

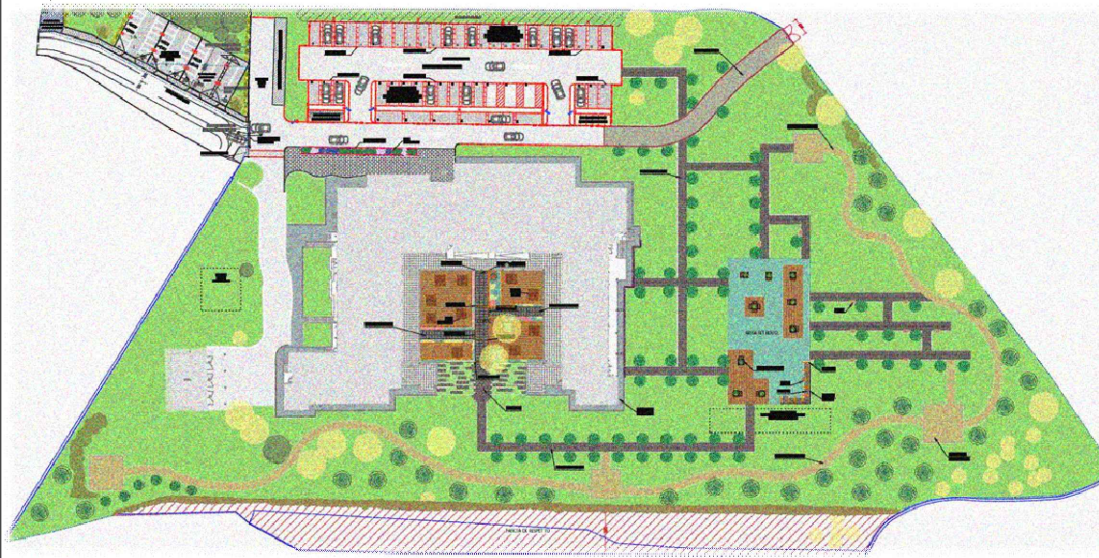


# LAVORI INTEGRATIVI DI COMPLETAMENTO E MIGLIORAMENTO DELLE AREE ESTERNE E DELLA VIABILITÀ DELLA NUOVA SEDE UNIVERSITARIA SITA IN VIA ALESSANDRO NINI DA FANO - BERGAMO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Arch. Alessandro Frigeni

## PROGETTO ESECUTIVO

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

Mandataria:

**Mythos Consorzio Stabile S.c.ar.l.**

Sede legale: Via Trottechien, 61 - 11100 Aosta

Sedi operative:

Via Giolitti 24 - 10123 Torino

Via Lampedusa 13 - 20141 Milano

Passage du Verger 5 - 11100 Aosta

Piazza Italia 34 - 07100 Sassari

Mandante:

Progettazione del Verde  
e Paesaggio**DOTT. agronomo i. LUIGI BOVISIO**

via Colle dei Pasta, 14/f

24060 - Torre De Roveri (Bg)

tel. - fax. 035.20.32.47

e-mail: info@studioellebi.eu

www.studioellebi.eu

Isc. Ordine Dott. agronomi  
e forestali di Bergamo: n° 250

Timbro e firma

## ELABORATI GENERALI DESCRITTIVI

Relazione invarianza idraulica

**data:**

settembre 2022

**scala:**

-

**codice elaborato:****10E.011.RII**

Revisione	Data	Descrizione	Progettista
REV_00	23-04-2019	Prima emissione	Ing. Fabio Inzani
			Dott. agronomo i. Luigi Bovisio





## RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

### Sommario

1	INTRODUZIONE.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	3
3	ANALISI IDROLOGICA .....	4
4	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO.....	6

