



STUDIO CONTI
ASSOCIATI
GEOLOGIA E INGEGNERIA

DOTT. GEOL. ANTONIO CONTI DOTT. ING. FRANCESCO BOCCHIO DOTT. GEOL. VINCENZO GIANNONE

VIA BENAMATI, 61 - 25080 TOSCOLANO MADERNO (BS) - TEL. +39 0365 470036 - FAX +39 0365 470037 - INFO@STUDIOCONTIASSOCIATI.IT
WWW.STUDIOCONTIASSOCIATI.IT

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA BRESCIA

COMUNE RODENGO SAIANO

TITOLO:

OPERE INTERNE ED AMPLIAMENTO COMPLESSO INDUSTRIALE SITO IN VIA
MONTICELLA N.14-16-18

OGGETTO:

Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi

COMMITTENTE:

Alba Srl
via Monticella n.14-16-18
25050 Rodengo Saiano (BS)
P.iva/C.F. 03956950988
REA c.c.i.a.a. BS577110

DOCUMENTO

1313_PE_00_II_RT

REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
00	18/03/21	EMISSIONE	AC	FB	FB

COMMESSA 1313

COMMITTENTE C1313

FILE X:\WORK\001313_21_RODENGO_SAIANO_ALBA_CAPANNONE

SOMMARIO

1	Premessa	2
2	Ubicazione ed inquadramento geografico	4
3	Normativa e documenti di riferimento.....	5
4	Invarianza idraulica per le opere	6
4.1	Schema esemplificativo dell'intervento secondo R.R. 7/2017 e smi	6
4.2	Individuazione della nuova superficie scolante	7
4.3	Ipotesi di lavoro.....	8
4.4	Curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno	10
4.5	Risultati ottenuti mediante applicazione metodo delle sole piogge	13
4.6	Risultati ottenuti mediante applicazione dei requisiti minimi	14
4.7	Volume minimo di invaso.....	15
5	Permeabilità in sito	16
6	Opere idrauliche di progetto per l'invarianza	17
7	Dimensionamento opere idrauliche di progetto	17
7.1	Tubazione pluviali nuove coperture nodi A-B-C e nodi D-E-C.....	17
7.2	Tubazione pluviali nuove coperture nodi C-F-G-H-1.....	19
7.3	Sistema drenante	21
7.3.1	Verifica dei volumi richiesti da R.R.....	21
7.3.2	Verifica dei tempi di svuotamento richiesti da R.R.....	21
8	Conclusioni.....	24

ALLEGATI:

- Elaborazione curve di possibilità pluviometrica (applicativo portale di Arpa Regione Lombardia)
- TAVOLA "Progetto di invarianza idraulica ai sensi del R.R. 7/2017 e smi: individuazione nuova area scolante; planimetria con inserimento opere idrauliche di progetto; sezioni; particolari costruttivi" (cod. PDF: 001313_PE_00_II_PL)
- Piano di manutenzione degli interventi di invarianza idraulica, Art.13 Regolamento Regionale n.7 23/11/2017 e smi" (cod. PDF: 001313_PE_00_II_PM)
- Allegato E (ex R.R. 7/2017 e smi)

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 1/25

1 Premessa

Su incarico e per conto dell'azienda Alba Srl (P.IVA/CF 03956950988 - REA c.c.i.a.a. BS577110) con sede in via Monticella nel Comune di Rodengo Saiano (Comune censuario H477, foglio 8, particella 41 mappale 527) è stata eseguita una stima dei volumi minimi di invaso per consentire lo smaltimento delle acque bianche di pertinenza dell'ampliamento che verrà realizzato all'interno della proprietà, ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 - Supplemento n.48 del 27/11/2017 e ss.mm.ii.

Nello specifico, il presente studio di invarianza è stato redatto a supporto del progetto "Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18". Nel complesso, tutte le acque generate dalle nuove superfici scolanti (coperture e pavimentazioni esterne) saranno convogliate a manufatti drenanti.

Ai sensi l'art.3 del regolamento, le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano alla superficie del comparto interessato da una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione. Sulla base delle indicazioni fornite dal R.R, sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica ed idrologica gli interventi di:

- 1) nuova costruzione, compresi ampliamenti
- 2) demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente
- 3) ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.

La progettazione esecutiva degli interventi deve comprendere il progetto di invarianza idraulica ed idrologica redatto e firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione delle stime idrologiche e nei calcoli idraulici. Il progetto dovrà essere allegato alla domanda di permesso di costruire, o alla segnalazione certificata di inizio attività (SCIA) o alla comunicazione di inizio lavori asseverata (CILA).

Nello specifico, ai sensi dell'art. 11 del regolamento, devono essere prodotti i seguenti elaborati:

- 1) **Relazione tecnica**: comprendente la soluzione progettuale di invarianza, delle opere di raccolta/convogliamento/invaso/infiltrazione e scarico costituenti il sistema di raccolta delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore (o mediante dispersione nel terreno). Devono essere riportati i calcoli delle precipitazioni di progetto, del processo di laminazione negli invasi e dei tempi di svuotamento degli invasi. Infine, devono essere forniti

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 2/25

i calcoli di dimensionamento di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico

- 2) **Elaborati grafici:** planimetrie, profili in scala adeguata, sezioni e particolari costruttivi
- 3) **Piano di manutenzione** ordinaria e straordinaria dell'intero sistema delle opere idrauliche di invarianza
- 4) **Asseverazione del professionista** in merito alla conformità del progetto ai contenuti del R.R. 7/2017 e smi.

Ciò premesso, la presente relazione tecnica di invarianza idraulica affronterà i seguenti approfondimenti idrologici ed idraulici (sulla base delle indicazioni fornite dal regolamento):

- individuazione delle ipotesi di lavoro: aree scolanti, criticità idraulica, classe di intervento
- definizione dei coefficienti a, n secondo i dati forniti da Idro Arpa Lombardia
- calcolo del volume di invaso mediante l'applicazione del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica
- dimensionamento delle opere idrauliche per l'invarianza
- stima dei tempi di svuotamento dei manufatti drenanti.

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 3/25

2 Ubicazione ed inquadramento geografico

L'area in oggetto è situata nella zona industriale del Comune di Rodengo Saiano (BS) tra via Selve e via Monticella, ad una quota di circa 190 m slm. Si riporta uno stralcio dell'immagine satellitare fornito dal Viewer Grafico di Regione Lombardia con sovrapposizione della Carta Tecnica Regionale (sezione D5A5)

