

PAC 28

RELAZIONE DI VERIFICA
INVARIANZA IDRAULICA

1.3D

luglio 2017
DATA

P.A.C. DI INIZIATIVA PRIVATA N.28
di Viale Grande - Pordenone - loc. Torre

Indice

1 Premessa.....	3
2 Inquadramento pluviometrico ed idrologico.....	3
2.1 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica.....	4
2.2 Definizione del tempo di ritorno di riferimento.....	14
3 Definizione dell'area oggetto di analisi.....	15
3.1 Generalità.....	15
3.2 Definizione livello di sofferenza idraulica.....	17
4 Dimensionamento dei dispositivi idraulici – Pozzi disperdenti.....	19
4.1 Premessa.....	19
4.2 Calcolo della portata di infiltrazione da parte dei pozzi.....	21
5 Metodo di calcolo idrologico-idraulico considerato.....	23
5.1 Premessa.....	23
6 Risultati delle calcolazioni.....	31

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di fornire gli elementi utili al dimensionamento ed alla verifica dei dispositivi idraulici come misura compensativa, relativi al P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone in Località Torre s Pordenone.

Si considererà nelle valutazioni successive il sistema interrato di dispersione in falda delle acque di origine meteorica pertinenti alle superfici coperte e scoperte, in conformità al D.P.Reg. del 27 marzo 2018 n° 083/Pres.

Ad un inquadramento pluviometrico ed idrologico, tale da permettere la caratterizzazione dell'area, seguirà la descrizione del sistema geologico interessato dal sistema di drenaggio in falda ed il dimensionamento-verifica degli elementi coinvolti.

2 INQUADRAMENTO PLUVIOMETRICO ED IDROLOGICO

La distribuzione delle precipitazioni meteoriche nel bacino di interesse segue la legge generale che si riscontra nella regione veneta con un aumento di piovosità secondo la direttrice sud-ovest nord-est, in modo che il valore della pioggia media annua è compresa tra le isoiete 1100 mm e 1200 mm.

Quale stazione pluviometrica di riferimento si può considerare quella di Pordenone, rappresentativa dell'andamento pluviometrico dell'area e per la quale sono disponibili le osservazioni storiche orarie.

Si riportano di seguito i dati relativi a tale stazione di rilevamento.

Stazione pluviometrica di Pordenone:

Localizzazione:	Latitudine:	45°57'
	Longitudine:	0°13' E
	Quota:	34 m.s.m.m.
Inizio osservazioni:		1958
Fine osservazioni:		1994

2.1 Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica

L'impiego delle osservazioni disponibili per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica è di norma fatto precedere da una loro elaborazione statistica al fine di regolarizzare i risultati e poter estendere la validità di dette relazioni fuori dei limiti definiti dalla serie sperimentale.

L'elaborazione statistica consiste generalmente nel determinare la distribuzione sperimentale, cioè la distribuzione delle osservazioni disponibili e nel verificare, successivamente, se tale distribuzione può rappresentarsi con una distribuzione teorica matematicamente determinata.

In pratica la distribuzione statistica delle massime precipitazioni di assegnata durata si determina associando agli eventi di pioggia ordinati per grandezze crescenti le corrispondenti frequenze sperimentali.

Tra le numerose espressioni proposte per la determinazione di dette frequenze, intese quali frequenze cumulate di non superamento, la più usata in questo campo è senza dubbio quella formulata da Weibull e suscettibile secondo Gumbell di una giustificazione teorica.

A seconda del tipo di evento oggetto di investigazione, si fa riferimento a differenti gruppi di eventi temporalmente omogenei: nel caso di eventi che interessano vaste aree, a livello di macrobacino, l'intervallo temporale che permette di interpretare il fenomeno in esame è rappresentato dalle precipitazioni di durata superiore (1, 2, 3, 4 e 5 giorni). Quanto l'orizzonte areale assume contorni maggiormente definiti e circoscritti, vengono considerati solo i massimi annuali per il gruppo di valori relativi alle precipitazioni di 1, 3, 6, 12, 24 ore. Infine, per aree di limitata estensione nelle quali gli effetti critici si raggiungono con le precipitazioni di maggior intensità e minor durata, si fa riferimento ai cosiddetti scrosci, ovvero le precipitazioni massime di durata 15, 30, 45 minuti.

I dati reperiti negli Annali Idrologici sono stati quindi regolarizzati impiegando il metodo di Gumbell o "dei valori estremi"; dall'elaborazione sono state ottenute le curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (T_r).

Di seguito si riportano le tabelle con gli elementi ed i risultati del calcolo relativi alle piogge analizzate, ovvero orarie e sub-orarie.

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

TABELLA 1 - OSSERVAZIONI PLUVIOMETRICHE

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:		Pordenone									
Anni di osservazione		27									
Anno	h(mm)	INTERVALLO DI ORE									
		1		3		6		12		24	
		h(mm)	$X^2 : h - M ^2$	h(mm)	$X^2 : h - M ^2$	h(mm)	$X^2 : h - M ^2$	h(mm)	$X^2 : h - M ^2$	h(mm)	$X^2 : h - M ^2$
1968	51.40	240.14	61.80	311.46	62.20	50.46	78.20	20.42	78.60	149.93	
1969	34.40	2.26	57.20	170.25	57.80	7.31	58.00	245.91	58.00	1078.76	
1970	37.60	2.88	41.00	9.93	41.00	198.71	43.00	941.35	65.20	657.64	
1971	39.20	10.87	50.60	41.58	55.80	0.50	67.00	44.64	73.00	318.42	
1972	34.40	2.26	40.20	15.62	40.20	221.90	43.00	941.35	70.20	426.19	
1973	41.00	25.97	41.40	7.57	41.40	187.59	42.00	1003.72	61.00	890.69	
1974	25.80	102.08	27.60	273.96	36.60	342.11	60.00	187.18	89.40	2.09	
1975	46.00	101.94	50.60	41.58	57.00	3.62	95.40	471.69	103.80	167.85	
1976	22.80	171.71	30.20	194.65	37.80	299.16	55.60	326.94	60.60	914.73	
1977	26.80	82.88	27.40	280.62	39.20	252.69	63.20	109.86	74.40	270.42	
1978	58.00	488.25	65.80	468.64	77.00	479.77	96.60	525.26	112.20	456.06	
1979	40.80	23.97	46.80	7.01	64.60	90.32	69.80	15.07	90.00	0.71	
1980	45.80	97.94	54.20	100.97	67.80	161.38	87.00	177.38	93.40	6.53	
1981	69.60	1135.44	96.90	2782.37	123.20	4638.11	147.60	5463.95	174.00	6914.85	
1982	41.40	30.21	45.20	1.10	64.40	86.56	93.20	380.97	157.60	4456.30	
1983	29.80	37.26	43.80	0.12	49.80	28.05	75.40	2.95	103.60	162.70	
1984	32.80	9.63	39.80	18.94	41.60	182.15	55.00	349.00	78.60	149.93	
1985	29.60	39.74	31.00	172.97	31.60	552.08	42.60	966.06	62.40	809.09	
1986	34.80	1.22	49.00	23.50	59.40	18.52	72.40	1.64	101.60	115.68	
1987	30.80	26.05	47.20	9.29	55.40	0.09	70.80	8.30	75.60	232.39	
1988	26.80	82.88	38.60	30.82	57.20	4.43	86.60	166.89	92.60	3.08	
1989	28.80	50.46	30.40	189.11	40.80	204.38	58.00	245.91	59.00	1014.07	
1990	30.40	30.29	47.60	11.89	91.40	1317.96	152.20	6165.16	180.40	8020.20	
1991	19.40	272.37	26.40	315.13	31.60	552.08	56.40	298.65	76.20	214.46	
1992	32.00	15.24	32.40	138.11	50.20	23.97	90.80	293.04	118.80	781.51	
1993	33.40	6.27	38.60	30.82	59.80	22.12	59.80	192.70	59.80	963.76	
1994	25.80	102.08	30.40	189.11	52.80	5.27	69.80	15.07	82.80	64.71	

