

TITOLO PRATICA

# PIANO DI RECUPERO

## Villa Misericordia

### UBICAZIONE

COMUNE DI CASTELLEONE  
Provincia di Cremona  
Via Villa Misericordia  
Viale Santuario

### TITOLO TAVOLA

RELAZIONE  
INVARIANZA IDRAULICA

### COMMITTENTI

SIG. GENNARI PIETRO BATTISTA nato a Castelleone (CR) il 28/09/1970 c.f. GNNPRB70P28C153X  
Castelleone (CR) via Arata 1/A (BORRA MAURO nato a Castelleone (CR) il 06/09/1964 in qualita' di tutore)

SIG. VOLTOLINI SILVIA nata a Brescia (BS) il 30/03/1945 c.f. VLTSLV45C70B157Y  
Cremona (CR) via Fulcheria n.5

SIG. GENNARI FRANCESCA nata a Cremona il 21/11/1977 c.f. GNNFNC77S61D150W  
Milano (MI) via Noe Enrico n. 6

SIG. GENNARI SANDRO nato a Castelleone il 30/06/1947 c.f. GNNSDR47H30C153L  
Cremona (CR) via Fulcheria n.5

SIG. BOSSI ELENA nata a Crema il 01/08/1965 c.f. BSSLNE65M41D142V  
Crema (CR) via Borletto n.4

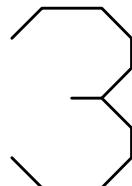
SIG. BOSSI ELISABETTA nata a Crema il 06/02/1969 c.f. BSSLBT69B46D142L  
Crema (CR) via Borletto n.4

SIG. BOSSI FRANCESCA CECILIA nata a Crema il 27/04/1967 c.f. BSSFNC67D67D142R  
Crema (CR) via Bramante n.132

### PROGETTISTA

Geom. Giovanni Capoani  
N° 1388 Collegio dei Geometri di Cremona  
Via Manenti 8 - CASTELLEONE (CR)  
C.F. CPNGNN66A17D150Y-P.I. 00977760198  
Tel. 0374/58851 - 338/3208201  
giovannicapoani@gmail.com  
giovanni.capoani@geopec.it

### ALL. N.



### DATA

GIUGNO 2022

### TIMBRI E PROTOCOLLI COMUNALI

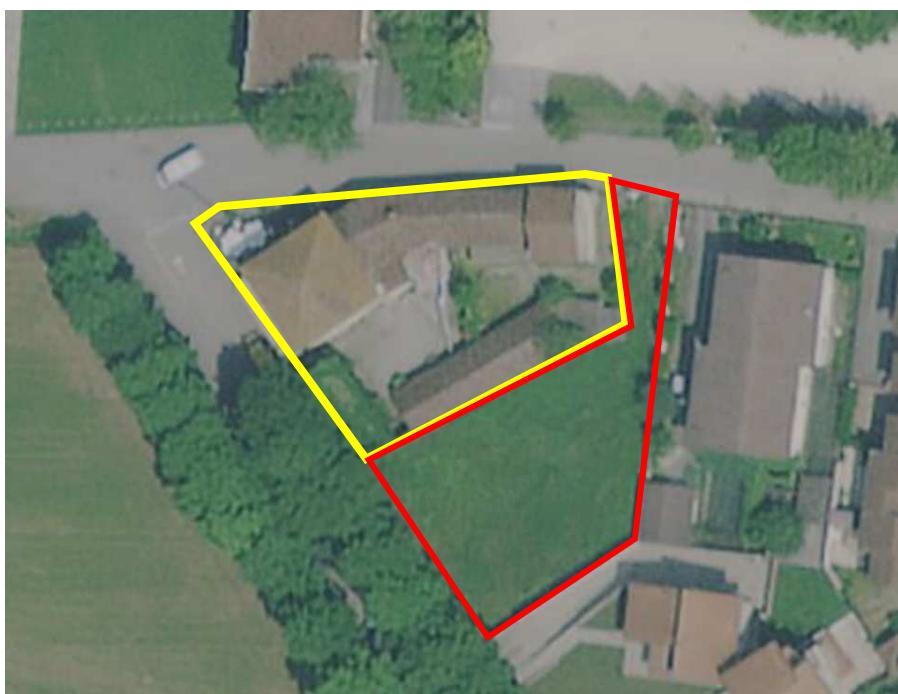
Dott. Ing. Paolo Gazzoli  
N° 1743 Ordine Ingegneri di Cremona  
Via Quadelle n.2/a - CASTELLEONE (CR)  
C.F. GZZPLA87A08D142K-P.I. 01662250198  
Tel. 0374/351152- 328/2565487  
ing.gazzoli@gmail.com  
paolo.gazzoli@ingpec.eu