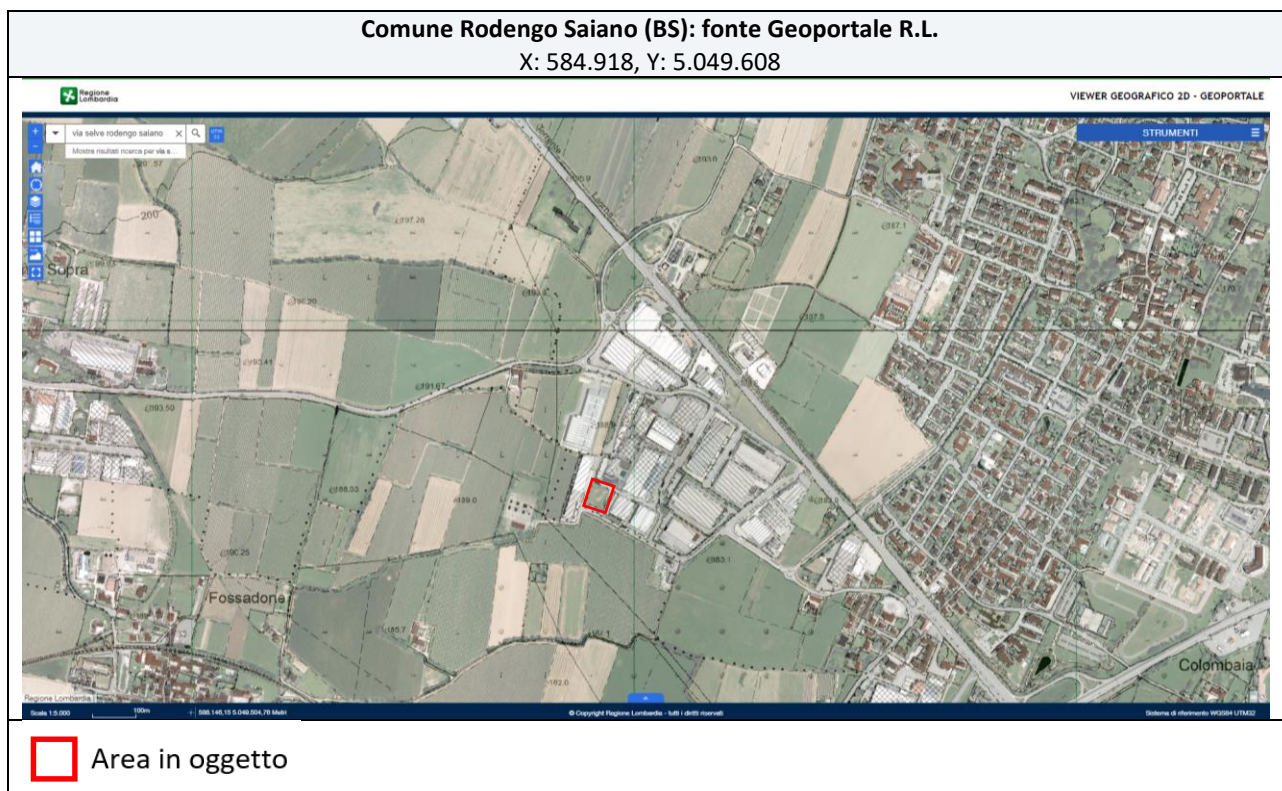


Figura 1 Stralcio immagine satellitare dell'area di intervento con sovrapposizione CTR [fonte: Viewer Grafico Regione Lombardia - Geoportale]

3 Normativa e documenti di riferimento

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n.7 *Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica ai sensi dell'art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n.12 (Supplemento n.48 – lunedì 27 novembre 2017)* e smi.

I documenti e gli strumenti cartografici stati consultati nell'ambito del presente studio al fine di approfondire le varie tematiche trattate sono i seguenti:

- Documenti ed elaborati relativi allo Studio geologico del PGT vigente del Comune di Rodengo Saiano (fonte: PGT WEB di Regione Lombardia)
- Documenti ed elaborati relativi al Piano delle regole e al Documento di piano del PGT vigente del Comune di Rodengo Saiano (fonte: PGT WEB di Regione Lombardia)
- Relazione geologica ai sensi del DM 17/01/2018, Relazione geologica ai sensi della DGT IX 2616/2011, Relazione geotecnica ai sensi del DM 17/01/2018 redatta in data maggio 2018 a cura del Dott. Geol. Federico Mori a supporto del progetto “Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18”
- Tavole di progetto e rilievo di dettaglio forniti dalla Committenza
- Strumenti di cartografia digitale della Regione Lombardia in materia di Territorio, Urbanistica e difesa del Suolo (PGT Web, Studi geologici comunali, Geoportale della Regione Lombardia, ecc)
- ARPA Lombardia www.idro.arpalombardia.it.

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 5/25

4 Invarianza idraulica per le opere

Nel presente capitolo si riporta lo studio di invarianza idraulica riguardante le nuove superfici scolanti che verranno realizzate all'interno dell'insediamento produttivo.

Come anticipato in premessa, l'analisi è stata eseguita ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 (Supplemento n.48 del 27/11/2017) e smi.

4.1 Schema esemplificativo dell'intervento secondo R.R. 7/2017 e smi

Gli interventi consistono nella realizzazione di opere in ampliamento al complesso industriale esistente e delle aree esterne pertinentenziali in adiacenza al comparto esistente, pertanto si tratta di "interventi di nuova costruzione consistenti in ampliamenti e pavimentazioni, finitura di spazi esterni" (ex art.3, comma 1, lettera e ed e-ter del D.P.R. 380/2001). Si propone uno stralcio immagine dello schema esemplificativo dell'intervento, così come riportato nell'Allegato A del regolamento:

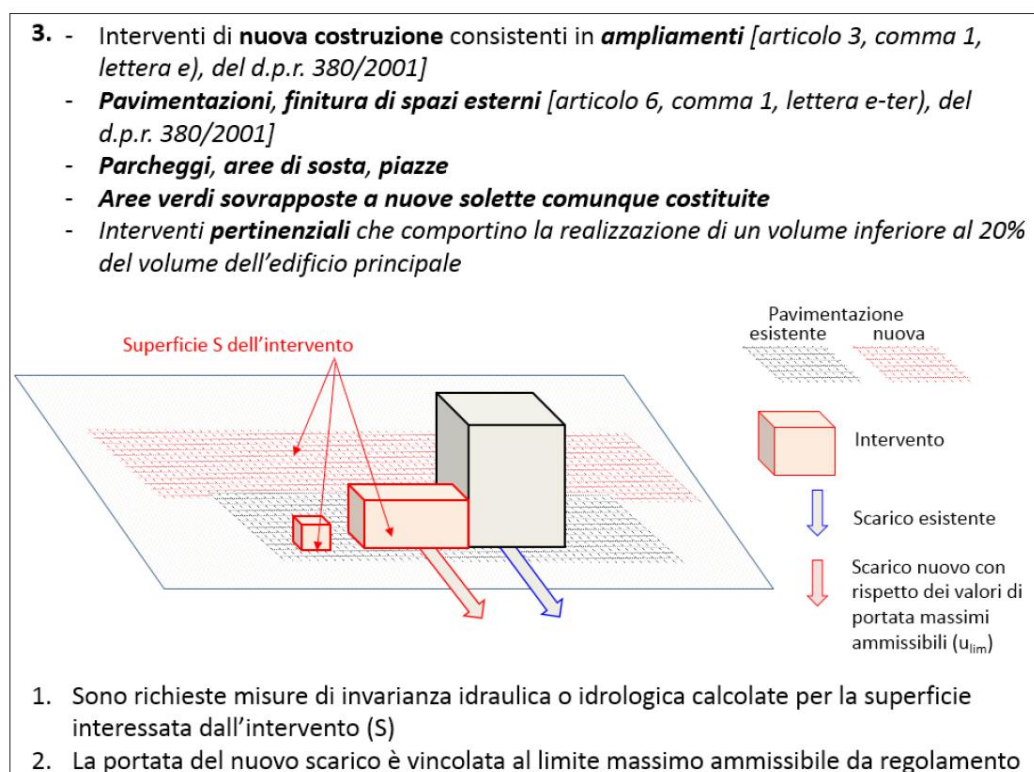


Figura 2 Schema esemplificativo dell'intervento al quale applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica [fonte: pag.14/103 R.R.]

4.2 Individuazione della nuova superficie scolante

L'individuazione di tutte le nuove superfici impermeabili scolanti è stata eseguita sulla base della tavola di progetto fornita dalla Committenza: nel complesso è stato stimato un valore di superficie di intervento pari a circa $S_{\text{INTERVENTO}} = 2.374,06 \text{ m}^2 (\approx 0,237 \text{ ha})$.

Trattandosi di aree interessate esclusivamente da pavimentazioni continue completamente impermeabili, il valore del coefficiente di deflusso C è stato posto pari a 1.0 (ex art.11 comma 2 lettera d del regolamento).

