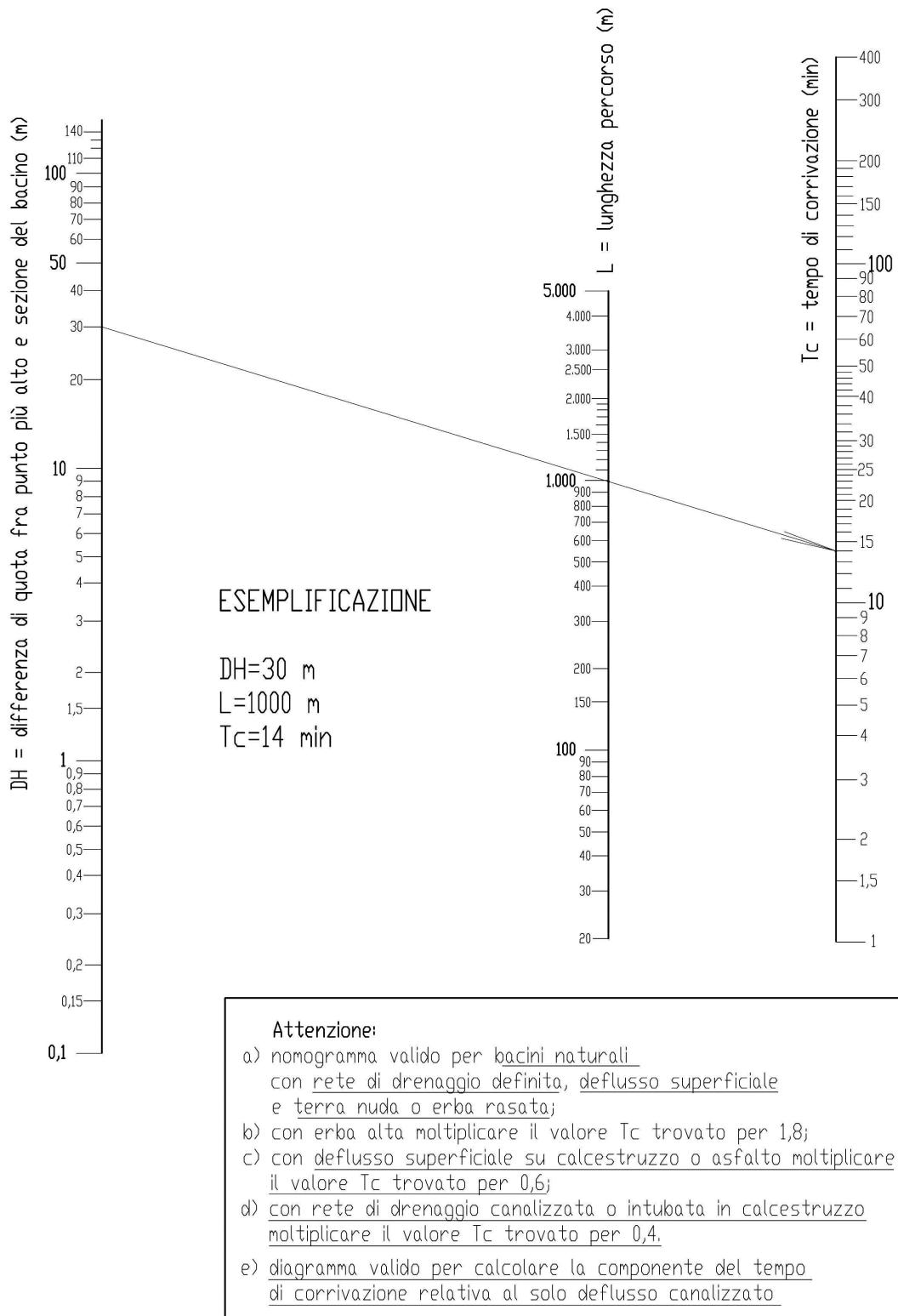
Se si vuole acquisire la mitigazione idraulica attraverso la **stabilizzazione idraulica deduttiva** eseguire i passi n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (tubi circolari), 33 (canale a pelo libero con sezione rettangolare), 34 (canale a pelo libero con sezione trapezoidale)

Se si vuole acquisire la mitigazione idraulica attraverso la **stabilizzazione idraulica induttiva** eseguire i passi n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 (tubi circolari), 33 (canale a pelo libero con sezione rettangolare), 34 (canale a pelo libero con sezione trapezoidale)

<i>n°</i>	<i>Illustrazione del passaggio</i>	<i>Risultati</i>
1	Individuazione lavoro	
2	Parametri della curva di pioggia ($T_R=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con h =altezza di pioggia in mm ; t =durata della pioggia in ore. Valide per Loria .	$a=82,610$; $b=0,280$; $c=0,857$.
3	S_{BAC} = superficie del lotto o bacino, espressa in m^2 .	$S_{BAC} [m^2] =$
4	DH_{ORA} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro S_{BAC} e il punto del piano campagna più basso, dove presumibilmente c'è lo scarico dell'acqua meteorica entro S_{BAC} , nelle condizioni attuali di uso del suolo; espressa in m .	$DH_{ORA} [m] =$
5	L_{ORA} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m .	$L_{ORA} [m] =$
6	DH_{DOPO} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m .	$DH_{DOPO} [m] =$
7	L_{DOPO} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni future di uso del suolo; espressa in m .	$L_{DOPO} [m] =$
8	TC_{ORA} = tempo di corivazione nello stato attuale (utilizza DH_{ORA} , L_{ORA} e il normogramma in allegato W2); espresso in min . In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in allegato W8 .	$TC_{ORA} [min] =$
9	TC_{DOPO} = tempo di corivazione nello stato futuro (utilizza DH_{DOPO} , L_{DOPO} e il normogramma in allegato W2); espresso in min . In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in allegato W8 .	$TC_{DOPO} [min] =$
10	$\Psi_{T_{ORA}}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' allegato W3 .	$\Psi_{T_{ORA}} [-] =$
11	$\Psi_{T_{DOPO}}$ = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' allegato W3 .	$\Psi_{T_{DOPO}} [-] =$
12	$\Psi_{T_{ORA}}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da $\Psi_{T_{ORA}}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' allegato W4 .	$\Psi_{T_{ORA}} [-] =$
13	$\Psi_{T_{DOPO}}$ = coefficiente di afflusso medio orario <u>futuro</u> ottenuto da $\Psi_{T_{DOPO}}$ tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' allegato W4 .	$\Psi_{T_{DOPO}} [-] =$
14	$D\Psi$ = differenza fra $\Psi_{T_{DOPO}}$ e $\Psi_{T_{ORA}}$, numero adimensionale.	$D\Psi [-] =$
15	UM_{ORA} = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>attuale</u> ; espresso in $l/s/ha$. Si può ricavare dal grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{T_{ORA}}$ e la durata della pioggia pari a TC_{ORA} .	$UM_{ORA} [l/s/ha] =$
16	UM_{DOPO} = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>futura</u> ; espresso in $l/s/ha$. Si può ricavare dal grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a $\Psi_{T_{DOPO}}$ e la durata della pioggia pari a TC_{DOPO} .	$UM_{DOPO} [l/s/ha] =$
17	QM_{ORA} = portata massima nella condizione <u>attuale</u> ottenuta moltiplicando UM_{ORA} per S_{BAC} e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s .	$QM_{ORA} [l/s] =$
18	QM_{DOPO} = portata massima nella condizione <u>futura</u> ottenuta moltiplicando UM_{DOPO} per S_{BAC} e dividendo il risultato per 10.000;	$QM_{DOPO} [l/s] =$

	espressa in l/s.		
19	QL_{BASE} = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica base (invarianza idraulica), pari a QM_{ORA} ; espressa in l/s.	QL_{BASE} [l/s] =	
20	TC_{EST} = tempo di corrivazione esterno imposto dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica; espresso in min.	TC_{EST} [min] =	
21	QL_{DEDU} = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica deduttiva determinata moltiplicando il coefficiente udometrico della portata deduttiva (trovato attraverso il grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{ORA} e la durata della pioggia pari a TC_{EST}) per SBAC e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	QL_{DEDU} [l/s] =	
22	UM_{INDU} = coefficiente udometrico massimo imposto dall'Autorità idraulica (Consorzio di Bonifica o Genio Civile) in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva; espresso in l/s/ha.	UM_{INDU} [l/s/ha] =	
23	QL_{INDU} = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva determinata moltiplicando UM_{INDU} per SBAC e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	QL_{INDU} [l/s] =	
24	QL = portata di laminazione (posta pari a QL_{BASE} ovvero uguale a QL_{DEDU} ovvero QL_{INDU} a seconda del tipo di stabilizzazione imposta dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica; espressa in l/s.	QL [l/s] =	
25	U_L = portata specifica di laminazione determinata dividendo QL per (SBAC /10.000); espressa in l/s/ha.	U_L [l/s/ha] =	
26	TC_{CRT} = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in allegato W6 con portata specifica di laminazione pari a U_L e coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} ; tempo critico espresso in min.	TC_{CRT} [min] =	
27	UM_{CRT} = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} e la durata della pioggia pari a TC_{CRT} .	UM_{CRT} [l/s/ha] =	
28	VC_{CRT} = volume specifico di invaso; espresso in m ³ /ha. Si ottiene dalla relazione VC_{CRT} = (UM_{CRT} · TC_{CRT} · 0,5 · U_L · TC_{CRT} · 0,5 · U_L · TC_{DOP}) · (0,06).	VC_{CRT} [m ³ /ha] =	
29	V_{INVASO} = volume di invaso; espresso in m ³ . Si ottiene moltiplicando VC_{CRT} per (SBAC /10.000).	V_{INVASO} [m ³] =	
30	H_L = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	H_L [cm] =	
31	D_w = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in allegato W7 utilizzando QL ed H_L .	D_w [cm] =	
32	Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro D [cm] = H_L [cm] Lunghezza tubi L_T [m] = V_{INVASO} / ((D /100) ² × 0,78)	D [cm] =	
33	Definizione di volume di invaso realizzato con CANALE A CIELO APERTO di forma rettangolare con larghezza B_c [cm] pari all'altezza idrometrica massima di laminazione H_L [cm]. Larghezza B_c [cm] = H_L [cm] Lunghezza canale L_c [m] = V_{INVASO} / ((B_c /100) × (H_L /100))	B_c [cm] =	
34	Definizione del volume d'invaso realizzato con CANALE A CIELO APERTO di sezione trapezoidale con larghezza fondo B_f [cm] pari all'altezza idrometrica massima di laminazione H_L [cm] e scarpa delle sponde 1/1. Larghezza B_f [cm] = H_L [cm] Lunghezza canale L_{cT} [m] = V_{INVASO} / (2 × (B_f /100) × (H_L /100))	B_f [cm] =	
		L_{cT} [m] =	

02 - ALLEGATO W2 - NOMOGRAMMA PER IL CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE



NOMOGRAMMA PER DETERMINARE IL TEMPO DI CORRIVAZIONE

in origine P.Z. Kirpich (1940)
adattato da G. Zen (2006)

03 - ALLEGATO W3 – SCHEDA TIPO di CALCOLO COEFFICIENTE AFFLUSSO MEDIO ORARIO

**SCHEDA GUIDA per il CALCOLO del
COEFFICIENTE di AFFLUSSO MEDIO ORARIO Ψ_T**

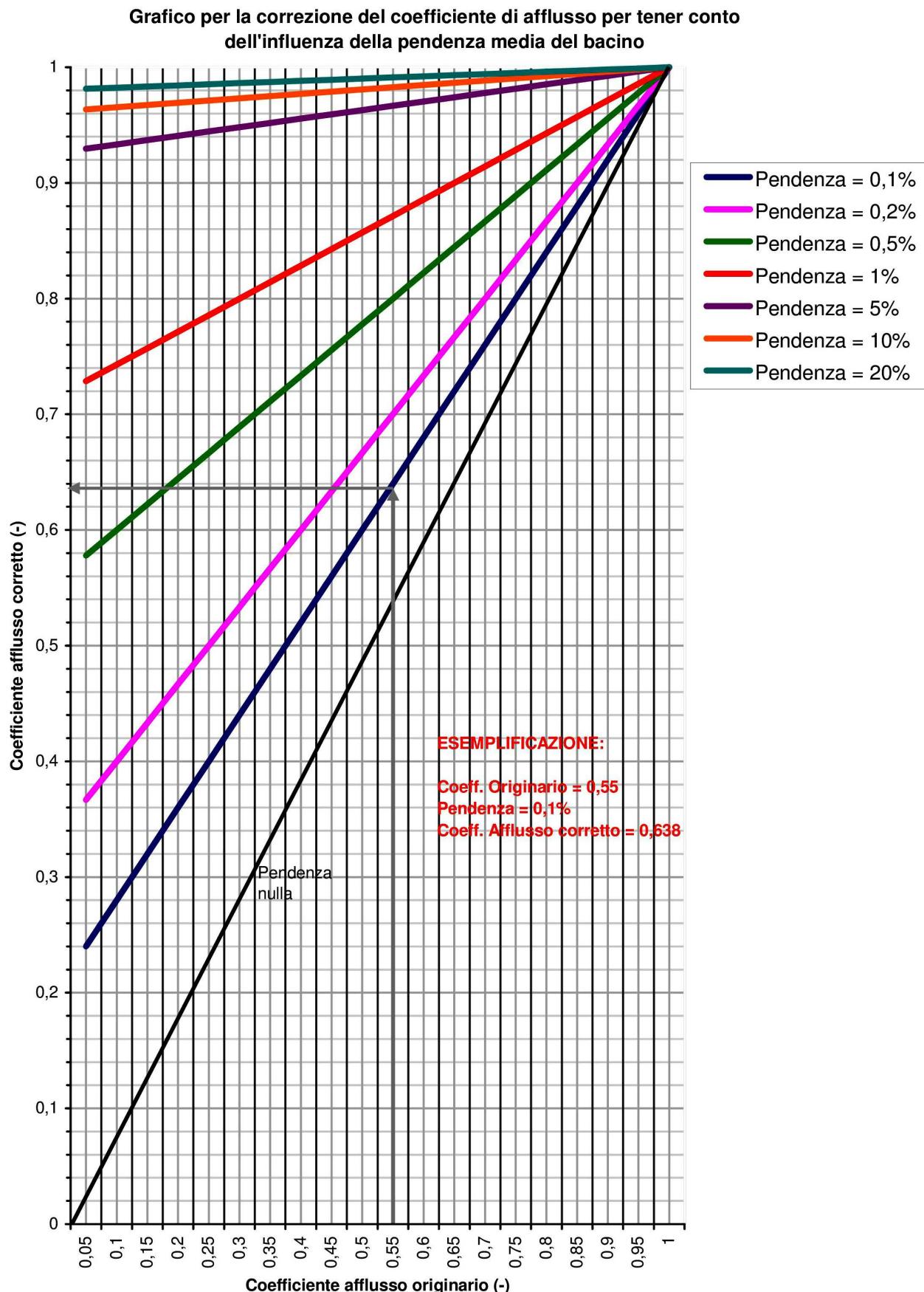
(RAPPORTO TRA PORTATA METEORICA IN AFFLUSSO ALLA RETE DI DRENAGGIO E
LA PORTATA METEORICA CHE CADE SUL BACINO PER PIOGGIA DI 1 ORA A $T_R=50$ ANNI)

C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Tipo di superficie S_i	Ψ_i consigliato	Ψ_i adottato	area di $S_i (m^2)$	prodotto $\Psi_i * S_i$
R1	Tetti impermeabili lisci o similare	0,90-0,95			
R2	Tetti impermeabili non lisci o similare	0,80-0,90			
R3	Superfici asfaltate o similare	0,85-0,95			
R4	Lastricato in pietra con connessure sigillate o similare	0,75-0,85			
R5	Lastricato in pietra con connessure non sigillate o similare	0,40-0,70			
R6	Viali inghiaiati o similare	0,15-0,30			
R7	Superfici di parchi o giardini o similare	0,05-0,30			
R8	Superfici liquide o similari	1,00			
R9					
R10					
R11	Totali ($\Sigma C5$ e $\Sigma C6$)			$\Sigma C5 =$	$\Sigma C6 =$
R12	Coefficiente $\Psi_T = (\Sigma C6 / \Sigma C5)$				$\Psi_T =$

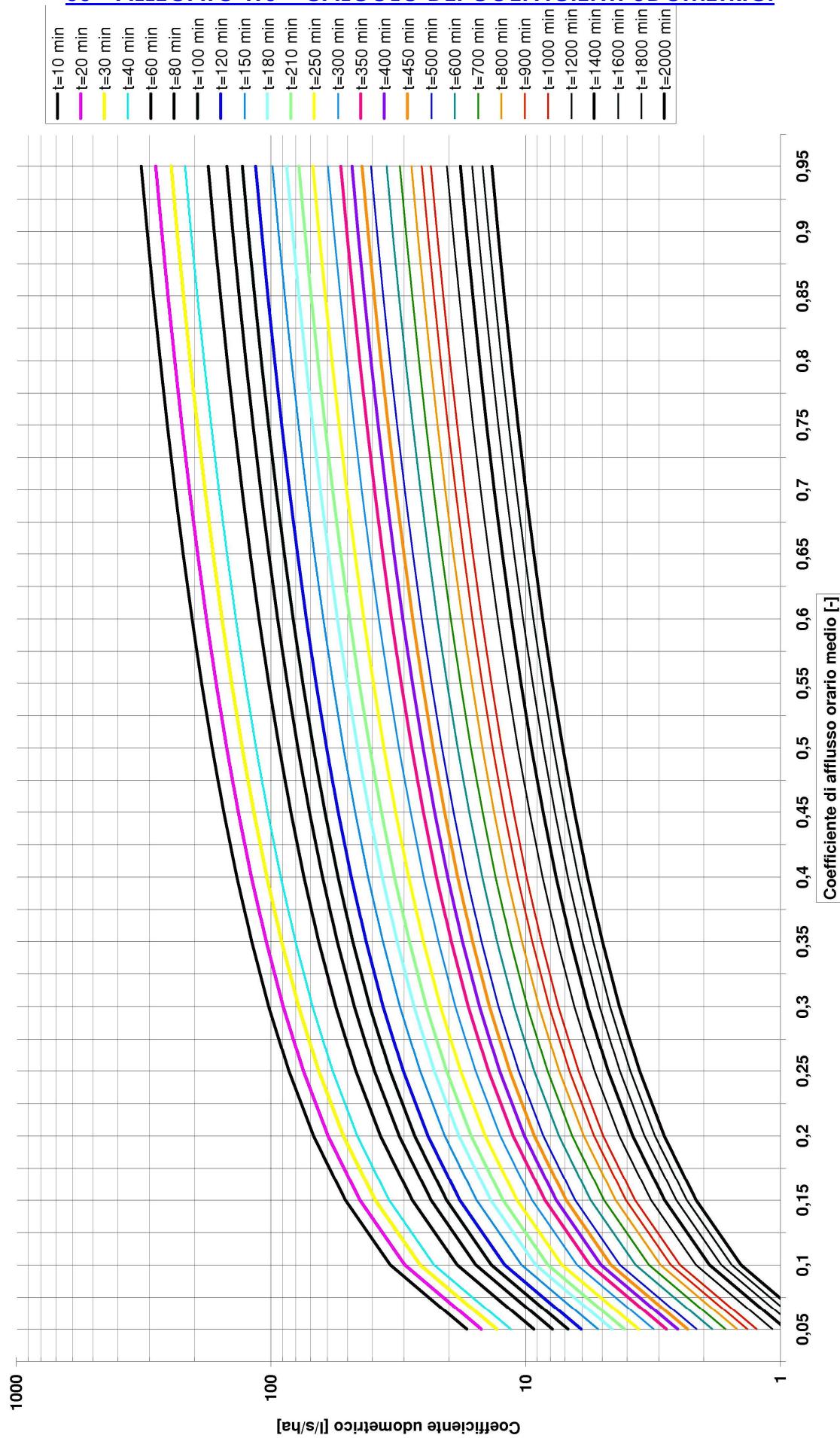
NOTE:

- $\Sigma C5$ = area totale del bacino [m^2]
- $\Sigma C6$ = somma dei prodotti $\Psi_i * S_i$ [-]
- Ψ_T calcolato fino alla 3 cifra significativa dopo la virgola
- Il coefficiente di afflusso orario dipende da tipo superficie, intensità dell'evento di pioggia, pendenza della superficie, tasso di infiltrazione della parte permeabile residua e scabrezza della superficie.

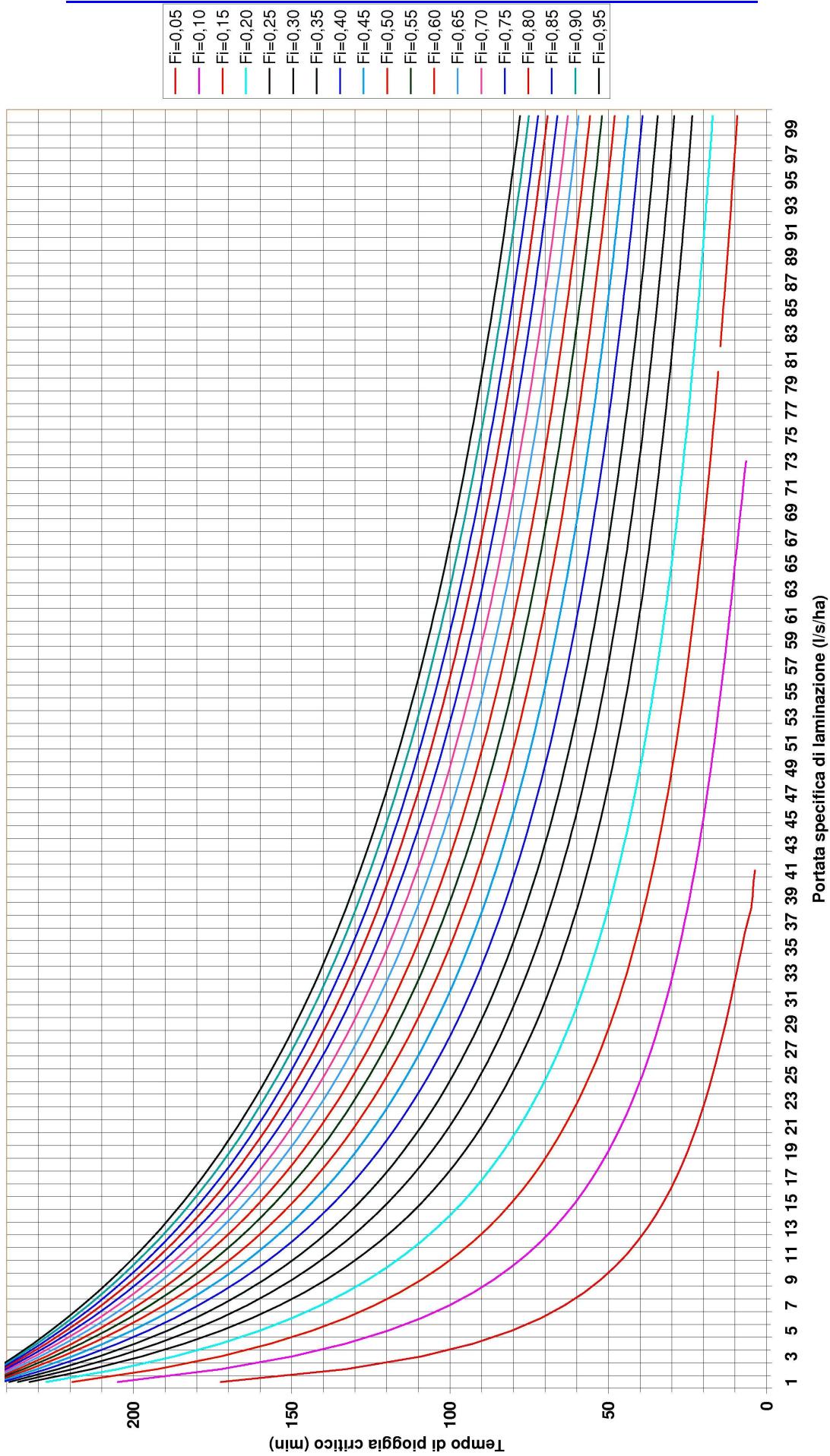
04 - ALLEGATO W4 – CORREZIONE DEL COEFFICIENTE DI AFFLUSO