# **RELAZIONE TECNICA DI INVARIANZA IDRAULICA**

## **INDIVIDUAZIONE AREA DI INTERVENTO**

**Oggetto della Pratica:** Piano di Recupero;

**Indirizzo di intervento:** viale santuario – 26012 Castelleone (CR);



L'intervento, oggetto di Piano di Recupero, coinvolge mappali caratterizzati da una differente situazione edilizia. Pertanto il Piano di Recupero prevede due distinte tipologie di intervento: La prima (in colore Giallo) caratterizzata da un'area interamente edificata per la quale il Piano prevede interventi di manutenzione straordinaria con parziali demolizioni e ricostruzioni, senza incremento di superficie coperta e di volume; La seconda (in colore Rosso) contempla opere di nuova costruzione.

Per l'intervento di cui alla prima tipologia **non** è richiesta la redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi e per gli effetti del Regolamento Regionale n. 7/2017 e s.m.i., poiché la tipologia di intervento ricade, “**a contrariis**”, tra quelli previsti ai punti 6 e 7 dell’ALLEGATO A.

Il secondo intervento consiste in opere di nuova costruzione su aree attualmente a verde e pertanto se ne individuano le superfici rese impermeabili e se ne definiscono i rispettivi coefficienti di deflusso:

- **LOTTO B – UNITA' 1**

$S_{COPERTA} = 69,82m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

$S_{VIALETTI\ NON\ COLLETTATI} = 54,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

- **LOTTO B – UNITA' 2**

$S_{COPERTA} = 73,12m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

$S_{VIALETTI\ NON\ COLLETTATI} = 41,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

- **LOTTO B – UNITA' 3**

$S_{COPERTA} = 73,19m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

$S_{VIALETTI\ NON\ COLLETTATI} = 41,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

- **BOX**

$S_{COPERTA} = 96,60m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;

Da quanto illustrato nell'art. 9 del regolamento regionale n°7/2017, la classe dell'intervento oggetto di studio ricade all'interno della “impermeabilizzazione potenziale media”, per la quale è utilizzabile al fine del calcolo il metodo delle sole piogge. Il comune di Castelleone risulta ubicato in Area B – aree a media criticità idraulica.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Arete A, B	Arete C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha ( $\le 300\text{ mq}$ )	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Facendo riferimento a quanto riportato all'interno dell'art. 5, comma 3, lettere a), b), c), d) del regolamento si precisa che al fine del rispetto del principio di invarianza idraulica, si provvederà alla realizzazione di quattro distinti dispositivi di infiltrazione a pozzo drenante per ciascuna delle nuove suddivisioni residenziali che saranno poi oggetto di vendite separate. Al fine di favorire lo smaltimento dei volumi derivanti da fenomeni particolarmente intensi, ciascun pozzo sarà dotato della possibilità di scaricare quota parte del volume stoccati verso il recettore finale, garantendo una portata massima scaricata inferiore al limite imposto. Si precisa sin da subito, che in fase di presentazione di S.C.I.A. alternativa al P.d.C. sarà meglio definita e dettagliate eventuali modifiche al progetto qui allegato.

NB: i volumi generati dalle superfici dei vialetti e dei camminamenti, non essendo prevista la rete di raccolta delle acque, saranno scaricati direttamente sul suolo che sarà opportunamente sagomato così da garantire l'accumulo del volume richiesto e la successiva infiltrazione nei primi strati del terreno.