Preme sottolineare che, ai sensi dell'art.3, comma 7bis, *“non sono soggetti all'applicazione del regolamento gli interventi relativi alla realizzazione di aree verdi di qualsiasi estensione, se non sovrapposte a nuove solette comunque costituite e se prive di sistemi di raccolta e convogliamento delle acque, anche se facenti parte di un intervento di cui ai commi 2, 2 bis lettera a), e 3”*: pertanto tutte le aree adibite a verde non sono soggetti all'applicazione del regolamento.

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 7/25

4.3 Ipotesi di lavoro

Di seguito si elencano le ipotesi di lavoro adottate per la stima dei volumi d'acqua di invaso da filtrare nel terreno mediante manufatti drenanti:

- Sito:** Comune di Rodengo Saiano (BS)
- Criticità idraulica:** sulla base dell'appartenenza territoriale, si tratta di un Comune ad alta criticità idraulica A con coefficiente di riduzione P (Allegato C), $u_{lim}=10l/s/ha_{IMPERMEABILE}$ (art. 8, comma 1, lettera a del R.R.)
- Classe di intervento 3:** "impermeabilizzazione potenziale alta" con superficie interessata dall'intervento $1.0ha \leq S_{INTERVENTO} \leq 10.0ha$ e con coefficiente di deflusso medio ponderale >0.4 ($C=1.0$, §4.2) (art. 9, tabella 1 del R.R.)
- Modalità di calcolo:** "Metodo delle sole piogge" (art.11 e allegato G)
- Requisito minimo:** delle misure di invarianza idraulica ed idrologica per le aree a criticità alta A (valore parametrico $800mc/ha_{IMPERMEABILE}$) con coefficiente riduttivo $P=0.8$ (art.12, comma 2, lettera a ed allegato C).

Tali ipotesi di lavoro si fondano sulle indicazioni fornite dalla tabella 1 e dell'Allegato C del regolamento di seguito riportati:

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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)	$\leq 0,4$	
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	

Figura 3 Tabella 1 del R.R. 7/2017 e smi [fonte: pag.6/2016 R.R. 7/2017 e smi]

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
REZZAGO	CO	C	
REZZATO	BS	B	
RHO	MI	A	1
RICENGO	CR	B	
RIPALTA ARPINA	CR	B	
RIPALTA CREMASCA	CR	B	
RIPALTA GUERINA	CR	B	
RIVA DI SOLTÒ	BG	C	
RIVANAZZANO TERME	PV	C	
RIVAROLO DEL RE ED UNITI	CR	B	
RIVAROLO MANTOVANO	MN	B	
RIVOLTA D'ADDA	CR	B	
ROBBIATE	LC	A	1
ROBBIO	PV	B	
ROBECCHETTO CON INDUNO	MI	B	
ROBECCO D'OGGIO	CR	B	
ROBECCO PAVESE	PV	B	
ROBECCO SUL NAVIGLIO	MI	B	
ROCCA DE' GIORGI	PV	C	
ROCCA SUSELLA	PV	C	
ROCCAFRANCA	BS	B	
RODANO	MI	A	1
RODENGO - SAIANO	BS	A	0,8

Figura 4 Allegato C del R.R. 7/2017 e smi con individuazione dell'ambito comunale di appartenenza: Rodengo Saiano [fonte: pag. 45/103 R.R. 7/2017 e smi]

4.4 Curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno

L'elaborazione delle curve di possibilità pluviometrica è stata eseguita utilizzando i dati forniti dal portale di Arpa Regione Lombardia (idro.arpalombardia.it) il quale permette di costruire, mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo, le linee segnalatrici di pioggia per i vari tempi di pioggia e per i diversi tempi di ritorno T_r .

La parametrizzazione delle linee segnalatrici (di seguito LSPP) sviluppata da Arpa Lombardia utilizza la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la "General Extreme Value" (GEV), considerata analiticamente più appropriata rispetto alla distribuzione di Gumbel (a due parametri) per la descrizione statistica.

Il foglio di calcolo Excel utilizzato, facilmente reperibile nel sito citato in precedenza, è stato redatto da Arpa Lombardia in collaborazione con il Politecnico di Milano e descrive il modello di previsione delle precipitazioni (modellazione statistica) di forte intensità e breve durata.

Per lo studio in esame si è fatto riferimento alle curve che considerano l'intervallo di tempo 1-24 h poiché si vuole valutare l'altezza di pioggia per il tempo di precipitazione che mette in crisi il bacino, che, secondo le ipotesi del modello razionale, coincide proprio con il tempo di corrivazione. Per tempo di corrivazione di un punto del bacino si intende il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato.

La formula generale per il calcolo dell'altezza di pioggia secondo la distribuzione GEV assume la seguente forma:

$$h_T(D) = a_1 \cdot w_t \cdot D^n$$

Dove sono indicati con:

a_1 = coefficiente pluviometrico orario;

n = coefficiente di scala;

D = durata evento.

Il fattore di crescita viene determinato applicando a scala regionale il modello probabilistico del valore estremo, ossia ipotizzando per la variabile aleatoria w_t la distribuzione a tre parametri:

$$w_t = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Dove:

T = tempo;

α = parametro di scala;

k = parametro di forma;

ε = parametro di posizione.

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 10/25

Tutti i valori dei parametri sopra citati, anch'essi facilmente reperibili nel portale, sono riportati sinteticamente nella seguente tabella e fanno riferimento al sito in oggetto:

Coeff.	Definizione	Valore
a1	coefficiente pluviometrico orario	28.379999
n	coefficiente di scala	0.28380001
α	GEV- parametro	0.2861
κ	GEV- parametro	-0.0145
ε	GEV- parametro	0.83060002

Tabella 1 Valore dei coefficienti secondo metodo GEV per l'area in esame [fonte: Idro Arpa Lombardia]

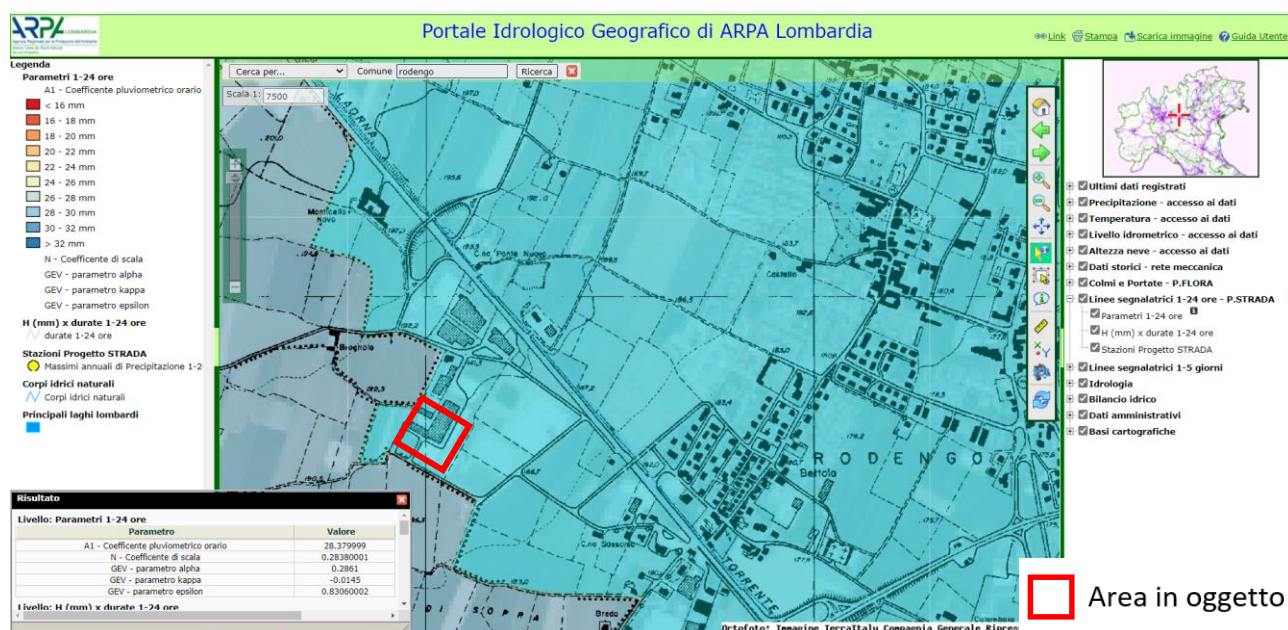


Figura 5 Stralcio mappa portale idrologico geografico di ARPA Lombardia riferito all'area in esame [fonte: Idro Arpa Lombardia]

Una volta ottenuti i dati sopra elencati, essi vengono inseriti nel foglio di calcolo delle LSPP 1 - 24 ore e si ottengono le seguenti informazioni:

- parametri pluviometrici per la località in Comune di Rodengo Saiano (BS)
- precipitazioni previste al variare della durata e dei tempi di ritorno
- linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (LSPP 1 - 24 ore)
- altezze di pioggia al variare della durata dell'evento intenso.