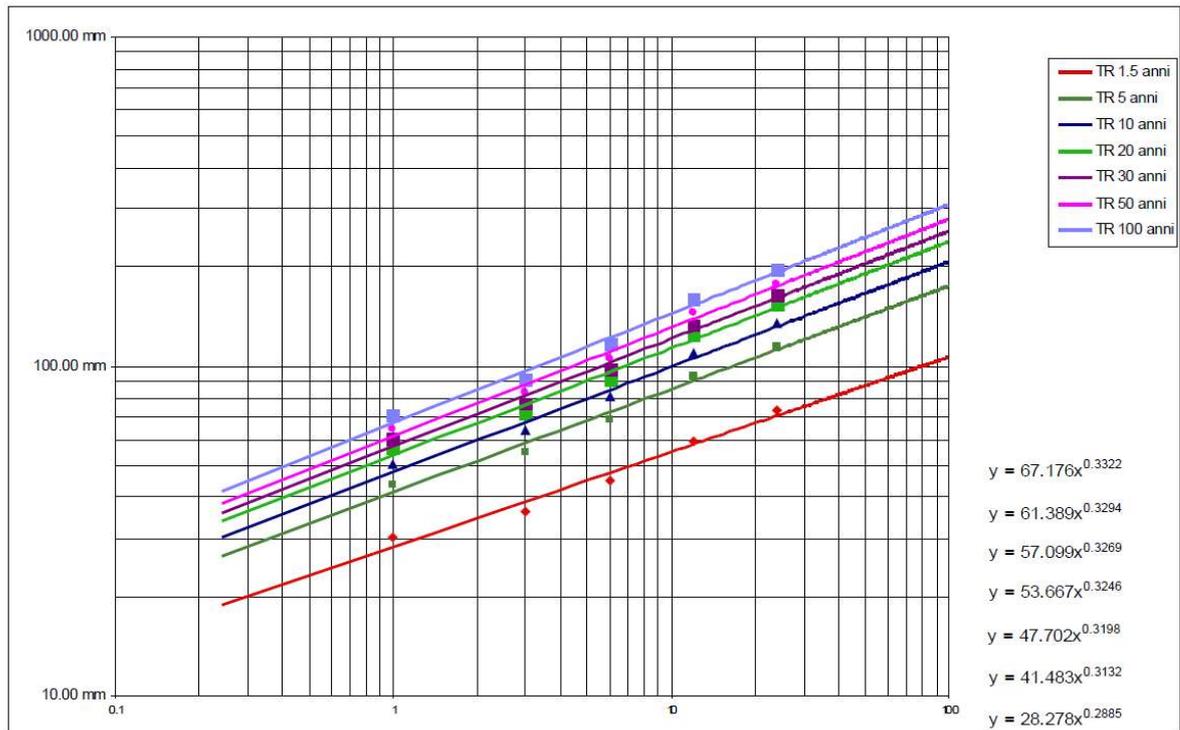
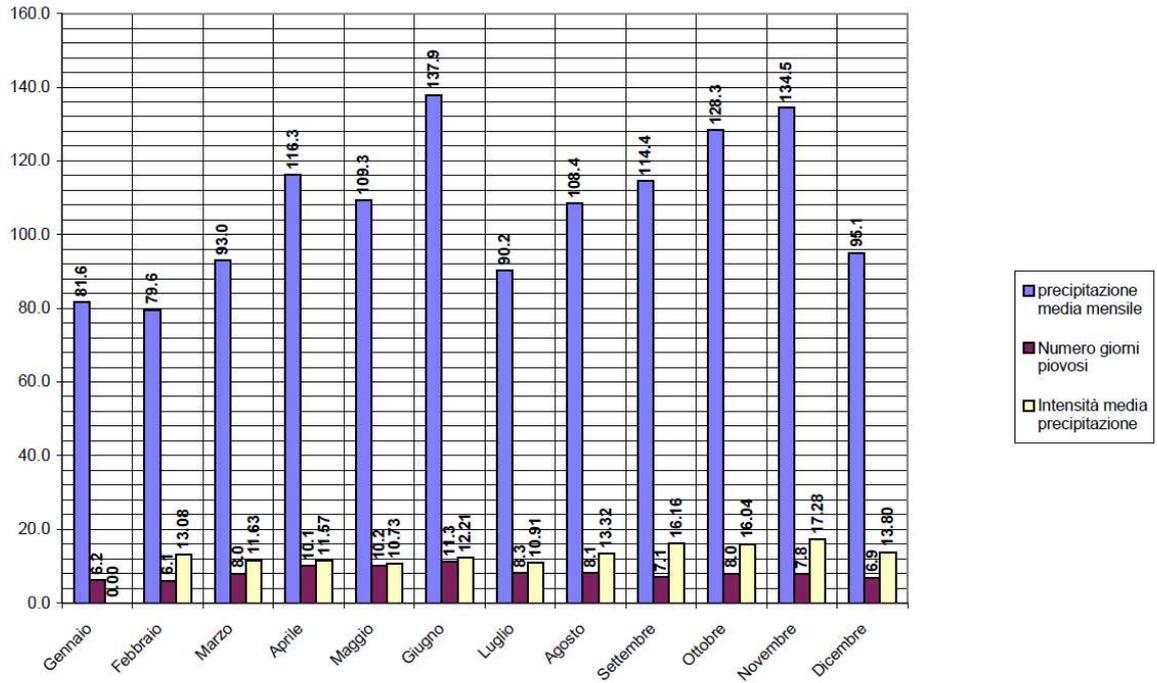
TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

N=	27	27	27	27	27
$M = \frac{\sum h}{N}$	35.90	44.15	55.10	73.68	90.84
$M^2 = \frac{\sum h^2}{N}$	3192.27	5837.15	9931.31	19561.06	29242.75
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum h^2}{N} - M^2}$	11.08	14.98	19.54	27.43	33.54
$\frac{1}{\beta} = \frac{2.83}{\sigma}$	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04
$\frac{1}{\beta M} = \frac{0.5772}{\sigma}$	30.92	37.41	46.30	61.34	75.76

Tempo di ritorno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1.5 anni	hmax= 30.11 mm	36.31 mm	44.87 mm	59.33 mm	73.30 mm
5 anni	hmax= 43.87 mm	54.93 mm	69.15 mm	93.41 mm	114.96 mm
10 anni	hmax= 50.35 mm	63.69 mm	80.58 mm	109.45 mm	134.58 mm
20 anni	hmax= 56.57 mm	72.10 mm	91.55 mm	124.84 mm	153.40 mm
30 anni	hmax= 60.15 mm	76.93 mm	97.86 mm	133.69 mm	164.22 mm
50 anni	hmax= 64.62 mm	82.98 mm	105.74 mm	144.76 mm	177.75 mm
100 anni	hmax= 70.65 mm	91.13 mm	116.38 mm	159.69 mm	196.00 mm

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"



Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

TABELLA 1 - OSSERVAZIONI PLUVIOMETRICHE

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI:		Pordenone - Torre							
Anni di osservazione		30							
	Anno	INTERVALLO DI MINUTI							
		15		30		45		60	
		h(mm)	$X^2: (h_i \cdot M)^2$	h(mm)	$X^2: (h_i \cdot M)^2$	h(mm)	$X^2: (h_i \cdot M)^2$	h(mm)	$X^2: (h_i \cdot M)^2$
1967	14.80	28.23	27.40	0.06	29.60	10.28	32.60	6.59	
1968	28.00	62.20	38.00	107.19	47.40	212.97	51.40	263.52	
1969	17.60	6.32	22.00	31.88	31.20	2.58	34.40	0.59	
1970	17.60	6.32	24.40	10.54	28.60	17.70	31.60	12.72	
1971	24.60	20.13	31.80	17.25	40.60	60.74	53.60	339.79	
1972	20.00	0.01	21.00	44.18	21.60	125.59	27.80	54.27	
1973	9.60	110.53	14.20	180.81	19.80	169.17	22.60	157.92	
1974	20.40	0.08	22.80	23.49	24.00	77.56	25.40	95.39	
1975	28.40	68.67	38.60	119.98	46.40	184.78	49.80	214.13	
1976	15.20	24.14	18.00	93.06	19.40	179.74	20.60	212.19	
1977	22.20	4.35	25.00	7.00	25.00	60.94	25.00	103.36	
1978	27.00	47.43	43.80	260.93	53.00	407.77	59.20	577.60	
1979	21.20	1.18	37.40	95.13	50.00	295.61	57.40	494.32	
1980	18.80	1.72	23.60	16.38	29.40	11.61	35.60	0.19	
1981	27.40	53.10	32.60	24.54	34.80	3.97	36.80	2.67	
1982	20.80	0.47	30.80	9.94	38.80	35.92	41.00	34.03	
1983	22.80	7.22	25.00	7.00	25.40	54.86	25.60	91.52	
1984	24.20	16.70	38.40	115.63	50.40	309.53	53.40	332.45	
1985	13.80	39.86	17.00	113.35	29.00	14.49	20.20	224.00	
1987	21.60	2.21	29.40	3.07	32.80	0.00	34.80	0.13	
1988	17.80	5.35	32.60	24.54	33.40	0.35	33.80	1.87	
1989	14.80	28.23	16.60	122.03	18.20	213.35	19.80	236.13	
1990	18.60	2.29	27.60	0.00	29.60	10.28	32.20	8.80	
1991	11.00	83.05	14.20	180.81	16.40	269.18	18.20	287.87	
1992	23.40	10.80	24.40	10.54	27.20	31.43	27.60	57.25	
1993	22.20	4.35	30.00	5.54	30.00	7.88	30.20	24.67	
1994	20.80	0.47	20.80	46.88	28.40	19.42	28.40	45.79	
1995	23.60	12.16	27.60	0.00	30.00	7.88	21.60	184.05	
1996	25.20	25.87	36.20	73.16	46.00	174.06	55.80	425.73	
1997	10.00	102.28	38.20	111.37	47.80	224.80	48.60	180.45	

TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

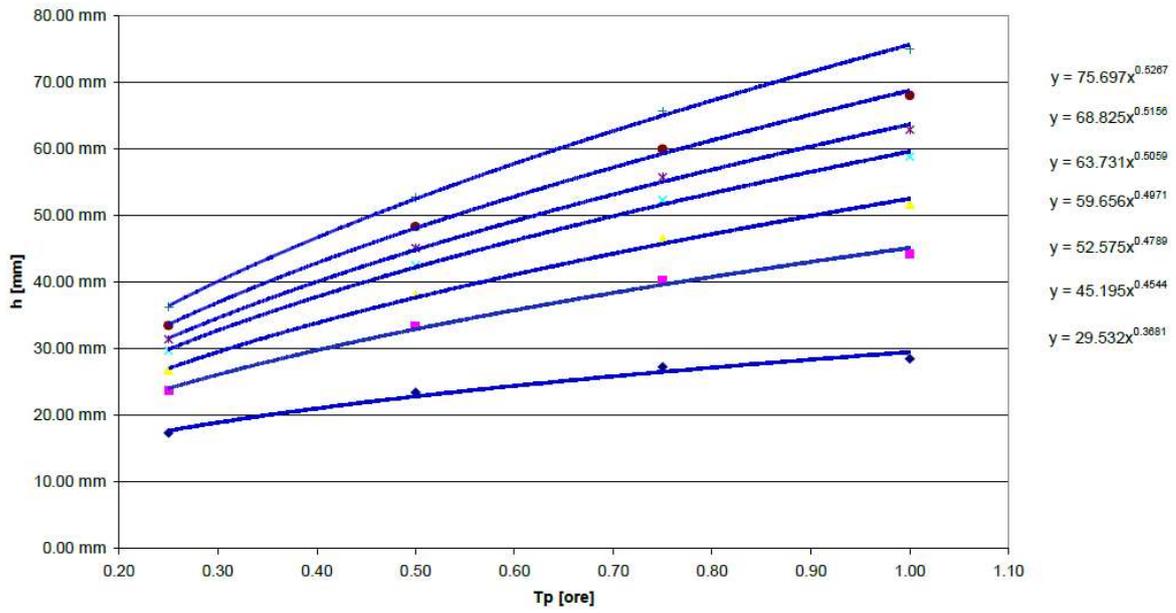
N=	30	30	30	30
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	20.11	27.65	32.81	35.17
$\sum X^2$	775.73	1856.29	3194.44	4670.01
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	5.17	8.00	10.50	12.69
$\alpha = 1,283 / \sigma$	0.25	0.16	0.12	0.10
$\beta = M - 0,5772 / \alpha$	17.79	24.05	28.08	29.46

Tempo di ritorno		15 min	30 min	45 min	60 min
1.5 anni	hmax=	17.41 mm	23.46 mm	27.32 mm	28.53 mm
5 anni	hmax=	23.83 mm	33.40 mm	40.35 mm	44.29 mm
10 anni	hmax=	26.86 mm	38.08 mm	46.49 mm	51.72 mm
20 anni	hmax=	29.76 mm	42.57 mm	52.38 mm	58.84 mm
30 anni	hmax=	31.43 mm	45.15 mm	55.77 mm	62.93 mm
50 anni	hmax=	33.52 mm	48.38 mm	60.00 mm	68.05 mm
100 anni	hmax=	36.33 mm	52.73 mm	65.72 mm	74.96 mm

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

Scrosci



Se quanto riportato sopra deriva dall'analisi autonoma condotta dallo scrivente per le informazioni ricavata per la stazione di riferimento soprariportata, si osserva che ora il DPRReg citato impone, per la caratterizzazione pluviometrica delle aree interessate, l'utilizzo dell'applicativo RainMap di proprietà e sviluppato della Regione FVG.

Nello sviluppo di tale applicativo sono stati utilizzati i dati relativi alle precipitazioni orarie (1, 3, 6, 12, 24 ore) provenienti da 62 stazioni pluviometriche ubicate in parte in Regione FVG ed in parte in Veneto.

Il periodo temporale di acquisizione dei dati è compreso tra il 1920 ed il 1997 per la maggior parte delle stazioni e per alcune stazioni sono stati integrati i dati disponibili al 2003.

Il metodo utilizzato è scala-invariante ed è basato sulla distribuzione GEV (Generalized Extreme Value), riassumibile nella seguente espressione:

$$h=at^n$$

dove:

h: altezza di precipitazione attesa

a: coefficiente pluviometrico orario dipendente dal tempo di ritorno

n: coefficiente di scala, assunto scala-invariante nel modello utilizzato

t: durata della precipitazione

Il parametro a è legato al tempo di ritorno (T_r) dall'equazione del tipo:

$$a=f(a_1, cv, T_r)$$

dove

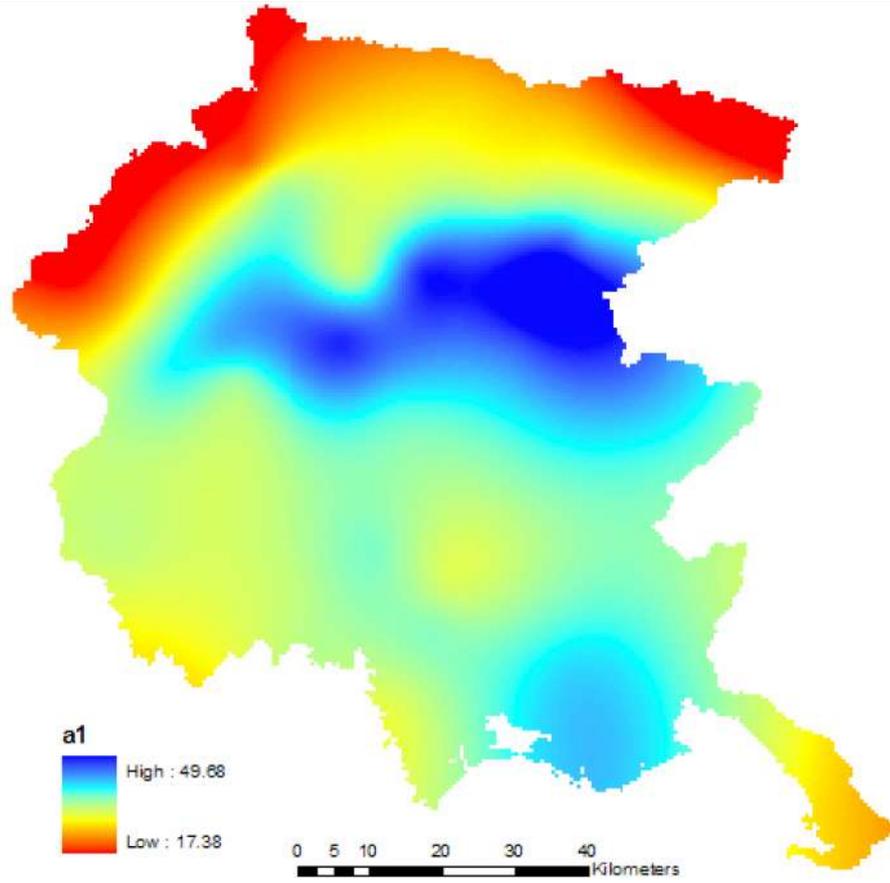
a₁: coefficiente pluviometrico orario

cv: coefficiente di variazione

Le mappe dei parametri a₁, cv ed n sono rappresentabili come di seguito riportato:

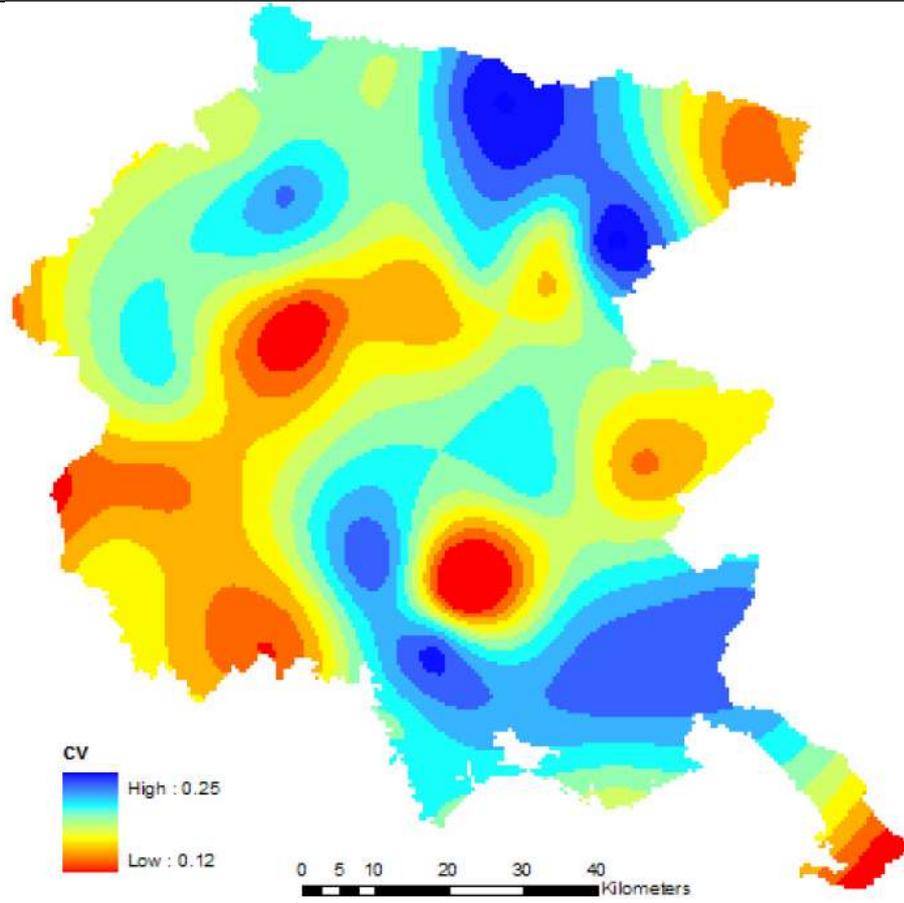
Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"