## LOTTO B – UNITA' 1

- $S_1 = 69,82m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_2 = 54,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_{pozzo} = 7,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 0,7$ ;

Considerata la superficie del primo intervento, la portata limite scaricabile nel recettore risulta  $u_{lim}$  pari a 20 l/sha, dalla quale si ricava la portata massima uscente dall'opera di laminazione risulta pari a:

$$Q_{u,lim} = S_{tot} \cdot u_{lim} = 0,33 \frac{l}{s}$$

Al fine del calcolo si utilizza il coefficiente di permeabilità K riferito alla zona libera da costruzioni risulta pari a  $10^{-5} m/s$  così come ipotizzabile a seguito delle indagini geologiche effettuate.

### Dimensionamento con TR 50

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 50 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 55,543594 \text{ mm/ora}^n$
- $n = 0,2794$
- $k = 1 \cdot 10^{-5} m/s = 0,00001 m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017 si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 2,91 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,50} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w = \\ &= 6,94 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con i valori minimi imposti ai sensi dell'art.12 del regolamento regionale n°7/2017, che, per le Aree A identifica un volume specifico minimo pari a  $800 m^3/ha$ .

Calcolato il volume corrispondente al limite minimo imposto dalla normativa si determina che:

$$W_{0,min} = w_{0,min} \cdot S = 10,30 m^3$$

Poiché il volume minimo risulta maggiore del valore calcolato attraverso il metodo delle sole piogge, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $10,30 m^3$ .

Ripartendo tale volume in relazione alle superfici delle coperture e dei vialetti si determinano le seguenti quantità:

$$V_{SUP.COPERTA} = 5,80m^3$$

$$V_{VIALETTI\ NON\ COLLETTATI} = 4,50m^3$$

Per lo stoccaggio del volume derivante dalle superfici collettate si ipotizza di realizzare un pozzo drenante caratterizzato da un diametro di 2,00 m e profondità 1,00 m, oltre a scavo circolare con rinterro in ghiaia con pezzatura tale da garantire una porosità minima del 45% avente diametro esterno di 3,00 m e profondità 1,50 m.

In questo modo si ottiene un volume utile pari a:

$$V_{utile} = 6,50m^3$$

A favore di sicurezza come superficie percolante  $A_{perc}$  si considera metà della superficie laterale, ovvero:

$$A_{perc} = 14,13m^2$$

Tale superficie permette di infiltrare una portata pari a:

$$Q_{u,inf} = k \cdot A_{perc} = 0,05 \frac{l}{s}$$

Noto il volume di stoccaggio, si determini ora il tempo richiesto per lo svuotamento totale dell'opera che, ai sensi del regolamento regionale n°7/2017, dovrà risultare minore di 48h.

$$t = \frac{W_{0,min}}{3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf})} = 9,39\ ore$$

Tale valore risulta rispettare il valore imposto dal regolamento.

### **Verifica con TR 100**

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 100 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 62,238929\ mm/ora^n$
- $n = 0,2795$
- $k = 1 \cdot 10^{-5}\ m/s = 0,00001\ m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017, inserendo all'interno delle relazioni proposte la quota parte di portata infiltrata nel terreno ipotizzando una filtrazione attraverso metà della superficie laterale della trincea drenante e trascurando il contributo della superficie di base per tenere conto di eventuali depositi che potrebbero ostruire la superficie filtrante, si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim} + Q_{u,inf}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 3,40 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,100} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf}) \cdot D_w = \\ &= 10,30 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con il volume calcolato con TR50.

Poiché il volume  $W_{0,100}$  risulta minore del requisito minimo, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $10,30 m^3$ .