Nella pagina seguente si riporta l'elaborazione eseguita con l'applicativo di Arpa Lombardia:



Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Località: *Parmesana - Rodengo S.*

Coordinate:

Linea segnalatrice

Tempo di ritorno (anni) **100**

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 28.379999

N - Coefficiente di scala 0.28380001

GEV - parametro alpha 0.2861

GEV - parametro kappa -0.0145

GEV - parametro epsilon 0.83060002

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

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:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/isp.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0.93574	1.26443	1.48505	1.69894	1.97913	2.19159	2.40542	2.19158859
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	26.6	35.9	42.1	48.2	56.2	62.2	68.3	62.1972819
2	32.3	43.7	51.3	58.7	68.4	75.7	83.1	75.7187998
3	36.3	49.0	57.6	65.9	76.7	85.0	93.2	84.9529418
4	39.4	53.2	62.5	71.5	83.2	92.2	101.2	92.1798585
5	41.9	56.7	66.5	76.1	88.7	98.2	107.8	98.2062437
6	44.2	59.7	70.1	80.2	93.4	103.4	113.5	103.421478
7	46.1	62.3	73.2	83.8	97.6	108.0	118.6	108.046384
8	47.9	64.7	76.0	87.0	101.3	112.2	123.2	112.219506
9	49.5	66.9	78.6	90.0	104.8	116.0	127.4	116.034047
10	51.0	69.0	81.0	92.7	108.0	119.6	131.2	119.556011
11	52.4	70.9	83.2	95.2	110.9	122.8	134.8	122.834019
12	53.8	72.6	85.3	97.6	113.7	125.9	138.2	125.905022
13	55.0	74.3	87.3	99.8	116.3	128.8	141.4	128.797828
14	56.2	75.9	89.1	102.0	118.8	131.5	144.4	131.535371
15	57.3	77.4	90.9	104.0	121.1	134.1	147.2	134.136236
16	58.3	78.8	92.6	105.9	123.4	136.6	149.9	136.615718
17	59.3	80.2	94.2	107.7	125.5	139.0	152.5	138.986565
18	60.3	81.5	95.7	109.5	127.6	141.3	155.0	141.259529
19	61.2	82.8	97.2	111.2	129.5	143.4	157.4	143.44377
20	62.1	84.0	98.6	112.8	131.4	145.5	159.7	145.547159
21	63.0	85.1	100.0	114.4	133.3	147.6	162.0	147.576516
22	63.8	86.3	101.3	115.9	135.0	149.5	164.1	149.537796
23	64.7	87.4	102.6	117.4	136.8	151.4	166.2	151.436226
24	65.4	88.4	103.9	118.8	138.4	153.3	168.2	153.276428



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

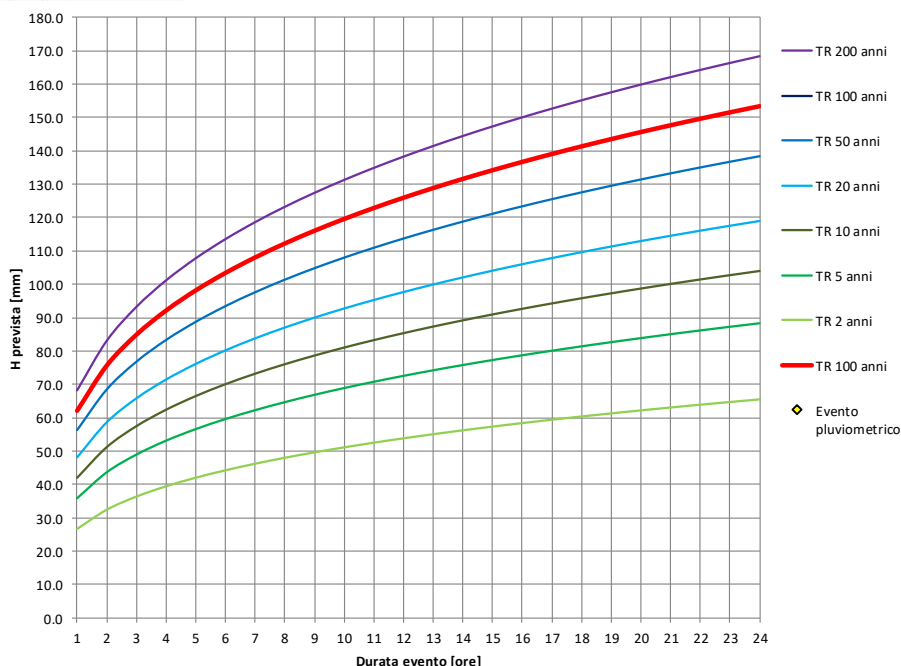


Figura 6 Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e linee segnalatrici di probabilità pluviometrica [elaborazione eseguita mediante l'applicativo di Idro Arpa Lombardia per il sito in esame]

4.5 Risultati ottenuti mediante applicazione metodo delle sole piogge

La tabella 1 e l'art.11 comma 2 del Regolamento Regionale 7/2017 e smi indicano la metodologia di calcolo da adottare per il rispetto dei limiti di scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta (come nel caso in esame). Inoltre, fornisce indicazioni in merito alla redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, per il quale devono essere assunti i seguenti valori di tempo di ritorno:

- $Tr=50$ anni: per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- $Tr=100$ anni: per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate o per il dimensionamento e la verifica di eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati.

Nel caso in esame, il regolamento prescrive l'applicazione del metodo delle sole piogge (§4.3).

La durata critica D_w ed il volume di invaso W_o sono stati stimati considerando le due equazioni fornite dal R.R. (equazioni 4' e 5' di pagina 63 del regolamento) e di seguito riportate:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\left(\frac{1}{n-1} \right)}$$

$$W_o = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

dove:

- $S_{INTERVENTO} = 2.374,06 \text{ m}^2 = (2.374,06 / 10.000) \text{ ha} \approx 0.237 \text{ ha}$
- $\varphi = 1.0$ coefficiente di deflusso
- $a: 56.2 \text{ mm/ora}^n$ (da curva di possibilità pluviometrica valida localmente per un tempo di ritorno pari a 50 anni; §4.4)
- $a: 62.2 \text{ mm/ora}^n$ (da curva di possibilità pluviometrica valida localmente per un tempo di ritorno pari a 100 anni; §4.4)
- $n: 0.2838$ per durata $D \geq 1$ ora (da curva di possibilità pluviometrica valida localmente, §5.4);
- $u_{lim}: 10 \text{ l/s per ha}_{IMP}$ (art.8, comma 1, lettera a)

Dall'applicazione delle due equazioni sopra riportate, per il caso in esame si ottengono i seguenti valori:

$$D_{w(TR50)} = 8 \text{ ore}$$

$$W_{0 (TR50)} = 172 \text{ m}^3$$

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 13/25

Il volume di laminazione calcolato mediante l'applicazione del metodo delle sole piogge ($T_r=50$ anni) è pari a $W_{0(TR50)}=172 \text{ m}^3$.

