

# COMUNE DI MILANO

## PROGETTO PRELIMINARE OPERE DI URBANIZZAZIONE

PROGETTO ATTUATORE

**EDILTRENNO S.r.l.**

via Uberto Visconti di Modrone, 18  
20122 MILANO

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA



**Blengini Ghirardelli S.r.l.**

via Spinola, 8E  
20149 MILANO

ASSET MANAGEMENT / PROJECT MANAGEMENT



**COIMA REM S.r.l.**

Piazza Gae Aulenti, 12  
20154 MILANO

PROGETTAZIONE PAESAGGISTICA



**AG&P greenscape S.r.l.**

via Savona, 50  
20144 MILANO

CONSULENTE LEGALE - AMMINISTRATIVO



Studio Legale  
**Torrani - Incorvaia**

Corso Magenta, 63  
20123 MILANO

PROGETTAZIONE URBANIZZAZIONI



**ALPINA S.p.a.**

via Ripamonti, 2  
20136 MILANO

INDAGINI AMBIENTALI



**A.S.T.C. REMEDIATION S.r.l.**

via Lazzaro Papi, 22  
20135 MILANO

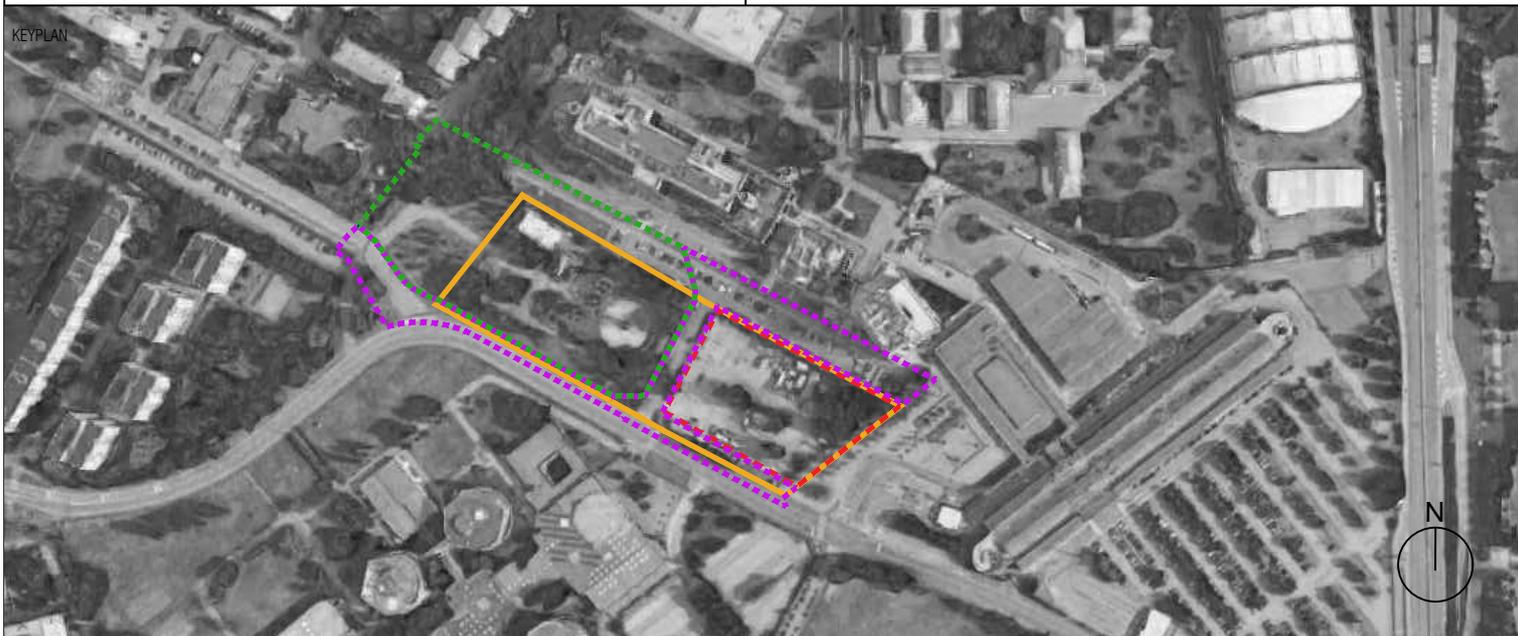
STRATEGIA MOBILITA'



**Systematica S.r.l.**

via Lovanio, 8  
20121 MILANO

KEYPLAN



FASE DI PROGETTO	OGGETTO			
PA	PROPOSTA DEFINITIVA - PIANO ATTUATIVO, PA 2-Nord			
FORMATO (ISO)	RAPPORTO PRELIMINARE		TAV.	
A4	Verifica di assoggettabilità alla Valutazione Ambientale Strategica		All.02	
SCALA	ALLEGATO 2 - RELAZIONE INVARIANZA IDARULICA			
1:-				
REV	00	PRIMA EMISSIONE	GENNAIO 2018	
	01	EMISSIONE VARIANTE	AGOSTO 2020	
	02	EMISSIONE PROPOSTA DEFINITIVA	NOVEMBRE 2021	
	02.1	EMISSIONE PROPOSTA DEFINITIVA_ INTEGRAZIONI	APRILE 2022	
	02.2	EMISSIONE PROPOSTA DEFINITIVA_ INTEGRAZIONI	MAGGIO 2022	
	02.3	EMISSIONE PROPOSTA DEFINITIVA_ INTEGRAZIONI	AGOSTO 2022	
02.3				
DATA	TIPO DI EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO/AUTORIZZATO
AGOSTO 2022	CONSEGNA	STID	MS	GRAIA

PROGETTO DI INVARIANZA AI SENSI DEL RR 7/2017 E S.M.I.