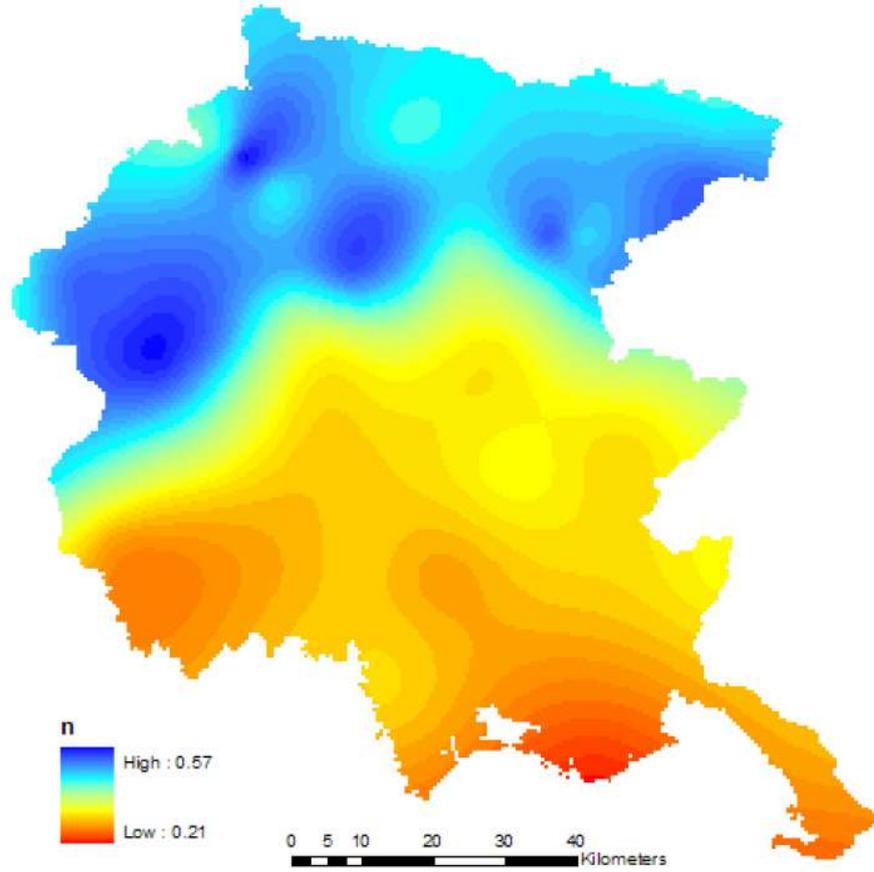
Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

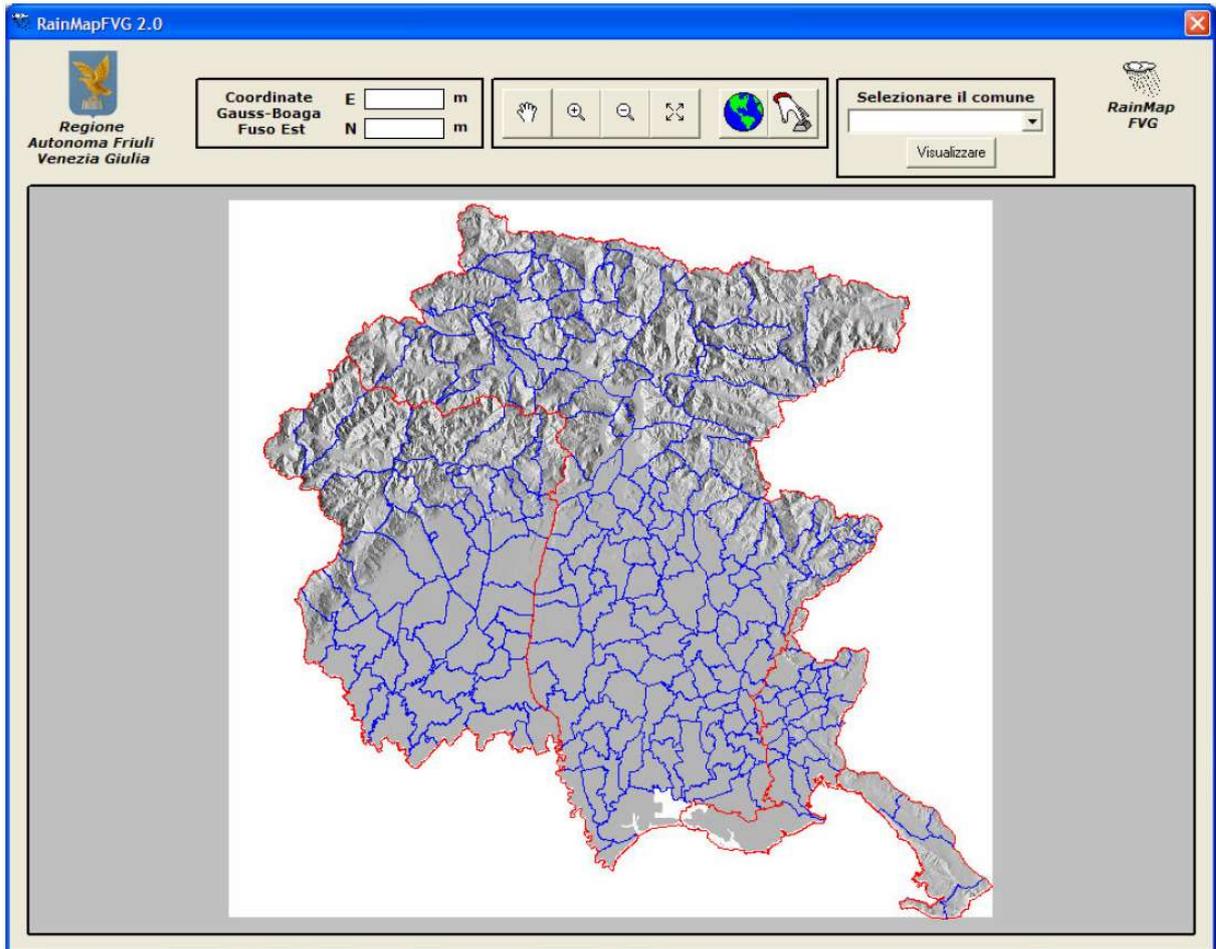


Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"



Ricorrendo al suddetto applicativo i parametri pluviometrici che si ottengono sono:

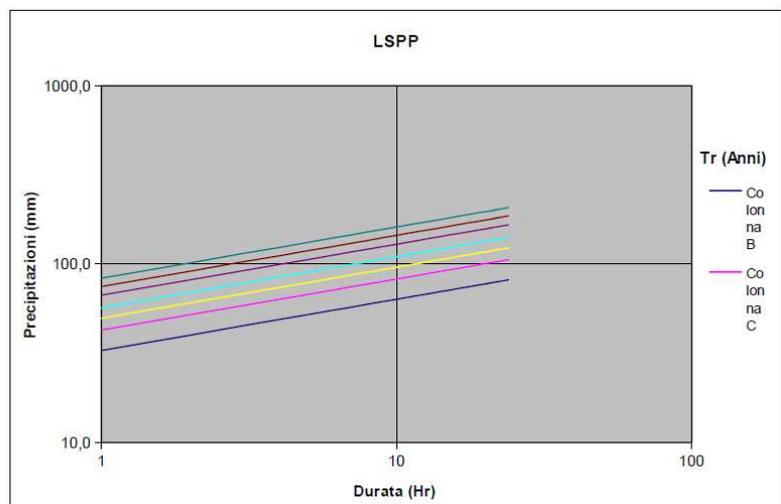


LSPP Friuli Venezia Giulia

Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est		
	E	N
Input	2339499	5094213
Baricentro cella	2339250	5094250

Parametri LSPP							
n	0,29						
Tempo di ritorno (Anni)							
	2	5	10	20	50	100	200
a	32,7	42,5	49,5	56,7	66,7	74,7	83,2

Precipitazioni (mm)								
Durata (Hr)	Tempo di ritorno (Anni)							
	2	5	10	20	50	100	200	
1	32,7	42,5	49,5	56,7	66,7	74,7	83,2	
2	39,9	51,8	60,4	69,1	81,3	91,1	101,5	
3	44,8	58,2	67,8	77,7	91,4	102,4	114,0	
4	48,7	63,2	73,7	84,4	99,2	111,2	123,8	
5	51,9	67,4	78,5	89,9	105,8	118,5	132,0	
6	54,7	71,0	82,7	94,7	111,4	124,9	139,1	
7	57,1	74,2	86,5	99,0	116,5	130,5	145,4	
8	59,4	77,1	89,9	102,9	121,0	135,6	151,1	
9	61,4	79,8	92,9	106,4	125,2	140,3	156,2	
10	63,3	82,2	95,8	109,7	129,0	144,6	161,0	
11	65,0	84,5	98,5	112,7	132,6	148,6	165,5	
12	66,7	86,6	100,9	115,6	135,9	152,3	169,7	
13	68,2	88,6	103,3	118,3	139,1	155,9	173,6	
14	69,7	90,5	105,5	120,8	142,1	159,2	177,3	
15	71,1	92,3	107,6	123,2	144,9	162,4	180,9	
16	72,4	94,1	109,6	125,5	147,6	165,4	184,3	
17	73,7	95,7	111,5	127,7	150,2	168,3	187,5	
18	74,9	97,3	113,4	129,8	152,7	171,1	190,6	
19	76,1	98,8	115,2	131,9	155,1	173,8	193,6	
20	77,2	100,3	116,9	133,8	157,4	176,4	196,4	
21	78,3	101,7	118,5	135,7	159,6	178,8	199,2	
22	79,3	103,1	120,1	137,5	161,7	181,2	201,9	
23	80,4	104,4	121,6	139,3	163,8	183,6	204,5	
24	81,3	105,7	123,1	141,0	165,8	185,8	207,0	



2.2 Definizione del tempo di ritorno di riferimento

Se in passato la definizione del tempo di ritorno da considerare nel dimensionamento delle opere compensative trovava spesso correlazione diretta con l'analogo fattore utilizzato per il dimensionamento delle reti meteoriche coinvolte, ora il DPRReg 083/Pres definisce nel dettaglio il riferimento da considerare, anche funzione della scelta del dispositivo idraulico compensativo.