Come richiesto da regolamento, è opportuno che il volume effettivo di invaso sia cautelativamente maggiorato rispetto a quello sopra calcolato per rispondere alla misura di sicurezza per tempo di ritorno pari a 100 anni, verificandone anche le modalità ed il tempo di svuotamento, nel rispetto delle indicazioni di normativa. Ciò premesso, è stato stimato il volume di laminazione considerando il tempo di ritorno pari a $T_r=100$ anni:

$$D_{w(TR100)}=9 \text{ ore (per } T_r=100 \text{ anni)}$$

$$W_{0(TR100)}=188 \text{ m}^3 \text{ (per } T_r=100 \text{ anni)}$$

Il volume di laminazione calcolato mediante l'applicazione del metodo delle sole piogge con $T_r=100$ anni è pari a $W_{0(TR100)}=188 \text{ m}^3$.

4.6 Risultati ottenuti mediante applicazione dei requisiti minimi

Ai sensi dell'art.12 comma 3 del regolamento, vengono adottati i volumi minimi di invaso anche nei casi di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta criticità qualora il volume risultante dai metodi delle sole piogge e/o dal metodo dettagliato risulti inferiore.

Pertanto, si procede con la stima dei volumi ottenuti mediante applicazione del requisito minimo (art.12, comma 2, lettera a):

$$V_{\text{REQUISITO MINIMO}} = (800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}} \times P \times S_{\text{INTERVENTO}} \text{ ha} \times C)$$

dove:

- $800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$ è il valore parametrico del volume minimo da garantire per le aree ad alta criticità A (art.12, comma 2, lettera a)
- coefficiente riduttivo P è pari a 0.8 (Allegato C)
- $S_{\text{INTERVENTO}} \approx 0.237 \text{ ha}$;
- $C=1.0$ (superfici completamente impermeabili)

Si ottiene un volume minimo di invaso pari a $V_{\text{REQUISITO MINIMO}}=152 \text{ m}^3$

4.7 Volume minimo di invaso

Dalle analisi precedenti risulta che il volume minimo di accumulo da adottare è pari a $W_{0(TR100)}=188m^3$ derivante dalla applicazione della metodologia che restituisce il valore massimo tra le seguenti:

- metodo delle sole piogge (§4.5)
- requisiti minimi (§4.6)

$$V_{INVASO} = \max \{W_{0(TR=100)}; V_{R.MINIMO}\}$$

Metodologia di calcolo dei volumi da R.R.	VOLUME MINIMO DI INVASO: V_{INVASO}
[-]	[m3]
Metodo delle sole piogge (art.11 e Allegato G con Tr100anni)	188
Requisiti minimi (art.12 comma 2 e 3)	152

Tabella 2 Confronto risultati stimati con metodo delle sole piogge e con metodologia requisito minimo per intervento

5 Permeabilità in sito

Per la valutazione dei valori di permeabilità in sito si è fatto esplicito riferimento al documento “Relazione geologica ai sensi del DM 17/01/2018, Relazione geologica ai sensi delle DGR IX/2616/2011, Relazione geotecnica ai sensi del DM 17/01/2018” redatto in data maggio 2018 a cura del Dott. Geol. Federico Mori (Ordine dei Geologi della Regione Lombardia n.700) a supporto del progetto “Opere interne ed ampliamento complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18”.

Sulla base dell'inquadramento idrogeologico eseguito emerge che la zona è caratterizzata da depositi alluvionali flucioglaciali e fluviali pleistoceni e oltre i 2.4m da p.p. sono presenti delle ghiaie con ciottoli, sabbiosa debolmente limosa. Inoltre, viene fornito un valore medio di permeabilità dell'ordine di 5×10^{-2} cm/s (riferimento pagg.3-4-5 della relazione geologica).

Ciò premesso, in via cautelativa per la stima dei tempi di svuotamento dei manufatti drenanti verrà considerato **$k=1 \times 10^{-4}$ m/s.**

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 16/25

6 Opere idrauliche di progetto per l'invarianza

Nel complesso la rete delle acque bianche per l'invarianza sarà costituita dai seguenti manufatti:

- n.8 pozzi drenanti carrabili con rinfiando in pietrame: i pozzi saranno collegati tra loro mediante tubazioni di troppo-pieno in PVC
- pozzetti carrabili in CAV per la raccolta delle caditoie/derivazione/ispezione della rete
- tubazioni in PVC per il convogliamento dei pluviali all'interno dei pozzi.

Le opere di ampliamento verranno realizzate all'interno di un complesso industriale già edificato il quale presenta una rete di sottoservizi e fondazioni esistenti, pertanto i manufatti drenanti saranno collocati laddove siano disponibili aree adatte alla loro realizzazione e dove non interferiscano con opere/sottoservizi esistenti (in accordo con le indicazioni fornite dalla Committenza).

Per il dimensionamento delle opere sopra descritte si rimanda ai capitoli successivi, mentre per la corretta ubicazione dei manufatti e per i particolari costruttivi si rimanda alla tavola di progetto allegata al presente lavoro.

7 Dimensionamento opere idrauliche di progetto

7.1 Tubazione pluviali nuove coperture nodi A-B-C e nodi D-E-C

I pluviali generati dalla nuova superficie di pertinenza del tratto A-B-C e D-E-F saranno convogliati mediante tubazioni in PVC di diametro $D_{EXT} = 250.0\text{mm}$ ($D_{IN} = 235.4\text{mm}$, SN 8). Lungo la rete saranno posizionati dei pozzetti e delle caditoie in CAV (96x96cm) per consentire l'ispezione e la manutenzione della rete pluviale.

Le ipotesi di progetto adottate per il dimensionamento della tubazione sono le seguenti:

- sezione tubo: diametro $D_{IN} = 235.4\text{mm}$
- pendenza media della tubazione: $p = 0.2\%$ (sulla base del rilievo fornito)
- coefficiente di scabrezza di Strickler: $k = 90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (valore conservativo per tubazione in PVC)
- portata di progetto: $Q_{NODI\ A-B-C} = S_{NODI\ A-B-C} \times C \times I_{Tr=100\text{ anni}} = 578\text{ m}^2 \times 1.0 \times 62.2\text{ mm/h} = 0.01\text{ m}^3/\text{s}$ (intensità di pioggia come da dati Idro Arpa Lombardia con $Tr = 100\text{ anni} = 62.2\text{mm/h} = 1.7 \times 10^{-5}\text{ m/s}$).

Di seguito si riporta la verifica delle caditoie: al deflusso della portata di progetto $Q_{NODI\ A-B-C}$, si osserva un riempimento del tubo pari a 40%.

La verifica viene estesa anche al tratto individuato dai nodi D-E-C che presenta superficie minore.