05 - ALLEGATO W5 – CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI

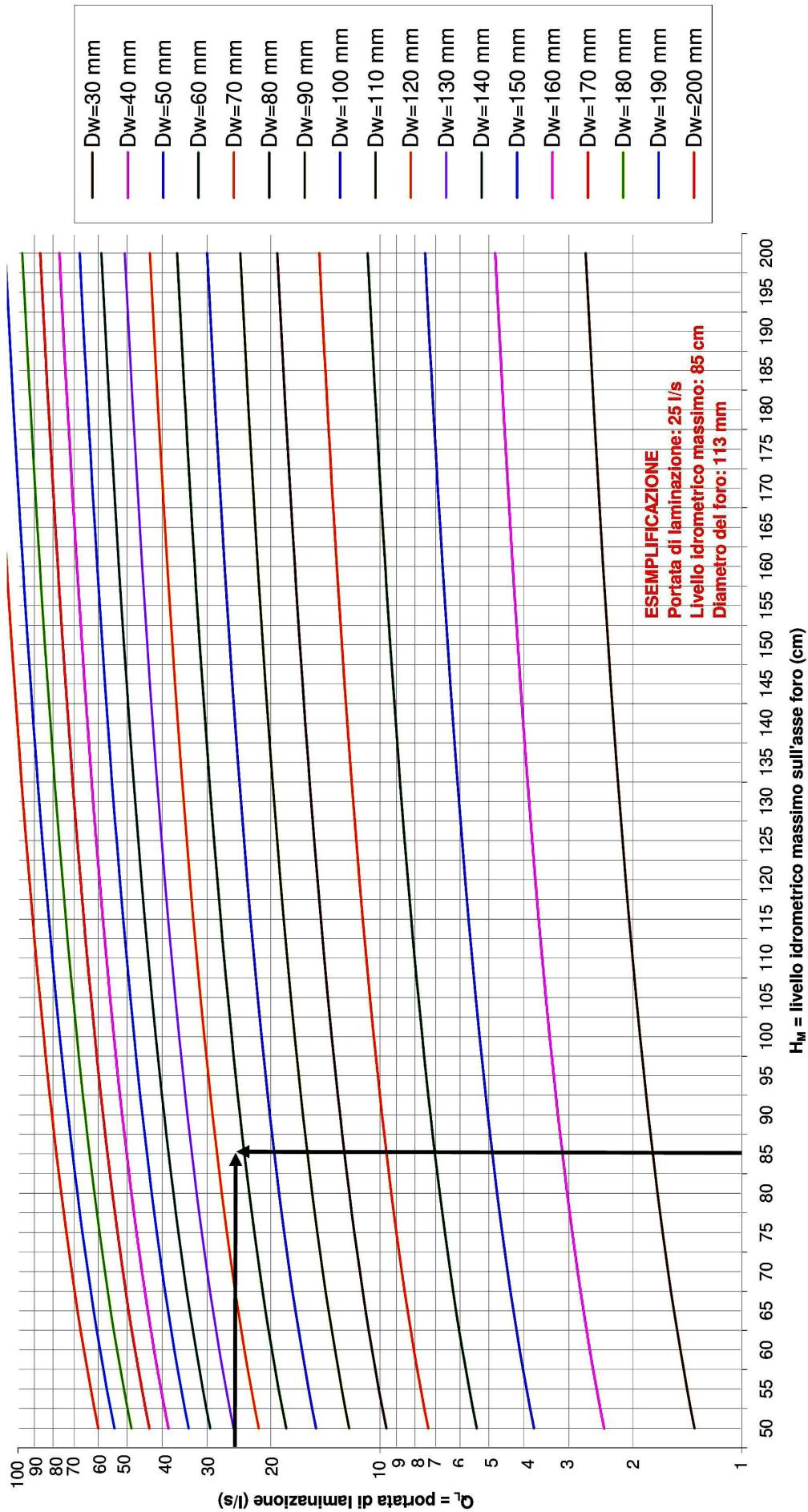


06 - ALLEGATO W6 – CALCOLO TEMPO CRITICO DI PIOGGIA



07 - ALLEGATO W7 – CALCOLO PORTATA FORO DI LAMINAZIONE

PORTATE DEL FORO DI LAMINAZIONE IN CORRISPONDENZA AI LIVELLI IDROMETRICI MASSIMI H_L E PER VARI DIAMETRI D_w



08 - ALLEGATO W8 – TEORIA DELLA DETENZIONE IDRAULICA

(ing. Giuliano Zen, © 1995-2016)

08.1 – TEORIA DEL MODELLO DELLA CORRIVAZIONE

Il ritardo con cui una goccia si presenta alla sezione di chiusura di un bacino dipende dal punto in cui essa è caduta; detto ritardo prende il nome di *tempo di corrivazione del punto*. Il tempo di ritardo massimo prende il nome di *tempo di corrivazione del bacino* e viene qui indicato con t_c . I luoghi dei punti caratterizzati da uno stesso valore del tempo di corrivazione vengono detti *linee isocorrive*; la curva che per assegnato valore del tempo di corrivazione fornisce l'area della porzione di bacino i cui punti hanno tempi di corrivazione $t \leq t_c$ prende il nome di *curva aree-tempi del bacino*. Supponendo di aver tracciato le linee isocorrive con passo temporale Dt all'interno del quale l'intensità di precipitazione possa considerarsi costante, linearizzata la curva aree-tempi in ciascun intervallo, si ha che l'idrogramma di portata $q_k(t)$ che attraversa la $k-1$ ma isocorriva in seguito alla precipitazione di intensità i_j , caduta nell'intervallo $t_{j-1} = (j-1)Dt$ e $t_j = jDt$ sulla porzione di bacino di area $D\Delta_k$ compresa tra le isocorrive $(k-1)Dt$ e kDt è descritto dalle equazioni:

- a) se $t_{j-1} \leq t \leq t_j$ vale $q_k(t) = (i_j D\Delta_k / Dt)(t - t_{j-1})$;
- b) se $t_j \leq t \leq t_{j+1}$ vale $q_k(t) = (i_j D\Delta_k / Dt)(t_j - t)$;
- c) se $t \geq t_{j+1}$ vale $q_k(t) = 0$.

La forma della curva di piena è *triangolare* dove $q_k(t)$ assume il valore 0 per $t = (j-1)Dt$, $q_k(t) = i_j D\Delta_k$ per $t = jDt$ e di nuovo $q_k(t) = 0$ per $t = (j+1)Dt$; il tempo alla base dell'idrogramma di piena è pari a $2Dt$. L'idrogramma di portata che attraversa la sezione di chiusura in seguito alla precipitazione caduta nell'intervallo $(j-1)Dt$ e jDt sull'area $D\Delta_k$ si ottiene traslando nel tempo l'idrogramma di piena illustrato di un intervallo pari a $(K-1)Dt$; quindi il valore al colmo $D\Delta_k i_j$ giungerà alla sezione di chiusura al tempo $(j+K-1)Dt$. L'idrogramma di piena complessivo si ottiene sommando i contributi delle varie aree che giungono al medesimo istante alla sezione di chiusura. Le ipotesi di *linearità* e *stazionarietà* consentono di semplificare la modellazione dei fenomeni di piena; in particolare:

- a) un sistema si dice *stazionario* quando a due ingressi uguali sfasati nel tempo di un certo intervallo di tempo corrispondono due uscite uguali sfasate dello stesso intervallo temporale;
- b) un sistema si dice *lineare* quando ad un ingresso combinazione lineare di due ingressi corrisponde un'uscita combinazione lineare secondo medesimi coefficienti moltiplicativi delle uscite relative agli stessi ingressi.

Con *linearità* e con *stazionarietà* la relazione tra ingresso $p(t)$ e uscita $q(t)$ assume la forma di un'equazione lineare differenziale a coefficienti costanti che ha come soluzione l'integrale di convoluzione $q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t-\tau)d\tau$ essendo $h(t)$ l'*idrogramma unitario istantaneo* [$h(t)$ dimensionalmente è l'inverso del tempo]. Il modello cinematico del tempo di corrivazione si configura quindi come un particolare modello *lineare* e *stazionario* schematizzabile come un insieme di infiniti canali lineari in parallelo; a ciascun elemento di area S_i del bacino si può associare un canale lineare il cui ritardo caratteristico coincide con il tempo di corrivazione del punto. Con tale modello la portata massima si verifica in corrispondenza ad una durata della precipitazione maggiore o uguale al tempo di corrivazione e viene mantenuta per un tempo $t_p - t_c$ essendo t_p la durata della precipitazione. Per un ipotetico bacino in cui la curva *area-tempi* risulti lineare, ovvero $S(t) = S_1 t / t_c$ (essendo S_1 l'area totale del bacino) e nel caso di una pioggia netta di intensità costante i e durata t_p abbiamo il seguente idrogramma di piena:

- a) nel caso $t_p \leq t_c$, a₁) con $t \leq t_p$ vale $q(t) = iS_1 t / t_c$; a₂) con $t_p \leq t \leq t_c$ vale $q(t) = iS_1 t_p / t_c$; a₃) con $t_c \leq t \leq t_c + t_p$ vale $q(t) = iS_1 (1 - ((t - t_p) / t_c))$; infine a₄) con $t \geq t_c + t_p$ vale $q(t) = 0$;
- b) nel caso $t_p \geq t_c$, b₁) con $t \leq t_c$ vale $q(t) = iS_1 t / t_c$; b₂) con $t_c \leq t \leq t_p$ vale $q(t) = iS_1$; b₃) con $t_p \leq t \leq t_c + t_p$ vale $q(t) = iS_1 (1 - ((t - t_p) / t_c))$; infine b₄) con $t \geq t_c + t_p$ vale $q(t) = 0$.

La rappresentazione del deflusso sopra descritta indica come il tempo di corrivazione t_c eserciti, almeno per le piogge di durata inferiore, una sorta di effetto moderatore in confronto alla portata massima che si avrebbe se allo sbocco ci fosse la contribuzione simultanea dell'intero bacino; se la durata della pioggia è pari al tempo di corrivazione c'è un trascurabile effetto di ritardo nella moderazione della portata. Nel caso di funzione di pioggia a due parametri del tipo $h = at^n$ la portata media che affluisce sul bacino per unità di superficie è data da $J = at^{n-1}$ e si può indicare la portata media per unità di superficie che raggiunge la sezione di chiusura il valore $J_m = at^n / (t + t_c)$. Il valore massimo di J_m al variare della durata della precipitazione è dato dalla equazione differenziale $dJ(t)/dt = d(at^n / (t + t_c)) / dt = 0$ che fornisce n soluzioni per valori nulli della durata critica t_{CRIT} e una, ed una sola, soluzione fisicamente accettabile per $t_{CRIT} = t_c / ((1/n) - 1)$; nel momento in cui si verifica la massima portata linda per unità di superficie alla sezione di chiusura la relazione $t_{CRIT} = t_c / ((1/n) - 1)$ correla la durata critica t_{CRIT} della precipitazione ed il tempo di corrivazione t_c .

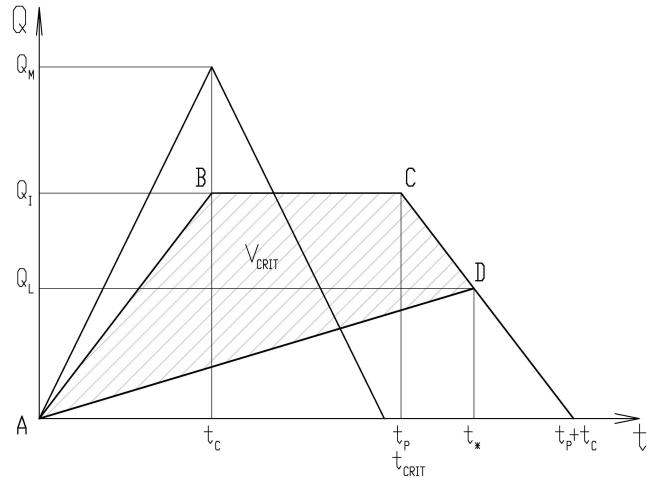
08.2 – IL COEFFICIENTE DI AFFLUSO

Si definisce *coefficiente di afflusso* Ψ il rapporto fra portata meteorica affluente alla rete e la portata meteorica affluente al bacino idrografico. Ψ varia nel tempo fra l'inizio e il termine della pioggia; alla fine della pioggia Ψ assume un valore finale che qui indichiamo con Ψ_F . Il coefficiente di afflusso varia in funzione della evaporazione, della rugosità, della pendenza, della permeabilità del terreno, della copertura vegetale, del tipo di pavimentazioni, ecc... Secondo Fantoli vale una formula di proporzionalità rispetto alla radice cubica dell'altezza di pioggia raggagliata h_p alla superficie del bacino, ovvero $\Psi = \theta h_p^{1/3}$ essendo θ una costante indicata usualmente come *indice di permeabilità*. Facendo riferimento alla usuale funzione di possibilità pluviometrica a due parametri $h = at^n$ possiamo scrivere $\Psi = \theta a^{1/3} t^{n/3}$ ovvero $\Psi_1 t^{n/3}$ dove Ψ_1 rappresenta il valore assunto da Ψ per la durata di una ora. La portata meteorica di afflusso alla rete di drenaggio può essere quindi scritta come $\Psi_1 t^{n/3} a t^{n-1} S$ ovvero $\Psi_1 a t^{4n/3-1} S$; in tal modo la variabilità del coefficiente di afflusso con l'altezza di pioggia può essere presa in considerazione sostituendo l'esponente n con $4n/3$ ed utilizzando, a rappresentatività media del rapporto fra portata meteorica affluente alla rete e portata meteorica affluente al bacino, il parametro Ψ_1 . L'**allegato W3** permette il calcolo del coefficiente di afflusso orario medio di un bacino;

l'**allegato W4** permette di correggere il valore calcolato con l'**allegato W3** tenendo conto della pendenza media dello stesso bacino idrografico.

08.3 - STABILIZZAZIONE IDRAULICA BASE

Il principio di stabilizzazione idraulica base (meglio conosciuto con il termine **invarianza idraulica**) prevede che la curva di piena generata da un bacino, dopo modifica urbanistica/edilizia all'uso del suolo, sviluppi una portata massima pari a quella che si sviluppa ante modifica dello stesso uso del suolo. Nelle problematiche di mitigazione idraulica, a parità di tempo di ritorno dell'evento pluviometrico, è importante determinare la durata di precipitazione critica t_{CRIT} e il corrispondente massimo valore del volume di detenzione (che qui indicheremo con V_{CRIT}); la conoscenza di V_{CRIT} permette di predisporre le opere di difesa idraulica destinate a far acquisire la stabilizzazione idraulica base dell'intervento.



Indichiamo con Ψ_1 il coefficiente di afflusso orario, con S l'area del bacino, con j l'intensità efficace di pioggia, con Q_M la portata massima in corrispondenza ad un tempo pari al tempo di corrievazione t_c del bacino con uso futuro del suolo, Q_L la portata di laminazione (portata massima in condizioni attuali di uso del suolo ovvero portata su cui tarare il processo di mitigazione); indichiamo inoltre al solito con a ed n i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica monomia a due parametri. Dai fondamenti del metodo della corrievazione deriva che al variare della durata t_p della precipitazione varia il volume da invasare per fare in modo che la portata in uscita non sia mai superiore alla portata di laminazione Q_L (il volume è rappresentato in figura dalla superficie ABCD nella ipotesi che la portata di laminazione abbia andamento lineare dall'inizio del fenomeno con valore 0 sino al punto t^* con valore Q_L). Si dimostra che $V = Q_1 t_p - t_p Q_L * 0,5 - t_c Q_L * 0,5$ essendo $Q_1 = JS = \Psi_1 S a t_p^{(4n/3)-1}$; derivando rispetto a t_p la relazione precedente e ponendo uguale a zero la stessa derivata si ricava il valore di t_p critico che massimizza l'invaso. Indicando con t_{CRIT} il valore critico di t_p vale la relazione (G. Zen, 2008):

$$t_{CRIT} = \left(\frac{3Q_L}{8\Psi \cdot S_{an}} \right) \wedge \left(\frac{3}{4n-3} \right) \quad [A]$$

e il volume critico si può stimare con la relazione (G. Zen, 2008):

$$V_{CRIT} = \frac{3Q_L}{8\Psi_1 S a} \left(\frac{1}{4n} - \frac{3}{4n-3} \right) - \frac{3Q_L}{2 \cdot 8\Psi_1 S a} \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{4n-3} \right) - \frac{f_c Q_L}{2} \quad [B]$$

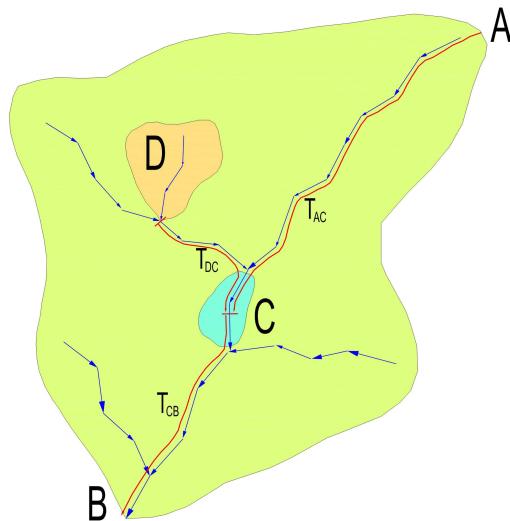
Nelle problematiche di mitigazione idraulica per detenzione andrà applicato il concetto di stabilizzazione idraulica base determinando innanzitutto la portata massima Q_{M1} nella situazione attuale di uso del suolo, essendo $t_C=t_{C1}$ (tempo di corivazione nella situazione ante intervento), ponendo inoltre $\Psi_1=\Psi_{10RA}$ ovvero il coefficiente di afflusso medio orario relativo alla situazione attuale; successivamente verrà posto $Q_L=Q_{M1}$. Definite le modalità di acquisizione dell'invaso (tubi interrati, canale, fossato, vasca o altro) si tratterà di definire come garantire il controllo della portata allo scarico, da tarare in corrispondenza al tirante massimo sulla portata di laminazione Q_L , e di dimensionare infine i volumi di detenzione con la relazione [B]. Con l'utilizzo di una curva di pioggia a tre parametri del tipo $h=at/(b+ct)^c$ le relazioni precedenti diventano:

- a) invaso = $V = Q_{tP}tPQL^{0,5} - tCQL^{0,5}$ essendo $Q_t = (aS\Psi_1 tP^{(1/3)}(b+1)^{(c/3)}) / (b+tP)^{(4c/3)}$;
 b) tempo critico dalla relazione : $((4/3)t_{CRI}^{(1/3)}) / ((b+t_{CRI})^{(4c/3)}) [1 - (t_{CRI} / (b+t_{CRI})^c)] = Q_t / (2a\Psi_1 S(b+1)^{(c/3)})$;
 c) invaso critico dalla relazione : $V_{CRI} = [(aS\Psi_1 (b+1)^{(c/3)} t_{CRI}^{(4/3)}) / ((b+t_{CRI})^{(4c/3)})] - t_{CRI} Q_t / 2 - T_C Q_t / 2$;
 d) portata massima in condizioni critiche dalla relazione : $Q_{CRI} = (aS\Psi_1 t_{CRI}^{(1/3)} (b+1)^{(c/3)}) / (b+t_{CRI})^{(4c/3)}$.

Indicando con V_{CRIT} il volume specifico (su unità di superficie del bacino) in condizioni di pioggia critica, con U_{CRIT} il coefficiente udometrico con pioggia critica, con U_L il coefficiente udometrico di laminatione, vale infine la relazione $V_{CRIT} = U_{CRIT}C_{L-CRIT}U_L^{0,5} - t_{CUI}^{0,5}$.

08.4 - STABILIZZAZIONE IDRAULICA DEDUTTIVA

Consideriamo un bacino idrografico schematizzato nella figura seguente (area verde); entro il bacino principale consideriamo un sottobacino **D** (area arancione) nel quale è previsto un intervento di modifica idrologica dell'uso del suolo (ad esempio la realizzazione di un piano di lottizzazione o di una strada). Ipotizziamo infine che entro il bacino principale (area verde) esista un'area **C** (a valle di **D**) interessata da esondazioni (area celeste). Al fine di garantire condizioni di sostenibilità, entro l'area **D**, degli interventi di trasformazione del territorio da realizzare entro la stessa area **D**, si è visto come sia necessario prevedere opere di *stabilizzazione idraulica base*; in tal modo le curve di piena sviluppate dal sottobacino **D** comporteranno portate al colmo dello stesso ordine di grandezza sia prima che dopo l'intervento di trasformazione del territorio.



Vediamo ora come tener conto, partendo sempre dal concetto di *stabilizzazione idraulica*, dei fenomeni di esondazione che si verificano nell'area **C**; chiaramente l'intervento urbanistico in **D** non deve peggiorare la situazione in **C** (vedi L.R. 11/2004). In questo caso lo schema idrologico è completamente diverso: a parità di tempo di ritorno la portata massima transitabile in **C** è quella sviluppata da precipitazioni efficaci di durata pari al tempo di corrievazione t_{AC} . Dal metodo della corrievazione è noto che la portata massima si verifica in corrispondenza ad una durata della precipitazione maggiore o uguale al tempo di corrievazione e rimane costante per un tempo pari alla differenza fra il tempo di pioggia e il tempo di corrievazione. Se ipotizziamo che per il bacino chiuso in **C** si abbia: 1) curva area-tempi lineare, 2) pioggia netta di intensità costante con durata pari al tempo di corrievazione e 3) per l'area **D** valga $A(t_D) = A_t(t_{DC}) / (t_{AC})$ ne consegue il mantenimento del rapporto, fra portata massima e tempo di pioggia corrispondente, sia in **D** che in **C**. Applicare il concetto di **stabilizzazione idraulica deduttiva** vuol dire fare in modo che la curva di piena generata dal bacino **D** dopo le modifiche all'uso del suolo crei una portata massima alla sezione **C** dello stesso ordine di grandezza, comunque non superiore, di quella che si verificava prima della modifica dello stesso uso del suolo; ciò equivale a riapplicare il concetto di *stabilizzazione idraulica base* ove però la portata di laminazione **Qu** non consegue al massimo di portata entro il sottobacino **D** (portata sviluppata da una pioggia di durata pari al corrispondente tempo di corrievazione) ma viene individuata da una precipitazione di durata t_{AC} (tempo di corrievazione del bacino chiuso in **C**) che interessa sempre il sottobacino **D** ovviamente nelle condizioni di uso del suolo non variate. Indicheremo nel prosieguo convenzionalmente t_{AC} come **tempo di corrievazione esterno**, in contrapposizione al tempo di corrievazione proprio del sottobacino **D**.

08.5 - STABILIZZAZIONE IDRAULICA INDUTTIVA

Alcune caratteristiche del bacino chiuso in **B** (vedi figura precedente) possono portare ad un diverso approccio idraulico. Potrebbe risultare troppo oneroso, per risolvere i problemi di esondazione in **C**, intervenire con opere idrauliche fra **D** e **C** o anche fra **C** e **B**: ad esempio la conformazione assunta dal territorio antropizzato potrebbe presentare caratteristiche tali: 1) da non permettere di ricavare con oneri sopportabili volumi con cui laminare le piene e ridurre il rischio idraulico in **C** e 2) da non rendere fattibile la ricalibratura della rete idrografica fra **D** e **B**. D'altro canto in determinare situazioni può prevalere una strategia di intervento che predilige il controllo alla fonte (al contrario del controllo terminale); le opportunità più economiche e più semplici di gestione dell'acqua di pioggia potrebbero collocarsi infatti alla sorgente del deflusso, cioè dove il deflusso si forma. Ad esempio l'area chiusa in **D** potrebbe essere già completamente impermeabilizzata e non è detto che non sia conveniente, senza oneri economici elevati, operare con tecniche di mitigazione idraulica in **D** al fine di ridurre le portate alla sezione di chiusura **B** (il discorso è ovviamente indipendente dal fatto che in **D** venga previsto o meno alcun intervento di impermeabilizzazione del suolo); si parla allora di **stabilizzazione idraulica induttiva**.