In particolare nel caso qui in esame, considerando la necessità di disperdere in falda l'intera portata afferente, data l'impossibilità di realizzare un recapito diretto o indiretto verso un corpo idrico ricettore superficiale, e data l'impossibilità di realizzare un sistema per la raccolta ed il convoglio delle acque verso una fognatura o drenaggio esistente, il Regolamento definisce che:

In questo contesto la

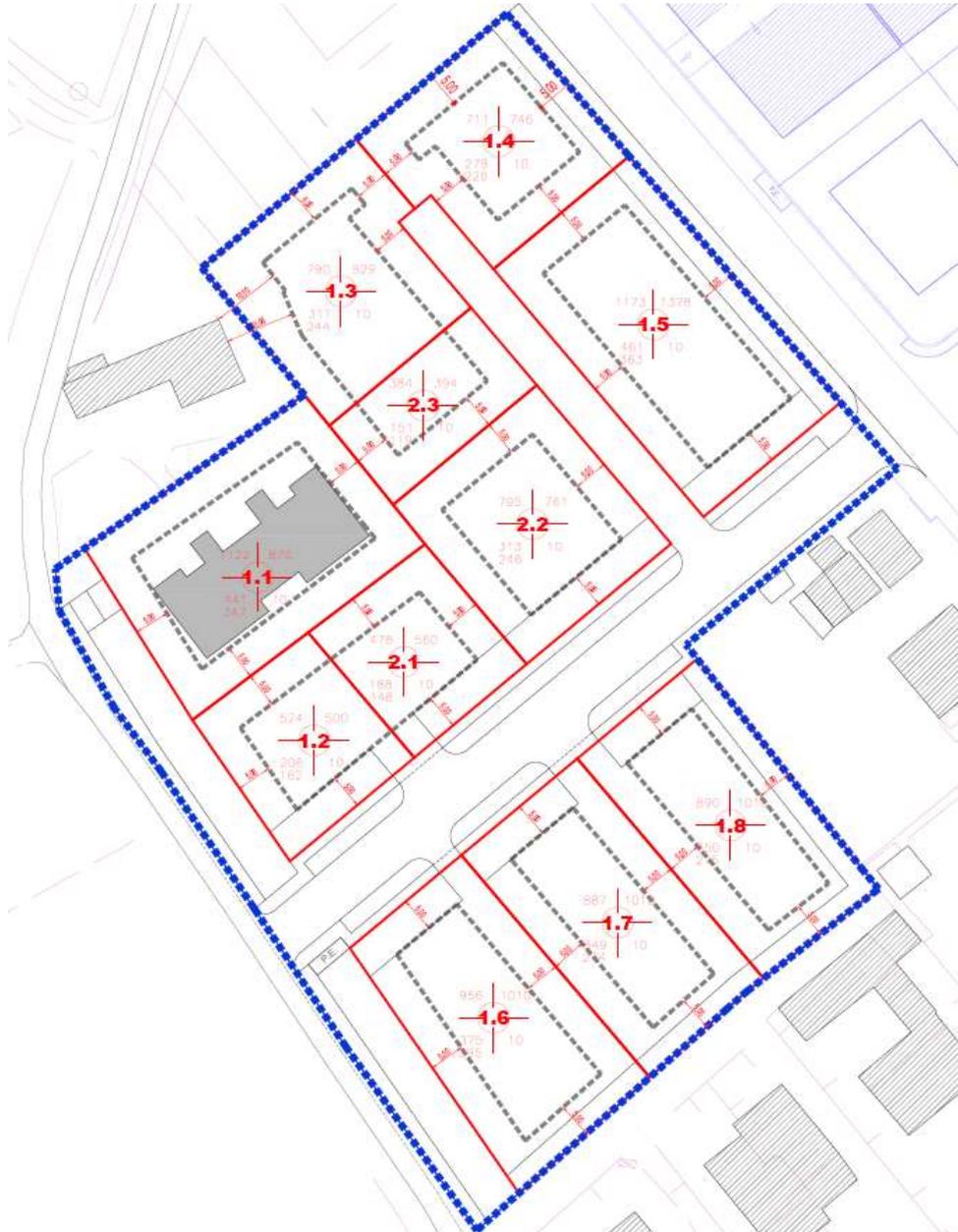
soluzione progettuale adottata deve essere giustificata ed il tempo di ritorno di progetto viene incrementato a 100 anni nei territori di collina e montagna ed a 200 anni nei territori di pianura. E' obbligatoria in questo caso la perizia geologica con la determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno e la valutazione della soggiacenza minima della falda.

Per tale ragione si considererà $T_r=200$ anni e si alleggerà la perizia geologica.

3 DEFINIZIONE DELL'AREA OGGETTO DI ANALISI

3.1 Generalità

Rimandando per i maggiori dettagli agli elaborati grafici sviluppati per il P.A.C in esame, che si allegano alla presente Relazione, la superficie complessiva interessata è pari a 11.413 m², suddivisa in 11 lotti.



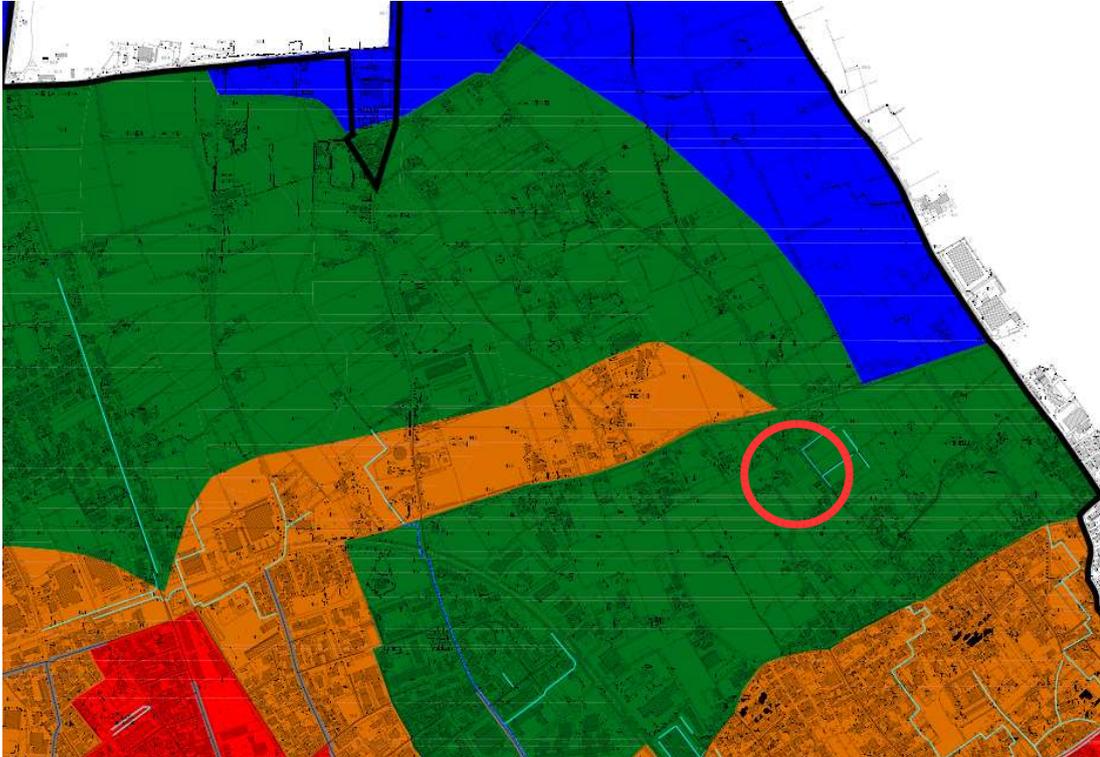
La viabilità principale a servizio della lottizzazione è come di seguito rappresentata:



Nelle considerazioni che seguono verranno posti a dimensionamento e verifica i sistemi di infiltrazione in falda a servizio dei singoli lotti ed a servizio esclusivo della viabilità.

3.2 Definizione livello di sofferenza idraulica

Secondo quanto riportato negli elaborati geologico-idraulici allegati al PRGC di Pordenone, l'area in esame è caratterizzata da un livello di sofferenza idraulica "BASSA".