PA 2 – VIA GIULIO NATTA

PROPOSTA DI VARIANTE DI PIANO ATTUATIVO

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
1.1	AMBITO DI ASSOGGETTABILITÀ AL RR 7/2017 .....	3
<b>2</b>	<b>EDIFICIO TERZIARIO - CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INVARIANZA IN RELAZIONE ALLE CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO EDILIZIO</b> .....	<b>7</b>
3.1	DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE.....	8
<b>4</b>	<b>CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI E DEL VOLUME DI PROGETTO</b> .....	<b>10</b>
4.1	VALUTAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	10
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI LAMINAZIONE (VOLUME DI ACCUMULO)</b> .....	<b>13</b>
5.1	VOLUME DI ACCUMULO .....	14
5.2	VERIFICA DEI FRANCHI DI SICUREZZA DEGLI INVASI PER TEMPO DI RITORNO 100 ANNI.....	15
5.3	DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DEGLI INVASI .....	18
<b>6</b>	<b>PIANO DI MANUTENZIONE</b> .....	<b>19</b>
6.1	VASCA DI LAMINAZIONE IN CLS .....	19

# 1 Premessa

Il presente documento, partendo dall'analisi delle diverse tipologie di aree previste nel PA2, via Natta in termini di regime dei suoli e di assoggettabilità al RR 7/2017 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)” e s.m.i, contiene:

- L'indicazione delle tipologie e estensione delle superfici previste in progetto assoggettate all'invarianza e dei relativi coefficienti di deflusso
- La determinazione del regime pluviometrico relativo all'area di studio sulla base dei dati di pioggia forniti dall'Ufficio Idrografico dell'ARPA Lombardia
- L'individuazione dei sistemi di gestione delle acque meteoriche e il calcolo del volume minimo di invaso, ove necessario ai sensi del RR 7/2107 e s.m.i.

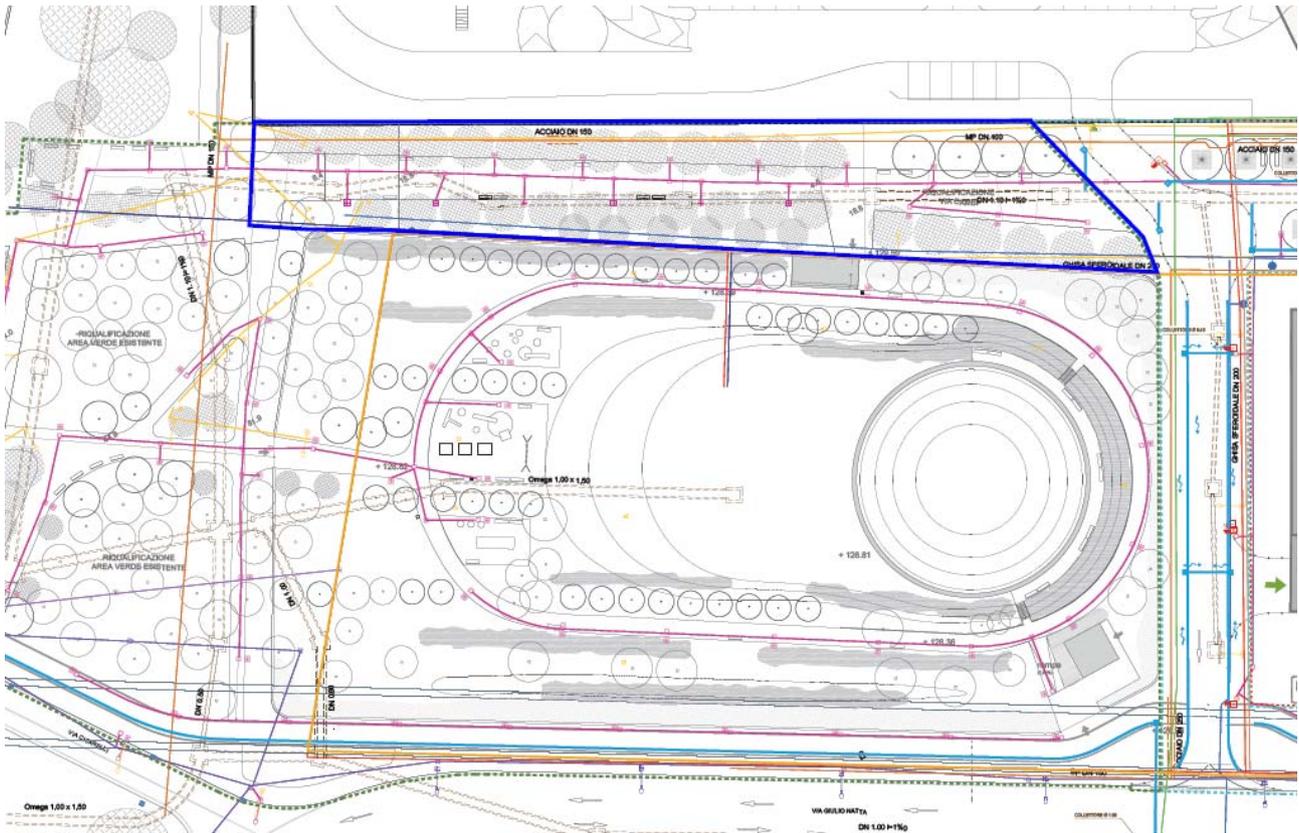
## **1.1 Ambito di assoggettabilità al RR 7/2017**

Il perimetro del Piano attuativo, per quanto concerne le opere di urbanizzazione, include le vie comunali Karl Ziegler e Via Livio Cambi collocate lungo l'asse di via Giulio Natta, oltre alla realizzazione del nuovo giardino pubblico nell'Area B del PA2, Via Natta e della pista ciclabile parallela a via Natta.