Similmente al paragrafo precedente ipotizziamo che per il bacino chiuso in **B** valgano le ipotesi di *linearità* e *stazionarietà* e sia applicabile il modello cinematico lineare e stazionario (della corrievazione). La portata massima si verifica quindi in corrispondenza ad una durata della precipitazione uguale al tempo di corrievazione e per durate maggiori rimane su valori massimi per un tempo pari alla differenza fra il tempo di pioggia e il tempo di corrievazione. Allo stesso modo ipotizziamo che per il bacino chiuso in **B** si abbia: a) una curva area-tempi lineare, b) la pioggia netta di intensità costante e infine c) per l'area **D** valga $A(t_D) = A_t(t_{DC} + t_{CB}) / (t_{AC} + t_{CB})$. Con tali ipotesi consegue il mantenimento del

rapporto, fra portata massima e tempo di pioggia corrispondente, sia in **D** che in **B**. Si può dimostrare che, come nel caso della *stabilizzazione idraulica deduttiva*, anche nel caso della *stabilizzazione idraulica induttiva* possiamo riportarci alle modalità di calcolo idraulico della *stabilizzazione idraulica base*, una volta definita l'aliquota di riduzione del contributo di portata massima del sottobacino **D**, che qui indichiamo con **P**; si dimostra che la portata di laminazione è pari a $(1-P)$ moltiplicato la portata massima alla sezione **B** (calcolata nella situazione attuale di uso del suolo con tempo di pioggia pari a $t_{AC}+t_{CB}$) moltiplicato ancora per il rapporto fra il tempo di corravazione del sottobacino **D** nella situazione attuale di uso del suolo e $t_{AC}+t_{CB}$. Detta portata di laminazione può altresì ottenersi da un coefficiente udometrico massimo il cui significato fisico dovrebbe però essere correlato alla relazione innanzi illustrata.

08.6 - PARAMETRI DELLA STROZZATURA IDRAULICA

Per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica per detenzione è necessario che a valle dei volumi di invaso il flusso sia regolamentato con una "strozzatura idraulica" in modo da garantire la portata massima (portata di laminazione). La strozzatura idraulica più utilizzata nei calcoli di mitigazione idraulica è un semplice foro su paramento verticale; con tale sistema la portata in uscita avrà andamento (relativamente) lineare da 0 (inizio della pioggia) fino al valore massimo Q_L (portata di laminazione). Per la stima della portata massima Q_L effluente da un foro circolare avente diametro D_w , con pareti interne divergenti e contorno interamente a spigolo vivo, si possono utilizzare le relazioni seguenti: 1) $Q=C_Q A_w (2gh)^{0.5}$; 2) $A_w=\pi D_w^2/4$; 3) $C_Q=0,61$; 4) $h=H_M$ per $Q=Q_L$ (essendo H_M l'altezza massima entro l'invaso di detenzione). Il foro si considera inserito su paramento verticale e si ipotizza praticamente nulla la velocità di arrivo dell'acqua. Il valore minimo del tirante idrico coincide con il centro del foro (0 cm), il valore massimo è la distanza fra il centro del foro e il valore di escursione massima (grossomodo coincidente con l'altezza massima che può avere l'acqua entro l'invaso di detenzione). Si rimanda all'**allegato W9** per una descrizione su come realizzare la bocca tassata nei termini esposti e all'**allegato W7** per la visualizzazione grafica del legame fra portata di laminazione, diametro del foro e altezza massima del tirante idrico (sull'asse dello stesso foro) in corrispondenza alla stessa portata di laminazione.

08.7 - STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corravazione può essere stimato con uno dei seguenti metodi (vedi anche **allegato W10**):

- 1) con la relazione $t_C=t_e+t_r/1,5$ dove t_r è il tempo di rete del percorso idraulicamente maggiore lungo il bacino in analisi, calcolabile con la relazione $t_r=\sum_i L_i/V_{ri}$ dove L_i è la lunghezza di ogni singolo tratto del percorso idraulicamente più lungo e V_{ri} la corrispondente velocità a pieno riempimento, da calcolare, ad esempio, con l'espressione di Chézy-Strickler ($V_r=K_s(R_h)^{2/3}t^{1/2}$). La sommatoria \sum è estesa a tutti i sotto-percorsi che definiscono il percorso idraulicamente più lungo della particella d'acqua. t_e rappresenta il tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 10 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...);
- 2) con la relazione $t_C=t_e+0,04S(L_M)^{0.4}$ essendo S la superficie dell'area di drenaggio espressa in ha ed L_M il percorso più lungo compiuto da una particella d'acqua entro l'area stessa (valore espresso in m). Anche in questo caso t_e rappresenta il tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 10 e 20 minuti (cioè da 0,16 a 0,33 ore) a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...). Tutti i valori temporali citati si intendono espressi in ore. In mancanza di conoscenze dirette il parametro L_M può essere calcolato in prima approssimazione eseguendo la radice quadrata del valore S espresso in m^2 ;
- 3) con la relazione $t_C=(L_M/(V_c \cdot 3600))+t_e$ essendo L_M è il percorso più lungo compiuto una particella d'acqua (valore espresso in m) e V_c una velocità media di scorrimento, indicativamente variabile fra 0,2-0,3 e 1,0-1,2 m/s . Al solito t_e rappresenta il tempo di entrata in rete, indicativamente variabile fra 0,16 e 0,33 ore a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...).

Un ulteriore possibilità per determinare il tempo di corravazione viene offerta dal nomogramma raffigurato in **allegato W2** (adattato da un originario lavoro di P.Z. Kirpich del 1940).

Si tenga conto che la scelta del tempo di pioggia, da utilizzare nei calcoli di mitigazione idraulica per detenzione utilizzando il modello della corravazione, dipende da molti altri fattori; ad esempio la rete ricevente (a valle dell'area in analisi) potrebbe andare in *crisi* per precipitazioni aventi durata diversa da quella del tempo di corravazione dell'area in questione (*stabilizzazione idraulica deduttiva*).

08.8 – CALCOLI DI STABILIZZAZIONE IDRAULICA BASE (INVARIANZA IDRAULICA)

I passaggi successivi sono stati utilizzati per ricavare l'**allegato W1**, e valgono come procedura per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica base (invarianza idraulica) attraverso il sistema dei volumi di detenzione con deflusso in uscita gestito da un foro su paramento verticale; la portata stessa in uscita varia quindi fra il valore 0 (portata nulla) e il valore massimo (pari alla portata di laminazione) ottenibile in corrispondenza al valore massimo del tirante idrico entro l'invaso al limite dello sfioro. Di seguito i vari passaggi sono colorati di **celeste** quando si tratta di dati di partenza e colorati in **fucsia** quando si tratti dei risultati dei calcoli. Si ipotizza che l'invaso sia ottenuto utilizzando tubazioni a diametro maggiorato.

Illustrazione del passaggio di calcolo o di acquisizione del dato	Risultati
Individuazione lavoro	
Parametri della curva di pioggia ($T_r=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con h =altezza di pioggia in mm; t =durata della pioggia in ore.	$a=$ _____ ; $b=$ _____ ; $c=$ _____ .
S_{BAC} = superficie del lotto o bacino, espressa in m^2 .	$S_{BAC} [m^2] =$ _____
DH_{ORA} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro S_{BAC} e il punto del piano campagna più basso, dove presuntivamente c'è lo scarico	$DH_{ORA} [m] =$ _____

dell'acqua meteorica entro S_{BAC} , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.		
L_{ORA} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{ORA} [m] =$	
DH_{DOP} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{DOP} [m] =$	
L_{DOP} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni future di uso del suolo; espressa in m.	$L_{DOP} [m] =$	
TC_{ORA} = tempo di corruzione nello stato attuale (utilizza DH_{ORA} , L_{ORA} e il normogramma in allegato W2); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in allegato W8 .	$TC_{ORA} [min] =$	
TC_{DOP} = tempo di corruzione nello stato futuro (utilizza DH_{DOP} , L_{DOP} e il normogramma in allegato W2); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in allegato W8 .	$TC_{DOP} [min] =$	
Ψ_{ORA} = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' allegato W3 .	$\Psi_{ORA} [-] =$	
Ψ_{DOP} = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' allegato W3 .	$\Psi_{DOP} [-] =$	
Ψ_{ORA} = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da Ψ_{ORA} tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' allegato W4 .	$\Psi_{ORA} [-] =$	
Ψ_{DOP} = coefficiente di afflusso medio orario <u>future</u> ottenuto da Ψ_{DOP} tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' allegato W4 .	$\Psi_{DOP} [-] =$	
$D\Psi$ = differenza fra Ψ_{DOP} e Ψ_{ORA} , numero adimensionale.	$D\Psi [-] =$	
UM_{ORA} = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>attuale</u> ; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{ORA} e la durata della pioggia pari a TC_{ORA} .	$UM_{ORA} [l/s/ha] =$	
UM_{DOP} = coefficiente udometrico massimo nella condizione <u>future</u> ; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} e la durata della pioggia pari a TC_{DOP} .	$UM_{DOP} [l/s/ha] =$	
QM_{ORA} = portata massima nella condizione <u>attuale</u> ottenuta moltiplicando UM_{ORA} per S_{BAC} e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	$QM_{ORA} [l/s] =$	
QM_{DOP} = portata massima nella condizione <u>future</u> ottenuta moltiplicando UM_{DOP} per S_{BAC} e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	$QM_{DOP} [l/s] =$	
QL_{BASE} = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica base (invarianza idraulica), pari a QM_{ORA} ; espressa in l/s.	$QL_{BASE} [l/s] =$	
Q_t = portata di laminazione (posta pari a QL_{BASE}); espressa in l/s.	$Q_t [l/s] =$	
U_t = portata specifica di laminazione determinata dividendo Q_t per $(S_{BAC}/10.000)$; espressa in l/s/ha.	$U_t [l/s/ha] =$	
TC_{CRIT} = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in allegato W6 con portata specifica di laminazione pari a U_t e coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} ; tempo critico espresso in min.	$TC_{CRIT} [min] =$	
UM_{CRIT} = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in allegato W5 ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} e la durata della pioggia pari a TC_{CRIT} .	$UM_{CRIT} [l/s/ha] =$	
V_{CRIT} = volume specifico di invaso; espresso in m^3/ha . Si ottiene dalla relazione $V_{CRIT} = (UM_{CRIT} \cdot TC_{CRIT} \cdot 0,5 \cdot U_t \cdot TC_{DOP}) / 0,06$.	$V_{CRIT} [m^3/ha] =$	
V_{INVASO} = volume di invaso; espresso in m^3 . Si ottiene moltiplicando V_{CRIT} per $(S_{BAC}/10.000)$.	$V_{INVASO} [m^3] =$	
H_t = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	$H_t [cm] =$	
D_w = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in allegato W7 utilizzando Q_t ed H_t .	$D_w [cm] =$	
Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro D [cm] = H_t [cm] Lunghezza tubi L_t [m] = $V_{INVASO} / ((D/100)^2 \times 0,78)$	$D [cm] =$ $L_t [m] =$	

08.9 – CALCOLI DI STABILIZZAZIONE IDRAULICA DEDUTTIVA

I passaggi successivi sono stati utilizzati per ricavare l'**allegato W1**, e valgono come procedura per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica deduttiva attraverso il sistema dei volumi di detenzione con deflusso in uscita gestito da un foro su paramento verticale; la portata stessa in uscita varia quindi fra il valore 0 (portata nulla) e il valore massimo (pari alla portata di laminazione) ottenibile in corrispondenza al valore massimo del tirante idrico entro l'invaso al limite dello sfioro. Di seguito i vari passaggi sono colorati di **celeste** quando si tratta di dati di partenza e colorati in **fucsia** quando si tratti dei risultati dei calcoli. Si ipotizza che l'invaso sia ottenuto utilizzando tubazioni a diametro maggiorato.

Illustrazione del passaggio di calcolo o di acquisizione del dato	Risultati
Individuazione lavoro	
Parametri della curva di pioggia ($T_R=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con h =altezza di pioggia in mm; t =durata della pioggia in ore.	$a=$; $b=$; $c=$. S_{BAC} [m ²] =
S_{BAC} = superficie del lotto o bacino, espressa in m ² .	
DH_{ORA} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro S_{BAC} e il punto del piano campagna più basso, dove presuntivamente c'è lo scarico dell'acqua meteorica entro S_{BAC} , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	DH_{ORA} [m] =
L_{ORA} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	L_{ORA} [m] =
DH_{DOP} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	DH_{DOP} [m] =
L_{DOP} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	L_{DOP} [m] =
TC_{ORA} = tempo di corrivazione nello stato attuale (utilizza DH_{ORA} , L_{ORA} e il normogramma in <u>allegato W2</u>); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <u>allegato W8</u> .	TC_{ORA} [min] =
TC_{DOP} = tempo di corrivazione nello stato futuro (utilizza DH_{DOP} , L_{DOP} e il normogramma in <u>allegato W2</u>); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <u>allegato W8</u> .	TC_{DOP} [min] =
Ψ_{ORA} = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' <u>allegato W3</u> .	Ψ_{ORA} [-] =
Ψ_{DOP} = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' <u>allegato W3</u> .	Ψ_{DOP} [-] =
Ψ_{ORA} = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da Ψ_{ORA} tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <u>allegato W4</u> .	Ψ_{ORA} [-] =
Ψ_{DOP} = coefficiente di afflusso medio orario <u>future</u> ottenuto da Ψ_{DOP} tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <u>allegato W4</u> .	Ψ_{DOP} [-] =
$D\Psi$ = differenza fra Ψ_{DOP} e Ψ_{ORA} , numero adimensionale.	$D\Psi$ [-] =
TC_{EST} = tempo di corrivazione esterno imposto dalla Valutazione di Compatibilità Idraulica; espresso in min.	TC_{EST} [min] =
QL_{DEDU} = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica deduttiva determinata moltiplicando il coefficiente udometrico della portata deduttiva (trovato attraverso il grafico in <u>allegato W5</u> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{ORA} e la durata della pioggia pari a TC_{EST}) per S_{BAC} e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s.	QL_{DEDU} [l/s] =
Q_L = portata di laminazione (posta pari a QL_{DEDU}); espressa in l/s.	Q_L [l/s] =
U_L = portata specifica di laminazione determinata dividendo Q_L per ($S_{BAC}/10.000$); espressa in l/s/ha.	U_L [l/s/ha] =
T_{CRIT} = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in <u>allegato W6</u> con portata specifica di laminazione pari a U_L e coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} ; tempo critico espresso in min.	T_{CRIT} [min] =
UM_{CRIT} = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in l/s/ha. Si può ricavare dal grafico in <u>allegato W5</u> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} e la durata della pioggia pari a T_{CRIT} .	UM_{CRIT} [l/s/ha] =
V_{CRIT} = volume specifico di invaso; espresso in m ³ /ha. Si ottiene dalla relazione $V_{CRIT}=(UM_{CRIT} \cdot T_{CRIT} \cdot 0,5 \cdot U_L \cdot T_{CRIT} \cdot 0,5 \cdot U_L \cdot TC_{DOP}) \cdot (0,06)$.	V_{CRIT} [m ³ /ha] =
V_{INVASO} = volume di invaso; espresso in m ³ . Si ottiene moltiplicando V_{CRIT} per ($S_{BAC}/10.000$).	V_{INVASO} [m ³] =
H_L = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	H_L [cm] =
D_w = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in <u>allegato W7</u> utilizzando QL ed H_L .	D_w [cm] =
Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro D [cm] = H_L [cm] Lunghezza tubi L_t [m] = $V_{INVASO} / ((D/100)^2 \cdot 0,78)$	D [cm] = L_t [m] =

08.10 – CALCOLI DI STABILIZZAZIONE IDRAULICA INDUTTIVA

I passaggi successivi sono stati utilizzati per ricavare l'allegato W1, e valgono come procedura per risolvere i problemi di stabilizzazione idraulica induttiva attraverso il sistema dei volumi di detenzione con deflusso in uscita gestito da un foro su paramento verticale; la portata stessa in uscita varia quindi fra il valore 0 (portata nulla) e il valore massimo (pari alla portata di laminazione) ottenibile in corrispondenza al valore massimo del tirante idrico entro l'invaso al limite dello

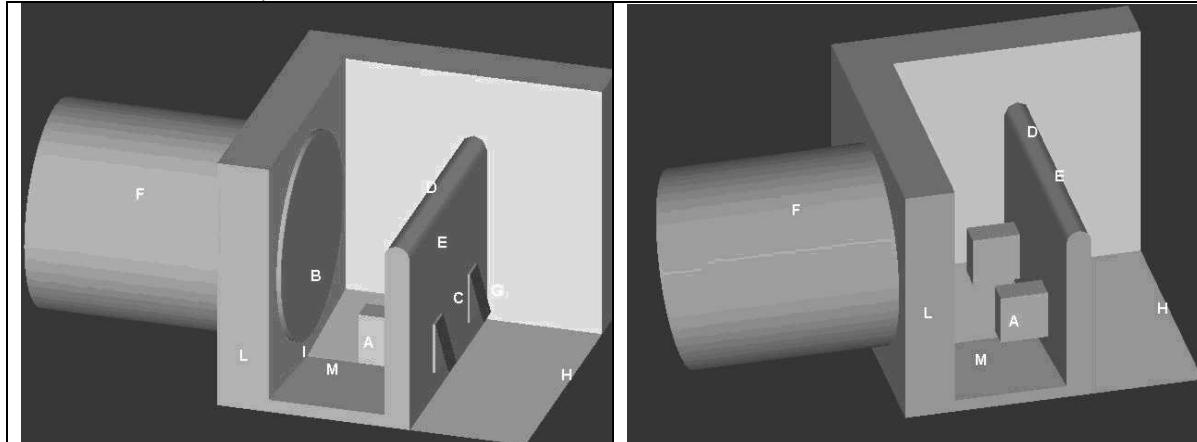
sfioro. Di seguito i vari passaggi sono colorati di celeste quando si tratta di dati di partenza e colorati in fucsia quando si tratti dei risultati dei calcoli. Si ipotizza che l'invaso sia ottenuto utilizzando tubazioni a diametro maggiorato.

Illustrazione del passaggio	Risultati
Individuazione lavoro	
Parametri della curva di pioggia ($T_R=50$ anni) $h=at/(b+t)^c$ con h =altezza di pioggia in mm; t =durata della pioggia in ore.	$a=$; $b=$; $c=$.
S_{BAC} = superficie del lotto o bacino, espressa in m^2 .	$S_{BAC} [m^2] =$
DH_{ORA} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto entro S_{BAC} e il punto del piano campagna più basso, dove presuntivamente c'è lo scarico dell'acqua meteorica entro S_{BAC} , nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{ORA} [m] =$
L_{ORA} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni <u>attuali</u> di uso del suolo; espressa in m.	$L_{ORA} [m] =$
DH_{DOP} = differenza di quota fra il punto del piano campagna più alto e il punto del piano campagna ove verrà messo il pozettone di laminazione ovvero dove è previsto lo scarico dell'acqua meteorica, nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espressa in m.	$DH_{DOP} [m] =$
L_{DOP} = lunghezza del percorso più lungo della goccia di pioggia entro S_{BAC} nelle condizioni future di uso del suolo; espressa in m.	$L_{DOP} [m] =$
T_{CORA} = tempo di corrivazione nello stato attuale (utilizza DH_{ORA} , L_{ORA} e il normogramma in <u>allegato W2</u>); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <u>allegato W8</u> .	$T_{CORA} [min] =$
T_{CDOP} = tempo di corrivazione nello stato futuro (utilizza DH_{DOP} , L_{DOP} e il normogramma in <u>allegato W2</u>); espresso in min. In alternativa si può utilizzare uno dei metodi illustrati in <u>allegato W8</u> .	$T_{CDOP} [min] =$
Ψ_{ORA} = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> da determinare attraverso l' <u>allegato W3</u> .	$\Psi_{ORA} [-] =$
Ψ_{DOP} = coefficiente di afflusso medio orario futuro da determinare attraverso l' <u>allegato W3</u> .	$\Psi_{DOP} [-] =$
Ψ_{ORA} = coefficiente di afflusso medio orario <u>attuale</u> ottenuto da Ψ_{ORA} tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <u>allegato W4</u> .	$\Psi_{ORA} [-] =$
Ψ_{DOP} = coefficiente di afflusso medio orario <u>future</u> ottenuto da Ψ_{DOP} tenendo conto del correttivo morfologico legato alla pendenza media del bacino deducibile dall' <u>allegato W4</u> .	$\Psi_{DOP} [-] =$
$D\Psi$ = differenza fra Ψ_{DOP} e Ψ_{ORA} , numero adimensionale.	$D\Psi [-] =$
U_{MINDU} = coefficiente udometrico massimo imposto dall'Autorità idraulica (Consorzio di Bonifica o Genio Civile) in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva; espresso in $l/s/ha$.	$U_{MINDU} [l/s/ha] =$
Q_{LINDU} = portata di laminazione in rispetto al principio di stabilizzazione idraulica induttiva determinata moltiplicando U_{MINDU} per S_{BAC} e dividendo il risultato per 10.000; espressa in l/s .	$Q_{LINDU} [l/s] =$
Q_L = portata di laminazione (posta pari Q_{LINDU}); espressa in l/s .	$Q_L [l/s] =$
U_L = portata specifica di laminazione determinata dividendo Q_L per $(S_{BAC}/10.000)$; espressa in $l/s/ha$.	$U_L [l/s/ha] =$
T_{CRIT} = tempo di pioggia critica ricavato dal diagramma in <u>allegato W6</u> con portata specifica di laminazione pari a U_L e coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} ; tempo critico espresso in min.	$T_{CRIT} [min] =$
U_{MCRIT} = coefficiente udometrico in corrispondenza alla durata critica della pioggia nelle condizioni <u>future</u> di uso del suolo; espresso in $l/s/ha$. Si può ricavare dal grafico in <u>allegato W5</u> ponendo il coefficiente di afflusso orario pari a Ψ_{DOP} e la durata della pioggia pari a T_{CRIT} .	$U_{MCRIT} [l/s/ha] =$
V_{CRIT} = volume specifico di invaso; espresso in m^3/ha . Si ottiene dalla relazione $V_{CRIT}=(U_{MCRIT} \cdot T_{CRIT} \cdot 0,5 \cdot U_L \cdot T_{CRIT} \cdot 0,5 \cdot U_L \cdot T_{CDOP}) \cdot (0,06)$.	$V_{CRIT} [m^3/ha] =$
V_{INVASO} = volume di invaso; espresso in m^3 . Si ottiene moltiplicando V_{CRIT} per $(S_{BAC}/10.000)$.	$V_{INVASO} [m^3] =$
H_L = altezza della fascia di lavoro dell'invaso di detenzione (in genere pari alla differenza di quota fra l'asse del foro di scarico e la quota dello sfioro nel pozettone di laminazione); espresso in cm. Dipende dalla morfologia e dalla altimetria del lotto oggetto di intervento.	$H_L [cm] =$
D_w = diametro del foro di laminazione; espresso in mm. Si può determinare attraverso il grafico in <u>allegato W7</u> utilizzando Q_L ed H_L .	$D_w [cm] =$
Definizione del volume di invaso realizzato con TUBI CIRCOLARI: Diametro D [cm] = H_L [cm] - Lunghezza tubi L_t [m] = $V_{INVASO} / ((D/100)^2 \times 0,78)$	$D [cm] =$ $L_t [m] =$

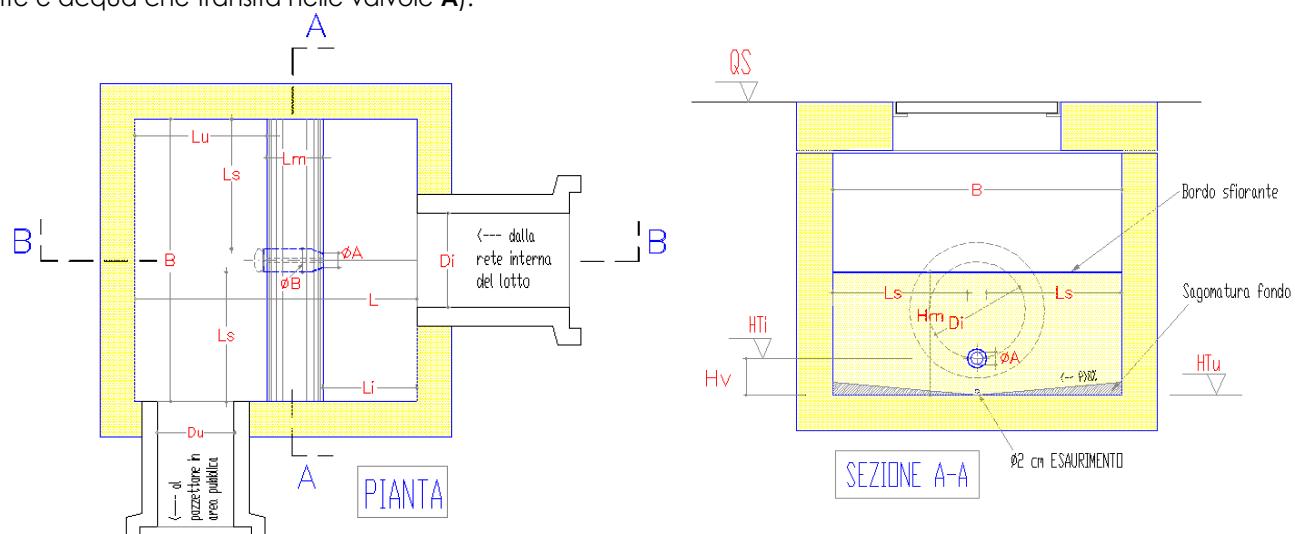
09 - ALLEGATO W9 – IL POZZETTO DI LAMINAZIONE

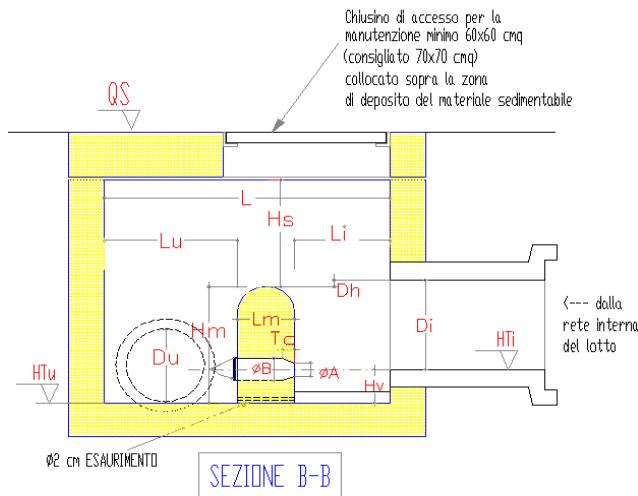
09.1 – DESCRIZIONE

Prendendo a riferimento le figure seguenti vengono presentati alcuni schemi per la realizzazione di un **pozzettone di controllo in uscita di un sistema di laminazione per detenzione**. Si espongono inoltre alcune considerazioni circa il dimensionamento dello stesso pozettone di laminazione.