Secondo le Norme Tecniche di riferimento comunali risulta che

- 1) Per le zone contrassegnate dai colori blu e verde scuro (sofferenza molto bassa e bassa, rispettivamente), viene considerata ammissibile la possibilità di realizzare opere di mitigazione che garantiscano l'invarianza tramite infiltrazione nel suolo (a patto di essere in presenza di terreni contraddistinti da caratteristiche adeguate: coefficiente di permeabilità pari ad almeno $0.5 \cdot 10^{-3}$ m/s e frazione limosa inferiore al 5%).

Inoltre

Le dispersioni delle acque nel terreno dovranno essere eseguite secondo accorgimenti tecnico-costruttivi che non provochino alterazioni idrogeologiche o inquinamenti delle falde.

La fattibilità della soluzione deve essere dimostrata attraverso:

- la verifica che la massima altezza di falda sia compatibile con la profondità del manufatto (almeno 1.5 m di dislivello tra massima altezza della falda e fondo del manufatto);
- la verifica che la permeabilità del terreno sia sufficiente a garantire l'infiltrazione del volume stoccato nel tempo massimo di 12 ore.

Il dimensionamento del manufatto d'infiltrazione deve essere effettuato considerando la permeabilità del terreno in cui è inserito e predisponendo almeno:

- 50 cm di materiale arido di nuova fornitura con pezzatura dai 50 ai 150 mm per il reinterro del pozzo o della trincea salvo che il terreno naturale possieda già le medesime caratteristiche;
- un pozzetto di decantazione che preceda il singolo pozzo, la batteria o la trincea drenante, sottoposto a periodica ispezione a pulizia;
- un eventuale dispositivo di troppo pieno di sicurezza con recapito in rete di smaltimento superficiale, con quota d'innesco superiore a quella della tubazione entrante; la valutazione in merito alla fattibilità della realizzazione del troppo pieno spetta agli Uffici Tecnici competenti.

Si osserva infine che il nuovo Regolamento regionale sopra citato, che verrà utilizzato per il dimensionamento del sistema in esame, è maggiormente restrittivo e cautelativo rispetto alle Norme Tecniche di PRGC comunali, basti pensare all'innalzamento del tempo di ritorno da considerare per le calcolazioni attuali, pari a $T_r=200$ anni.

4 DIMENSIONAMENTO DEI DISPOSITIVI IDRAULICI – POZZI DISPERDENTI

4.1 Premessa

Dall'analisi della relazione geologico-tecnica redatta dal dott. geol. Ruoso Hallen di Roveredo in Piano (PN), risulta che la quota di falda si attesta mediamente ad una profondità di 8.0-10 metri rispetto al piano campagna.

Infatti:

4.6 IDROGEOLOGIA SPECIFICA DEL SITO:

Considerato la tipologia di depositi sedimentari presenti nel sito in esame, si deduce che l'assetto idrogeologico è di tipo freatico e coinvolge l'acquifero ghiaioso-sabbioso presente appena al di sotto del piano campagna, come evidenziato dalle indagini realizzate in sito ed in proprietà adiacenti all'area in oggetto.

Durante l'esecuzione delle trincee esplorative, avvenuta il 30/01/2017, non è stato intercettato alcun livello di falda freatica; da informazioni bibliografiche relative all'area in esame si ritiene che la sua profondità si attesti a circa 8 – 10 m sotto il piano campagna.

La profondità del livello freatico stimata è riferita ad una fase di normalità della falda; si ritiene che esso possa oscillare di qualche metro in coincidenza a fasi climatiche particolarmente siccitose o piovose.

La direzione di deflusso è essenzialmente da nordovest verso sudest con componente prevalente nord-sud.

Inoltre:

2.4 IDROGEOLOGIA:

I depositi sopra descritti sono ad alta permeabilità pertanto l'assetto idrogeologico è caratterizzato da un unico acquifero indifferenziato che, verso sud, si evolve in un sistema multifalde ad acquiferi differenziati e sovrapposti al di sotto della falda freatica.

L'andamento del corpo idrico sotterraneo presenta un deflusso con direzione principale nord – sud e componenti prevalenti nord/ovest – sud/est. Le quote delle isofreatiche sono comprese tra 30 – 35 m s.l.m.m., ossia ad una profondità compresa tra 8 – 13 m dal piano campagna (vedi fig.9 dell'Allegato1).

La sua alimentazione è dovuta all'infiltrazione delle acque meteoriche, alla dispersione dei Fiumi Cellina e Meduna, all'infiltrazione delle acque d'irrigazione e alle dispersioni delle condutture idrauliche per impianti irrigui ma, soprattutto, alle acque sotterranee provenienti dall'enorme bacino carsico del Cansiglio – Monte Cavallo dove si attuano importanti processi di ricarica dell'intera struttura idrogeologica della Pianura Pordenonese.

La disponibilità d'acqua di ogni falda è direttamente proporzionale alla permeabilità degli acquiferi (sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi) ed allo spessore dell'acquifero. La permeabilità dipende soprattutto dalla percentuale di matrice limosa intasante presente nei depositi ghiaioso – sabbiosi, pertanto non risulta essere di immediata e semplice valutazione: in generale dove prevale la frazione sabbiosa è discreta, dove prevale la componente fine coesiva è ridotta ($10^{-2} - 10^{-7}$ cm/s). In particolare, nell'area in esame, "...la media del coefficiente di permeabilità K risulta di 8×10^{-2} cm/sec. Si tratta di un valore che può sembrare piuttosto basso per materiali ghiaiosi. Esso tuttavia viene giustificato dal forte costipamento delle alluvioni, evidenziato tra l'altro dalle prove di porosità". (A. Dal Prà, R. Antonelli "Indagini geologico – tecniche sul sottosuolo della pianura alluvionale dei torrenti Cellina e Meduna", 1979).

Tali parametri derivanti dalla caratterizzazione geologica dell'area saranno alla base del successivo dimensionamento dei pozzi disperdenti.

4.2 Calcolo della portata di infiltrazione da parte dei pozzi

Le teorie che stanno alla base del dimensionamento dei pozzi disperdenti sono molteplici e si basano, perlopiù, su evidenze sperimentali.

La dispersione dei risultati che si può riscontrare in tali elaborazioni, adottando le medesime ipotesi di calcolo, possono essere anche non trascurabili.

Per tale ragione nel seguito si riportano più metodi di calcolo, comparandone i risultati ottenuti.

Tra le formulazioni riportate in letteratura, si possono utilizzare le seguenti espressioni:

$$Q_f = C_u \cdot K \cdot r \cdot H = 2 \cdot \pi \cdot K \cdot \frac{H^2}{\ln \frac{H}{r}}$$

In cui

$$C_u = 2 \cdot \pi \cdot \frac{r}{\ln \frac{H}{r}}$$

Dove

Q_f = portata di deflusso del pozzo perdente (m³/s)

H = altezza utile disperdente pozzo (m)

K = coefficiente di permeabilità del terreno (m/s)

r = raggio interno del pozzo perdente (m)

La seconda espressione, variante della precedente da Teltskate, modifica il parametro C_u come riportato sotto

$$C = 2,364 \cdot \left(\frac{H}{r_0}\right) / \log\left(\frac{2 \cdot H}{r_0}\right)$$

Altra espressione è quella sviluppata da Stephens e Neuman, secondo cui:

$$Q_a = K \cdot f \cdot (D/2) \cdot H$$

dove il parametro f dipende dalle dimensioni del pozzo secondo la formula di Stephens e Neuman (1982)

$$\log(f) = 0,658 \cdot \log(H/R) - 0,398 \cdot \log(H) + 1,105$$

Si considera ora la quota di arrivo delle condotte ai pozzi perdenti posta a circa -50 cm dal piano campagna e, considerando elementi disperdenti di altezza complessiva pari a 3 metri, risulta un valore di carico idrostatico massimo di 250 cm.

Considerato inoltre un pozzo disperdente avente un diametro pari a $\phi 200$ cm, un battente utile come sopra definito e considerando la permeabilità media del terreno riportata nell'allegata Relazione Geologica, risulta una capacità disperdente media, derivante dall'applicazione dei tre approcci sopra riportati, pari a:

$$Q_u = 23 \text{ l/s}$$

Tale parametro, in linea con quanto atteso, rappresenterà la capacità disperdente massima, per singolo pozzo installato a servizio dell'area in esame.

5 METODO DI CALCOLO IDROLOGICO-IDRAULICO CONSIDERATO

5.1 Premessa

Il Regolamento di cui al DPR 083/Pres del 27/03/2018 definisce, in funzione della tipologia dell'intervento e della trasformazione delle aree, differenti livelli di significatività, attribuendo crescenti livelli di dettaglio richiesti nella verifica del rispetto dell'invarianza idraulica.