## **1 INTRODUZIONE**

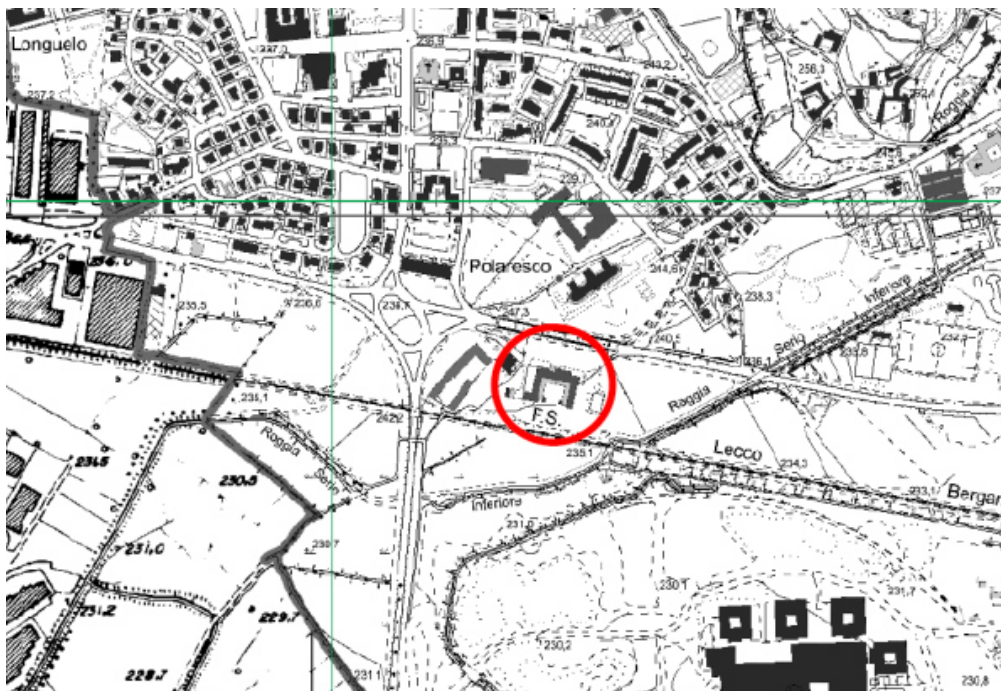
La presente relazione attiene alla valutazione idraulica dell'area di intervento nel rispetto delle norme relative alla invarianza idraulica stabilite dalla regione Lombardia. In particolare sarà dimostrato che la vasca di laminazione realizzata nel corso dell'appalto principale di ristrutturazione del fabbricato è sufficiente per garantire le prestazioni da norma in funzione del progetto di sistemazione delle aree esterne di cui al presente intervento.

Poco lontano dall'area di intervento, a circa 2.27 km, è presente la stazione pluviometrica di Bergamo Via Garibaldi, da cui sono stati desunti i dati di pioggia utilizzati per lo studio. La stazione è localizzata a quota 249 m s.l.m., ed è stata operativa dal 15/06/1994 al 11/01/2012. Le precipitazioni di progetto sono definite dalla stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica LSPP, che lega i massimi annuali di pluviometria (h) alle varie durate di pioggia (D) attraverso parametri dipendenti dal tempo di ritorno. I dati e le elaborazioni necessarie sono stati messi a disposizione da ARPA Lombardia e sono liberamente consultabili all'indirizzo <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml> Per l'area oggetto di studio sono forniti i parametri indicati nella tabella riportata alla pagina successiva, relativi a piogge intense nell'intervallo da 1 a 24 ore con tempi di ritorno  $T_r$  pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni. Di seguito si riporta la rappresentazione grafica delle tabelle per le durate di precipitazione da 1-24 ore per diversi tempi di ritorno da 2 a 200 anni, con l'evidenziazione in rosso della linea segnalatrice relativa a  $T_r=20$  anni, quella relativa al presente lavoro. Le analisi sono state condotte nel rispetto del "Programma di tutela e uso della acque" della Regione Lombardia, L. R. 12 Dicembre 2003, n. 26, art. 45, comma 3, D.lgs. 11 maggio 1999, n. 152, art. 44, Titolo IV, Capo I, Norme Tecniche di Attuazione

2

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il fabbricato di intervento è localizzato nel settore occidentale del concentrico di Bergamo, ad una quota di circa 240 m s.l.m. risulta lievemente sopraelevato rispetto alla pianura circostante. La localizzazione del sito è visibile sulla CTR e sulla foto aerea 3D di dettaglio riportato sotto.



Localizzazione del fabbricato di intervento su CTR




Localizzazione di dettaglio su foto aerea 3D, tratta da Google Maps



## RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

## 3 ANALISI IDROLOGICA



Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>  
A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30.139999  
N - Coefficiente di scala 0.29640001  
GEV - parametro alpha 0.2987  
GEV - parametro kappa -0.0111  
GEV - parametro epsilon 0.82410002

### Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: **Bergamo, Via Garibaldi**  
Coordinate: .....