Nei due spaccati è evidente il collettore di arrivo **F** (ad esempio dall'anello di fognatura bianca a diametro maggiorato attorno all'edificio) che sbocca in **B** entro il pozetto **L**. Il pozettone viene diviso da un muretto **E** con profilo sfiorante **D**. L'acqua in arrivo dall'anello di invaso perviene al vano **M** dove subisce una parziale riduzione del materiale trasportato per la presenza di un'altezza di deposito **I**. Nel vano **M** il pelo libero si alza fino a riempire il volume di deposito. Con **A** indichiamo i manufatti necessari a proteggere le luci di deflusso parzializzato (ad es. griglie). Il profilo sfiorante **D** risulta grossomodo in linea col filo superiore della tubazione **F**. Con semplice luce di deflusso a forma circolare la portata in uscita varia fra il valore 0 (tirante uguale allo scorrimento del tubo) e il valore massimo al momento dello sfioro in **D**. Esistono in commercio manufatti da collocare in **A** in grado di garantire il valore costante della portata di laminazione fra i due estremi di tirante indicati (ad es. la valvola di Mosbaek); con detti manufatti è possibile mantenere sensibilmente costante lo scarico dell'acqua al vano di valle **H** in modo invariante rispetto il livello del pelo libero in **M** e in tal modo ottenendo il miglior rendimento del processo di laminazione. È buona norma munire gli sbocchi delle luci di deflusso sono protetti da "porte" **G** anti riflusso. Al tempo di ritorno fissato per il dimensionamento del sistema, l'acqua sfrutta tutto l'invaso di monte e si alza fino a raggiungere il bordo di sfioro **D**; al tempo di ritorno fissato per la verifica si dimensiona lo stramazzo in modo da far transitare con sicurezza l'acqua in eccesso (differenza tra acqua in arrivo da monte e acqua che transita nelle valvole **A**).





I parametri da dimensionare sono:

B = LARGHEZZA INTERNA POZZETTO = LUNGHEZZA SFIORATORE (cm). Dipende da misure commerciali e dalla larghezza di stramazzo necessaria a far passare la portata di verifica del sistema con tempo di ritorno (ad esempio) di 100 anni. Nella stragrande maggioranza dei casi, e per aree minori di 5-10.000 m², tale valore varia fra 120 e 150 cm.

L=LUNGHEZZA INTERNA DEL POZZETTO (cm). In genere pari a **B** (misure commerciali di pozzi prefabbricati).

Du=DIAMETRO TUBO IN USCITA (cm). In genere conviene sia pari al diametro di ingresso; ma non c'è motivo per non prevedere anche un valore minore.

Di=DIAMETRO TUBO IN INGRESSO (cm). Valore come da dimensionamento del sistema di laminazione per detenzione; ovvero corrisponde al tirante massimo raggiungibile nel caso di volume d'invaso ottenuto utilizzando sezioni trapezoidali a cielo aperto.

HTu=QUOTA FILO INFERIORE TUBO IN USCITA (m s.r.). Dipende dalle condizioni geometriche di posa della rete a monte e dai vincoli imposti al sistema di laminazione.

Lu=LUNGHEZZA VANO DI CARICO (cm). In genere pari alla metà di **L**.

Li=LUNGHEZZA VANO DI ARRIVO (cm). In genere sono da prevedere almeno 60 cm (per le operazioni di manutenzione).

HTi=QUOTA FILO INFERIORE TUBO IN INGRESSO (m s.r.). Detto valore deve coincidere sempre con la quota dell'asse del foro di scarico.

Hv=ALTEZZA DEPOSITO MATERIALE SEDIMENTABILE (**HTi**-**HTu**) in (m). Valore maggiore o uguale a 15-20 cm.

ΦA=DIAMETRO FORO SUL MURETTO VERSO MONTE (cm). Valore che deriva dal dimensionamento idraulico. Motivazioni di ordine pratico consigliano di non scendere mai sotto il valore di 3-4 cm (problema intasamento).

ΦB=DIAMETRO FORO SUL MURETTO **ΦB**>**ΦA** (cm). Valore tipo 20 cm.

HS=DISTANZA SFIORO-INTRADOSSO COPERTURA (cm). Almeno 40 cm.

LS=DISTANZA MINIMA FRA FORO-PARETE E FORO-FORO (cm). Almeno 20 cm.

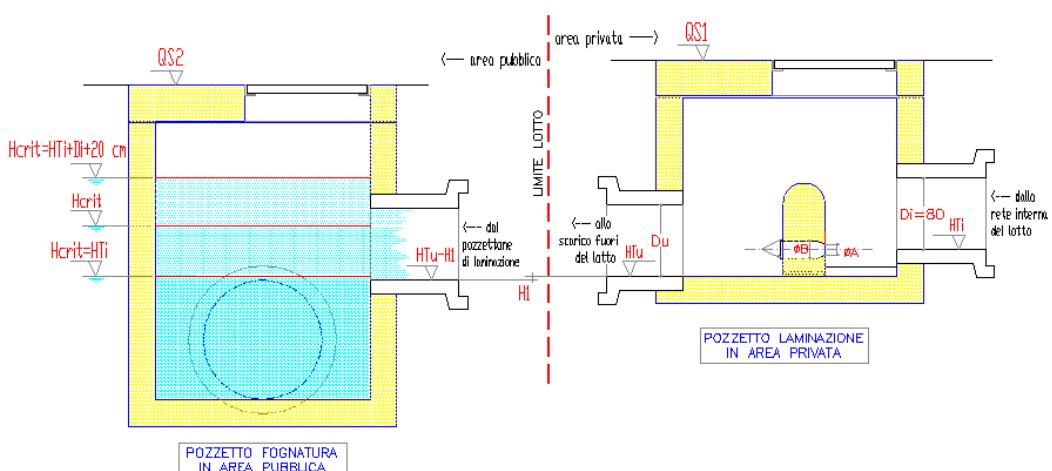
DH=DIFFERENZA FRA QUOTA FILO SUP. TUBO E SFIORO (cm). Tra 0 e 5 cm.

LM=LARGHEZZA MURO STRAMAZZO (cm). Dipende da considerazioni di natura statica (spinta dell'acqua).

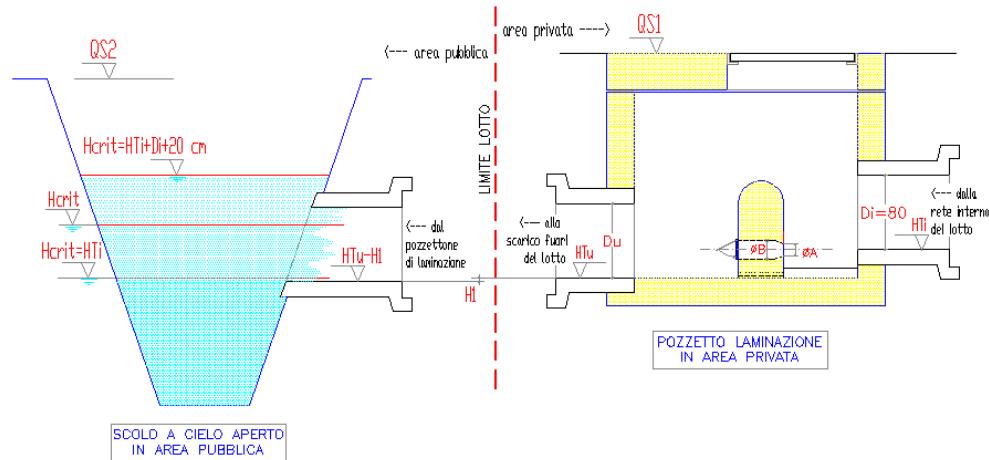
QU=PORTATA MASSIMA DAL FORO AL LIMITE DI SFIORO (l/s). Il valore dipende dalle elaborazioni idrauliche.

09.2 – CONSIDERAZIONI SUL PUNTO DI SCARICO

Il punto di scarico può assumere varie conformazioni, in genere riconducibili alle due situazioni evidenziate nella figura successiva: caso **A** → scarico in pozetto di fognatura e caso **B** → scarico in canale a cielo aperto.



Caso **A** : SCHEMA PUNTO DI SCARICO IN FOGNATURA

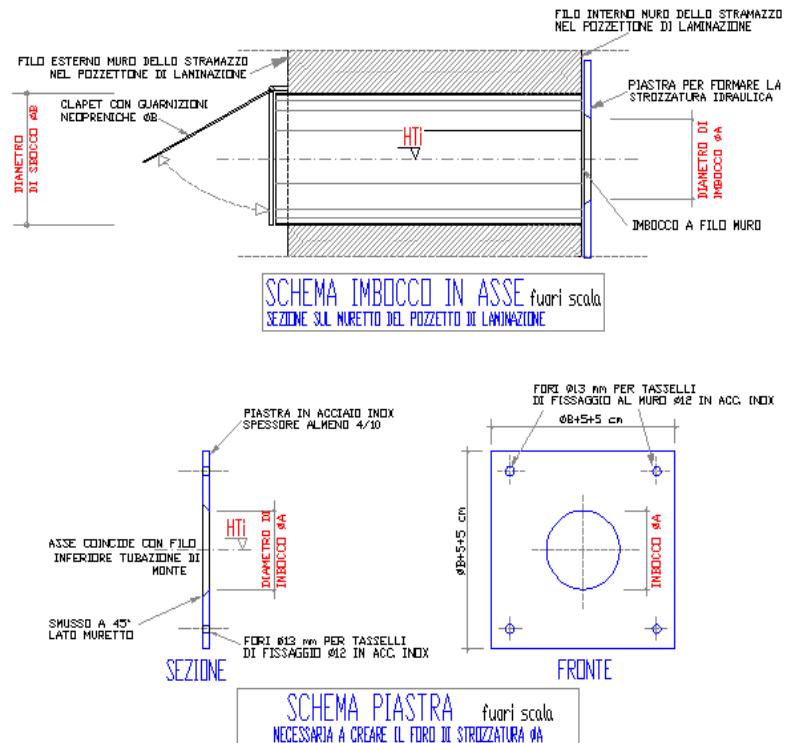


Caso B: SCHEMA PUNTO DI SCARICO IN CANALE A CIELO APERTO

Nella progettazione dello scarico il parametro più importante è **Hcrit** cioè la quota massima che raggiunge il pelo libero, nel ricevente, durante i grandi eventi di pioggia. Se **Hcrit** risulta maggiore di **HTi** occorre dotare i fori nel pozzettone di laminazione di valvole di non ritorno. Un valore massimo consigliabile per **Hcrit** è il valore di quota ottenuto sommando ad **HTi** il diametro del tubo di laminazione; se il valore supera detto valore non può essere garantita la laminazione in quanto ovviamente l'acqua rigurgita all'interno direttamente dallo stramazzo di controllo. Con valori di **Hcrit** compresi fra **HTi** e **HTi+Di** converrà, per sicurezza, aumentare convenientemente la lunghezza del tubo di laminazione utilizzando un coefficiente correttivo **CC1**, espresso come aliquota decimale da sommare all'unità con cui correggere il valore **L** calcolato. Si può porre **CC1=0** quando **Hcrit** è sempre minore o uguale a **HTi** e **CC1=0,8** quando **Hcrit** può assumere un valore pari a **HTi+Di** (eventualmente con interpolazione lineare per situazioni intermedie).

09.3 - PARTICOLARI STROZZATURA IDRAULICA

La strozzatura idraulica sul muretto del pozzetto di laminazione può essere eseguita, senza spesa eccessiva, nel modo visualizzato nella figura successiva. Il sistema evidenziato è studiato in modo da ridurre il rischio intasamento nel foro di passaggio.



E' consigliabile utilizzare carpenteria in acciaio inox in modo da ridurre gli interventi di manutenzione. La strozzatura **ΦA** è ovviamente sensibile a fenomeni di intasamento collegati alla presenza di materiale intasante entro il volume di laminazione (sacchetti di plastica, materiale in sospensione, ecc...); per tale motivo è necessario programmare un efficiente **piano di manutenzione**.

10 - ALLEGATO W10 – METODI ALTERNATIVI PER LA STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Metodi validi in particolare per le **aree urbanizzate**.

METODO DI CALCOLO N°1

Utilizzare la relazione

$T_c = T_E + T_R / 1,5$ con

$T_c = \text{tempo di corrivazione}$ [min];

$T_R = \text{tempo di rete}$ [min] ovvero durata del percorso idraulicamente maggiore lungo il bacino, calcolabile con la relazione $T_R = \sum_i L_i / V_{ri}$ dove L_i [m] è la **lunghezza** di ogni singolo tratto del percorso idraulicamente più lungo e V_{ri} [m/min] la corrispondente **velocità** a pieno riempimento, da calcolare, ad esempio, con l'espressione a moto uniforme di Chézy-Strickler $V_r = K_s R_h^{2/3} i^{1/2}$. La sommatoria è estesa a tutti i sotto-percorsi che definiscono il percorso idraulicamente più lungo della particella d'acqua;

$T_E = \text{tempo di entrata in rete}$, indicativamente variabile fra 15 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...).

Il metodo di calcolo n°1 può essere utilizzato in lotti/bacini già ampliamente urbanizzati, dotati di una rete di drenaggio sviluppata, ramificata e nota.

METODO DI CALCOLO N°2

Utilizzare la relazione

$T_c = T_E + 60 \times (S \times L_M)^{0.4}$ con

$T_c = \text{tempo di corrivazione}$ [min];

$T_E = \text{tempo di entrata in rete}$, variabile fra 15 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...);

$S = \text{superficie}$ area di drenaggio espressa in ha;

$L_M = \text{percorso più lungo}$ compiuto da una particella d'acqua entro il lotto/bacino (valore espresso in m).

Il metodo di calcolo n°2 può essere utilizzato in lotti/bacini poco urbanizzati o qualora si abbia una conoscenza limitata della rete di drenaggio. In mancanza di conoscenze dirette il parametro L_M può essere stimato in prima approssimazione eseguendo la radice quadrata del valore S espresso in m^2 .

METODO DI CALCOLO N°3

Utilizzare la relazione

$T_c = 60 \times (L_M / (V_c \times 3600)) + t_E$ con

$T_c = \text{tempo di corrivazione}$ [min];

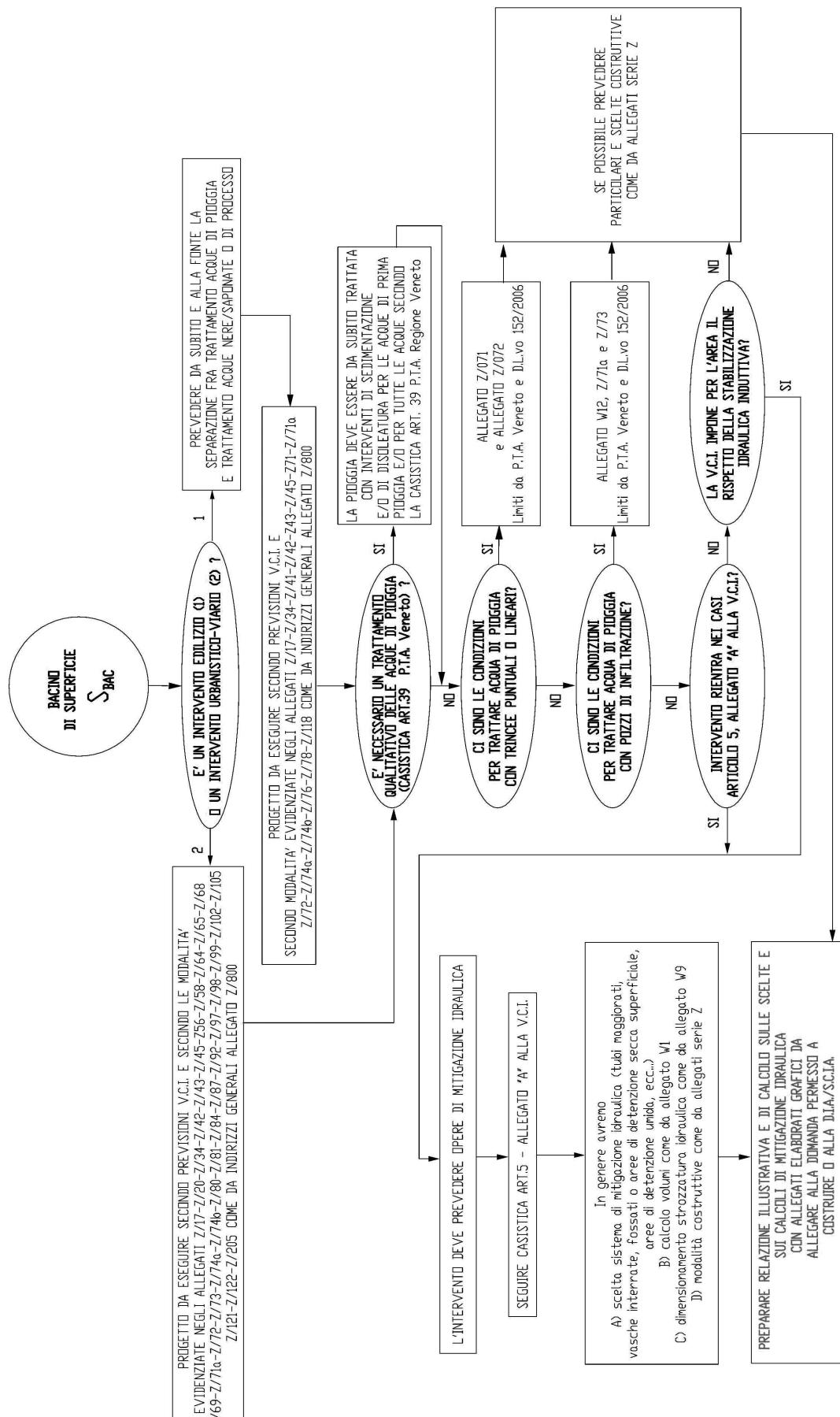
$L_M = \text{percorso più lungo}$ compiuto una particella d'acqua (valore espresso in m);

$V_c = \text{velocità media}$ di scorrimento, indicativamente variabile fra 0,1 e 1,5 m/s;

$T_E = \text{tempo di entrata in rete}$, variabile fra 15 e 20 minuti a seconda della densità dei punti di ingresso (caditoie, scarichi, ecc...).

Il metodo n°3 può essere utilizzato in lotti/bacini già ampliamente urbanizzati nei quali sono sconosciute le caratteristiche della rete di drenaggio.

11 - ALLEGATO W11 – DIAGRAMMA DI FLUSSO PROCEDURA DI MITIGAZIONE



12 - ALLEGATO W12 – POZZI DI INFILTRAZIONE

12.1 – DEFINIZIONE DEL MANUFATTO STANDARD

Se gli strati superficiali di suolo sono caratterizzati da terreni con permeabilità non trascurabile e se la falda è profonda almeno 2,5-3,5 m dal piano campagna può essere valutato di conferire nel sottosuolo le acque di pioggia previo trattamento per l'eliminazione del materiale trasportato in sospensione.

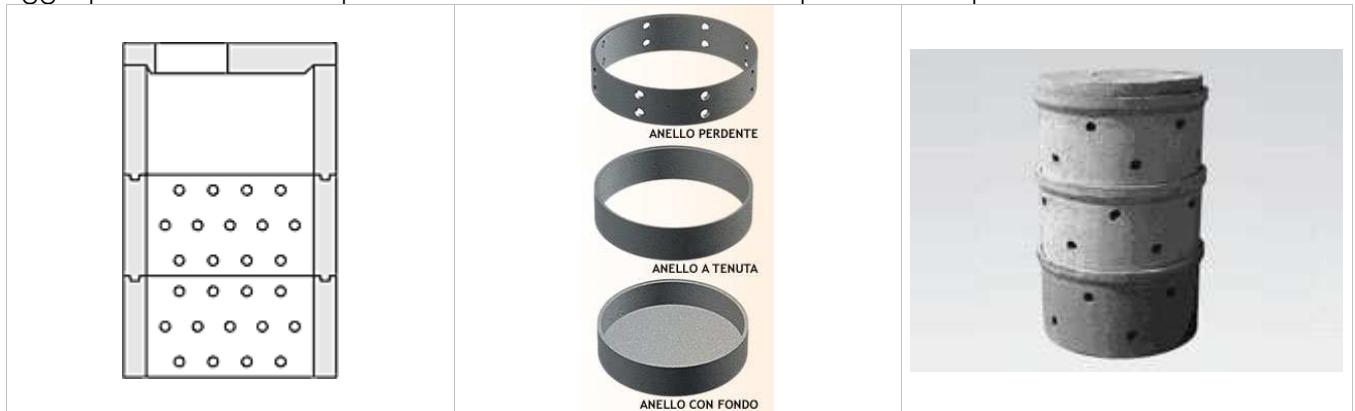


figura 12.1 : Parti prefabbricate per pozzi di dispersione

Viene di seguito illustrato un sistema di dispersione realizzabile assemblando semplici manufatti in c.a.p. ordinariamente rintracciabili in commercio (piastre circolari, anelli di dispersione perdenti, anelli a tenuta, ecc..., vedi **figura 12.1**). Il manufatto che ora illustreremo oltre ad avviare nel sottosuolo l'acqua di pioggia permette la decantazione del materiale solido normalmente presente nei reflui di fognatura bianca originati da superfici residenziali e/o produttive/commerciali (in questo ultimo caso con attività che non devono essere comunque inquinanti).

L'acqua di drenaggio viene fatta confluire ad un vano interrato **V1** composto da anelli a tenuta **C** e da due piastre di copertura **B** (vedi **figure 12.2** e **12.3**); ambedue le piastre sono dotate di aperture per la manutenzione (a piano campagna un passo d'uomo **D** presidiato da un chiusino **A** e sul fondo della vasca **V1** un chiusino in calcestruzzo **I**). Il numero minimo di anelli a tenuta tipo **C** è di 2, ma potranno prevedersi altri anelli in funzione del valore della quota di scorrimento del tubo **F** in arrivo rispetto al piano campagna (**Ht**). Sulla piastra inferiore **B** viene ricavato un ulteriore foro su cui si inserisce uno spezzone di tubo avente diametro pari a 1,5 volte quello del tubo in arrivo (tubo **H**); il tubo **H** permette il collegamento fra vano superiore **V1** e vano inferiore **V2**. Il vano inferiore **V2** (vedi **figura 12.4**) è formato da anelli di dispersione **L** appoggiati su un cordolo **N** in calcestruzzo armato.