Nello specifico, l'iniziativa in esame si colloca a livello di significatività "ELEVATO", infatti

4. Tabella dei livelli di significatività delle trasformazioni

Livello di significatività della trasformazione art. 5	Trasformazioni urbanistico-territoriali			Trasformazioni fondiarie art.2, c.1 lettera e)
	Strumenti urbanistici comunali generali e loro varianti art.2, c.1 lettera a)	Piani territoriali infraregionali, piani regolatori portuali, piani regolatori particolareggiati comunali art.2, c.1 lettera b)	Interventi edilizi art.2, c.1, lettere c), d)	
NON SIGNIFICATIVO oppure TRASCURABILE art. 5, c. 3	$S \leq 500 \text{ mq}$ oppure $S > 500 \text{ mq}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...	$S \leq 500 \text{ mq}$ oppure $S > 500 \text{ mq}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...	$S \leq 500 \text{ mq}$ oppure $S > 500 \text{ mq}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...	$S \leq 1.0 \text{ ha}$ oppure $S > 1.0 \text{ ha}$ e Ψ_{medio} rimane costante o diminuisce oppure scarico diretto a mare, laguna, ...
CONTENUTO	$500 \text{ mq} < S \leq 1000 \text{ mq}$	$500 \text{ mq} < S \leq 1000 \text{ mq}$	$500 \text{ mq} < S \leq 1000 \text{ mq}$	
MODERATO	$1000 \text{ mq} < S \leq 5000 \text{ mq}$	$1000 \text{ mq} < S \leq 5000 \text{ mq}$	$1000 \text{ mq} < S \leq 5000 \text{ mq}$	$1.0 \text{ ha} < S \leq 10 \text{ ha}$
MEDIO	$0.5 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$	$0.5 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$	$0.5 \text{ ha} < S \leq 1 \text{ ha}$	$10 \text{ ha} < S \leq 50 \text{ ha}$
ELEVATO	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	$S > 50 \text{ ha}$
MOLTO ELEVATO	$S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} \geq 0.4$	$S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} \geq 0.4$	$S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} \geq 0.4$	

In tale caso vengono prescritto il seguente approccio tecnico:

5. Interventi di mitigazione e metodi di calcolo idrologico-idraulico

ELEVATO	$1 \text{ ha} < S \leq 5 \text{ ha}$ oppure $S > 5 \text{ ha}$ e $\Psi_{\text{medio}} < 0.4$	<ul style="list-style-type: none"> • È obbligatorio l'utilizzo delle buone pratiche costruttive. • È obbligatorio lo studio di compatibilità idraulica con la determinazione dei volumi di invaso utilizzando la soluzione più conservativa tra due dei proposti metodi di calcolo idrologico-idraulico scelti a piacere: <ul style="list-style-type: none"> ○ Metodo del serbatoio lineare (Paoletti-Rege Glanis, 1979) ○ Metodo cinematico o della corrivazione (Alfonso-Orsi, 1967) ○ Modellistica idrologico-idraulica
----------------	---	--

Nelle valutazioni seguenti si è fatto ricorso ai seguenti Metodi:

- Metodo del Serbatoio Lineare
- Metodo Cinematico o della Corrivazione

Inoltre, ai fini della definizione del coefficiente di deflusso da adottare, lo stesso DPReg definisce che

- Nel caso di superficie interessata da differenti usi del suolo allora si considera il coefficiente di afflusso medio ponderale Ψ_{medio} :

$$\Psi_{\text{medio}} = (\Psi_1 \cdot S_1 + \Psi_2 \cdot S_2 + \dots + \Psi_n \cdot S_n) / S = \frac{\sum_{i=1}^n \Psi_i \cdot S_i}{S}$$

dove:

$S = S_1 + S_2 + \dots + S_n$ ed il coefficiente Ψ_i è riferito all'area S_i

posto quanto segue

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone – Località Torre"

TABELLA DEI VALORI DI RIFERIMENTO DEI COEFFICIENTI DI AFFLUSSO Ψ

DA UTILIZZARE NEI METODI DI CALCOLO

Uso del suolo	Ψ
Tetti a falde	0.90-1.00
Tetti metallici	0.90-1.00
Tetti a tegole	0.80-0.90
Tetti piani con rivestimento in cls	0.70-0.80
Tetti piani ricoperti di terra	0.30-0.40
Coperture piane con ghiaietto	0.80-0.90
Coperture piane seminate ad erba	0.20-0.30
Rivestimenti bituminosi	0.90-1.00
Pavimentazioni asfaltate	0.80-0.90
Pavimentazioni con asfalto poroso	0.40-0.50
Massicciata in strade ordinarie	0.40-0.80
Pavimentazioni di pietra o mattonelle	0.80-0.90
Lastricature miste, clinker, piastrelle	0.70-0.80
Lastricature medio-grandi con fughe aperte	0.60-0.70
Strade e marciapiedi	0.80-0.90
Superfici semi-permeabili (es. parcheggi grigliati drenanti)	0.60-0.70
Strade in terra	0.40-0.60
Rivestimenti drenanti, superfici a ghiaietto	0.40-0.50
Viali e superfici inghiaiate	0.20-0.60
Zone con ghiaia non compressa	0.10-0.30
Superfici boscate	0.10-0.30
Superfici di giardini e cimiteri	0.10-0.30
Prati di campi sportivi	0.10-0.20
Terreni coltivati	0.20-0.60
Terreni incolti, sterrati non compatti	0.20-0.30
Prati, pascoli	0.10-0.50
Tipologia urbana	Ψ
Costruzioni dense	0.80-0.90
Costruzioni spaziate	0.70-0.80
Aree con grandi cortili e giardini	0.50-0.60
Quartieri urbani con fabbricati radi	0.30-0.50
Zone a villini	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non destinate a costruzioni e a strade	0.20-0.30
Parchi e boschi	0.10-0.20

Si riporta nel seguito una breve descrizione dei modelli di calcolo adottati.

3.3 Metodo del serbatoio lineare (Paoletti e Rege Gianas, 1979)

Tale procedura si basa sull'ipotesi che il bacino a monte dell'invaso di laminazione si comporti come un invaso lineare e quindi che le portate in ingresso possano essere stimate mediante il modello dell'invaso.

Tale approccio per la ricerca dell'evento critico dell'invaso di laminazione è stato seguito da diversi autori e, in particolare, gli studiosi Paoletti e Rege Gianas (1979) lo hanno interpretato in maniera originale determinando gli andamenti delle seguenti grandezze adimensionali:

$$F(n, m) = \frac{W_0}{k}$$

$$G(n, m) = \frac{W_0}{k \cdot m \cdot Q_c}$$

dove:

- k = costante d'invaso del bacino (in genere vale $k = 0.7 \cdot \theta_c$ con θ_c = tempo di corrivazione ovvero durata della pioggia che origina la portata critica Q_c ; in genere si può assumere $\theta_c = t_e + t_r$ dove t_e = tempo di entrata nel sistema, t_r = tempo di rete)
- θ_w = durata critica della pioggia per l'invaso di laminazione (ovvero quella che conduce al minimo volume d'invaso W_0). Si evidenzia che, normalmente, $\theta_w > \theta_c$ dove θ_c è la durata della pioggia che origina la portata critica Q_c del bacino che è la massima portata che transita nel sistema considerato
- W_0 = volume d'invaso
- Q_c = portata critica del bacino (POST OPERAM)

nelle seguenti ipotesi semplificative:

- ietogrammi netti di pioggia ad intensità costante
- applicazione del metodo dell'invaso lineare per la determinazione dell'onda di piena in arrivo all'invaso di laminazione
- syuotamento dell'invaso di laminazione a portata costante $Q_{u \max}$ durante la fase di colmo (laminazione ottimale)

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

Si nota che le due grandezze F , G sono calcolabili anche mediante l'ausilio di abachi (vedasi Figura 1).

Le grandezze F e G sono funzioni del parametro n della curva di possibilità pluviometrica, della funzione $D(n)$ e del valore di m , in particolare:

$$m = \frac{Q_c}{Q_{u, \max}} = \text{rapporto tra le portate critiche calcolate con il metodo dell'invaso lineare (POST OPERAM ed ANTE OPERAM/valore imposto da Ente gestore)}$$

Q_c = portata critica calcolata seguendo il modello dell'invaso lineare nella situazione POST OPERAM.

Si ha pertanto: $Q_c (l/s) \approx 0.65 \cdot 2.78 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{n-1}$ dove $S(ha)$, $\theta_c(\text{ore})$ ed $a(\text{mm/ora}^n)$

$Q_{u, \max}$ = portata massima di svuotamento della vasca e, quindi, del sistema di invarianza idraulica. Tale valore è calcolato seguendo il modello dell'invaso lineare nelle ipotesi ANTE OPERAM oppure è un valore imposto dal competente Ente gestore. Seguendo il modello dell'invaso lineare, in assenza di indicazioni da parte del competente Ente gestore, la portata critica è:

$$Q_{u, \max} (l/s) \approx 0.65 \cdot 2.78 \cdot \Psi_0 \cdot S \cdot a \cdot \theta_{co}^{n-1} \text{ dove, } S(ha), \theta_{co}(\text{ore}) \text{ ed } a(\text{mm/ora}^n)$$

$D = C^{n-1} \cdot (1 - e^{-C})$. Esso assume comunque valori variabili (0.64+0.70) nell'ipotesi di $0.25 \leq n \leq 0.70$. In genere si pone con buona approssimazione: $D = 0.65$