Le opere previste lungo via Cambi e Ziegler consistono in generale nella sistemazione dei tratti viari sopracitati mediante il rifacimento delle pavimentazioni dei percorsi carrabile, pedonale e ciclabile, prevedendo anche l'adeguamento delle reti tecnologiche (Illuminazione pubblica e rete di drenaggio).

In particolare per la Via Cambi, sull'area individuata con perimetro blu nella figura che segue per una superficie totale di 2025 mq, si prevedono interventi di de-pavimentazione con aumento delle aree a verde. Infatti allo stato attuale, l'area indicata è occupata per 1.350 mq da superficie impermeabile (parcheggio e pista ciclabile) e per 675 mq da verde.

Il progetto prevede la realizzazione di aiuole per 1275 mq e la pavimentazione di 750 mq a cls architettonico, con notevole riduzione del coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area.



Come indicato nel verbale del Comitato intersettoriale per i trasporti e la mobilità del Comune di Milano del 13/10/2020 le aree pubbliche non risultano assoggettate al Regolamento regionale 23 novembre 2017 – n.7 e successive modifiche..

Il sistema di drenaggio prevede quindi sistemi di smaltimento delle acque meteoriche tradizionali che verranno connessi alla rete esistente, per la cui descrizione di dettaglio si rimanda al documento “Relazione tecnico-descrittiva” (elaborato REL1-02).

Relativamente al parco pubblico da realizzarsi sull’Area B, il progetto non prevede nessun sistema di drenaggio a servizio dell’area a verde. L’intervento rientra quindi nella tipologia contemplata all’art.3, comma 7bis, lett. c del RR 7/2017 per cui “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...”non sono soggetti all’applicazione del regolamento di invarianza.

Analogamente la pista ciclabile prevista parallela alla via Natta, in attraversamento delle aree A e B da NW a SE per convergere con l’esistente percorso ciclabile di via Chiarelli, rientrando nella categoria F-bis “Itinerario ciclopedonale: strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a

tutela dell'utenza debole della strada”, è esclusa dall'applicazione del RR 7/2017 ai sensi dell'art. 3, comma 3, lett. d del regolamento stesso.

In conclusione risulta che solo l'intervento di realizzazione sull'area A del PA2, Via Natta del nuovo edificio con funzioni terziarie deve essere assoggettato all'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto indicato nel RR 7/2017 e s.m.i.

Nel seguito quindi si fornisce quanto richiesto nell'art. 10 del RR 7/2017 e s.m.i. “Contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica” in riferimento all'intervento di realizzazione del nuovo edificio ad uso terziario, con i livelli di dettaglio consentiti dal grado di approfondimento progettuale conseguito per un Piano Attuativo.

## 2 Edificio terziario - Caratteristiche dell'intervento

L'intervento progettuale si propone di insediare un edificio con funzioni terziarie direttamente connesso al polo UniCredit.

La proposta planivolumetrica prevede un edificio avente 11500 mq di SL. Sono previsti due piani interrati, destinati a parcheggi, aree di manovra e locali tecnici.

Il piano terra è concepito come fulcro delle attività degli edifici terziari messi a sistema dal nuovo intervento e come principale collegamento tra la Piazza e la FoodCourt di via Livio Cambi.

Il progetto prevede infine la realizzazione di aiuole lungo via Cambi e di due filari alberati in continuità con la vegetazione esistente e con il progetto del giardino da realizzarsi nell' Area B del PA2, Via Natta (opera di urbanizzazione secondaria).

In tal senso, in continuità ed a completamento di quanto già previsto nella riqualificazione di Via Cambi, si prevede la collocazione a perimetro dell'edificio, verso la piazza della MM1 e parallelamente a via Natta, di aiuole delimitate rispetto alla pavimentazione in tozzetti di porfido, da un cordolo in granito.

La superficie complessiva dell'area A del PA2, Via Natta è pari a 6118 mq. Tale area è destinata per 5460mq alla realizzazione dell'edificio ad uso terziario, a cui si aggiunge la superficie di 383,3 mq relativa alle due passerelle pedonali, mentre i restanti 658 mq sono destinati alla realizzazione della pista ciclopedonale.

Quindi la superficie assoggettata all'invarianza è pari a 5460 mq + 383,30 mq.

La tabella che segue riporta tipologia e estensione areale delle superfici previste nel progetto e soggette all'applicazione dei principi di invarianza.

**Tabella 1 – Superfici dell'area assoggettata a invarianza– Stato di progetto**

Tetti/ coperture	Tetti a verde	Superfici scoperte impermeabili	Verde pensile	Pavimentazioni semipermeabili	Verde drenante	Totale
m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
3085,3	0	2458	300	0	0	5843,3

### 3 Criteri di dimensionamento delle opere di invarianza in relazione alle caratteristiche dell'intervento edilizio

Il progetto edilizio prevede la costruzione di un nuovo edificio su area attualmente non edificata. L'intervento è quindi soggetto al rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'art. 3, comma 2, lett. b) del RR n. 7/2017.

L'area è interamente ricadente nel territorio comunale di Milano, inserito nell'ambito territoriale ad alta criticità idraulica A (ai sensi dell'art. 7 del R.R. 7/2017), che comprende le aree dei comuni, elencati nell'allegato C dello stesso Regolamento ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B.

La superficie dell'area oggetto di intervento è pari a 5843,3 mq, comprendente l'edificio in progetto, aree scoperte semipermeabili e impermeabili e le passerelle di collegamento con l'edificio Unicredit esistente. Non sono previste aree a verde profondo in quanto il limite dei piani interrati coincide con il limite dell'area fondiaria.