Il volume prima determinato rispetta il valore anche per TR100

## LOTTO B – UNITA' 2

- $S_1 = 73,12m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_2 = 41,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_{pozzo} = 7,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 0,7$ ;

Considerata la superficie del primo intervento, la portata limite scaricabile nel recettore risulta  $u_{lim}$  pari a 20 l/sha, dalla quale si ricava la portata massima uscente dall'opera di laminazione risulta pari a:

$$Q_{u,lim} = S_{tot} \cdot u_{lim} = 0,31 \frac{l}{s}$$

Al fine del calcolo si utilizza il coefficiente di permeabilità K riferito alla zona libera da costruzioni risulta pari a  $10^{-5} m/s$  così come ipotizzabile a seguito delle indagini geologiche effettuate.

### Dimensionamento con TR 50

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 50 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 55,543594 \text{ mm/ora}^n$
- $n = 0,2794$
- $k = 1 \cdot 10^{-5} m/s = 0,00001 m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017 si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 2,91 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,50} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w = \\ &= 6,42 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con i valori minimi imposti ai sensi dell'art.12 del regolamento regionale n°7/2017, che, per le Aree A identifica un volume specifico minimo pari a  $800 m^3/ha$ .

Calcolato il volume corrispondente al limite minimo imposto dalla normativa si determina che:

$$W_{0,min} = w_{0,min} \cdot S = 10,30 m^3$$

Poiché il volume minimo risulta maggiore del valore calcolato attraverso il metodo delle sole piogge, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $9,52 m^3$ .

Ripartendo tale volume in relazione alle superfici delle coperture e dei vialetti si determinano le seguenti quantità:

$$V_{SUP.COPERTA} = 6,10m^3$$

$$V_{VIALETTI\ NON\ COLLETTATI} = 3,40m^3$$

Per lo stoccaggio del volume derivante dalle superfici collettate si ipotizza di realizzare un pozzo drenante caratterizzato da un diametro di 2,00 m e profondità 1,00 m, oltre a scavo circolare con rinterro in ghiaia con pezzatura tale da garantire una porosità minima del 45% avente diametro esterno di 3,00 m e profondità 1,50 m.

In questo modo si ottiene un volume utile pari a:

$$V_{utile} = 6,50m^3$$

A favore di sicurezza come superficie percolante  $A_{perc}$  si considera metà della superficie laterale, ovvero:

$$A_{perc} = 14,13m^2$$

Tale superficie permette di infiltrare una portata pari a:

$$Q_{u,inf} = k \cdot A_{perc} = 0,05 \frac{l}{s}$$

Noto il volume di stoccaggio, si determini ora il tempo richiesto per lo svuotamento totale dell'opera che, ai sensi del regolamento regionale n°7/2017, dovrà risultare minore di 48h.

$$t = \frac{W_{0,min}}{3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf})} = 9,28 \text{ ore}$$

Tale valore risulta rispettare il valore imposto dal regolamento.

### **Verifica con TR 100**

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 100 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 62,238929 \text{ mm/ora}^n$
- $n = 0,2795$
- $k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} = 0,00001 \text{ m/s}$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017, inserendo all'interno delle relazioni proposte la quota parte di portata infiltrata nel terreno ipotizzando una filtrazione attraverso metà della superficie laterale della trincea drenante e trascurando il contributo della superficie di base per tenere conto di eventuali depositi che potrebbero ostruire la superficie filtrante, si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim} + Q_{u,inf}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 3,40 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,100} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf}) \cdot D_w = \\ &= 7,50 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con il volume calcolato con TR50.

Poiché il volume  $W_{0,100}$  risulta minore del requisito minimo, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $9,52 m^3$ .

Il volume prima determinato rispetta il valore anche per TR100

## LOTTO B – UNITA' 3

- $S_1 = 73,13m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_2 = 43,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_{pozzo} = 7,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 0,7$ ;

Considerata la superficie del primo intervento, la portata limite scaricabile nel recettore risulta  $u_{lim}$  pari a 20 l/sha, dalla quale si ricava la portata massima uscente dall'opera di laminazione risulta pari a:

$$Q_{u,lim} = S_{tot} \cdot u_{lim} = 0,31 \frac{l}{s}$$

Al fine del calcolo si utilizza il coefficiente di permeabilità K riferito alla zona libera da costruzioni risulta pari a  $10^{-5} m/s$  così come ipotizzabile a seguito delle indagini geologiche effettuate.