Il funzionamento del manufatto è semplice: quando l'acqua di pioggia in arrivo dal tubo **F** entro il vano **V1** supera l'altezza del tubo **H** (indicata con **Hs**) inizia a sfiorare entro il tubo **H** e passa alla camera inferiore **V2**; il tempo di permanenza dell'acqua di pioggia nella camera superiore **V1** permette la separazione della parte solida presente sul reflujo in arrivo (deposito sedimento indicato con **G**).

Procederemo ora a determinare le modalità di dimensionamento del pozzo perdente. Le ipotesi su cui si basa la procedura sono:

→ si ipotizza che eventuali livelli di falda freatica non creano disturbo ne arrivano a minare l'operatività del pozzo perdente. L'ipotesi deve essere appurata prima di utilizzare questa metodica di dispersione;

→ il terreno circostante il pozzo di dispersione risulta permeabile. Cautelativamente, come vedremo più avanti, si ipotizza per il terreno circostante un coefficiente medio di infiltrazione **Ks** pari a $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}$ (valore caratteristico della sabbia fine). Si ricorda che la conduttività idraulica **Ks** dipende fortemente dalla temperatura (una diminuzione della temperatura da 25 a 5°C comporta un decremento del 40% della stessa conduttività idraulica);

→ la determinazione dei parametri di dimensionamento viene eseguita sulla base di curve di possibilità pluviometrica valevoli per il territorio pedemontano veneto o assimilabile e relative ad un tempo di ritorno degli eventi massimi annuali di precipitazione non inferiore a 50 anni.

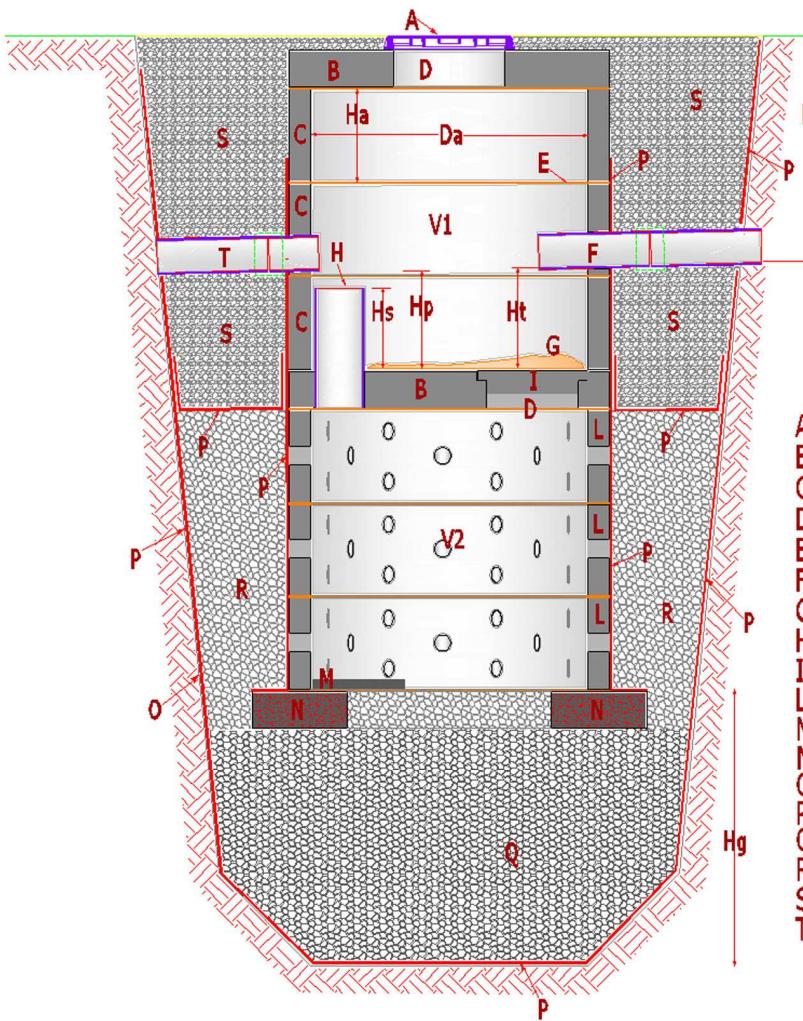


Figura 12.2 – Schema pozzo di dispersione

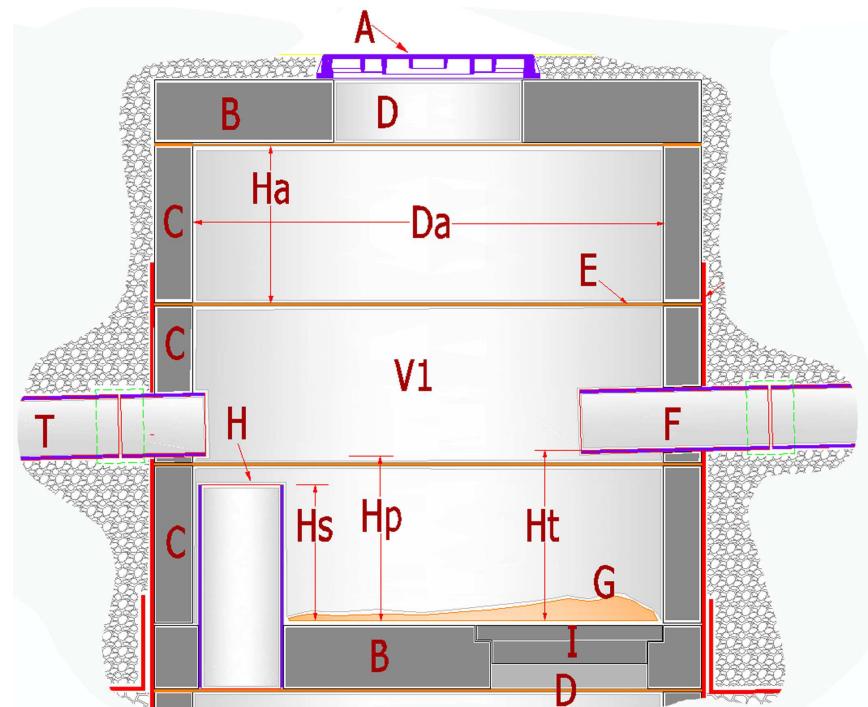


Figura 12.3 – Particolare vano interrato V1 del pozzo tipo di dispersione

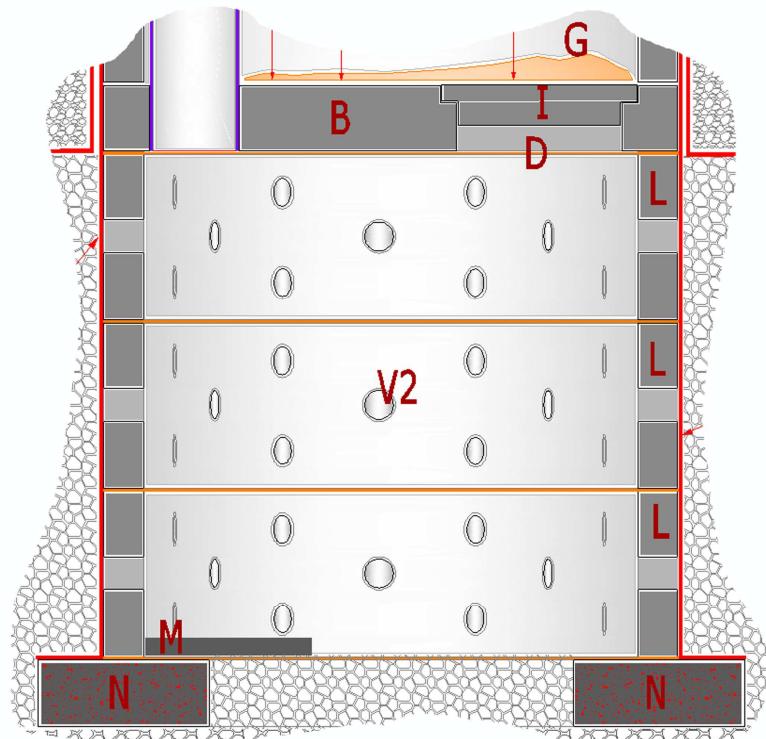


Figura 12.4 – Particolare vano interrato V2 del pozzo tipo di dispersione

12.2 - DIMENSIONAMENTO DEL VANO DI DISPERSIONE

Per il dimensionamento degli anelli di dispersione nel vano inferiore **V2** si esegue una comparazione fra il flusso di acqua di pioggia in arrivo, il coefficiente medio di condutività idraulica **Ks** relativo al suolo nell'intorno del pozzo ed il volume immagazzinabile. Facciamo riferimento allo schema rappresentato nella **figura 12.5**.

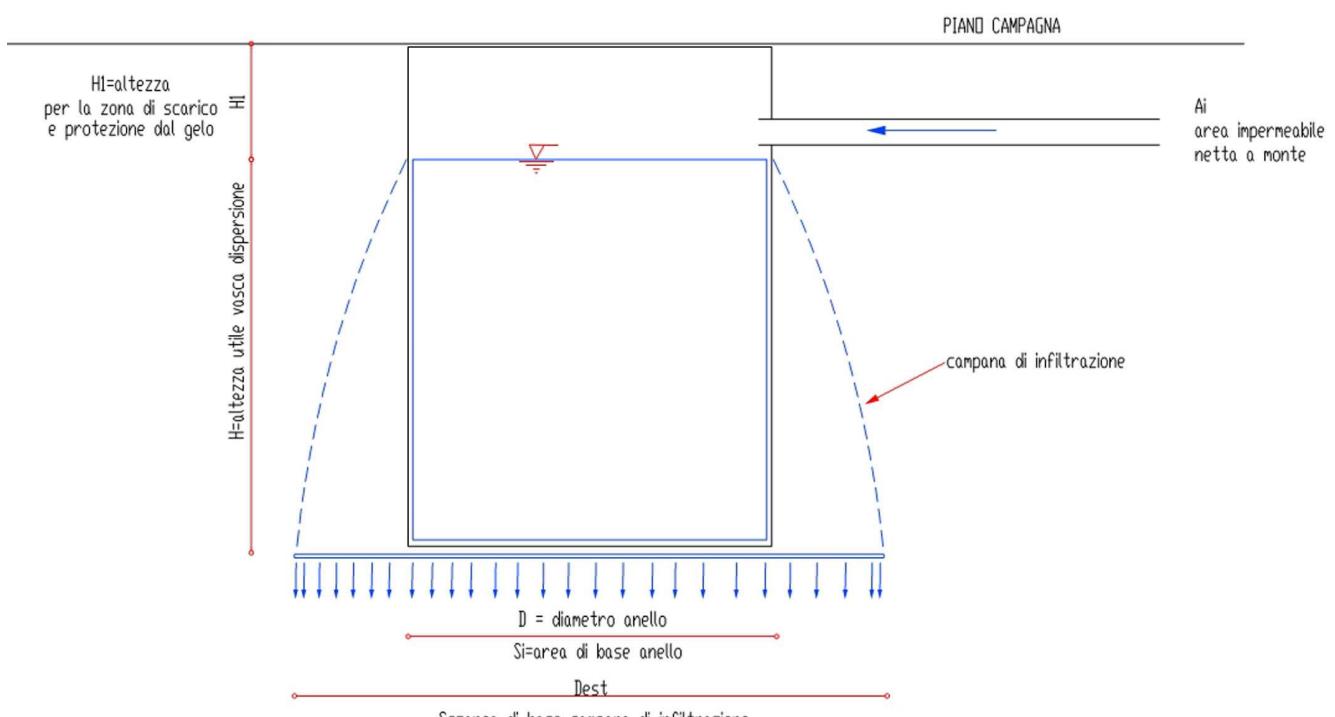


Figura 12.5 – Schema per il modello di calcolo

Assegnato il tempo di ritorno T_R della precipitazione, e quindi le curve di possibilità pluviometrica che regolano la quantità di precipitazione da trattare, uno dei metodi di calcolo più utilizzati comporta l'utilizzo ricorsivo della relazione:

$$V = J * A_i * t * K_s * S_c * t \quad (1)$$

essendo V il volume massimo immagazzinabile all'interno del pozzo di infiltrazione (m^3); J l'intensità di precipitazione (m/s); A_i l'area "efficace" del bacino di drenaggio (ovvero l'area "ridotta" del bacino con coefficiente di deflusso fittizio pari a 1); t la durata della precipitazione critica (sec); K_s la conduttività idraulica (m/s); S_c l'effettiva superficie di infiltrazione (base della campana di infiltrazione) in m^2 .

Qualora il volume V sia riempito con materiale in grado di garantire un porosità N avremo $V_e = \text{volume effettivo} = \text{volume dei vuoti} = N * V$. Tale relazione fra volume effettivo e volume totale risulta utile per tener conto della presenza di eventuali ammassi granulari sotto il volume di dispersione V_2 (vedi **figura 12.2**).

Per stimare l'effettiva area di infiltrazione si utilizza la relazione $S_c = A_1 * S_i^{N_1}$ essendo S_i l'area di base dell'anello di dispersione, $A_1 = 2740,5 * K_s^{0,5086}$ ed $N_1 = 0,0168 * K_s^{-0,2893}$ (vedi Freni G., Oliveri E., Viviani G. "Infiltration facilities design: comparison between simplified approaches and detailed physically based modelling", Novatech 2004).

I dati di precipitazione relativi a stazioni pluviometrografiche della pedemontana veneta sono stati rielaborati in modo da determinare per il tempo di ritorno di 50 anni le curve di precipitazione espresse nella formula monomia $h = a * t^n$; le curve sono state ricavate per determinati intervalli temporali e di conseguenza sono state determinate varie coppie di valori a ed n . I calcoli statistico-probabilistici sono stati sviluppati adottando la funzione di probabilità **EV1** con adattamento al campione secondo i momenti pesati in probabilità. Riassumiamo di seguito i risultati delle elaborazioni (R =coefficiente di correlazione):

durata fra 15 e 45 min	\rightarrow	$h = 66,27t^{0,560}$ con $R=1$
durata fra 30 e 60 min	\rightarrow	$h = 64,22t^{0,498}$ con $R=0,999$
durata fra 45 e 180 min	\rightarrow	$h = 61,72t^{0,232}$ con $R=0,983$
durata fra 60 e 360 min	\rightarrow	$h = 63,80t^{0,199}$ con $R=1$
durata fra 180 e 720 min	\rightarrow	$h = 59,89t^{0,245}$ con $R=0,996$
durata fra 360 e 1440 min	\rightarrow	$h = 53,44t^{0,297}$ con $R=1$

E' stato predisposto infine un piccolo modello di calcolo basato sull'uso della formula (1); fissati i valori A_i , K_s e S_c la relazione (1) è stata applicata iterativamente fino a coprire tutti i tipi di pioggia compresi fra 10 min e 1440 min arrivando parallelamente a determinare il valore massimo raggiunto dal parametro V . I risultati delle elaborazioni sono riassunti nel grafico evidenziato nella **figura 12.6** seguente. L'uso del diagramma di **figura 12.6** è semplice. Una volta definita l'area impermeabile di monte è possibile determinare facilmente la combinazione fra diametro interno D degli anelli disperdenti e l'altezza H (parte effettivamente disperdente) del pozzo. Si rimanda il lettore all'esempio applicativo presentato a fine allegato.

12.3 - DIMENSIONAMENTO DEL VANO DI SEDIMENTAZIONE

Dimostreremo ora che il dimensionamento idraulico permette indirettamente il corretto dimensionamento del volume V_1 (vedi **figura 12.3**) dove avviene la sedimentazione del materiale trasportato in sospensione. In altro modo si intende dire che una volta dimensionato il comparto di infiltrazione V_2 è automaticamente dimensionato anche il comparto di sedimentazione V_1 . Il dimensionamento del comparto di sedimentazione viene eseguito utilizzando la legge di Stokes che permette di stimare la velocità di sedimentazione V_s : $V_s = ((\rho_{s,0} - \rho_{l,0}) \cdot g \cdot D_p^2) / (18 \cdot \mu_l)$ essendo $\rho_{s,0}$ la densità media della particella, $\rho_{l,0}$ la densità dell'acqua, D_p il diametro della particella, g l'accelerazione di gravità e μ_l la viscosità cinematica dell'acqua. Ponendo come obiettivo la separazione delle particelle con diametro $D_p > 0,2$ mm si ottiene una velocità teorica di sedimentazione pari a $V_s = 1,1$ cm/sec; nel nostro caso all'interno del comparto di sedimentazione (definito dall'anello più basso che compone il volume V_1 , vedi **figura 12.3**) l'altezza massima dell'acqua al momento dello sfioro verso il comparto di infiltrazione è pari¹ a circa 45 cm e quindi il tempo di sedimentazione è stimabile in 41 sec. La superficie del comparto di sedimentazione minima tale da garantire un carico superficiale minore della velocità di sedimentazione vale $0,502 m^2$ per l'anello di dispersione da 80 cm di diametro, $0,785 m^2$ per l'anello con diametro 1 m, $1,767 m^2$ per il diametro 1,5 m; $3,142 m^2$ per il diametro 2 m ed infine $4,909 m^2$ per il diametro 250 cm. Per tali superficie la portata media massima accettabile in entrata è pari a $0,011 * (3,141592 * D_p^2 / 4)$. In definitiva abbiamo 5,5 l/s per il diametro 0,8 m; 8,6 l/s per il diametro 1 m; 19,4 l/s per 1,5 m di diametro; 34,5 l/s per il diametro 2 m ed infine 54 l/s per l'anello da 250 cm. Considerando una intensità di pioggia di 0,10 m/ora = 0,027 mm/sec ed un coefficiente di deflusso unitario, alle portate sopraesposte corrispondono secondo il metodo della corivazione le superfici drenanti rispettivamente di $198 m^2$, $310 m^2$, $698 m^2$, $1242 m^2$ e $1944 m^2$. Detti valori sono sempre maggiori dei corrispondenti valori di area drenante gestita dagli anelli di dispersione fino alla profondità di 6

¹ In genere H_a (vedi **figura 12.2** o **figura 12.3**) è pari a 50 cm; H_s potrà essere dell'ordine dei 45 cm, H_f dell'ordine dei 55 cm e H_p dell'ordine dei 60 cm.

m (vedi grafico in **figura 12.6**) e quindi il comparto di sedimentazione nei termini proposti in **figura 12.3** risulta sempre "adeguato" allo scopo.

Dimensionamento anelli di dispersione

(C) ing. Giuliano Zen, Posizione A1070 Ordine di Treviso, (01/2009)

SIMBOLOGIA

A_i = area impermeabile netta a monte (m^2)

D = diametro interno anello di dispersione (m)

H = altezza interna anello con acqua invasata (dal p.c. restano ulteriori 100 cm)

PARAMETRI DI PROGETTO

T_r = tempo di ritorno della precipitazione = 50 anni

K_s = coefficiente di filtrazione = $5 \cdot 10^{-5}$ m/s (sabbia fina)

Indicando con h l'altezza di pioggia (mm) e con t la durata (ora)

sono state utilizzate le seguenti funzioni:

$0,25 < t < 0,75 \rightarrow h = 66,27t^{0,560}$

$0,50 < t < 1,00 \rightarrow h = 64,22t^{0,560}$

$0,75 < t < 3,00 \rightarrow h = 61,72t^{0,232}$

$1,00 < t < 6,00 \rightarrow h = 63,80t^{0,199}$

$3,00 < t < 12,0 \rightarrow h = 59,89t^{0,245}$

$6,00 < t < 24,0 \rightarrow h = 53,44t^{0,297}$

S_i = area di base dell'anello (m^2)

S_c = area di base della "campana" di infiltrazione (m^2)

$S_c = A_1 * S_i^{N_1}$ essendo

$A_1 = 2740,5 * K_s^{0,5086}$

$N_1 = 0,0168 * K_s^{-0,2893}$

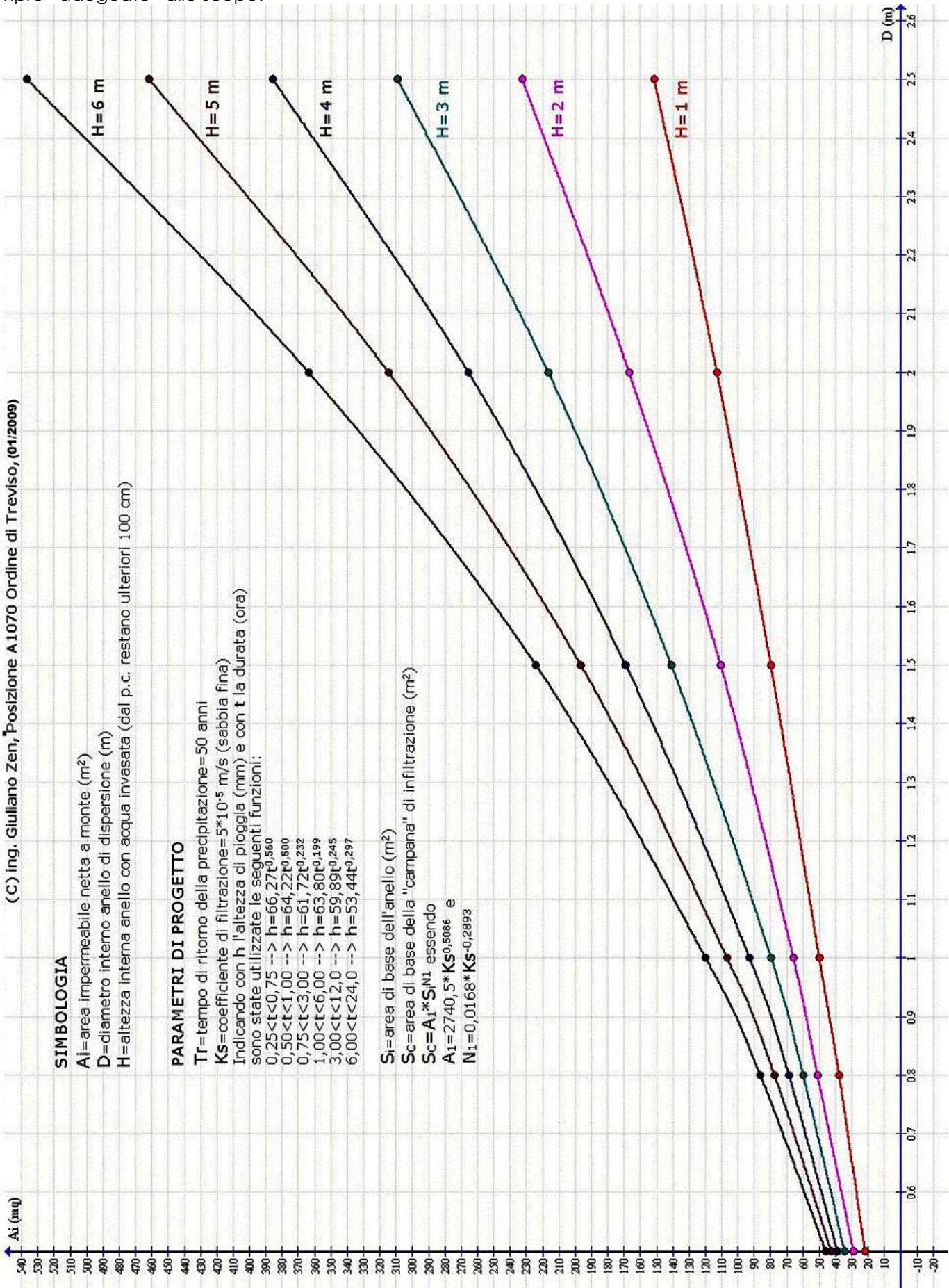


Figura 12.6 – Grafico per il dimensionamento dei pozzi disperdenti nella pedemontana

12.4 - CARATTERISTICHE DEL MANUFATTO

Tubo di immissione **F**. Il tubo **F** dovrà essere sufficientemente grande da facilitare la manutenzione periodica (almeno 150-250 mm di diametro) e dovrà avere un pendenza sufficiente a impedire il deposito di sedimenti (almeno 1 cm per m). Nella vasca di decantazione **V1** il tubo **F** dovrà sporgere di qualche decina di centimetri in modo che lo scarico sia più vicino possibile al centro della vasca.