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 17/25



Riempimento tubo	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata	H riemp	Velocità
[%]	[mq]	[m]	[m]	[mc/s]	[m]	[m/s]
5%	0.002217	0.11	0.02	0.0006724	0.012	0.303
10%	0.004434	0.15	0.03	0.0016845	0.024	0.380
15%	0.006651	0.19	0.04	0.0028747	0.036	0.432
20%	0.008868	0.22	0.04	0.0041918	0.048	0.473
25%	0.011085	0.25	0.04	0.0056068	0.059	0.506
30%	0.013302	0.28	0.05	0.0070997	0.071	0.534
35%	0.015519	0.30	0.05	0.0086556	0.083	0.558
40%	0.017735	0.33	0.05	0.0102621	0.095	0.579
45%	0.019952	0.35	0.06	0.0119083	0.107	0.597
50%	0.022169	0.37	0.06	0.0135842	0.119	0.613
55%	0.024386	0.40	0.06	0.0152800	0.131	0.627
60%	0.026603	0.42	0.06	0.0169856	0.143	0.638
65%	0.028820	0.45	0.06	0.0186900	0.154	0.649
70%	0.031037	0.47	0.07	0.0203804	0.166	0.657
75%	0.033254	0.50	0.07	0.0220408	0.178	0.663
80%	0.035471	0.53	0.07	0.0236496	0.190	0.667
85%	0.037688	0.56	0.07	0.0251740	0.202	0.668
90%	0.039905	0.59	0.07	0.0265560	0.214	0.665
95%	0.042122	0.64	0.07	0.0276571	0.226	0.657
100%	0.044339	0.75	0.06	0.0271684	0.238	0.613

Tabella 3 Verifica tubazioni superficie di progetto tratto A-B-C p=0.2%, $D_{IN}=235.4\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\text{ A-B-C}}=0.01\text{ mc/s}$

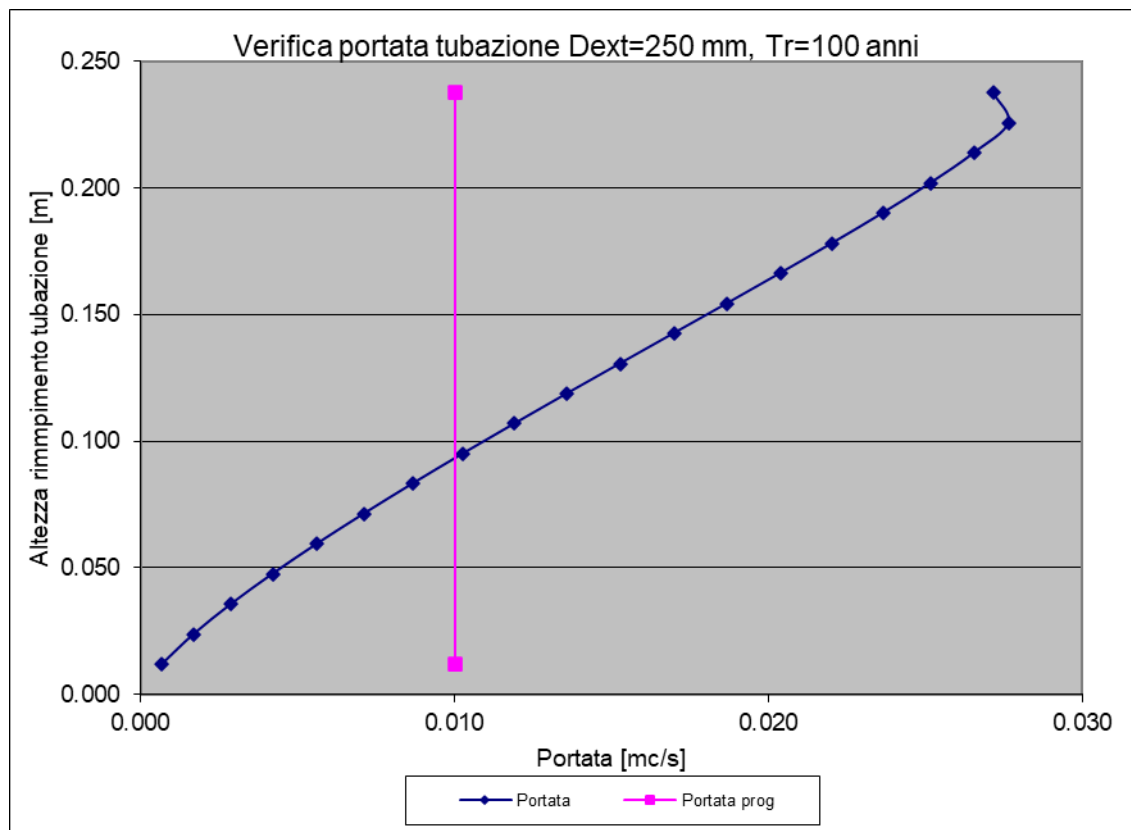


Figura 7 Dimensionamento tubazioni superficie di progetto tratto A-B-C p=0.2%, $D_{IN}=235.4\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\text{ A-B-C}}=0.01\text{ mc/s}$

7.2 Tubazione pluviali nuove coperture nodi C-F-G-H-1

I pluviali generati dalla nuova superficie di pertinenza del tratto C-F-G-H-1 saranno convogliati mediante tubazioni in PVC di diametro $D_{EXT} = 400.0\text{mm}$ ($D_{IN} = 376.6\text{mm}$, SN 8). Lungo la rete saranno posizionati dei pozzetti e delle caditoie in CAV (96x96cm) per consentire l'ispezione e la manutenzione della rete pluviale.

Le ipotesi di progetto adottate per il dimensionamento della tubazione sono le seguenti:

- sezione tubo: diametro $D_{IN} = 376.6\text{mm}$
- pendenza media della tubazione: $p = 0.2\%$ (sulla base del rilievo fornito)
- coefficiente di scabrezza di Strickler: $k = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (valore conservativo per tubazione in PVC)
- portata di progetto: $Q_{NODI \text{ C-F-G-H-1}} = S_{NODI \text{ C-F-G-H-1}} \times C \times I_{Tr=100 \text{ anni}} = 2374 \text{ m}^2 \times 1.0 \times 62.2 \text{ mm/h} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ (intensità di pioggia come da dati Idro Arpa Lombardia con $Tr = 100 \text{ anni} = 62.2 \text{ mm/h} = 1.7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$).

Di seguito si riporta la verifica delle caditoie: al deflusso della portata di progetto $Q_{NODI \text{ C-F-G-H-1}}$, si osserva un riempimento del tubo pari a 44%.

Riempimento tubo	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata	H riemp	Velocità
[%]	[mq]	[m]	[m]	[mc/s]	[m]	[m/s]
5%	0.005683	0.17	0.03	0.0023588	0.019	0.415
10%	0.011365	0.24	0.05	0.0059090	0.038	0.520
15%	0.017048	0.30	0.06	0.0100842	0.057	0.592
20%	0.022730	0.35	0.06	0.0147046	0.076	0.647
25%	0.028413	0.40	0.07	0.0196681	0.095	0.692
30%	0.034095	0.44	0.08	0.0249053	0.114	0.730
35%	0.039778	0.48	0.08	0.0303633	0.133	0.763
40%	0.045460	0.52	0.09	0.0359986	0.152	0.792
45%	0.051143	0.56	0.09	0.0417734	0.171	0.817
50%	0.056825	0.60	0.10	0.0476524	0.190	0.839
55%	0.062508	0.64	0.10	0.0536012	0.209	0.858
60%	0.068190	0.67	0.10	0.0595844	0.228	0.874
65%	0.073873	0.71	0.10	0.0655632	0.247	0.888
70%	0.079555	0.75	0.11	0.0714929	0.266	0.899
75%	0.085238	0.80	0.11	0.0773174	0.285	0.907
80%	0.090920	0.84	0.11	0.0829610	0.304	0.912
85%	0.096603	0.89	0.11	0.0883087	0.323	0.914
90%	0.102285	0.95	0.11	0.0931565	0.342	0.911
95%	0.107968	1.02	0.11	0.0970193	0.361	0.899
100%	0.113650	1.20	0.10	0.0953048	0.380	0.839

Tabella 4 Verifica tubazioni superficie di progetto tratto C-F-G-H-1 $p = 0.2\%$, $D_{IN} = 376.6\text{mm}$, $k = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI \text{ C-F-G-H-1}} = 0.04 \text{ mc/s}$