### Dimensionamento con TR 50

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 50 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 55,543594 \text{ mm/ora}^n$
- $n = 0,2794$
- $k = 1 \cdot 10^{-5} m/s = 0,00001 m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017 si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 2,91 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,50} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w = \\ &= 6,53 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con i valori minimi imposti ai sensi dell'art.12 del regolamento regionale n°7/2017, che, per le Aree A identifica un volume specifico minimo pari a  $800 m^3/ha$ .

Calcolato il volume corrispondente al limite minimo imposto dalla normativa si determina che:

$$W_{0,min} = w_{0,min} \cdot S = 9,69 m^3$$

Poiché il volume minimo risulta maggiore del valore calcolato attraverso il metodo delle sole piogge, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $9,69 m^3$ .

Ripartendo tale volume in relazione alle superfici delle coperture e dei vialetti si determinano le seguenti quantità:

$$V_{SUP.COPERTA} = 6,10m^3$$

$$V_{VIALETTI\ NON\ COLLETTATI} = 3,58m^3$$

Per lo stoccaggio del volume derivante dalle superfici collettate si ipotizza di realizzare un pozzo drenante caratterizzato da un diametro di 2,00 m e profondità 1,00 m, oltre a scavo circolare con rinterro in ghiaia con pezzatura tale da garantire una porosità minima del 45% avente diametro esterno di 3,00 m e profondità 1,50 m.

In questo modo si ottiene un volume utile pari a:

$$V_{utile} = 6,50m^3$$

A favore di sicurezza come superficie percolante  $A_{perc}$  si considera metà della superficie laterale, ovvero:

$$A_{perc} = 14,13m^2$$

Tale superficie permette di infiltrare una portata pari a:

$$Q_{u,inf} = k \cdot A_{perc} = 0,05 \frac{l}{s}$$

Noto il volume di stoccaggio, si determini ora il tempo richiesto per lo svuotamento totale dell'opera che, ai sensi del regolamento regionale n°7/2017, dovrà risultare minore di 48h.

$$t = \frac{W_{0,min}}{3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf})} = 9,30\ ore$$

Tale valore risulta rispettare il valore imposto dal regolamento.

### **Verifica con TR 100**

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 100 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 62,238929\ mm/ora^n$
- $n = 0,2795$
- $k = 1 \cdot 10^{-5}\ m/s = 0,00001\ m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017, inserendo all'interno delle relazioni proposte la quota parte di portata infiltrata nel terreno ipotizzando una filtrazione attraverso metà della superficie laterale della trincea drenante e trascurando il contributo della superficie di base per tenere conto di eventuali depositi che potrebbero ostruire la superficie filtrante, si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim} + Q_{u,inf}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 3,40 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,100} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf}) \cdot D_w = \\ &= 7,50 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con il volume calcolato con TR50.

Poiché il volume  $W_{0,100}$  risulta minore del requisito minimo, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $9,52 m^3$ .

Il volume prima determinato rispetta il valore anche per TR100

## ZONA BOX

- $S_1 = 96,60m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 1$ ;
- $S_2 = 125,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 0,7$ ;
- $S_{pozzo} = 7,00m^2$  alla quale è possibile attribuire un coefficiente di deflusso  $\varphi_1 = 0,7$ ;

Considerata la superficie del primo intervento, la portata limite scaricabile nel recettore risulta  $u_{lim}$  pari a 20 l/sha, dalla quale si ricava la portata massima uscente dall'opera di laminazione risulta pari a:

$$Q_{u,lim} = S_{tot} \cdot u_{lim} = 0,38 \frac{l}{s}$$

Al fine del calcolo si utilizza il coefficiente di permeabilità K riferito alla zona libera da costruzioni risulta pari a  $10^{-5}m/s$  così come ipotizzabile a seguito delle indagini geologiche effettuate.