Per il calcolo della superficie impermeabile di intervento si è fatto riferimento ai coefficienti di deflusso indicati nel Regolamento Regionale n° 7/2017, art. 11, comma 6.

La tabella che segue riporta le superfici di progetto che contribuiscono al deflusso e il relativo coefficiente di deflusso

**Tabella 2 – Superfici scolanti**

	Tetti/ coperture	Tetti a verde	Superfici scoperte impermeabili	Verde pensile	Verde drenante	Totale
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
	3085,3	0	2458	300	0	5843,3
Coefficiente di deflusso	1	0,7	1	0,7	0,3	0,985
<b>Superficie scolante impermeabile (m<sup>2</sup>)</b>						5753,3

Con riferimento all'art. 9 del RR 7/2017, la metodologia di calcolo delle opere di invarianza da applicare varia in funzione della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale. Tali parametri vanno ad individuare la "classe di intervento" riportata, insieme alle modalità di calcolo, nella tabella contenuta nel medesimo articolo e rappresentata nell'immagine seguente:

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

In base all'art. 9 del RR 7/2017, dato che il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area risulta superiore a 0,4 (come illustrato nella Tabella 2) e che l'area di intervento è < 10.000 m<sup>2</sup>, l'intervento è classificato in classe di intervento "2" – Impermeabilizzazione potenziale media, per la quale deve essere applicato il metodo delle sole piogge per la determinazione dei volumi di invaso, che verrà descritto nel seguito.

Il volume di invaso ottenuto con questa metodologia dovrà essere confrontato con il volume minimo imposto dal regolamento per le aree ad elevata criticità A pari a 800 mc per ettaro impermeabile, con un limite massimo di portata di scarico pari a 10 l/s per ettaro impermeabile.

Il progetto prevede che le acque meteoriche, scolanti la superficie impermeabile di intervento, siano convogliate prioritariamente verso un volume di accumulo ai fini riutilizzo; da questo per troppopieno le acque confluiranno nella vasca dimensionata ai fini invarianza, da svuotarsi mediante scarico in corso d'acqua superficiale (fiume Olona) o nella pubblica fognatura, in funzione dell'esito della pratica di ottenimento della concessione allo scarico presso i rispettivi gestori e nel rispetto della portata massima ammissibile, pari a 10 l/s x ettaro di superficie scolante impermeabile di intervento, cioè nello specifico pari a 5,7533 l/s (art. 8, comma 1 RR 7/2017).

Non è prevista l'infiltrazione delle acque nel suolo in quanto la sagoma dei piani interrati coincide con il limite dell'area di intervento, tenendo inoltre conto del rispetto della distanza minima dal manufatto interrato del tratto tombinato dell'Olona.

### 3.1 Descrizione della soluzione progettuale

La soluzione progettuale di invarianza prevede di convogliare le acque meteoriche, cadute sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento, prioritariamente verso una vasca di accumulo per

il riutilizzo delle stesse, del volume stimato, in questa fase di approfondimento progettuale, pari a 140 mc. Da tale vasca per troppo pieno le acque confluiranno verso la vasca di accumulo ai fini invarianza, da svuotarsi mediante scarico in corso d'acqua/fognatura nel rispetto della portata massima ammissibile pari a 10 l/s x ettaro di superficie scolante impermeabile cioè 5,7533 l/s.

La rete di raccolta in progetto sarà costituita in generale da:

- Coperture dell'edificio:
  - Pluviali di discesa in PEAD fino al piano interrato;
- Superfici scoperte impermeabili:
  - Canalette grigliate/caditoie.

Le acque così raccolte saranno convogliate, tramite tubazioni in PEAD o PVC di diametro variabile staffate ai soffitti/interrate, alla vasca di accumulo per il recupero delle acque meteoriche e da questa alla vasca prevista ai fini invarianza. Le acque in uscita dalla vasca ai fini invarianza, nel rispetto della portata massima ammissibile, saranno convogliate mediante sistema di pompaggio verso la fognatura pubblica o verso il vicino fiume Olona (tratto tombinato).

## 4 Calcolo delle precipitazioni e del volume di progetto

### 4.1 Valutazione della curva di possibilità pluviometrica

La determinazione del regime pluviometrico relativo all'area di studio è stata condotta utilizzando i dati di pioggia forniti dall'Ufficio Idrografico dell'ARPA Lombardia, che consentono di definire le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP). Tali curve, una volta fissata la probabilità di accadimento (o tempo di ritorno) dell'evento meteorico di interesse per l'opera, esprimono il legame tra durata e altezza di precipitazione.

L'espressione di tali curve è data dalla seguente relazione:

$$h(T) = a \cdot t^n$$

in cui:

$h(T)$  = altezza massima di pioggia [mm/h] per un dato tempo di ritorno  $T$ , pari in questo caso a 50 anni

$t$  = durata della pioggia [h]

$a$  e  $n$  parametri della curva con  $a$  dipendente dal tempo di ritorno.

Nello specifico i parametri pluviometrici, ricavati utilizzando l'interfaccia web predisposta da ARPA Lombardia, sono riportati nella tabella che segue:

Parametri pluviometrici	
Parametro	Valore
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30,32
N - Coefficiente di scala	0,3066
GEV - parametro alpha	0,29710001
GEV - parametro kappa	-0,030200001
GEV - parametro epsilon	0,81889999

A partire da questi coefficienti si risale al calcolo dell'altezza di pioggia  $h_T$  [mm] associata a un tempo di ritorno  $T$  [anni] al variare della durata dell'evento  $t$  [ore] ed alla conseguente curva di possibilità pluviometrica secondo le seguenti:

$$h_T(t) = a_1 \cdot w_T \cdot t^n$$

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

Per tempo di ritorno 50 anni, il parametro  $w_{50}$  è pari a 2,04923297.