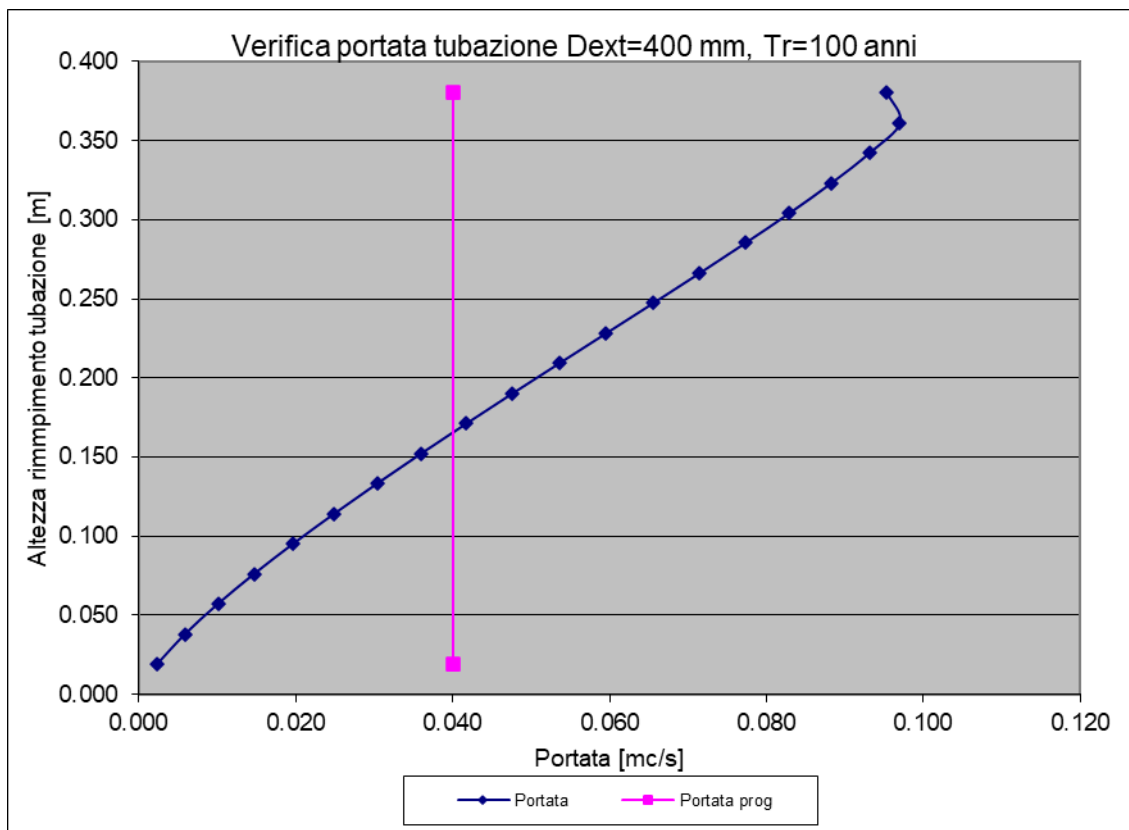


Figura 8 Dimensionamento tubazioni superficie di progetto tratto C-F-G-H-1 $p=0.2\%$, $D_{IN}=376.6\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\ C-F-G-H-1}=0.04\text{ mc/s}$

7.3 Sistema drenante

Per consentire l'invaso dei volumi d'acqua delle nuove superfici scolanti di progetto verranno realizzati n.8 pozzi drenanti in CAV con corona di rinfiando in pietrame. Ciascun pozzo presenterà le seguenti caratteristiche geometriche:

- diametro interno $D_{IN}=2,0m$
- diametro esterno $D_{EXT}=2,16m$ (spessore anelli $s=80,0mm$)
- altezza utile pozzo $H_{UTILE}=5,0m$ (n.5 anelli forati di altezza 1.0m ciascuno)
- corona di rinfiando in pietrisco con porosità media del 30% (diametro $d=3,3m$, spessore pari a circa 0,65m e altezza $h=5,2m$)

Un singolo pozzo + corona in pietrame consentirà di laminare un volume d'acqua pari a $V_{POZZO+CORONA}=23,54 m^3$, dato dalla somma dei seguenti contributi:

$$V_{POZZO}=D_{IN}^2 \times \pi / 4 \times H_{UTILE} = (2,0^2 \times \pi / 4 \times 5,0) = 15,70 m^3 \text{ volume singolo pozzo}$$

$$V_{CORONA \text{ CIRCOLARE}} = [(d)^2 \times \pi / 4 \times h - (D_{EXT})^2 \times \pi / 4 \times h] \times 30\% = [(3,3^2 \times \pi / 4 \times 5,2) - (2,16^2 \times \pi / 4 \times 5,0)] m^3 \times 0,3 = (44,45 - 18,31) m^3 \times 35\% = 7,84 m^3 \text{ volume singola corona in pietrisco}$$

7.3.1 Verifica dei volumi richiesti da R.R.

L'intero sistema sarà composto da n.8 manufatti drenanti collegati tra loro e garantirà un volume pari a $V_{MANUFATTI}=188,32 m^3$ ($23,54 m^3 \times n.8$ pozzi).

Dal confronto con il volume richiesto da R.R. si ha che:

$$V_{MANUFATTI} > W_{0(TR100)} \quad (188.32 m^3 > 188m^3) \text{ verificato}$$

Il risultato si ritiene soddisfacente anche in ragione dell'ulteriore volume rappresentato dai pozzetti e dalle tubazioni di progetto, cautelativamente non considerato in questa analisi.

7.3.2 Verifica dei tempi di svuotamento richiesti da R.R.

Il R.R. 7/2017 e ss.mm.ii. all'art. 11, comma 2, lettera f) prevede che "per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile".

Ciò premesso, si è proceduto con la stima della portata dispersa da un singolo pozzo nel terreno considerato mediante l'applicazione della seguente espressione:

Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 21/25

$$Q_{\text{INFILTRAZIONE}} = k \times F \times H \text{ (m}^3/\text{s)}$$

dove:

- $k = 1,0 \times 10^{-4}$ m/s (valore medio conservativo di permeabilità stimata in sito, §5)
- $F = 20,72$ (coefficiente di forma che dipende dalla forma della tasca di lunghezza $L = 4,0$ m del pozzo forato e dal diametro interno $D = 2,0$ m)
- $H = 0,10$ m altezza del livello d'acqua all'interno del pozzo (valore conservativo).

La determinazione del coefficiente di forma F è stata eseguita sulla base della teoria proposta dal Dott. Ferruccio Cestari nel caso di tubo cilindrico in terreno uniforme (esempio n.8 del libro Prove geotecniche in sito, di Ferruccio Cestari, edizione GEO-GRAPH pag. 368):