### Dimensionamento con TR 50

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 50 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 55,543594 \text{ mm/ora}^n$
- $n = 0,2794$
- $k = 1 \cdot 10^{-5} m/s = 0,00001 m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017 si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 2,91 \text{ ore}$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,50} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w = \\ &= 10,19 m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con i valori minimi imposti ai sensi dell'art.12 del regolamento regionale n°7/2017, che, per le Aree A identifica un volume specifico minimo pari a  $800 m^3/ha$ .

Calcolato il volume corrispondente al limite minimo imposto dalla normativa si determina che:

$$W_{0,min} = w_{0,min} \cdot S = 15,12 m^3$$

Poiché il volume minimo risulta maggiore del valore calcolato attraverso il metodo delle sole piogge, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $15,12 m^3$ .

Ripartendo tale volume in relazione alle superfici delle coperture e dei vialetti si determinano le seguenti quantità:

$$V_{SUP.COPERTA} = 6,60m^3$$

$$V_{VIALETTI\ IN\ GHIAIA\ NON\ COLLETTATO} = 8,53m^3$$

Per lo stoccaggio del volume derivante dalle superfici collettate si ipotizza di realizzare un ipertubo avente diametro interno pari a 1 m e lunghezza pari a 10 m.

In questo modo si ottiene un volume utile pari a:

$$V_{utile} = 7,85m^3$$

Noto il volume di stoccaggio, si determini ora il tempo richiesto per lo svuotamento totale dell'opera che, ai sensi del regolamento regionale n°7/2017, dovrà risultare minore di 48h.

$$t = \frac{W_{0,min}}{3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf})} = 4,85\ ore$$

Tale valore risulta rispettare il valore imposto dal regolamento.

### Verifica con TR 100

La curva di possibilità pluviometrica valida localmente, determinata attraverso i dati e le metodologie proposte da ARPA Lombardia per un tempo di ritorno di 100 anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = A_1 \cdot w_T = 62,238929\ mm/ora^n$
- $n = 0,2795$
- $k = 1 \cdot 10^{-5}\ m/s = 0,00001\ m/s$

Procedendo nel calcolo attraverso il metodo delle sole piogge così come illustrato all'interno dell'allegato D del regolamento regionale n°7/2017, inserendo all'interno delle relazioni proposte la quota parte di portata infiltrata nel terreno ipotizzando una filtrazione attraverso metà della superficie laterale della trincea drenante e trascurando il contributo della superficie di base per tenere conto di eventuali depositi che potrebbero ostruire la superficie filtrante, si ricava la durata critica dell'evento meteorico:

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim} + Q_{u,inf}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 3,40\ ore$$

Attraverso la quale è possibile ricavare il volume massimo di invaso pari a:

$$\begin{aligned} W_{0,100} &= 10 \cdot S \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot (Q_{u,lim} + Q_{u,inf}) \cdot D_w = \\ &= 11,93m^3 \end{aligned}$$

Tale valore così calcolato risulta da confrontare con il volume calcolato con TR50.

Poiché il volume  $W_{0,100}$  risulta minore del requisito minimo, si adotta come valore finale per l'opera di laminazione il valore  $W_{0,min}$  pari a  $15,12m^3$ .

Il volume prima determinato rispetta il valore anche per TR100

### Uso e manutenzione

MODALITA' D'USO Si dovrà verificare che le opere per la captazione, l'allontanamento delle acque all'interno di tutte le componenti dell'opera (trincee drenanti, tubazione di scarico e pozzi d'ispezione) risultino "funzionali" e non intasate.

### PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Si prescrive un controllo periodico per verificare il reale stato dell'intera opera, attraverso controlli e prove di permeabilità, da effettuarsi con frequenza semestrale e a seguito di eventi meteorici di consistente intensità.