Linea segnatrice  
Tempo di ritorno (anni) **20**

Evento pluviometrico  
Durata dell'evento [ore]   
Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

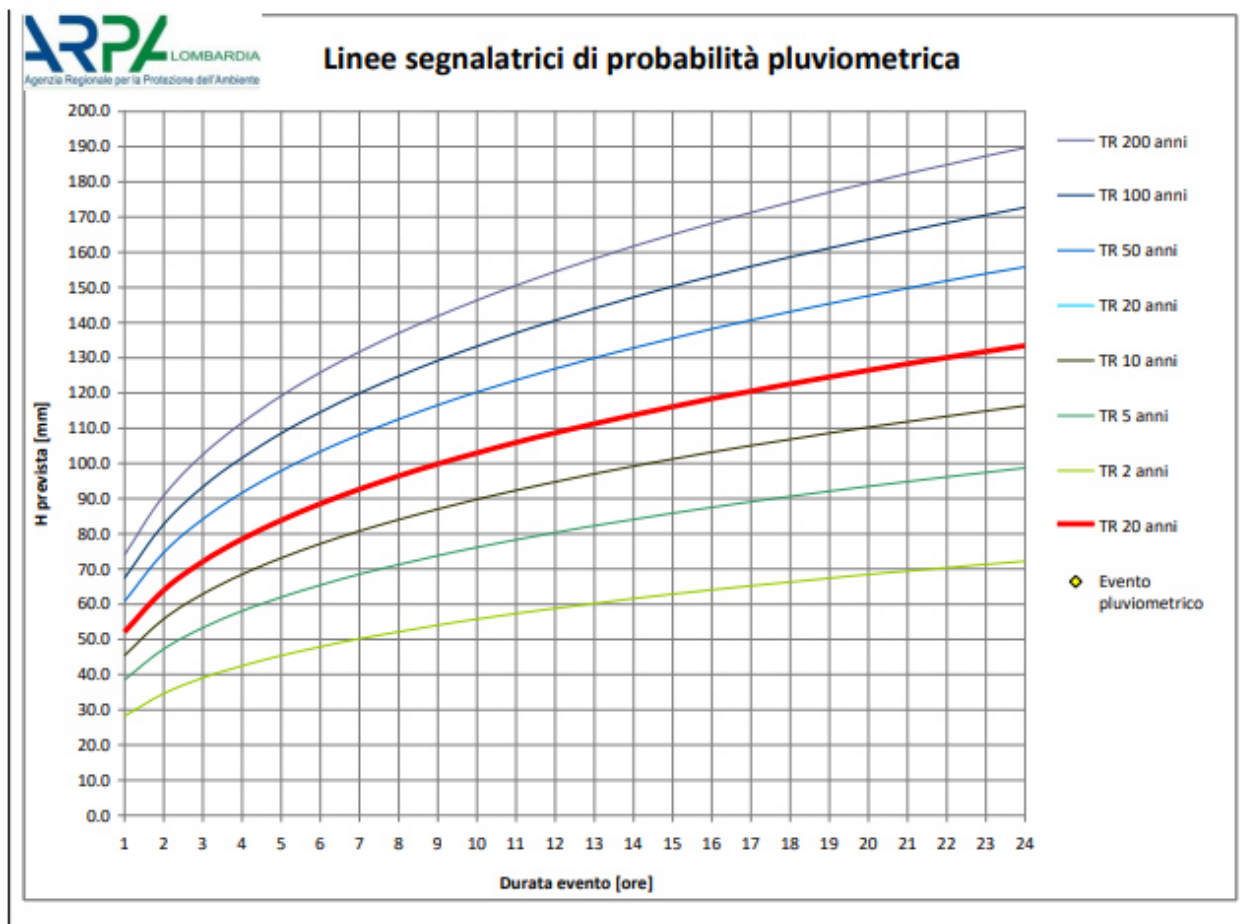
$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