I parametri della curva di possibilità pluviometrica, definita per un tempo di ritorno di 50 anni, sono riportati nella tabella che segue:

a (da ARPA) T ritorno 50 anni	n (da ARPA)
62,13274362	0,30660000



### Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Via cambi unicredit Milano.....

Coordinate .....

Linea segnatrice

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

Tempo di ritorno (anni) **50**

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30,32

N - Coefficiente di scala 0,3066

GEV - parametro alpha 0,29710001

GEV - parametro kappa -0,030200001

GEV - parametro epsilon 0,81889999

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

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

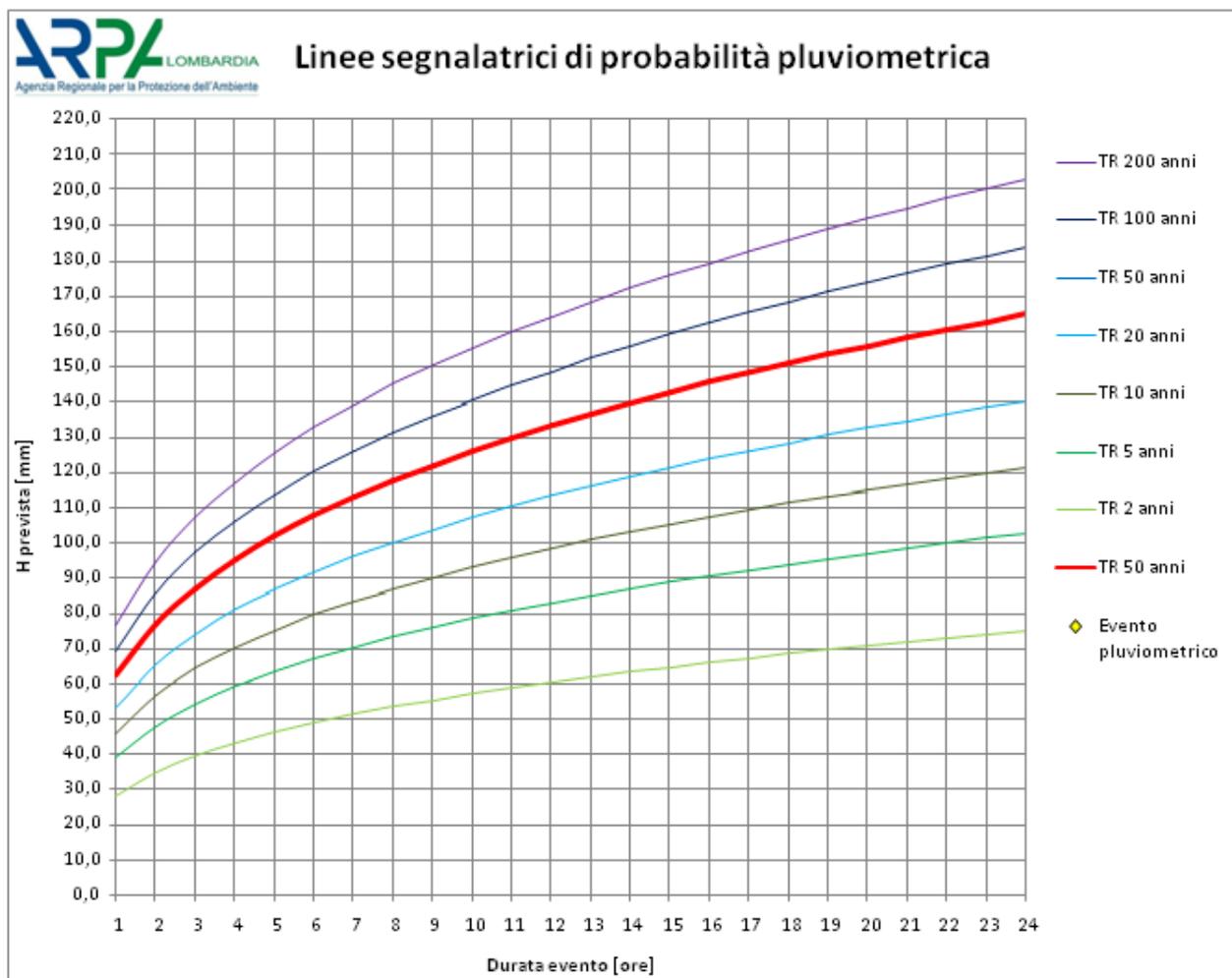
Bibliografia ARPA Lombardia:

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

[http://idro.arpalombardia.it/manual/STB&DA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STB&DA_report.pdf)