Vano di decantazione. E' rappresentato dal volume **V1** formato dagli anelli a tenuta **C** visualizzati in **figura 12.2** e in **figura 12.3**; gli anelli a tenuta **C** si appoggiano sulla piastra **B** che copre il vano di infiltrazione e a loro volta sono coperti da una piastra **B** di copertura a piano campagna. L'accesso al vano di decantazione **V1** dovrà essere non impegnativo in modo da poter celermente provvedere all'asporto del materiale sedimentato (deposito **G**); per tale motivo si prevede un accesso **D** avente diametro minimo 600 mm (se circolare) o lato minimo 600 mm (se quadrato). Il volume di decantazione entro il vano **V1** è limitato dall'altezza **Hs** oltre il cui valore l'acqua comincia a tracimare attraverso il tubo **H** al vano inferiore di infiltrazione **V2**. Il volume offerto da **Hs** nella gran parte dei casi è sufficiente a garantire il deposito del materiale grossolano. La frequenza degli interventi per la rimozione del materiale sedimentato **G** dipenderà dalle caratteristiche dell'area di drenaggio, dipenderà cioè dalla capacità dell'area di monte di rilasciare materiale durante gli eventi di pioggia.

Vano di infiltrazione. E' rappresentato dal volume **V2** racchiuso dagli anelli di dispersione **L** visualizzati in **figura 12.4**; al vano di infiltrazione si potrà accedere attraverso il passo d'uomo **D** attraverso un sigillo in c.a.p. **I**.

E' consigliabile che il pozzo di infiltrazione sia sempre posizionato con molta attenzione rispetto ad edifici, corsi d'acqua o altri pozzi vicini; in via del tutto cautelativa sarà bene che il manufatto sia posizionato almeno a 4-6 m da edifici, almeno a 20-30 m da corsi d'acqua ed almeno 15-20 m da pozzi.

Vediamo altri elementi caratteristici:

Il geotessuto. Una stuoa di geotessuto **P** deve separare il limite di scavo **O** dal manufatto di infiltrazione; il geotessuto deve inoltre rivestire gli anelli di dispersione e separare gli ammassi granulari realizzati con ghiaietto 20/30 dal terreno arido di riporto e sottofondo **S**.

Il sottofondo in materiale granulare. La realizzazione dell'ammasso granulare di altezza **Hg** non è un particolare obbligatorio; se ne può quindi fare a meno. Vrà considerato però che se il riempimento viene eseguito con ghiaietto 20/30 mm per l'ammasso si può stimare una porosità pari a 0,4 (rapporto fra il volume dei vuoti entro l'ammasso e il volume totale). Quindi il volume identificato da **Hg** e dal diametro **Da** corrisponde ad un ulteriore anello di dispersione avente altezza pari a **Hg*0,4**.

Tubo di troppo pieno **T**. Il tubo **T** dovrà essere sufficientemente grande da facilitare la manutenzione periodica (come per il tubo **F** almeno 150-250 mm di diametro) e dovrà avere un pendenza sufficiente a impedire il deposito di sedimenti (almeno 1 cm per m). La soglia di presa (definita dall'altezza **Hp**) dovrà collocarsi sopra **Hs** ma sotto la quota di scorimento del tubo **F**.

La **figura 12.7** visualizza le fasi realizzative del manufatto di immissione in falda delle acque di pioggia in arrivo da aree residenziali o anche di altro tipo ma, tassativamente, sempre a ridotto o nullo rischio inquinamento:

Fase 1. Si prepara lo scavo avente caratteristiche di profondità e larghezza dipendenti dai valori di dimensionamento determinati (valori **Ht**, **Hg** e numero di anelli di dispersione tipo **L**).

Fase 2. Si riveste pareti e fondo scavo con geotessuto di adeguata resistenza, durata e capacità filtrante.

Fase 3. Fino a raggiungere l'altezza **Hg** si posa e si costipa il ghiaietto 20/30 mm sul fondo dello scavo. Il ghiaietto deve essere tassativamente lavato, scevro da particelle fini e di fiume (quindi arrotondato).

Fase 4. Si esegue un cordolo di fondazione in corrispondenza dell'appoggio degli anelli di infiltrazione (sezione di almeno 20 cm di altezza e 40 cm di larghezza, in calcestruzzo almeno R'bk 250 kg/cm² armato con tondini in acciaio FeB44K a costituire staffe Fi8 a due bracci ogni 15 cm e 4 ferri correnti longitudinali sempre del tipo Fi8); la parte interna del cordolo viene riempita con ghiaietto similare a quello utilizzato nella fase 3.

Fase 5. Posa degli anelli di dispersione per realizzare il vano **V2**, aventi diametro **Da** ed altezza **Ha**. Sopra gli anelli viene posata una piastra con passo d'uomo per consentire la manutenzione straordinaria dello stesso vano **V2**; viene infine rivestita con geotessuto la parete esterna degli anelli di dispersione. Gli elementi in c.a.p. devono essere reciprocamente ammorsati con malta di cemento espansiva.

Fase 6. Riempimento dello spazio fra gli anelli del vano **V2** e le pareti dello scavo con ghiaietto delle medesime caratteristiche presenti alla fase 3. Formazione di un foro sulla piastra **B** di copertura del vano **V2** ed ammorsamento di un tubo **H** di diametro pari ad almeno 1,5 volte il diametro **F** del tubo di scarico dell'acqua di pioggia. Lo spezzone del tubo deve sporgere sopra la piastra **B** di copertura del vano **V2** per almeno l'80% dell'altezza **Ha** degli anelli di dispersione. Prima di passare alla fase successiva viene collocato sulla verticale del tubo **H** una piastra **M** in calcestruzzo armato prefabbricato a presidio antierosione del fondo del volume **V2**.

Fase 7. Posa di due anelli a tenuta per realizzare la prima parte del vano **V1**, anelli aventi diametro **Da** ed altezza **Ha**; gli anelli devono essere reciprocamente collegati con malta di cemento espansiva. Posa di stuioia di geotessuto sopra lo strato di ghiaietto 20/30 mm posato alla fase 4 e stesa di terreno arido, costipato per strati non superiori a 25 cm fino ad arrivare alla quota di scorrimento del tubo **F** e del tubo **T** (se previsto).

Fase 8. Posa dell'ultimo anello del vano **V1**, formazione dei fori sulle pareti e posizionamento dei tronconi di tubo **F** e **T** (quest'ultimo se previsto); i tubi vanno ammorsati utilizzando malta espansiva. I giunti che collegano gli spezzoni di tubo posati ed i rimanenti collettori di scarico o di troppo pieno devono essere collocati più vicino possibile alle pareti esterne degli anelli tipo **C**.

Fase 9. Posa della piastra **B** di copertura del vano **V1** e del chiusino di accesso/manutenzione **A**. Il chiusino **A** deve avere caratteristiche tali da non permettere il passaggio dei raggi di luce solare entro il volume **V1**.

Fase 10. Rinterro con materiale arido sopra i tubi di scarico e/o di troppo pieno e lavorazioni finali.

12.5 – ESEMPIO APPLICATIVO

Il sistema di drenaggio avrà un'area di influenza **A_{TOT}** composta da tipi diversi di uso del suolo e di trattamento della superficie. Per determinare **A_i** (vedi paragrafo **12.2**), cioè la quantità di superficie impermeabile ovvero la superficie teorica netta di raccolta acqua, al netto cioè delle infiltrazioni ed evaporazioni, occorrerà di volta in volta fare una media pesata per tipologie di superficie attraverso opportuni coefficienti di deflusso **Ψ_M**. In presenza di **m** superfici **A_j** ognuna dotata di coefficiente di deflusso **Ψ_{Mj}** il valore **A_i** può quindi determinarsi con la seguente sommatoria estesa fra 1 ed **m**: $A_i = \sum A_j \cdot \Psi_{Mj}$. Valori tipici di **Ψ_M** sono di seguito elencati: 01) strade e piazze in asfalto o cls senza fughe, 0,90; 02) strade e piazze in massello con fughe strette, 0,75; 03) piazze e strade in ghiaia pressata, 0,60; 04) piazze e strade in massello con fughe larghe, 0,50; 05) piazze e strade in ghiaia non pressata, 0,30; 06) piazze e strade in masselli autobloccanti e masselli drenanti, 0,25; 07) piazze e strade in acciottolato erboso, 0,15; 08) coperture pendenti in acciaio, cls impermeabile o vetro, 0,95; 09) coperture pendenti in ardesia o materiale isolante, 0,90; 10) coperture pendenti meno di 3° in acciaio, cls o vetro, 0,93; 11) coperture pendenti meno di 3° in ardesia o materiale isolante, 0,90; 12) coperture pendenti meno di 3° in ghiaia, 0,70; 13) tetti verdi fino a 15° con spessore humus minore di 10 cm, 0,50; 14) tetti verdi fino a 15° con spessore humus maggiore di 10 cm, 0,30. Ovviamente vale la relazione (con la sommatoria estesa fra 1 ed **m**) $A_{TOT} = \sum A_j$.

Il diametro interno degli anelli di dispersione che si trovano in commercio (valore **Da** evidenziato nella **figura 12.2**) sono usualmente di 50-80-100-150-200-250 cm; ogni anello è normalmente alto 50 cm, indipendentemente dal diametro, e presenta un certo spessore minimo legato al sistema produttivo. Ogni anello perdente presenta un certo numero di fori di drenaggio (indicativamente di diametro variabile fra 8 e 15 cm); se questi fori sono ben distribuiti ed in numero sufficiente l'esatta determinazione o previsione degli stessi non influenza in modo significativo il calcolo idraulico.

Illustriamo ora un esempio di dimensionamento di un sistema di dispersione nel sottosuolo delle acque di pioggia a mezzo pozzi perdenti realizzati con anelli di filtrazione. Siamo in presenza di un sottosuolo dotato di permeabilità non trascurabile, assimilabile a sabbia fina. In un lotto di terreno di complessivi 1.445 m² l'uso futuro del suolo prevede 4 tipi idrologici di uso della superficie e quindi 4 valori dei coefficienti **Ψ_{Mi}**:

A₁ = strada in asfalto senza fughe per 250 m ² ,	Ψ_{M1} =0,90
A₂ = slargo stradale in ghiaia non pressata per 650 m ² ,	Ψ_{M2} =0,30
A₃ = park e pedonale in masselli drenanti per 255 m ² ,	Ψ_{M3} =0,25
A₄ = edifici con copertura pendente in cotto per 290 m ² ,	Ψ_{M4} =0,90

Applicando la relazione $A_i = \sum A_j \cdot \Psi_{Mj}$ si ottiene $A_i = 0,9 \times 250 + 0,3 \times 650 + 0,25 \times 255 + 0,9 \times 290 = 745 \text{ m}^2$.

Utilizzando il grafico di **figura 12.6** la superficie di 745 m² può essere coperta con tre perdenti realizzati con anelli di dispersione da 2 m di diametro e 3 metri di altezza netta interna, in grado di coprire quindi $216,7^{2*3}=650,1 \text{ m}^2$; i rimanenti $745-650,1=94,5 \text{ m}^2$ verranno serviti da ammassi granulari sotto le fondazioni dei tre perdenti per i quali si ipotizza una valo- re di porosità pari a 0,4, quindi ognuno di spessore $(9/650,1)*94,5/0,4/3=1,09 \text{ m}$. Se lo scorrimento dei tubi di scarico si posiziona, per ogni perdente, a 100 cm di profondità dal piano campagna, lo scavo di ognuno dei tre pozzi sarà profondo $100+55+25+300+25+109=614 \text{ cm}$. Nel calcolo si è ipotizzato che le piastre di copertura siano spesse 25 cm e che l'area afferente di ogni perdente corrisponda ad 1/3 dell'intero lotto in termini di capacità di formare il flusso di pioggia.

² Nel grafico di **figura 12.6** in corrispondenza a **D=2 m** ed **H=3 m** si ottiene **Ai=216,7 m²**.

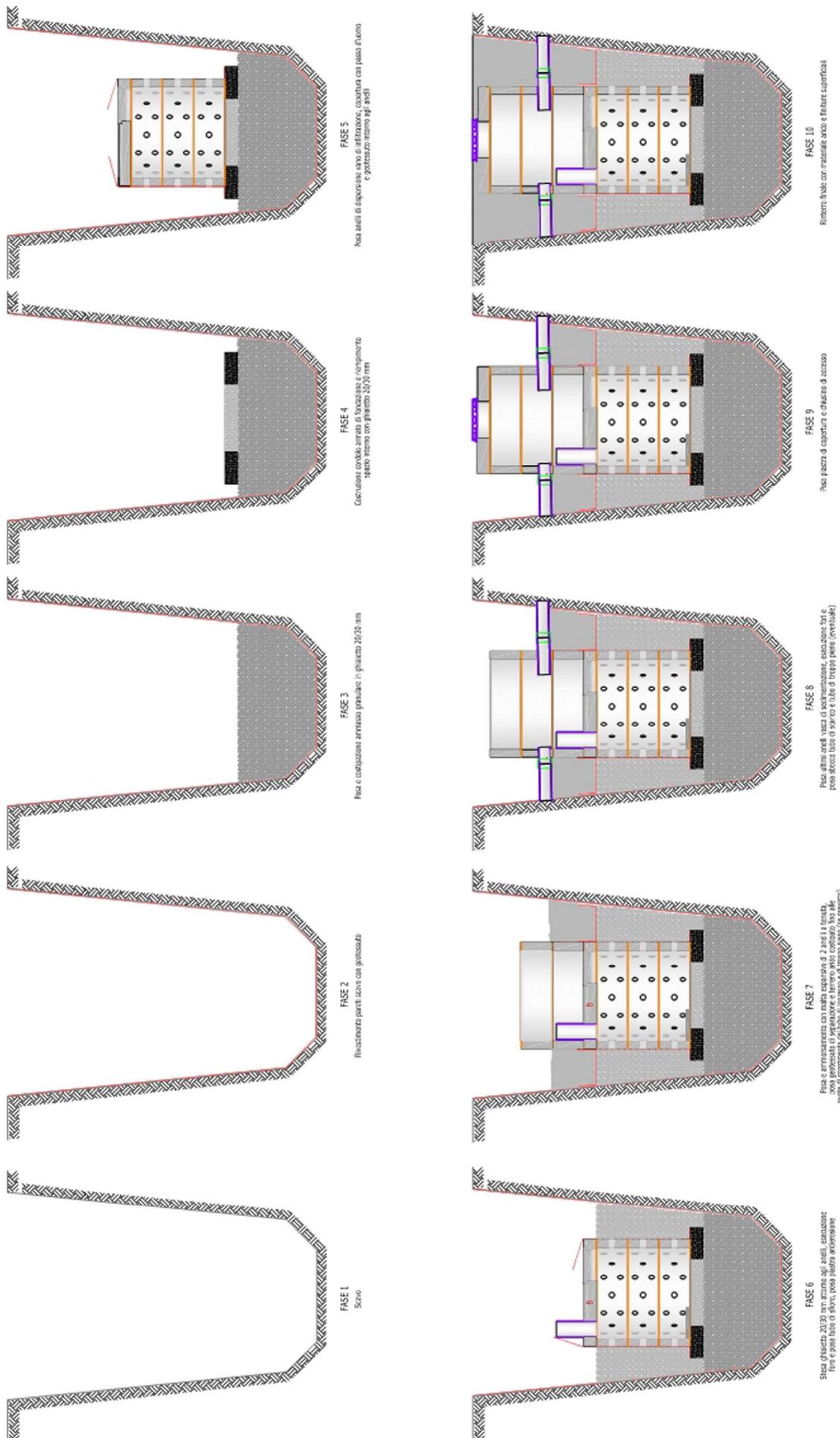
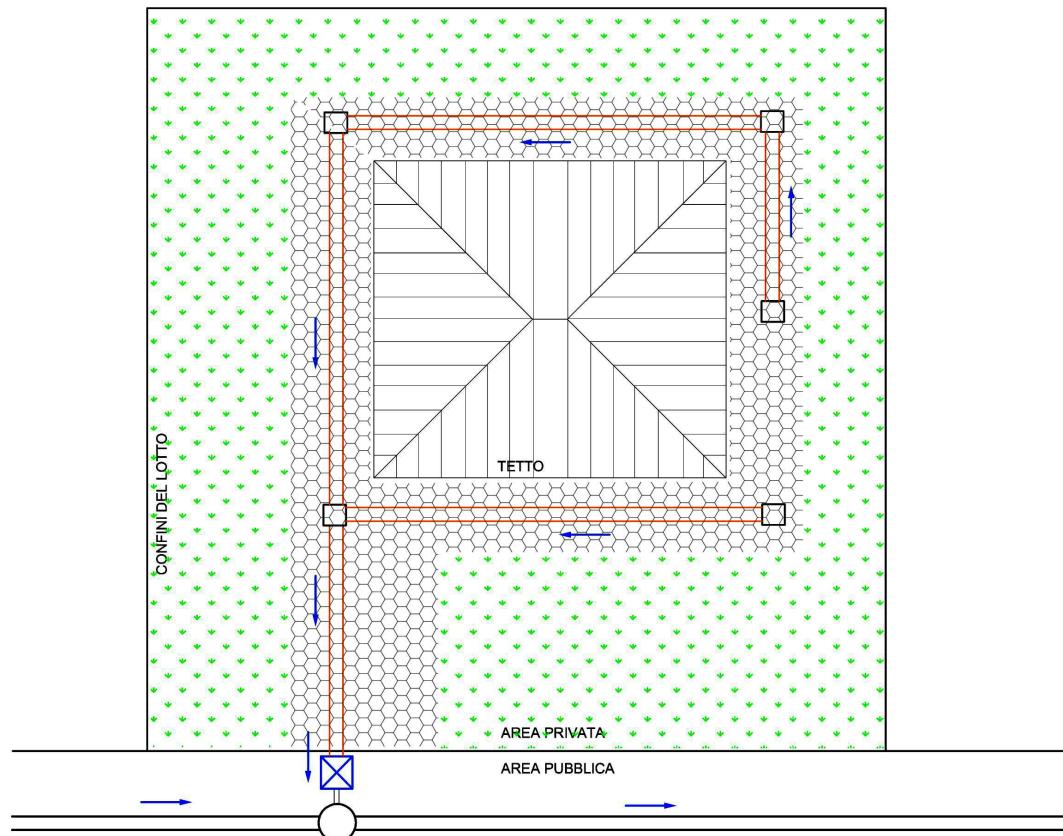
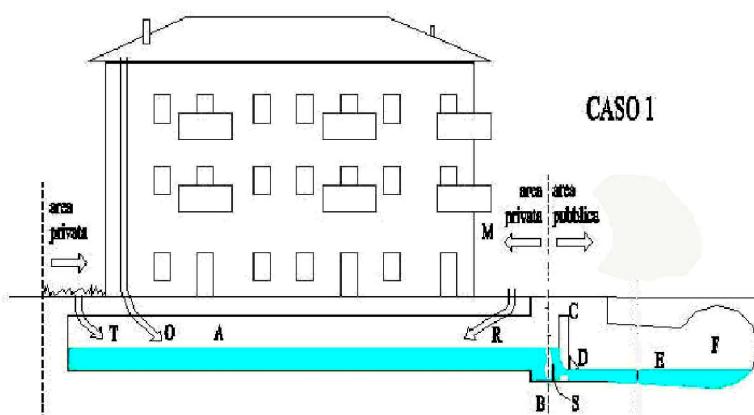


Figura 12.7 – Fasi lavorative per la costruzione del dispersore

13 - ALLEGATO W13 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI RICORRENTI



PLANIMETRIA



SEZIONE

LEGENDA PLANIMETRIA

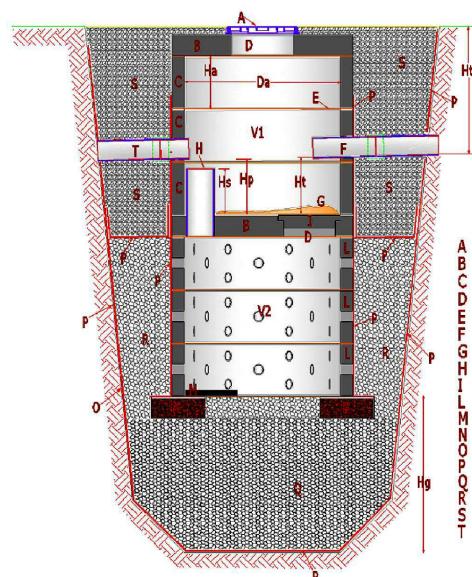
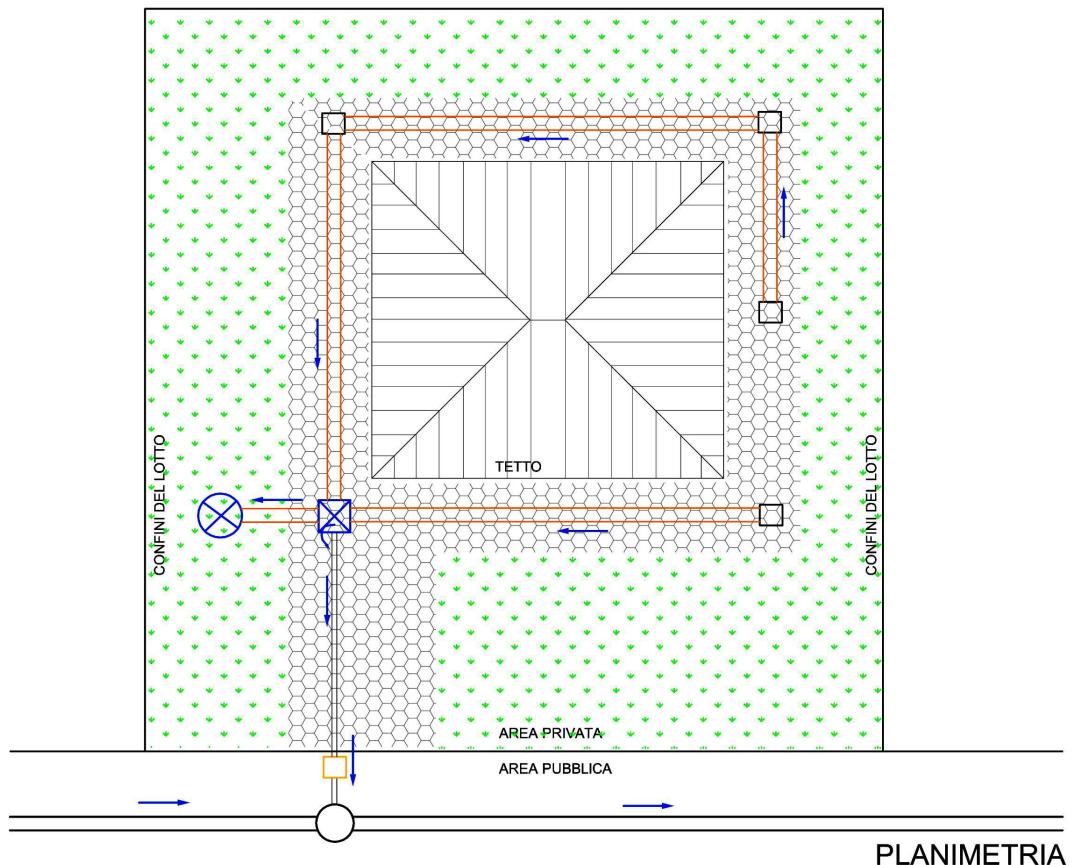
- COLLETTORI DI INVASO MAGGIORATI (ES. 80 cm)
- POZZETTONE DI ALLACCIO/LAMINAZIONE (ES. 120x120) IN AREA PUBBLICA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AL LOTTO
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI DI ALLACCIO (ES. 30 cm)

**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA
CON COLLETTORI MAGGIORATI E POZZETTONE
DI LAMINAZIONE**

W13/1

Particolare Costruttivo W13/1

Comune di **Terrassa Padovana**, VCI del PAT-2016, Allegato serie **W**, pag. **30** di 42