Le verifiche dovranno comportare l'ispezione dei pozzi di convogliamento e la condotta di allontanamento delle acque provenienti dalla trincea drenante. Si dovranno inoltre provvedere alla pulizia dell'intera condotta e dei depositi all'interno dei pozzi. La verifica del funzionamento degli eventuali organi meccanici dovrà prevedere l'immediata sostituzione delle parti ammalorate e usurate, al fine che venga garantito l'adeguato funzionamento. Le verifiche si dovranno effettuare con frequenza semestrale e in conseguentemente ad eventi meteorici di particolare intensità.

Per tutto quanto non compiutamente descritto si rimanda alle indicazioni fornite dalla casa produttrice e dal tecnico installatore.

Castelleone, 12.06.2022

**il tecnico**

geom. Giovanni Capoani

ing. Paolo Gazzoli

ALLEGATO – PARAMETRI TR50

<b>Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore</b>								
<b>RPA LOMBARDIA</b> Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente		Località: CASTELLEONE - VIALE SANTUARIO						
Coordinate:		Linea segnatrice						
Parametri ricavati da: <a href="http://idro.arpalombardia.it">http://idro.arpalombardia.it</a>		Tempo di ritorno (anni) <b>50</b>						
A1 - Coefficiente pluviometrico orario 27,34		Evento pluviometrico						
N - Coefficiente di scala 0,2794		Durata dell'evento [ore] <b>2,91</b>						
GEV - parametro alpha 0,2776		Precipitazione cumulata [mm] <b>55,5435938</b>						
GEV - parametro kappa -0,055								
GEV - parametro epsilon 0,8234								
Formulazione analitica								
$h_T(D) = a_1 w_T D^n$		$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$						
Bibliografia ARPA Lombardia: <a href="http://idro.arpalombardia.it/manual/lspn.pdf">http://idro.arpalombardia.it/manual/lspn.pdf</a> <a href="http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf">http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf</a>								
<b>Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno</b>								
Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,92618	1,25744	1,48841	1,71910	2,03159	2,27648	2,53001	<b>2,03158719</b>
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	<b>TR 50 anni</b>
1	25,3	34,4	40,7	47,0	55,5	62,2	69,2	<b>55,5435938</b>
2	30,7	41,7	49,4	57,0	67,4	75,5	84,0	<b>67,4127055</b>
3	34,4	46,7	55,3	63,9	75,5	84,6	94,0	<b>75,4990792</b>
4	37,3	50,6	59,9	69,2	81,8	91,7	101,9	<b>81,8181279</b>
5	39,7	53,9	63,8	73,7	87,1	97,6	108,4	<b>87,0815591</b>
6	41,8	56,7	67,1	77,5	91,6	102,7	114,1	<b>91,632479</b>
7	43,6	59,2	70,1	81,0	95,7	107,2	119,1	<b>95,6652848</b>
8	45,3	61,5	72,8	84,0	99,3	111,3	123,7	<b>99,3018453</b>
9	46,8	63,5	75,2	86,8	102,6	115,0	127,8	<b>102,624093</b>
10	48,2	65,4	77,4	89,4	105,7	118,4	131,6	<b>105,690019</b>
11	49,5	67,2	79,5	91,8	108,5	121,6	135,2	<b>108,542318</b>
12	50,7	68,8	81,5	94,1	111,2	124,6	138,5	<b>111,213425</b>
13	51,8	70,4	83,3	96,2	113,7	127,4	141,6	<b>113,728615</b>
14	52,9	71,9	85,1	98,2	116,1	130,1	144,6	<b>116,108001</b>
15	54,0	73,3	86,7	100,2	118,4	132,6	147,4	<b>118,367881</b>
16	54,9	74,6	88,3	102,0	120,5	135,0	150,1	<b>120,521659</b>
17	55,9	75,9	89,8	103,7	122,6	137,4	152,7	<b>122,580505</b>
18	56,8	77,1	91,3	105,4	124,6	139,6	155,1	<b>124,553838</b>
19	57,6	78,3	92,6	107,0	126,4	141,7	157,5	<b>126,449679</b>
20	58,5	79,4	94,0	108,5	128,3	143,7	159,7	<b>128,274921</b>
21	59,3	80,5	95,3	110,0	130,0	145,7	161,9	<b>130,035535</b>
22	60,1	81,5	96,5	111,5	131,7	147,6	164,1	<b>131,736728</b>
23	60,8	82,6	97,7	112,9	133,4	149,5	166,1	<b>133,383078</b>
24	61,5	83,5	98,9	114,2	135,0	151,2	168,1	<b>134,978624</b>