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,92840	1,27478	1,51073	1,74213	2,04923	2,28509	2,52509	2,049233
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	28,1	38,7	45,8	52,8	62,1	69,3	76,6	62,132744
2	34,8	47,8	56,7	65,3	76,8	85,7	94,7	76,845126
3	39,4	54,1	64,2	74,0	87,0	97,0	107,2	87,017361
4	43,1	59,1	70,1	80,8	95,0	106,0	117,1	95,041247
5	46,1	63,3	75,0	86,5	101,8	113,5	125,4	101,771116
6	48,8	66,9	79,3	91,5	107,6	120,0	132,6	107,62216
7	51,1	70,2	83,2	95,9	112,8	125,8	139,0	112,83078
8	53,3	73,1	86,7	99,9	117,5	131,1	144,8	117,54602
9	55,2	75,8	89,8	103,6	121,9	135,9	150,2	121,86845
10	57,0	78,3	92,8	107,0	125,9	140,4	155,1	125,86951
11	58,7	80,6	95,5	110,2	129,6	144,5	159,7	129,60195
12	60,3	82,8	98,1	113,2	133,1	148,4	164,0	133,10596
13	61,8	84,9	100,6	116,0	136,4	152,1	168,1	136,41294
14	63,2	86,8	102,9	118,6	139,5	155,6	172,0	139,54793
15	64,6	88,7	105,1	121,2	142,5	158,9	175,6	142,53126
16	65,9	90,4	107,2	123,6	145,4	162,1	179,1	145,37968
17	67,1	92,1	109,2	125,9	148,1	165,2	182,5	148,1072
18	68,3	93,8	111,1	128,1	150,7	168,1	185,7	150,72562
19	69,4	95,3	113,0	130,3	153,2	170,9	188,8	153,24503
20	70,5	96,8	114,8	132,3	155,7	173,6	191,8	155,67409
21	71,6	98,3	116,5	134,3	158,0	176,2	194,7	158,02033
22	72,6	99,7	118,2	136,3	160,3	178,7	197,5	160,29033
23	73,6	101,1	119,8	138,1	162,5	181,2	200,2	162,48987
24	74,6	102,4	121,4	140,0	164,6	183,6	202,9	164,62406



Le curve di possibilità climatica, ottenute con il metodo LSPP, sono calibrate per eventi con durata superiore ad un'ora; pertanto, per le precipitazioni con durata inferiore, si è scelto di utilizzare per il parametro  $n$  il valore  $n=0,5$  come indicato nell'All. G del R.R. n. 7/2017.

## 5 Dimensionamento dei sistemi di laminazione (volume di accumulo)

Il RR 7/2017 prescrive che il volume di laminazione da adottare nella progettazione delle opere di invarianza sia definito come il maggiore tra il volume di invaso determinato mediante calcolo parametrico (800 x ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento) e il volume determinato mediante calcolo idrologico.

Poiché l'intervento ricade in area a criticità elevata A, con coefficiente di deflusso medio ponderale  $> 0,4$  e estensione  $> 1000$  mq e  $< 1$  ettaro, il RR 7/2017 prescrive il calcolo del volume di invaso mediante il metodo delle sole piogge.

Secondo il metodo delle sole piogge, l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa  $Q_{in}(t)$  nell'invaso di laminazione è un'onda rettangolare avente durata  $t$  e portata costante  $Q_{in}$  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 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.

Il volume di pioggia complessivamente entrante è quindi pari a:

$$V_{(IN)} = S \cdot \varphi \cdot h(t) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

in cui  $S$  è la superficie scolante dell'area oggetto di invarianza,  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso medio ponderale di ogni area scolante (quindi  $S \cdot \varphi$  è la superficie scolante impermeabile),  $t$  è la durata di pioggia,  $a$  e  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica espressa nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

e  $V_{(OUT)} = Q \cdot t$  volume di pioggia complessivamente uscito nel corso della durata  $t$  dell'evento

Nel caso specifico la portata uscente è rappresentata dalla portata massima ammissibile in corso d'acqua superficiale o nella rete fognaria pubblica.

Il calcolo del volume di invaso è effettuato mediante il bilancio dei flussi entranti ed uscenti durante l'evento di precipitazione per il tempo di ritorno di interesse, determinando la durata di pioggia critica che massimizza la seguente differenza:

$$\Delta V = V_{(IN)} - V_{(OUT)}$$

Derivando rispetto alla durata  $t$  la differenza  $\Delta V$  si ottiene la durata critica per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione  $V_0$

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

$$V_0 = S \cdot \phi \cdot a \cdot \left( \frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} - Q_{u,lim} \cdot \left( \frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (\text{eq. 1})$$

Nel paragrafo che segue si riporta il dettaglio del calcolo del volume di invaso, effettuato mediante il metodo delle sole piogge.

### 5.1 Volume di accumulo

Confrontando il volume di pioggia netto, caduto per ogni durata, con il volume di pioggia in uscita dal sistema (coincidente con la portata massima di scarico ammissibile nel recapito finale) anch'esso per le medesime durate, è possibile definire il massimo volume di pioggia calcolato che occorre invasare.

Il volume di invaso progettato deve essere maggiore o uguale del maggiore tra il volume di invaso determinato mediante calcolo parametrico e il volume determinato mediante calcolo idrologico.

Le tabelle che seguono riportano i dati di input utilizzati, i dettagli e i risultati di calcolo (volume ottenuto mediante eq. 1), determinati con il metodo delle sole piogge per Tr 50 anni.

a (da ARPA) T ritorno 50 anni	n (da R.R. 7/2017)	n (da ARPA)
62,13274362	0,5 (per $t < 60$ min)	0,30660000 (per $t > 60'$ )

**Tabella 3 – Volumi per Tr 50 anni**

Superficie scolante impermeabile	ha	0,57533
Volume minimo parametrico	mc	460,3
Portata limite massima ammissibile in corso d'acqua superficiale/fognatura	l/s	5,7533
Durata critica $t_w$ - Tr 50 anni	ore	11,1
<b>Volume determinato ideologicamente per precipitazioni con Tr 50 anni</b>	<b>mc</b>	<b>518</b>

La vasca di accumulo delle acque meteoriche dimensionata ai fini invarianza sarà realizzata nei vani interrati del nuovo edificio in progetto e dovrà avere una dimensione minima non inferiore al volume determinato idrologicamente per precipitazioni con tempo di ritorno pari a 50 anni.

## **5.2 Verifica dei franchi di sicurezza degli invasi per tempo di ritorno 100 anni**

Come prescritto nell'art. 11, comma 2, punto 2 del RR 7/2017, è necessario verificare che le opere di invarianza, dimensionate per un tempo di ritorno di 50 anni come sopra descritto, presentino un franco di sicurezza per un tempo di ritorno di 100 anni.