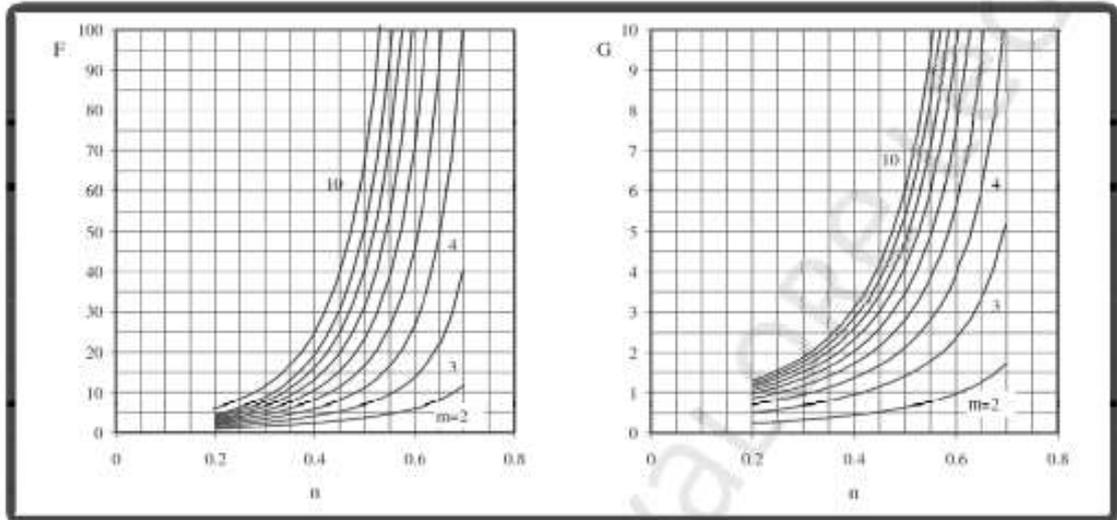
n = parametro della curva di possibilità pluviometrica

Le grandezze F , G sono calcolabili utilizzando le seguenti equazioni:

$$n \cdot F + (1 - n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{n}{D} \cdot e^{n-1}}{\frac{n}{D} \cdot e^{n-1} - 1} \right) - \frac{D \cdot e^{n-1}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$G(n, m) = g(n, m) \cdot F(n, m)$$

$$F(n, m) = \frac{e^{n-1}}{D} - \frac{e^{n-2}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{n}{D} \cdot e^{n-1}}{\frac{n}{D} \cdot e^{n-1} - 1} \right) - \frac{1}{n} - \frac{1}{n \cdot e^F} \cdot \ln \left[\left(\frac{\frac{n}{D} \cdot e^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right]$$

Figura 1 - Abacchi delle grandezze adimensionali F, G

Noti i valori di queste funzioni è immediato calcolare il parametro θ_w ed il volume W_0 che rappresenta il volume minimo da adottare per l'invaso di laminazione.

Si evidenzia che onde procedere alla validazione dei risultati, dovendosi assumere per il parametro n valori differenti a seconda che le piogge di progetto siano superiori oppure inferiori alla durata oraria (in quest'ultimo caso vale $n=4/3-n$), risulta fondamentale confrontare le durate di pioggia calcolate (θ_w e θ_c) con le ipotesi di assunzione di n .

3.5 Metodo della corrivazione o cinematico (Alfonsi e Orsi, 1967)

Il presente approccio ipotizza l'intero bacino come un sistema composto da tanti canali lineari disposti in parallelo ovvero si considerano prevalenti all'interno del bacino di scolo i fenomeni di traslazione dell'acqua: la schematizzazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino di monte è di tipo cinematico.

Sulla base di questa impostazione Alfonsi e Orsi (1967) hanno sviluppato un metodo pratico per il calcolo del volume critico dell'invaso di laminazione nelle seguenti ipotesi semplificate:

1. ietogrammi netti di pioggia ad intensità costante
2. curva aree-tempi lineare
3. svuotamento a portata costante pari a Q_{max} (laminazione ottimale)

Il volume W invasato può pertanto essere ottenuto in funzione della durata θ della pioggia, del tempo di corrivazione T_0 del bacino, della portata massima uscente dall'invaso Q_{umax} , del coefficiente di afflusso Ψ , della superficie di riferimento S e dei parametri pluviometrici a ed n :

$$W = \Psi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n + T_0 \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\Psi \cdot S \cdot a} - Q_{umax} \cdot \theta - Q_{umax} \cdot T_0$$

Se poi si considerano per le varie grandezze interessate le seguenti unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

S	[ha]
W	[m ³]
a	[mm/ora ⁿ]
θ	[ore]
T_0	[ore]
Q	[l/s]

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot S \cdot a \cdot \theta^n + 1.295 \cdot T_0 \cdot Q_{umax}^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\Psi \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot \theta - 3.6 \cdot Q_{umax} \cdot T_0$$

Imponendo la condizione di massimo per il volume W ovvero derivando l'equazione appena descritta rispetto alla durata θ ed eguagliando a zero si trova:

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

$$10 \cdot K' \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + (1 - \eta) \cdot T_c \cdot Q_w^2 \cdot \frac{\theta_w^{1-n}}{K' \cdot S \cdot a} - Q_w = 0$$

oppure, utilizzando le unità di misura precedentemente indicate:

$$2.78 \cdot 10 \cdot K' \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1 - \eta) \cdot T_c \cdot Q_w^2 \cdot \frac{\theta_w^{1-n}}{K' \cdot S \cdot a} - Q_w = 0$$

A questo punto nella relazione implicita si può facilmente ricavare la durata critica θ_w riferita all'invaso di laminazione che, inserita nella relazione per il calcolo di W , consente di ricavare il valore, espresso in m^3 , da assegnare all'invaso stesso W_0 :

$$W_0 = 10 \cdot K' \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^n + 1.295 \cdot Y_D \cdot U_w^2 \cdot \frac{\theta_w^{1-n}}{K' \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_w \cdot \theta_w - 3.6 \cdot Q_w \cdot Y_D$$

Si evidenzia che nell'uso tradizionale la formula razionale viene utilizzata adottando il metodo di corrivazione. Pertanto la portata critica Q_c (l/s) ha una durata critica pari al tempo di corrivazione del bacino T_0 (ore) e può essere calcolata con la seguente espressione:

$$Q_c = 2.78 \cdot S \cdot K' \cdot a \cdot T_0^{n-1}$$

dove S (ha) ed a (mm/oraⁿ)

6 RISULTATI DELLE CALCOLAZIONI

Riprendendo la suddivisione in lotti sopra rappresentata, risulta che:

Metodo Cinematico

DATI	Lotto 1.1	DATI	Lotto 1.2
PHI	0,753	PHI	0,753
S	0,1122	S	0,0524
a	83,2	a	83,2
thetaw	0,1049119781	thetaw	0,1012121023
n	0,386	n	0,386
Tc	0,1	Tc	0,1
Qu	46	Qu	23
Wo	5,272122725	Wo	2,0130888863

DATI	Lotto 1.3	DATI	Lotto 1.4
PHI	0,753	PHI	0,752
S	0,079	S	0,0711
a	83,2	a	83,2
thetaw	0,0949141966	thetaw	0,096445215
n	0,386	n	0,386
Tc	0,1	Tc	0,1
Qu	46	Qu	46
Wo	0,7067414891	Wo	0,1576726441

DATI	Lotto 1.5	DATI	Lotto 1.6
PHI	0,752	PHI	0,753
S	0,1173	S	0,0956
a	83,2	a	83,2
thetaw	0,1077040021	thetaw	0,0975769543
n	0,386	n	0,386
Tc	0,1	Tc	0,1
Qu	46	Qu	46
Wo	6,1602407348	Wo	2,6356626274

Comune di Pordenone (PN)

"P.A.C. di iniziativa privata n°28 di Viale Grande Pordenone - Località Torre"

DATI	Lotto 1.7	DATI	Lotto 1.8
PHI	0,753	PHI	0,753
S	0,0887	S	0,089
a	83,2	a	83,2
thetaw	0,0957389062	thetaw	0,0957999687
n	0,386	n	0,386
Tc	0,1	Tc	0,1
Qu	46	Qu	46
Wo	1,7294957067	Wo	1,7661157441

DATI	Lotto 2.1	DATI	Lotto 2.2
PHI	0,752	PHI	0,752
S	0,0478	S	0,0795
a	83,2	a	83,2
thetaw	0,0975355531	thetaw	0,1386045355
n	0,386	n	0,386
Tc	0,1	Tc	0,1
Qu	23	Qu	23
Wo	1,3089254223	Wo	7,5339336036

DATI	Lotto 2.3	DATI	Strada
PHI	0,752	PHI	0,8
S	0,0384	S	0,12
a	83,2	a	83,2
thetaw	0,0951099956	thetaw	0,1142515928
n	0,386	n	0,386
Tc	0,1	Tc	0,1
Qu	23	Qu	46
Wo	0,2585113154	Wo	8,1479477349

Ovvero il numero di pozzi perdenti, come sopra definiti, necessari per lotto è pari a:

ID Lotto	N° Pozzi
Lotto 1.1	2
Lotto 1.2	1
Lotto 1.3	2
Lotto 1.4	2
Lotto 1.5	2
Lotto 1.6	2
Lotto 1.7	2
Lotto 1.8	2
Lotto 2.1	1
Lotto 2.2	2
Lotto 2.3	1
Strada	2

Il metodo di calcolo del Serbatoio Lineare risulta, per il caso in esame, estremamente poco cautelativo, rapportando volumi richiesti anche di un ordine di grandezza inferiore.

Per tale ragione si considera il dimensionamento sopra riportato.

Porcìà, 05 giugno 2018

ing. Roberto Egidi