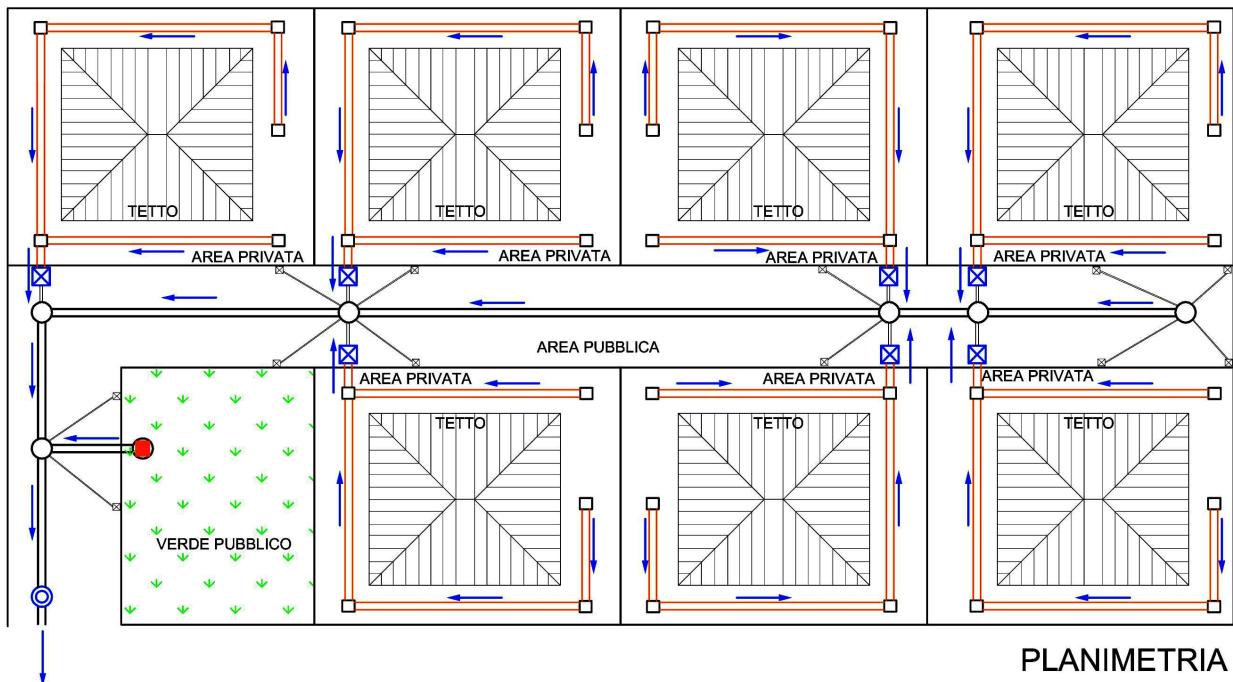
LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI (EVENTUALMENTE A DIAMETRO MAGGIORATO)
- POZZI DI DISPERSIONE
- POZZETTO GESTIONE TROPPO PIENO PER PIOGGIA A TEMPO DI RITORNO MAGGIORALE DI 50 ANNI
- POZZETTO DI ISPEZIONE INTERNI AL LOTTO
- POZZETTO DI ALLACCIO IN AREA PUBBLICA
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORE ALLACCIO TROPPO PIENO (ES. 30 cm) PER FAR DIFLUIRE IL DIFFERENZIALE FRA LA PIOGGIA A TEMPO DI RITORNO SUPERIORE A 50 ANNI E LA PIOGGIA A TEMPO DI RITORNO PARI A 50 ANNI

MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE CON POZZI DI INFILTRAZIONE E TROPPO PIENO PER PIOGGE A TEMPO DI RITORNO NON INFERIORE A 50 ANNI

W13/2

Particolare Costruttivo **W13/2**



LEGENDA PLANIMETRIA

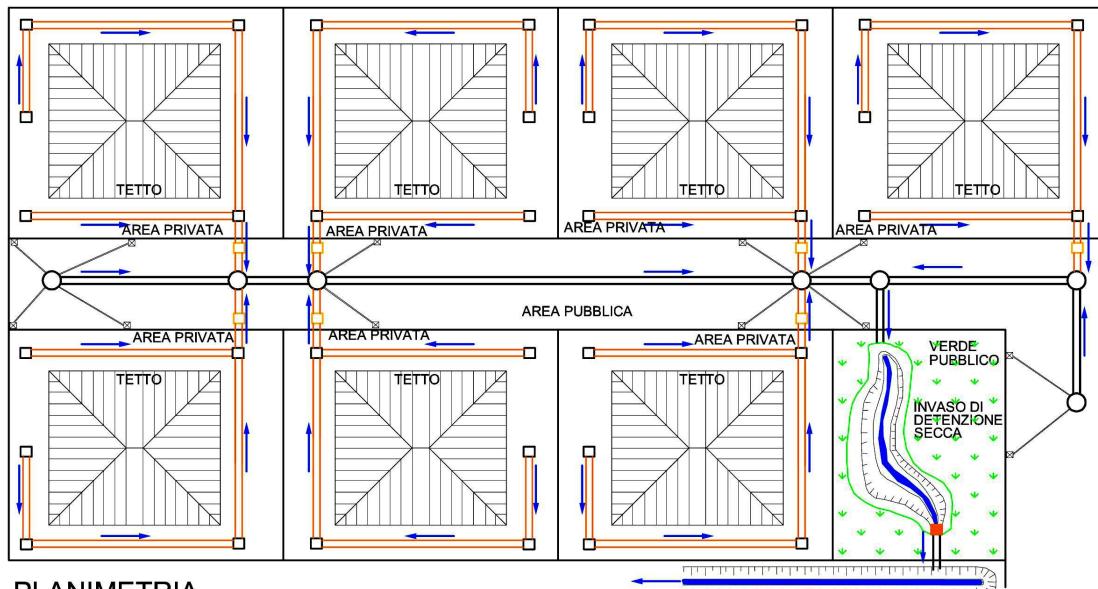
- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI
(DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO LAMINAZIONE PARTE PUBBLICA DELLA LOTTIZZAZIONE
- ☒ POZZETTI LAMINAZIONE PARTI PRIVATE DELLA LOTTIZZAZIONE
COLLOCATO IN AREA PUBBLICA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI
(DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI DI ALLACCIO (ES. 30 cm)
- CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- POZZETTO PER GRIGLIATURA E SEDIMENTAZIONE
DEL MATERIALE PESANTE E IN SOSPENSIONE
ORIGINATO DALL'AREA VERDE

MITIGAZIONE IDRAULICA MISTA PUBBLICO-PRIVATA
CON DETENZIONE IN TUBI A DIAMETRO MAGGIORATO
SIA IN AMBITO PRIVATO CHE IN AMBITO
PUBBLICO

W13/3

Particolare Costruttivo W13/3

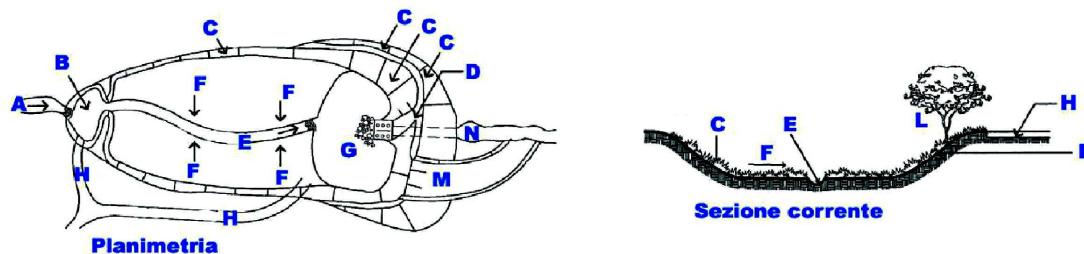
Comune di **Terrassa Padovana**, VCI del PAT-2016, Allegato serie **W**, pag. 32 di 42



PLANIMETRIA

LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI O DI ALLACCIO
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNAI AI LOTTI
- POZZETTI DI ALLACCIO ACQUE DI PIOGGIA IN AREA PUBBLICA
- COLLETTORE FOGNATURA BIANCA PUBBLICI
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- STROZZATURA IDRAULICA (BOCCA TASSATA)



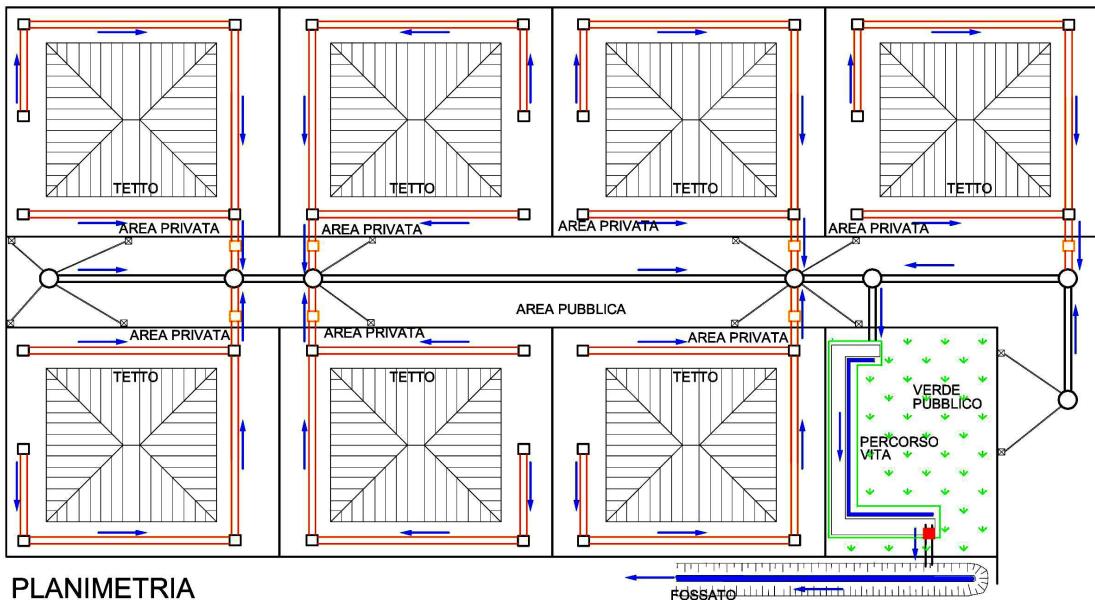
A=ingresso acqua di piena; B=bacino di ingresso (sedimentazione materiale); C=pendenze delle sponde inferiori al valore 1 su 3; D=stradina di accesso al manufatto di scarico; E=fossato di magra; F=fondo con pendenza di drenaggio intorno al 2%; G=bacino di uscita o di valle; H=accessi per la manutenzione; I=sponde e fondo inerbite o piantumate; L=alberi o arbusti sulla parte alta della depressione; M=sfioratore; N=scarico.

SCHEMA INDICATIVO PER L'INVASO DI DETENZIONE SECCA

MITIGAZIONE IDRAULICA IN UNA LOTTIZZAZIONE
CON INVASO A CIELO APERTO DI DETENZIONE SECCA
IN AREA PUBBLICA CON SCARICO
FINALE IN FOSSATO

W13/4

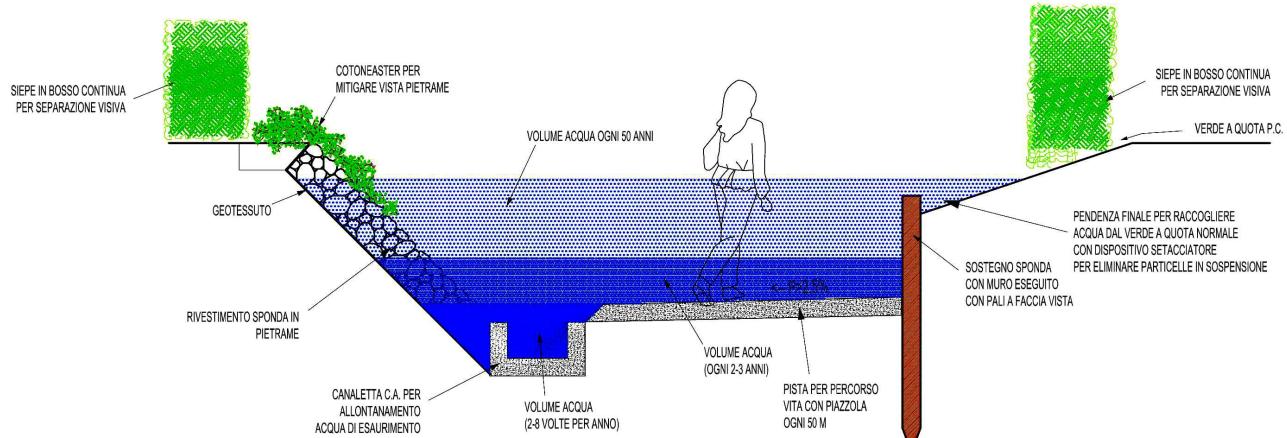
Particolare Costruttivo W13/4



PLANIMETRIA

LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATI O DI ALLACCIO
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
- POZZETTI DI ALLACCIO ACQUE DI PIOGGIA IN AREA PUBBLICA COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- ☒ CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- STROZZATURA IDRAULICA (BOCCA TASSATA)

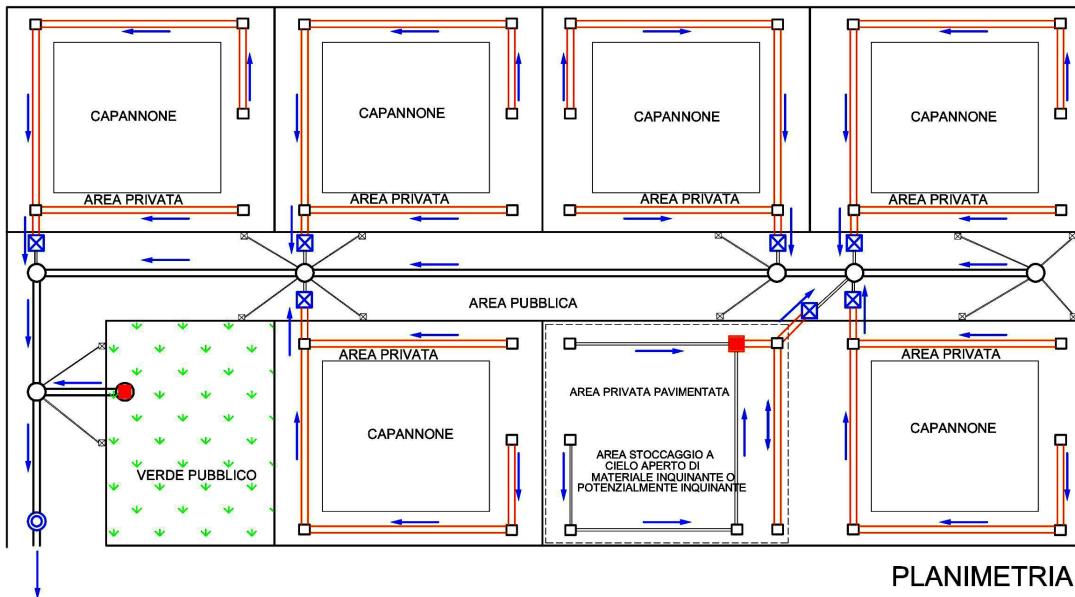


SEZIONE INDICATIVA PERCORSO VITA CON FUNZIONE DI DETENZIONE IDRAULICA
(G. ZEN, 2005)

MITIGAZIONE IDRAULICA IN UNA LOTTIZZAZIONE CON INVASO A CIELO APERTO DI DETENZIONE SECCA RICAVATO CON "PERCORSO VITA" RIBASSATO E CON SCARICO FINALE IN FOSSATO

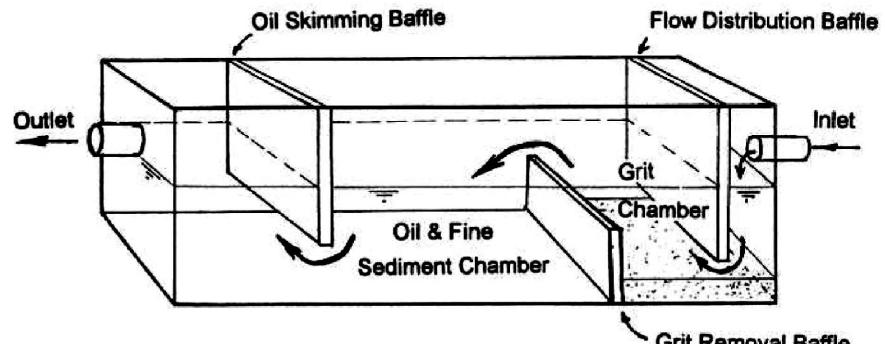
W13/5

Particolare Costruttivo W13/5



LEGENDA PLANIMETRIA

- TUBAZIONI DI DRENAGGIO PRIVATO (DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO LAMINAZIONE PARTE PUBBLICA DELLA LOTTIZZAZIONE
- ☒ POZZETTI LAMINAZIONE PARTI PRIVATE DELLA LOTTIZZAZIONE COLLOCATI IN AREA PUBBLICA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AI LOTTI
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICI (DIAMETRO MAGGIORATO PER ACQUISIRE INVASO)
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- COLLETTORI NORMALI DI FOGNATURA BIANCA
- ☒ CADITOIE DRENAGGIO STRADALE PUBBLICO
- TUBI DI ALLACCIO CADITOIE STRADALI
- POZZETTO PER GRIGLIATURA E SEDIMENTAZIONE DEL MATERIALE PESANTE E IN SOSPENSIONE ORIGINATO DALL'AREA VERDE
- POZZETTO DI SEDIMENTAZIONE E DISOLEATURA CON BYPASS DI TROPPO PENO IN AREA PRIVATA



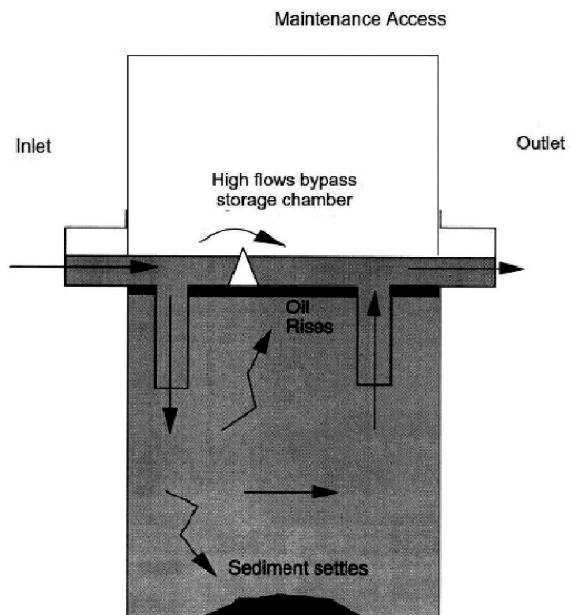
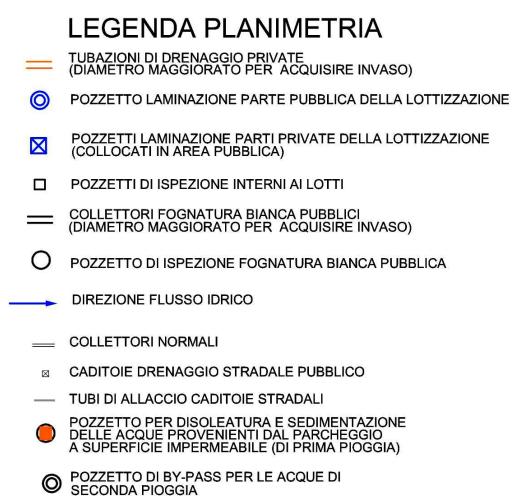
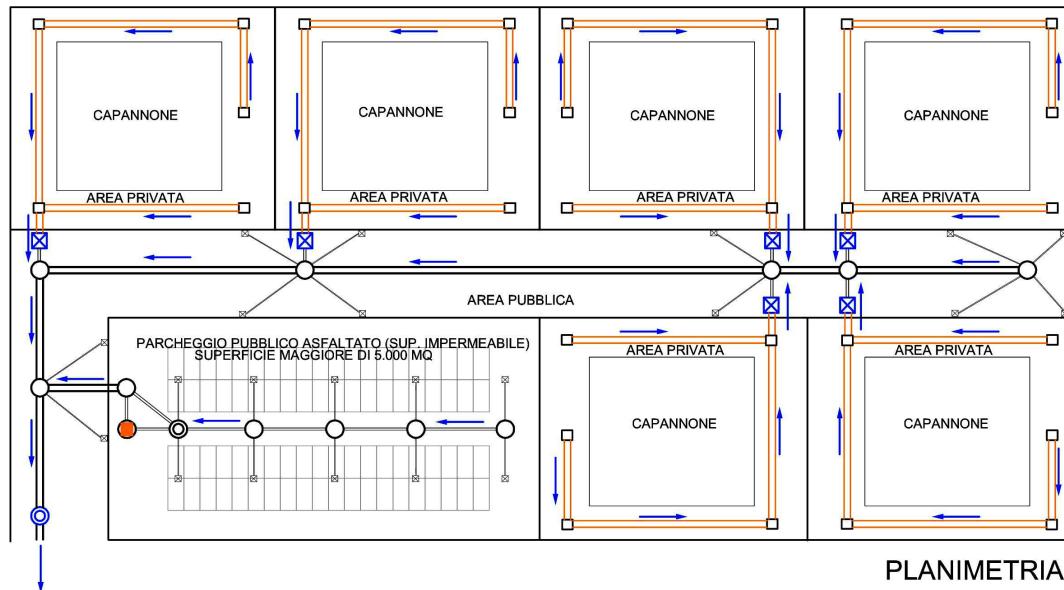
Oil, Grease and Sand Trap (After Neufeld, 1994)

SCHEMA SEDIMENTATORE E DISOLEATORE

MITIGAZIONE IDRAULICA MISTO PUBBLICO-PRIVATA
IN PDL PRODUTTIVO-COMMERCIALE CON DETENZIONE
IN TUBI A DIAMETRO MAGGIORATO SIA IN AMBITO PRIVATO
CHE IN AMBITO PUBBLICO E TRATTAMENTO QUALITATIVO DELL'ACQUA
DI PIOGGIA IN AREA A RISCHIO INQUINAMENTO

W13/6

Particolare Costruttivo W13/6

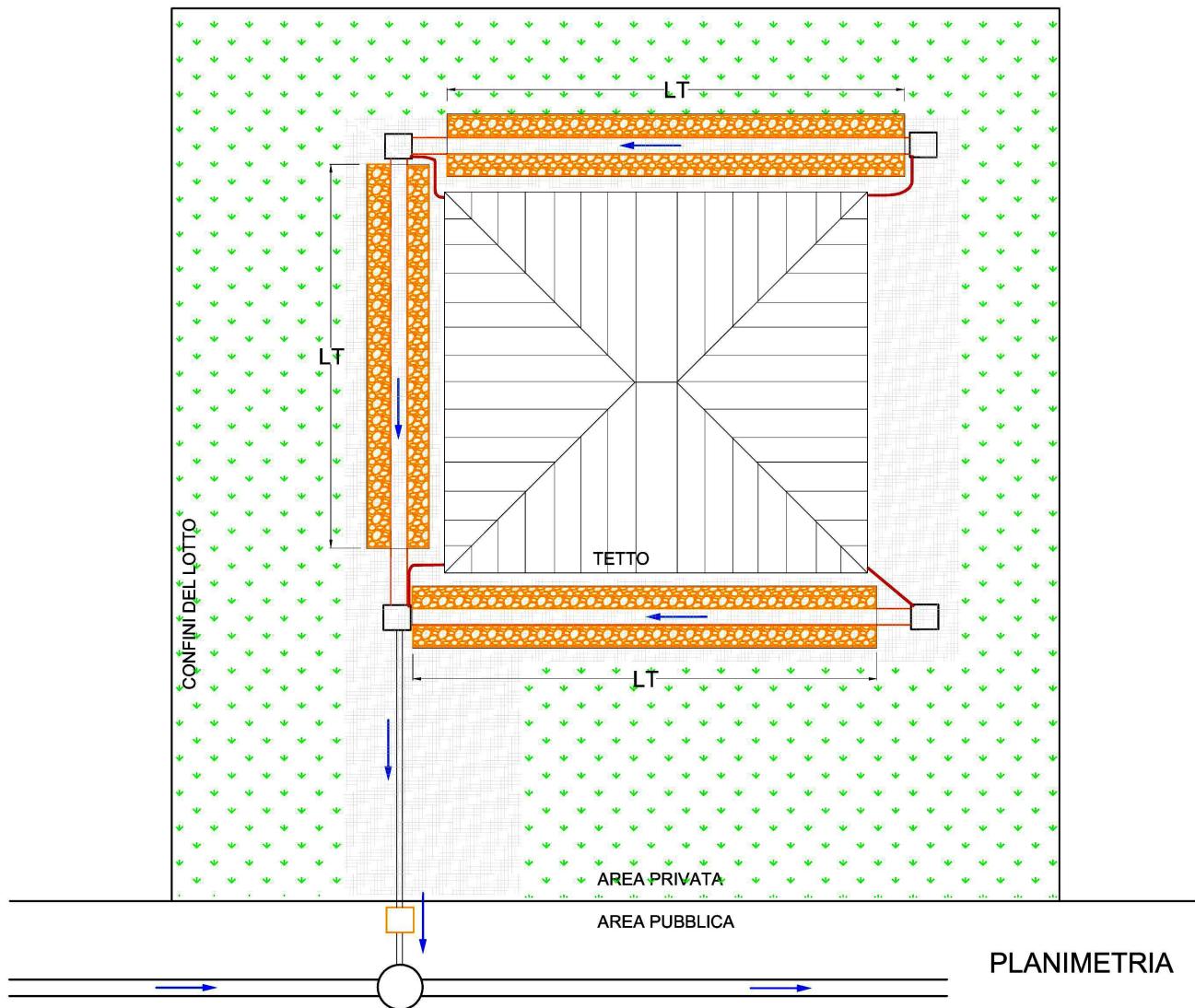


SCHEMA DISOLEATORE NEL SISTEMA SEDIMENTATORE - DISOLEATORE

**MITIGAZIONE IDRAULICA MISTO PUBBLICO-PRIVATA
IN PDL PRODUTTIVO-COMMERCIALE CON DETENZIONE
IN TUBI A DIAMETRO MAGGIORATO SIA IN AMBITO PRIVATO
CHE IN AMBITO PUBBLICO E TRATTAMENTO QUALITATIVO DELL'ACQUA
DI PIOGGIA PROVENIENTE DA PARCHEGGIO PUBBLICO**