La determinazione del regime pluviometrico relativo all'area di studio per il tempo di ritorno centennale è stata condotta utilizzando i dati di pioggia forniti dall'Ufficio Idrografico dell'ARPA Lombardia, come illustrato nel par. 4.1.

Per il tempo di ritorno 100 anni, il parametro  $w_{100}$  è pari a 2,285092.

Le figure che seguono riportano l'estratto del calcolo delle curve di possibilità climatica con il metodo LSPP, effettuato mediante i fogli di calcolo predisposti da ARPA. Si evidenzia in rosso la curva con tempo di ritorno di 100 anni, adottata per la verifica delle opere di invarianza idraulica e idrologica.

## Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Via cambi unicredit Milano.....

Coordinate .....

Linea segnatrice

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

Tempo di ritorno (anni) 100

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30,32

N - Coefficiente di scala 0,3066

GEV - parametro alpha 0,29710001

GEV - parametro kappa -0,030200001

GEV - parametro epsilon 0,81889999

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

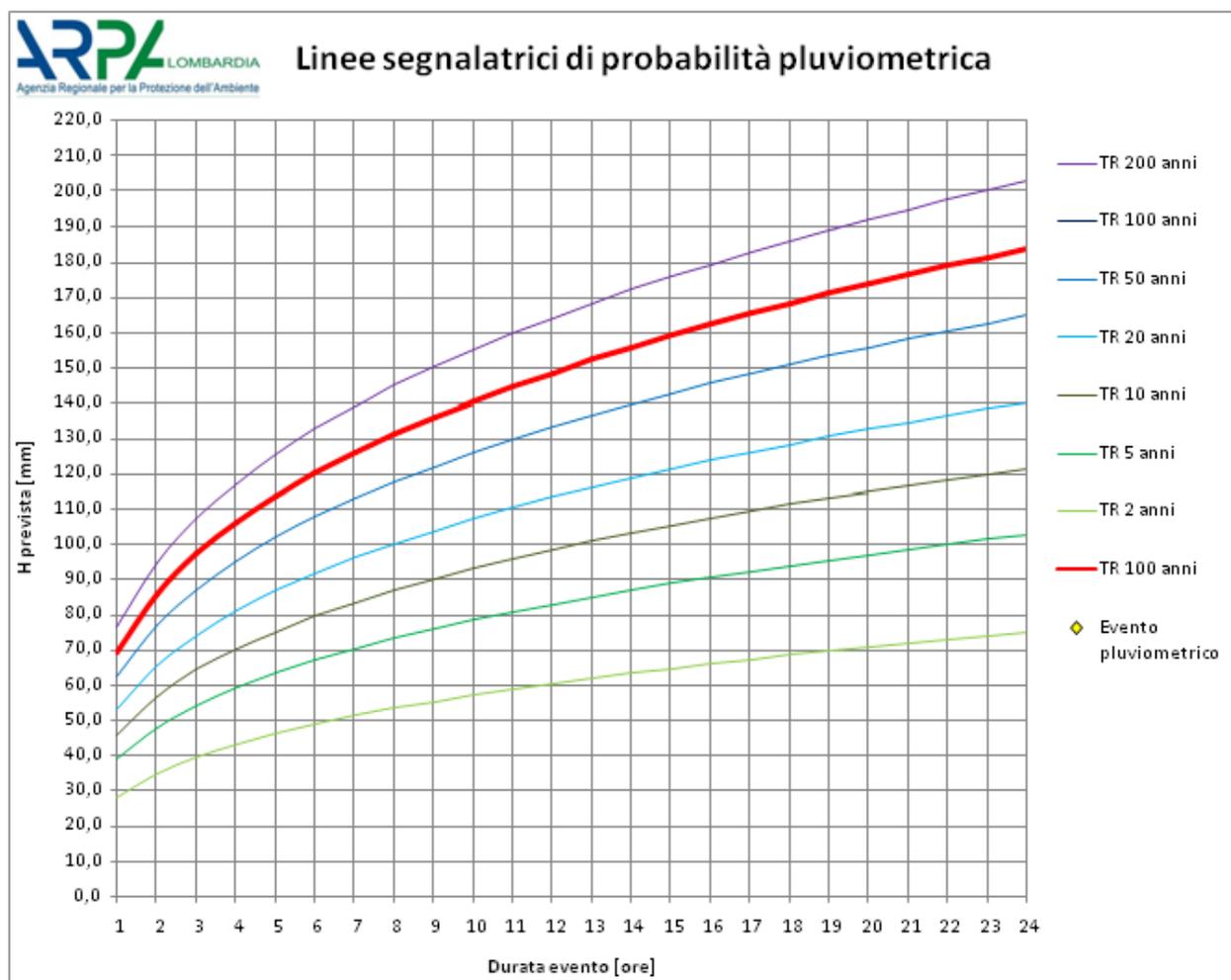
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/spp.pdf>[http://idro.arpalombardia.it/manual/STB&DA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STB&DA_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	0,92840	1,27478	1,51073	1,74213	2,04923	2,28509	2,52509	2,285092
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	28,1	38,7	45,8	52,8	62,1	69,3	76,6	69,28399
2	34,8	47,8	56,7	65,3	76,8	85,7	94,7	85,689712
3	39,4	54,1	64,2	74,0	87,0	97,0	107,2	97,032733
4	43,1	59,1	70,1	80,8	95,0	106,0	117,1	105,98014
5	46,1	63,3	75,0	86,5	101,8	113,5	125,4	113,48464
6	48,8	66,9	79,3	91,5	107,6	120,0	132,6	120,00907
7	51,1	70,2	83,2	95,9	112,8	125,8	139,0	125,81718
8	53,3	73,1	86,7	99,9	117,5	131,1	144,8	131,07512
9	55,2	75,8	89,8	103,6	121,9	135,9	150,2	135,89505
10	57,0	78,3	92,8	107,0	125,9	140,4	155,1	140,35662
11	58,7	80,6	95,5	110,2	129,6	144,5	159,7	144,51865
12	60,3	82,8	98,1	113,2	133,1	148,4	164,0	148,42596
13	61,8	84,9	100,6	116,0	136,4	152,1	168,1	152,11356
14	63,2	86,8	102,9	118,6	139,5	155,6	172,0	155,60937
15	64,6	88,7	105,1	121,2	142,5	158,9	175,6	158,93607
16	65,9	90,4	107,2	123,6	145,4	162,1	179,1	162,11234
17	67,1	92,1	109,2	125,9	148,1	165,2	182,5	165,15378
18	68,3	93,8	111,1	128,1	150,7	168,1	185,7	168,07358
19	69,4	95,3	113,0	130,3	153,2	170,9	188,8	170,88295
20	70,5	96,8	114,8	132,3	155,7	173,6	191,8	173,59159
21	71,6	98,3	116,5	134,3	158,0	176,2	194,7	176,20788
22	72,6	99,7	118,2	136,3	160,3	178,7	197,5	178,73915
23	73,6	101,1	119,8	138,1	162,5	181,2	200,2	181,19184
24	74,6	102,4	121,4	140,0	164,6	183,6	202,9	183,57167