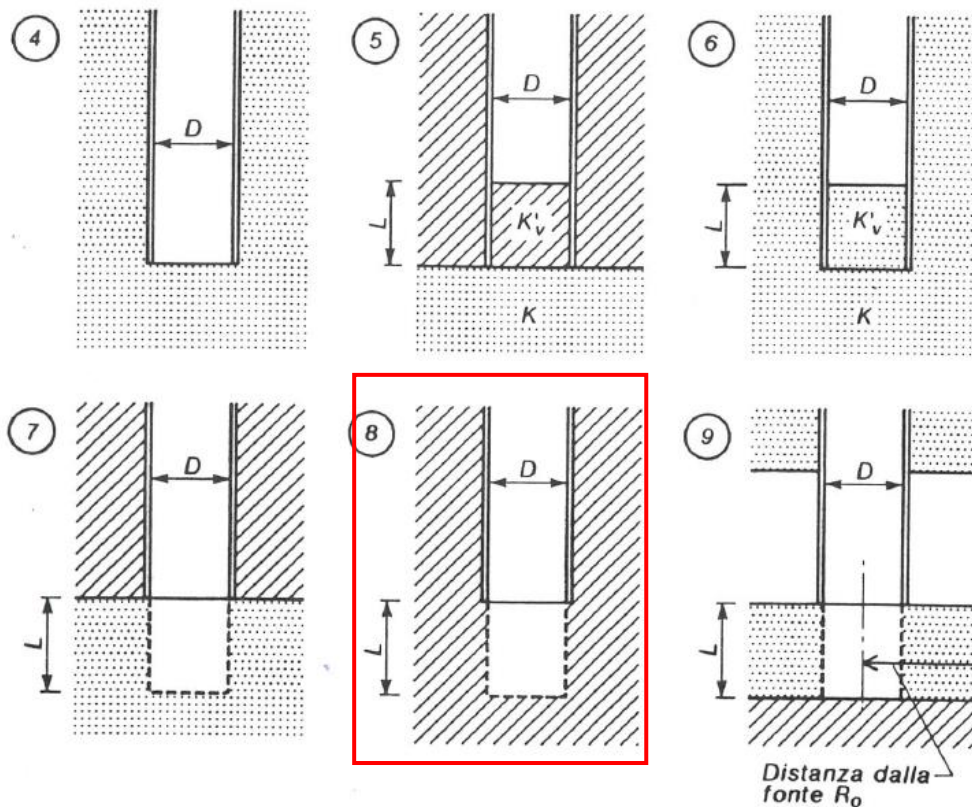


Figura 8.35
Schemi per i quali è noto il coefficiente di forma "F" (Hvorslev, 1951).

Figura 9 Schemi per determinazione coefficiente di forma F [fonte: Prove geotecniche in sito, di Ferruccio Cestari, edizione GEO-GRAPH pag. 368]

La stessa pubblicazione propone l'espressione per il calcolo del fattore di forma F [L]:

8	Filtro cilindrico in terreno uniforme	$\frac{3 \pi L}{1,5 \frac{L}{D} + \sqrt{1 + \left(\frac{1,5 L}{D}\right)^2}}$
---	---------------------------------------	---

Figura 10 Valore coefficiente di forma F per il caso di cilindro in terreno uniforme [fonte: Prove geotecniche in sito, di Ferruccio Cestari, edizione GEO-GRAPH pag. 369]

Dall'applicazione delle formule sopra esposte si ottiene una portata di infiltrazione per singolo pozzo pari a:

$$Q_{\text{INFILTRAZIONE N.1 POZZO}} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{BATTERIA POZZI}} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h} \times n.8 \text{ pozzi} = 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

I manufatti drenanti si svuoteranno in un tempo massimo stimato pari a:

$$t_{\text{SVUOTAMENTO}} = V_{\text{MANUFATTI}} / Q_{\text{BATTERIA POZZI}} = 188,32 \text{ m}^3 / 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_{\text{SVUOTAMENTO}} \approx 32 \text{ ore} < 48 \text{ ore} \text{ verificato}$$

La prescrizione fornita dal Regolamento Regionale in merito al tempo di svuotamento dei manufatti drenanti è verificata: 32 ore < 48 ore.

Il risultato si ritiene soddisfacente anche in ragione dell'ulteriore capacità filtrante consentita della corona in pietrisco, cautelativamente non considerato in questa analisi.

8 Conclusioni

Su incarico e per conto dell'azienda Alba Srl (P.IVA/CF 03956950988 - REA c.c.i.a.a. BS577110) con sede in via Monticella n.14/16/18 nel Comune di Rodengo Saiano (BS) è stata eseguita una stima dei volumi minimi di invaso per consentire lo smaltimento delle acque bianche di pertinenza dell'ampliamento che verrà realizzato all'interno della proprietà, ai sensi del Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 - Supplemento n.48 del 27/11/2017 e ss.mm.ii.

Nello specifico, il presente studio di invarianza è stato redatto a supporto del progetto "Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18". Nel complesso, tutte le acque generate dalle nuove superfici scolanti (coperture e pavimentazioni esterne) saranno convogliate a manufatti drenanti.

Nel complesso la rete delle acque bianche per l'invarianza sarà costituita dai seguenti manufatti:

- n.8 pozzi drenanti carrabili con rinfiacco in pietrame: i pozzi saranno collegati tra loro mediante tubazioni di troppo-pieno in PVC
- pozzetti carrabili in CAV per la raccolta delle caditoie/derivazione/ispezione della rete
- tubazioni in PVC per il convogliamento dei pluviali all'interno dei pozzi.

Le opere di ampliamento verranno realizzate all'interno di un complesso industriale già edificato il quale presenta una rete di sottoservizi e fondazioni esistenti, pertanto i manufatti drenanti saranno collocati laddove siano disponibili aree adatte alla loro realizzazione e dove non interferiscano con opere/sottoservizi esistenti (in accordo con le indicazioni fornite dalla Committenza).

Nel complesso tali manufatti garantiranno da una parte il volume minimo richiesto da regolamento, dall'altro la dispersione dei volumi d'acqua entro le 48 ore.

Infine, preme sottolineare che tutti i manufatti dovranno essere ispezionabili e dovranno essere eseguite le manutenzioni periodiche così come previsto nel documento "Piano di manutenzione" allegato al presente progetto.

STUDIO CONTI ASSOCIATI

Dott. Ing. Francesco Bocchio



Opere interne ed ampliamento di complesso industriale sito in via Monticella n.14-16-18	001313_PE_00_II_RT
Relazione di invarianza idraulica ex Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 e smi	pag. 24/25

Indice delle figure

Figura 1 Stralcio immagine satellitare dell'area di intervento con sovrapposizione CTR [fonte: Viewer Grafico Regione Lombardia - Geoportale]	4
Figura 2 Schema esemplificativo dell'intervento al quale applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica [fonte: pag.14/103 R.R.]	6
Figura 3 Tabella 1 del R.R. 7/2017 e smi [fonte: pag.6/2016 R.R. 7/2017 e smi]	8
Figura 4 Allegato C del R.R. 7/2017 e smi con individuazione dell'ambito comunale di appartenenza: Rodengo Saiano [fonte: pag. 45/103 R.R. 7/2017 e smi].....	9
Figura 5 Stralcio mappa portale idrologico geografico di ARPA Lombardia riferito all'area in esame [fonte: Idro Arpa Lombardia].....	11
Figura 6 Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e linee segnalatrici di probabilità pluviometrica [elaborazione eseguita mediante l'applicativo di Idro Arpa Lombardia per il sito in esame].....	12
Figura 7 Dimensionamento tubazioni superficie di progetto tratto A-B-C $p=0.2\%$, $D_{IN}=237.6\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\ A-B-C}=0.01\text{ mc/s}$ s.....	18
Figura 8 Dimensionamento tubazioni superficie di progetto tratto C-F-G-H-1 $p=0.2\%$, $D_{IN}=380.4\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\ C-F-G-H-1}=0.04\text{ mc/s}$	20
Figura 9 Schemi per determinazione coefficiente di forma F [fonte: Prove geotecniche in sito, di Ferruccio Cestari, edizione GEO-GRAPH pag. 368]	22
Figura 10 Valore coefficiente di forma F per il caso di cilindro in terreno uniforme [fonte: Prove geotecniche in sito, di Ferruccio Cestari, edizione GEO-GRAPH pag. 369]	22

Indice delle tabelle

Tabella 1 Valore dei coefficienti secondo metodo GEV per l'area in esame [fonte: Idro Arpa Lombardia]	11
Tabella 2 Confronto risultati stimati con metodo delle sole piogge e con metodologia requisito minimo per intervento	15
Tabella 3 Verifica tubazioni superficie di progetto tratto A-B-C $p=0.2\%$, $D_{IN}=237.6\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\ A-B-C}=0.01\text{ mc/s}$	18
Tabella 4 Verifica tubazioni superficie di progetto tratto C-F-G-H-1 $p=0.2\%$, $D_{IN}=380.4\text{mm}$, $k=90\text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q_{TUBI\ C-F-G-H-1}=0.04\text{ mc/s}$	19