W13/7

Particolare Costruttivo **W13/7**



LEGENDA PLANIMETRIA

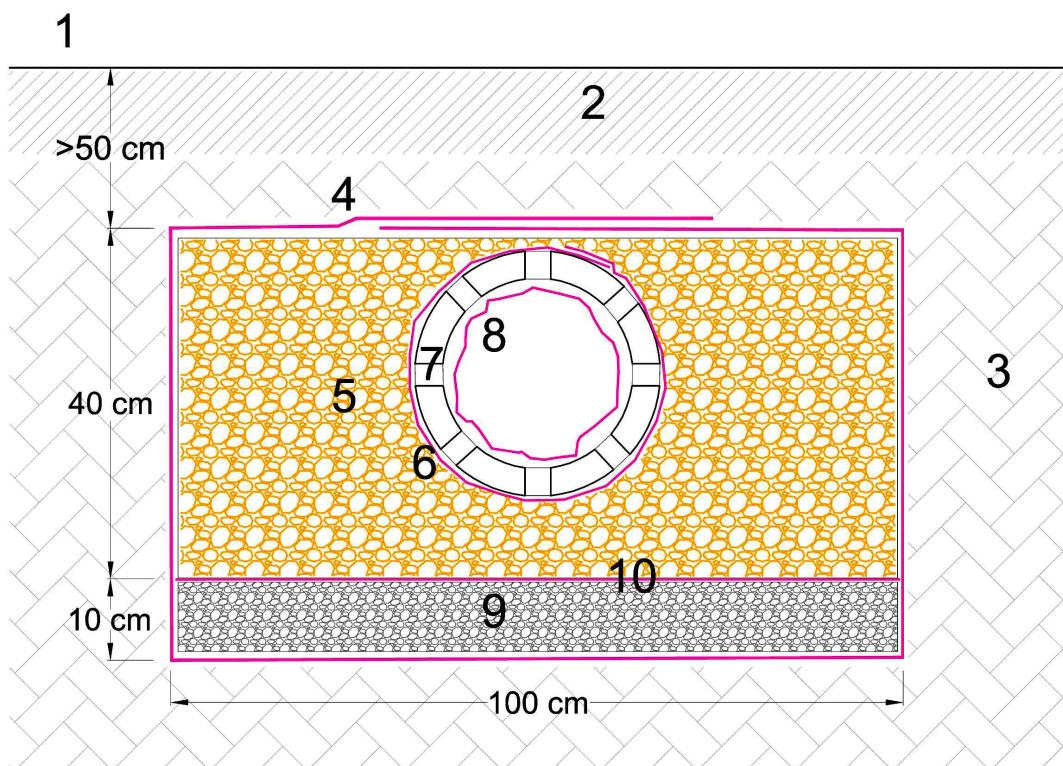
- COLLETTORI INTERNI (ES. 30 cm in CLS)
FORATI SE ENTRÒ TRINCEA
NON FORATI SE FUORI TRINCEA
- POZZETTI DI ISPEZIONE INTERNI AL LOTTO (>50x50 cm²)
- POZZETTO DI ALLACCIO IN AREA PUBBLICA
(CON BOCCA TASSATA E SFIORO DI TROPPO PIENO)
- COLLETTORI FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- POZZETTO DI ISPEZIONE FOGNATURA BIANCA PUBBLICA
- DIREZIONE FLUSSO IDRICO
- EVENTUALE COLLETTORE DI TROPPO PIENO (ES. 30 cm PVC)
- LT TRINCEA DI DRENAGGIO (LUNGHEZZE NECESSARIE)
- TRINCEA DI DRENAGGIO
- SCARICO GRONDAIE

MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA
ATTRaverso TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO
CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

W13/8 parte 1 di 6

Particolare Costruttivo W13/8 parte 1 di 6

Comune di Terrassa Padovana, VCI del PAT-2016, Allegato serie W, pag. 37 di 42



SEZIONE TRASVERSALE TIPO TRINCEA

- 1 PIANO FINITO
- 2 STRATO DI COPERTURA (verde, marciapiede, ecc...)
- 3 TERRENO ORIGINALE O DI RIPORTO
- 4 GEOTESSUTO DI RIVESTIMENTO TRINCEA
- 5 GHIAINO LAVATO SCABRO $D > 25$ mm (POROSITA' $> 0,3$)
- 6 GEOTESSUTO DI RIVESTIMENTO TUBO CLS
- 7 TUBO CLS DN300 MM FORATO
- 8 MANICA INTERNA IN GEOTESSUTO
- 9 STRATO DI SABBIA (EVENTUALE) PER FILTRAZIONE
- 10 GEOTESSUTO DI SEPARAZIONE (EVENTUALE)

DATI INDICATIVI PER I GEOTESSUTI

- preferibilmente in polipropilene
- massa areica EN ISO 965 > 130 g/mq
- permeabilità normale EN ISO 11058 $> 0,1$ m/s
- funzione di FILTRAZIONE, SEPARAZIONE e PROTEZIONE

COME REALIZZARE LA "MANICA" INTERNA IN GEOTESSUTO

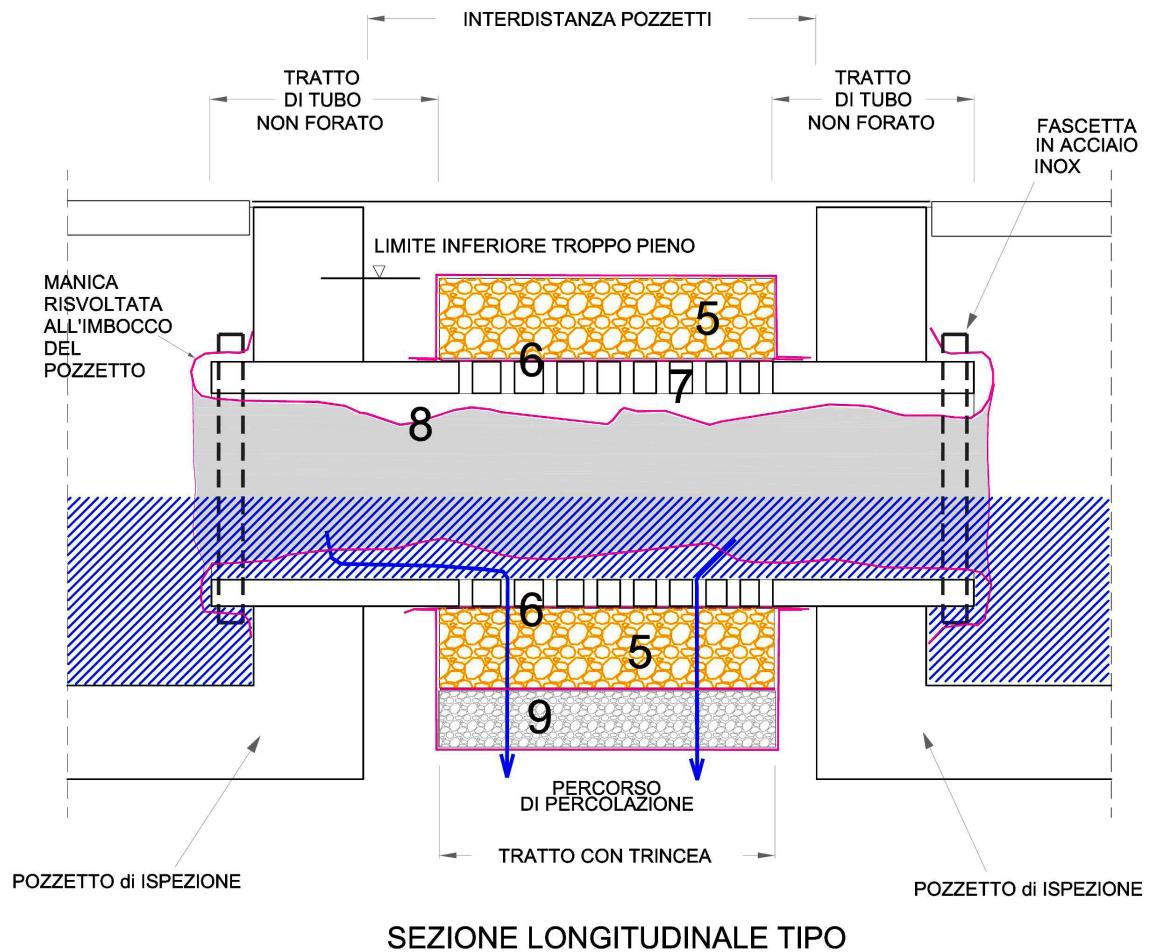
Tagliare un rettangolo di geotessuto largo un po' più del perimetro interno del tubo in cls e lungo come l'interasse tra due pozetti di ispezione; successivamente cucire i lati più lunghi in modo da ottenere la manica.

**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA
ATTRaverso TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO
CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO**

W13/8 parte 2 di 6

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 2 di 6**

- 5 GHIANO LAVATO SCABRO D>25 mm (POROSITA' > 0,3)
- 6 GEOTESSUTO DI RIVESTIMENTO TUBO CLS
- 7 TUBO CLS DN300 MM FORATO
- 8 MANICA INTERNA IN GEOTESSUTO
- 9 STRATO DI SABBIA (EVENTUALE) PER FILTRAZIONE



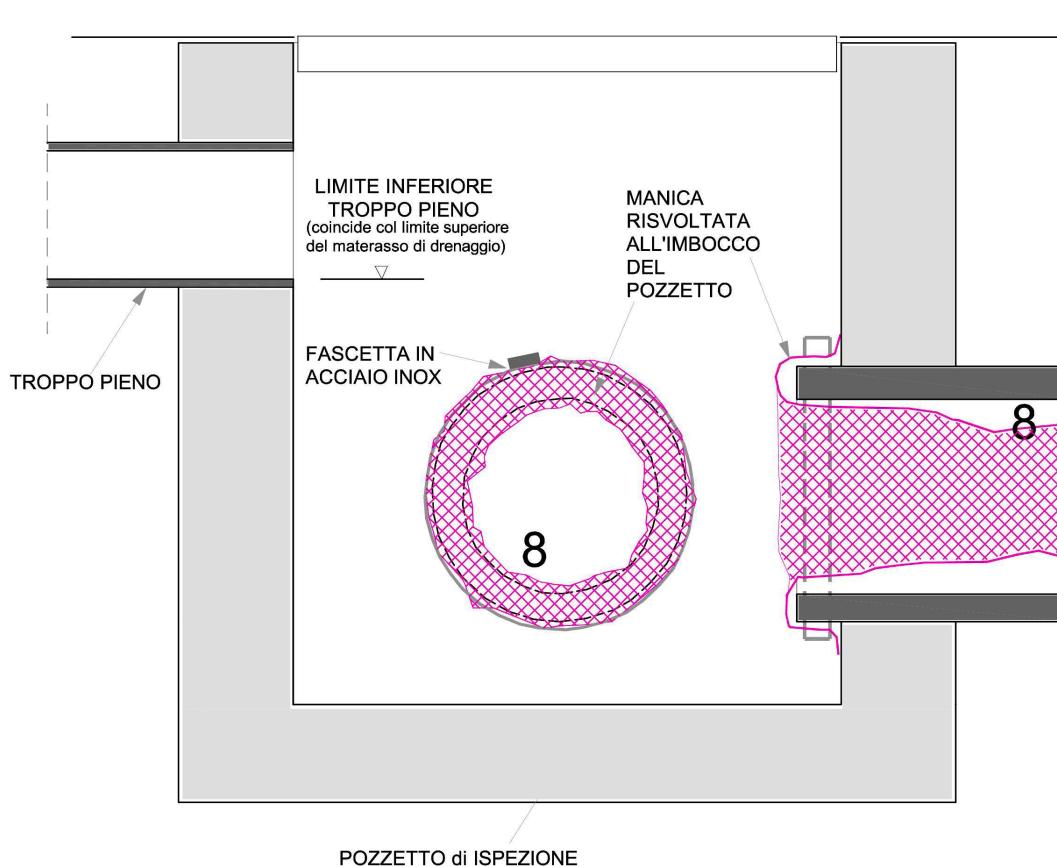
LA PRESENZA DELLA MANICA DI GEOTESSUTO RIMUOVIBILE (ATTRAVERSO LO STACCO DELLE FASCIETTE IN ACCIAIO INOX) GARANTISCE CHE L'AMMASSO GRANULARE NON SUBISCA FENOMENI DI INTASAMENTO NEL TEMPO. QUANDO LA MANICA DI GEOTESSUTO RISULTA INTASATA E' NECESSARIO CAMBIARLA IN MODO DA NON RIDURRE LA CAPACITA' DEL MATERASSO DI GHIANO DI ASSORBIRE ACQUA DI PIOGGIA ED ALLONTANARE LA STESSA NEL SOTTOSUOLO PER INFILTRAZIONE

MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

W13/8 parte 3 di 6

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 3 di 6**

8 MANICA INTERNA IN GEOTESSUTO



SEZIONE POZZETTO IN CORRISPONDENZA DEL TROPPO PIENO

LA PRESENZA DELLA MANICA DI GEOTESSUTO RIMUOVIBILE (ATTRAVERSO LO STACCO DELLE FASCETTE IN ACCIAIO INOX) GARANTISCE CHE L'AMMASSO GRANULARE NON SUBISCA FENOMENI DI INTASAMENTO NEL TEMPO. QUANDO LA MANICA DI GEOTESSUTO RISULTA INTASATA E' NECESSARIO CAMBIARLA IN MODO DA NON RIDURRE LA CAPACITA' DEL MATERASSO DI GHIANO DI ASSORBIRE ACQUA DI PIOGGIA ED ALLONTANARE LA STESSA NEL SOTTOSUOLO PER INFILTRAZIONE

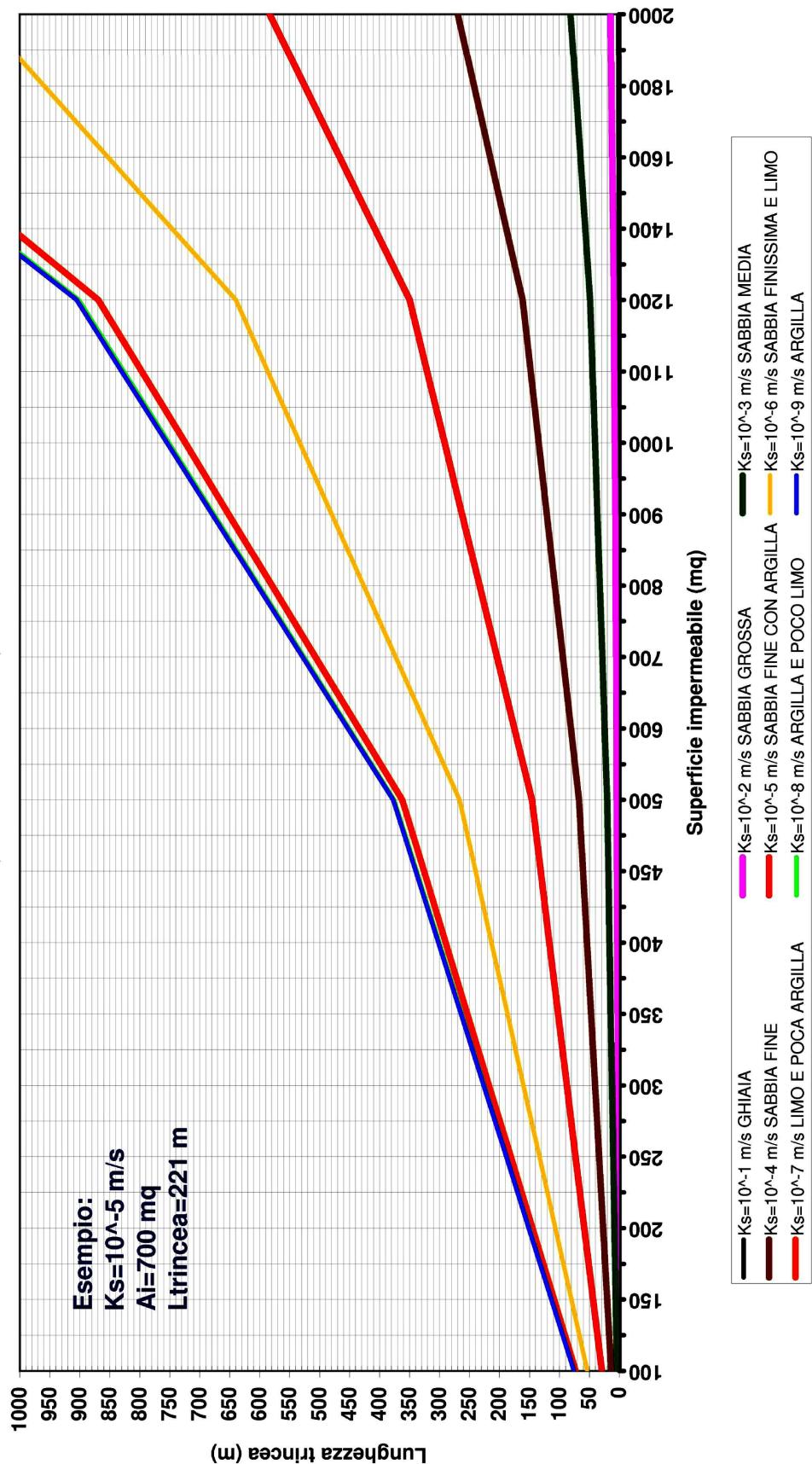
MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA
ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO
CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO

W13/8 parte 4 di 6

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 4 di 6**

LUNGHEZZA DELLA TRINCEA DI DRENAGGIO

Base trincea=100 cm, Altezza trincea=50 cm, Diametro tubo=30 cm



**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE
 CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA
 ATTRAVERSO TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO
 CON (EVENTUALE) TROPPO PIENO**

U13/8 parte 5 di 6

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 5 di 6**

**MITIGAZIONE IDRAULICA SU LOTTO RESIDENZIALE
CON DETENZIONE DISTRIBUITA REALIZZATA
ATTRaverso TRINCEA LINEARE DI DRENAGGIO
CON (EVENTUALE) TROppo PIENO**

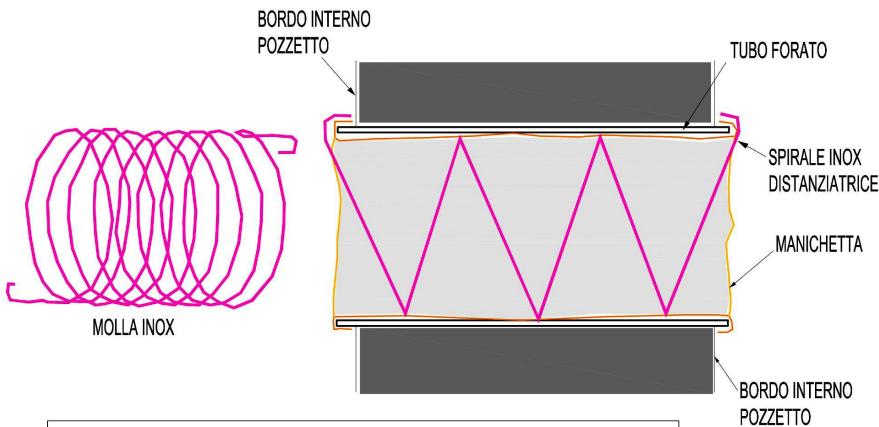
PROCEDURA

PASSAGGI NECESSARI A DETERMINARE LA LUNGHEZZA DELLA
TRINCEA LINEARE IN UN LOTTO EDILIZIO (SOMMA DEI TRATTI "LT" VISUALIZZATI
NELLA PLANIMETRIA "U8 parte 1 di 6").

- 1) determinare la superficie del lotto edilizio (mq)
- 2) determinare il coefficiente orario di afflusso nella conformazione edilizia finale (vedi ALLEGATO W3)
- 3) stimare in maniera cautelativa il coefficiente di permeabilità K_s (m/s) a circa 100-110 cm di profondità
- 4) determinare la superficie "impermeabile netta" del lotto moltiplicando 1) per 2)
- 5) dal grafico in allegato "U8 parte 5 di 6" interpolare graficamente la retta del coefficiente di permeabilità e determinare la lunghezza di trincea necessaria

OSSERVAZIONI

- A) Evitare di posizionare tratti di trincea in corrispondenza ad alberi o pavimentazioni costose
- B) Gli allacci dei pluviali vanno fatti sempre in corrispondenza ai pozetti di ispezione
- C) Quando vengono cucite le "calze" o "maniche" di filtrazione conviene predisporne un numero doppio (un secondo "set" sarà così pronto ad essere installato nel momento in cui il sistema di drenaggio risulterà intasato)
- D) Nel progettare il sistema di trincee drenanti prevederne la possibilità di espansione per fronteggiare l'eventualità che il lotto sia oggetto di futuri aumenti del tasso di impermeabilità
- E) Se possibile predisporre il tubo di troppo pieno con consegna del flusso in eccesso alla fognatura bianca pubblica. La livellata del tubo di troppo pieno deve allacciarsi ad una quota non inferiore a quella superiore del materasso di ghiaietto che costituisce la trincea di drenaggio
- F) Nel fissare le "maniche" o "calze" di drenaggio utilizzare fascette e viteria in acciaio inox
- G) Con presenza di vani interrati o seminterrati è buona norma collocare le trincee di drenaggio ad una distanza dai muri dello scantinato pari almeno alla profondità stessa dello scantinato rispetto al piano campagna
- H) Per aumentare nel tempo la durata del sistema di drenaggio contro il rischio intasamento può essere utile predisporre griglie all'imbocco dei tubi drenanti in modo da impedire l'ingresso di corpi grossolani (carcasse di uccello, fogliame, rami, ecc...).
- A tal fine può essere utile l'utilizzo di reti in acciaio zincato flessibili da fissare agli imbocchi utilizzando le stesse fascette in acciaio inox utilizzate per bloccare le "calze" o "maniche" di filtrazione.
- I) In caso di futuri interventi edili che aumentano il tasso di impermeabilizzazione del lotto è necessario incrementare la lunghezza delle trincee di drenaggio realizzate. La lunghezza di trincea integrativa di volta in volta andrà determinata con la procedura qui esposta sulla base dell'area "netta" impermeabilizzata determinata dal prodotto fra l'area del lotto e la differenza fra coefficiente di afflusso del lotto ad intervento effettuato e coefficiente di afflusso del lotto prima dell'intervento da realizzare.



W13/8 parte 6 di 6

Particolare Costruttivo **W13/8 parte 6 di 6**