I parametri della curva di possibilità pluviometrica, definita per un tempo di ritorno di 100 anni, sono riportati nella tabella che segue:

a (da ARPA) T ritorno 100 anni	n (da R.R. 7/2017) per t < 60'	n da ARPA per t > 60'
69,28398963	0,5	0,3066

Le curve di possibilità climatica, ottenute con il metodo LSPP, sono calibrate per eventi con durata superiore ad un'ora; pertanto, per le precipitazioni con durata inferiore, si è scelto di utilizzare per il parametro n il valore  $n=0,5$  come indicato nell'All. G del R.R. n. 7/2017.

Per la verifica dei franchi di sicurezza del volume dimensionato per precipitazioni con Tr 50 anni, si procede al calcolo del volume di invaso con il metodo delle sole piogge per un tempo di ritorno 100 anni.

La tabella che segue riporta i dati di input utilizzati, i dettagli e i risultati di calcolo (volume ottenuto mediante eq. 1), determinati con il metodo delle sole piogge per Tr 100 anni.

Tabella 4 – Volumi per Tr 100 anni

Superficie scolante impermeabile	ha	0,57533
Volume minimo parametrico	mc	460,3
Portata limite massima ammissibile in corso d'acqua superficiale/fognatura	l/s	5,7533
Durata critica $t_w$ – Tr 100 anni	ore	12,952
<b>Volume determinato ideologicamente per precipitazioni con Tr 100 anni</b>	<b>mc</b>	<b>606</b>

Data la specifica configurazione dell'intervento in progetto, l'unica possibilità per evitare che in corrispondenza di precipitazioni con Tr 100 anni si verifichino esondazioni che arrechino danni a cose e persone, consiste nel dimensionare la vasca di accumulo delle acque meteoriche per Tr 100 anni.

Quindi, almeno in questa fase iniziale di progetto, ai fini del rispetto delle prescrizioni contenute nel RR 7/2017, è necessario prevedere un volume di accumulo delle acque meteoriche di progetto dimensionato per precipitazioni con Tr 100 anni e quindi pari a minimo 606 mc

### 5.3 Determinazione del tempo di svuotamento degli invasi

Ai sensi dell'art.11 del RR 7/2017, il tempo di svuotamento dei volumi adibiti alla laminazione non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso il prima possibile.

Per il caso in esame, dato che la portata uscente è quella massima ammissibile in corso d'acqua superficiale o in fognatura, il tempo di svuotamento è dato da:

$$T_{svuot} = \frac{Vol_{lamin}}{Q_{limite}}$$

Ipotizzando un volume di progetto pari a quello determinato per un evento con Tr 100 anni, si ottiene:

Volume di progetto – (mc)	Portata massima ammissibile in recapito finale ( $Q_{limite}$ ) (mc/min)	Tempo di svuotamento ( $T_{svuot}$ ) ore
606	0,345	29,25

Risulta quindi che il tempo di svuotamento del volume di progetto è sempre inferiore a 48 ore.

## 6 PIANO DI MANUTENZIONE

### 6.1 Vasca di laminazione in cls

Nella vasca devono confluire solamente acque piovane di copertura o di dilavamento stradale opportunamente pretrattate per la rimozione dei solidi. In particolare è buona norma prevedere quanto sotto:

- per le superfici stradali: un impianto di separazione fanghi che trattenga i solidi presenti nell'acqua;
- per i pluviali: un sistema di ritenzione e trattenimento del fogliame.

Relativamente al problema di accumulo dei sedimenti, occorrerà effettuare un'ispezione almeno semestrale per valutare la profondità dei depositi. La pulizia potrà essere effettuata manualmente o tramite apparecchiature apposite.

Dovrà inoltre essere verificato con frequenza almeno semestrale il corretto funzionamento di tutti gli elementi del gruppo pompe, comprensivi di tutto il valvolame installato anche sulla rete di adduzione al recapito finale.

Studio Idrogeotecnico srl

Dott. Geol. Eirem Chezzi



Dott. Geol. Pietro Breviglieri



Dott. Ing. Giovanna Sguera