ALLEGATO – PARAMETRI TR100

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore								
<b>RPA LOMBARDIA</b> Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente								
Località: CASTELLEONE - VIALE SANTUARIO								
Coordinate: 0								
Parametri ricavati da: <a href="http://idro.arpalombardia.it">http://idro.arpalombardia.it</a>								
A1 - Coefficiente pluviometrico orario 27,34								
N - Coefficiente di scala 0,2794								
GEV - parametro alpha 0,2776								
GEV - parametro kappa -0,055								
GEV - parametro epsilon 0,8234								
Tempo di ritorno (anni) 100								
Linea segnatrice								
Evento pluviometrico								
Durata dell'evento [ore] 3,40								
Precipitazione cumulata [mm] 62,2389294								
<p>Formulazione analitica</p> $h_T(D) = a_1 w_T D^n$ $w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$								
<p>Bibliografia ARPA Lombardia:  <a href="http://idro.arpalombardia.it/manual/ISPP.pdf">http://idro.arpalombardia.it/manual/ISPP.pdf</a>  <a href="http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf">http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf</a></p>								
Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno								
Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,92618	1,25744	1,48841	1,71910	2,03159	2,27648	2,53001	<b>2,27647876</b>
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	25,3	34,4	40,7	47,0	55,5	62,2	69,2	<b>62,2389294</b>
2	30,7	41,7	49,4	57,0	67,4	75,5	84,0	<b>75,5387674</b>
3	34,4	46,7	55,3	63,9	75,5	84,6	94,0	<b>84,5998888</b>
4	37,3	50,6	59,9	69,2	81,8	91,7	101,9	<b>91,6806482</b>
5	39,7	53,9	63,8	73,7	87,1	97,6	108,4	<b>97,5785438</b>
6	41,8	56,7	67,1	77,5	91,6	102,7	114,1	<b>102,678041</b>
7	43,6	59,2	70,1	81,0	95,7	107,2	119,1	<b>107,196969</b>
8	45,3	61,5	72,8	84,0	99,3	111,3	123,7	<b>111,271888</b>
9	46,8	63,5	75,2	86,8	102,6	115,0	127,8	<b>114,994606</b>
10	48,2	65,4	77,4	89,4	105,7	118,4	131,6	<b>118,430105</b>
11	49,5	67,2	79,5	91,8	108,5	121,6	135,2	<b>121,626226</b>
12	50,7	68,8	81,5	94,1	111,2	124,6	138,5	<b>124,619313</b>
13	51,8	70,4	83,3	96,2	113,7	127,4	141,6	<b>127,437689</b>
14	52,9	71,9	85,1	98,2	116,1	130,1	144,6	<b>130,103891</b>
15	54,0	73,3	86,7	100,2	118,4	132,6	147,4	<b>132,636182</b>
16	54,9	74,6	88,3	102,0	120,5	135,0	150,1	<b>135,04958</b>
17	55,9	75,9	89,8	103,7	122,6	137,4	152,7	<b>137,356603</b>
18	56,8	77,1	91,3	105,4	124,6	139,6	155,1	<b>139,567806</b>
19	57,6	78,3	92,6	107,0	126,4	141,7	157,5	<b>141,692176</b>
20	58,5	79,4	94,0	108,5	128,3	143,7	159,7	<b>143,737436</b>
21	59,3	80,5	95,3	110,0	130,0	145,7	161,9	<b>145,710277</b>
22	60,1	81,5	96,5	111,5	131,7	147,6	164,1	<b>147,616536</b>
23	60,8	82,6	97,7	112,9	133,4	149,5	166,1	<b>149,46134</b>
24	61,5	83,5	98,9	114,2	135,0	151,2	168,1	<b>151,249217</b>