Bibliografia ARPA Lombardia:  
<http://idro.arpalombardia.it/manual/spp.pdf>  
[http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA\\_report.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	20
wT	0.93380	1.27588	1.50475	1.72608	2.01522	2.23385	2.45338	<b>1.72608448</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 20 anni
1	28.1	38.5	45.4	52.0	60.7	67.3	73.9	<b>52.0241845</b>
2	34.6	47.2	55.7	63.9	74.6	82.7	90.8	<b>63.8896596</b>
3	39.0	53.3	62.8	72.0	84.1	93.2	102.4	<b>72.0483477</b>
4	42.4	58.0	68.4	78.5	91.6	101.5	111.5	<b>78.4613666</b>
5	45.3	62.0	73.1	83.8	97.9	108.5	119.1	<b>83.8262421</b>
6	47.9	65.4	77.1	88.5	103.3	114.5	125.8	<b>88.4808567</b>
7	50.1	68.5	80.7	92.6	108.1	119.9	131.6	<b>92.6173495</b>
8	52.1	71.2	84.0	96.4	112.5	124.7	137.0	<b>96.3565323</b>
9	54.0	73.8	87.0	99.8	116.5	129.1	141.8	<b>99.7798324</b>
10	55.7	76.1	89.7	102.9	120.2	133.2	146.3	<b>102.945008</b>
11	57.3	78.3	92.3	105.9	123.6	137.0	150.5	<b>105.894666</b>
12	58.8	80.3	94.7	108.7	126.9	140.6	154.4	<b>108.661229</b>
13	60.2	82.2	97.0	111.3	129.9	144.0	158.2	<b>111.270003</b>
14	61.5	84.1	99.2	113.7	132.8	147.2	161.7	<b>113.741157</b>
15	62.8	85.8	101.2	116.1	135.5	150.2	165.0	<b>116.091051</b>
16	64.0	87.5	103.2	118.3	138.2	153.1	168.2	<b>118.333158</b>
17	65.2	89.1	105.0	120.5	140.7	155.9	171.2	<b>120.478722</b>
18	66.3	90.6	106.8	122.5	143.1	158.6	174.2	<b>122.537231</b>
19	67.4	92.0	108.6	124.5	145.4	161.1	177.0	<b>124.516774</b>
20	68.4	93.4	110.2	126.4	147.6	163.6	179.7	<b>126.424308</b>
21	69.4	94.8	111.8	128.3	149.8	166.0	182.3	<b>128.265865</b>
22	70.4	96.1	113.4	130.0	151.8	168.3	184.8	<b>130.046712</b>
23	71.3	97.4	114.9	131.8	153.8	170.5	187.3	<b>131.77148</b>
24	72.2	98.6	116.3	133.4	155.8	172.7	189.7	<b>133.444263</b>

**RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA**

## 4 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Al fine di calcolare la portata da smaltire a seguito delle precipitazioni di 1h con  $Tr=20$  anni, è stato utilizzato il “Metodo delle sole piogge”, metodo cautelativo che si basa sulla sola curva segnalatrice di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata massima, supposta costante, che si vuole avere allo scarico del sistema.

La risposta idrologica del sistema è quindi semplificata, poiché trascurando i processi afflussi-deflussi, permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace, ottenuta col metodo del coefficiente di afflusso (definito “coefficiente di deflusso” anche a livello di normativa). Tale ipotesi implica che le portate in ingresso al sistema di invaso, oggetto della presente progettazione, siano cautelativamente sovrastimate, così come i volumi di laminazione.

Tale metodo di calcolo prevede:

– un’onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa  $Q_e(t)$  nell’invaso di laminazione. Si tratta di un’onda rettangolare avente durata  $D$  e portata costante  $Q_e$ , pari al prodotto dell’intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l’area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell’intervento afferente all’invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l’effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all’invaso. Conseguentemente l’onda entrante nell’invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell’intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{(n-1)}$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = Q_e \cdot D$$

in cui  $S$  è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all’invaso,  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo (quindi  $S \cdot \varphi$  è la superficie scolante impermeabile dell’intervento),  $D$  è la durata di pioggia,  $a = a_1 w_T$  e  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia) espressa nella forma:  $h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$

Il coefficiente di deflusso è calcolato effettuando una media ponderale, attribuendo alle varie aree i seguenti valori:

- “1” per tutte le sottoaree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti e parcheggi
- “0.7” per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti e parcheggi;

## RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

- “0.3” per le sottoaree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle ad uso agricolo

Nel caso in cui la portata risultante sia superiore rispetto alla portata ammissibile allo scarico, si procede al dimensionamento di una vasca di laminazione, definendo:

- un’onda uscente  $Q_u(t)$ . Si tratta di un’onda anch’essa rettangolare caratterizzata da una portata costante  $Q_{u,lim}$  (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili. La portata costante uscente è quindi pari a:

$Q_{u,lim} = S \cdot \phi \cdot u_{lim}$  e il volume complessivamente uscito nel corso della durata  $D$  dell’evento è pari a:

$$W_u = S \cdot \phi \cdot u_{lim} \cdot D$$

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell’onda entrante e dell’onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l’evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione

ove la durata critica  $D_w$  è espressa tramite l’equazione

$D_w = (Q_{u,lim} / 2.78 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot n)^{1/(n-1)}$  (formula 4’ di pag. 63 del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 - n. 7) e il volume critico di laminazione  $W_0$  è espresso tramite l’equazione

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Nel caso in esame, la portata specifica ammissibile allo scarico  $u_{lim}$  è stata posta pari 20 (l/s)/ha, come da:

- PTUA della Regione Lombardia - L. R. 12 Dicembre 2003, n. 26, art. 45, comma 3, D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152, art. 44, Titolo IV, Capo I - (pag 50)
- NTA del Piano di Governo del Territorio – Reticolo Idrico, del Comune di Bergamo (pag. 33)

Il valore della portata ammissibile allo scarico  $Q_{lim}$  è stata calcolata come  $Q_{lim} = S \cdot f \cdot u_{lim}$ , prendendo cioè in considerazione non la superficie scolante dell’intervento bensì la sua superficie scolante impermeabile, come riportato negli esempi annessi al metodo delle sole piogge riportati nel Regolamento Regionale 23 novembre 2017 - n. 7.

Nel report della pagina seguente, vengono riportati la durata critica di pioggia, il volume critico di laminazione ( $W_0 = 219.92 \text{ m}^3$ ), e il volume specifico di invaso, rapportato alla superficie scolante impermeabile dell’intervento.

## RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

IL METODO DELLE SOLE PIOGGE per il calcolo dei volumi di laminazione							
Calcolo del coefficiente di deflusso ponderato							
					Sup (m2)	C deflusso	Prodotto
Pav. asfaltate + pav cls + tetti					4364	1	4364
Pavimentazione autobloccanti e similari					1294	0,7	905,8
Sotto aree permeabili:					0	0,3	0
Sup. totale					5658 m <sup>2</sup>		5269,8
Coefficiente di deflusso ponderato					0,93		
Calcolo del volume critico di laminazione							
S	Superficie totale scolante					5658 m <sup>2</sup>	
	Superficie totale scolante					0,5658 ha	
S*φ	Superficie scolante impermeabile dell'intervento					0,5270 ha	
Tr	tempo di ritorno (anni)					20 anni	
φ	coefficiente di deflusso ponderato					0,93	
D	durata della pioggia					1 h	
a1	da tabelle regionali					30,14	
wT(relativo al Tr)	da tabelle regionali					1,73	
a(a1*wT)	parametro della curva di possibilità pluviometrica					52,02	
n	parametro della curva di possibilità pluviometrica					0,296	
u <sub>lim</sub>	portata specifica ammissibile allo scarico					20 (l/s)/ha	
Q <sub>lim</sub> (S*φ*u <sub>lim</sub> )	portata ammissibile allo scarico					10,54 l/s	
Durata dell'evento critico (D <sub>w</sub> )			$D_w = (Q_{u,lim}/2.78*S*φ*a*n)^{(1/n-1)}$			2,96 h	
Volume critico di laminazione (W <sub>0</sub> )			$W_0 = 10*S*φ*a*D_w^{^n} - 3.6*Q_{u,lim}*D_w$			265,86 m <sup>3</sup>	
Volume specifico di invaso (w <sub>0</sub> )			$w_0 = W_0/(S*φ)$			504,50 m <sup>3</sup> /ha	imp

8

Il volume di laminazione necessario è pari a 265,860 mc.

**La vasca di laminazione ha un volume di laminazione pari a :**

$$24.40 \text{ m} * 4.40 \text{ m} * 2.8.0 \text{ m} = \text{mc } 300,608$$

**Risulta sufficientemente dimensionata anche in funzione dell'intervento oggetto della presente per cui non risulta necessario provvedere ad un suo ampliamento.**

Torino, settembre 2022