



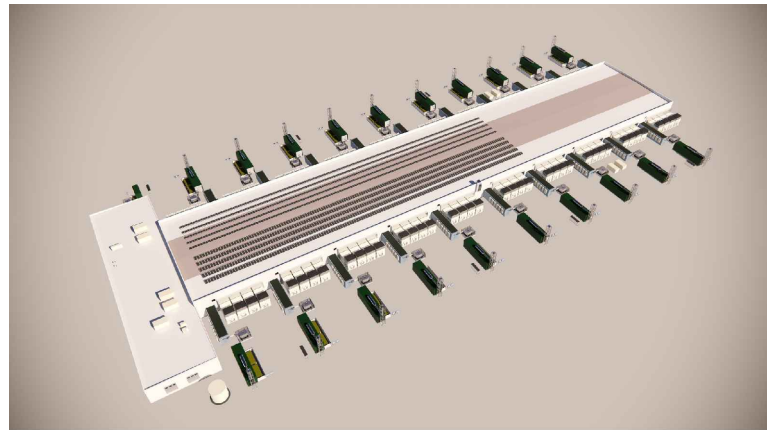
COMUNE di NOVIGLIO

Piazza Roma, 1 - 20082 Noviglio (MI)

COMMITTENTE

NOVIGLIO DATACENTERS MXP I S.R.L.

via Broletto, 35 - 20121 MILANO



PROGETTO ARCHITETTONICO **STARCHING**

Ripa di Porta Ticinese 75 - 20143 MILANO
tel 0287283000 fax 0287283067 e-mail mailbox@starching.it
Via Cristoforo Colombo 456 - 00145 ROMA
tel 0657287146 fax 0657138081 e-mail
mailbox.roma@starching.it

GEOLOGO

SoilData
STUDIO ASSOCIATO

via Mario Greppi, 34/A - 23899 Robbiate (LC)
tel 0399280260 fax 0399289091 e-mail soildata@soildata.it

CONSULENTE ACUSTICO

TECNICA AMBIENTE
COSTRUIAMO CERTENZE

Via Vincenzo Russo 9 - 20127 MILANO
tel/fax 0228040510 e-mail info@tecnicambiente.it

PROGETTO IMPIANTI

ARIATTA
INGEGNERIA DEI SISTEMI SPA

Via Elba, 12 - 20144 MILANO
tel 024990271 fax 024692845 e-mail ariatta@ariatta.it

CONSULENTE OPERE ESTERNE

IC Ingegneri Consulenti

Via Frua 22 - 20146 MILANO
tel 0248518862 e-mail info@ingegnericonsulenti.com

PROGETTO STRUTTURALE

Redesco
Structural
Engineering

Via Vincenzo Gioberti, 5 - 20123 MILANO
tel 024699020 fax 02436478 e-mail redesco@redesco.it

CONSULENTE PAESAGGIO

P'NV

Via Vincenzo Vela, 1 - 20133 MILANO
tel 0283548848 e-mail info@parcnouveau.com

PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

AFC Srl
sicurezza a 360 gradi

Via Leon Battista Alberti, 6 - 20149 MILANO
tel/fax +39 0245479688 e-mail info@afcsrl.it

Oggetto

PROGETTO ESECUTIVO

REDATTO IN BASE ALL' ART. 33 D.P.R. 5 OTTOBRE 2010, N. 207 E S.M.I. -

PARCHEGGI E AREE VERDI - COMUNE DI NOVIGLIO Frazione Santa Corinna
PARCHEGGI E AREE VERDI IN CESSIONE E ASSOGGETTATI AD USO PUBBLICO sub Ambiti AdT1a - AdT1b
in conformità al Piano Attuativo adottato con delibera del 14/12/2021

Categoria	ISSUED FOR CONSTRUCTION- BP4	Emissione DATA	Vers.	Dis.	VERSIONE
RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA (HYDRAULIC INVARIANCE REPORT)		06/03/2023	00	SP	EMISSIONE
		27/03/2023	01	SP	EMISSIONE FINALE
Elaborato n° CU003	SCALA -				
Nome file CU003-INVIDRA_REP	Codice commessa P10424				
Controllato SP	Approvato SP				

Indice

1	PREMESSA.....	4
2	OGGETTO.....	5
2.1	Ambiti di applicazione delle misure di invarianza – Inquadramento normativo.....	5
2.2	Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica	6
3	ANALISI PLUVIOMETRICA.....	7
4	CRITERI E METODI DI APPLICAZIONE DELLA LR 12/2005.....	11
4.1	Criticità idraulica	11
4.2	Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori	11
4.3	Definizione della modalità di calcolo dei volumi di invaso	11
5	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI INVASO E DISPERSIONE.....	14
5.1	Caratteristiche geologiche e capacità di infiltrazione	14
5.2	Bacini infiltranti.....	15
6	VOLUMI MINIMI	17
7	CALCOLO DEL PROCESSO DI LAMINAZIONE	18
7.1	Portata in ingresso Q_e	18
7.2	Portata in uscita Q_u	19
7.3	Legge di invaso.....	19
7.4	Calcolo del volume di invaso ($T_R = 50$ anni).....	20
7.5	Verifica del grado di sicurezza per $TR=100$ anni.....	20
7.6	Tempi di svuotamento	20
8	CANALI DI SFIORO	21
9	PROCESSI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE ATTRAVERSO I BACINI DI DETENZIONE	22
9.1	Processi di depurazione delle acque nei SuDs	22
9.2	Considerazioni sulla vulnerabilità della falda.....	22
9.3	Valutazione del rischio di inquinamento	23

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Immagine tratta dal portale ARPA Lombardia per la determinazione dei parametri idrologici di progetto.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometriche – Area P1</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometriche – Area P2</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4 – stralcio allegato C del Regolamento Regionale 7/2017</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5 – esempi di bacini di detenzione e infiltrazione delle acque meteoriche. Fonti: Susdrain (sx), Bluegrass Landscaping&Maintenance (dx)</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6 – Area parcheggio P1 e relativo bacino di infiltrazione</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7 – Area parcheggio P2 e relativo bacino di infiltrazione</i>	<i>16</i>
<i>Figura 8 – sezione di imbocco canale di sfioro – Parcheggio P1.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9 – sezione di imbocco canale di sfioro – Parcheggio P2.....</i>	<i>21</i>

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica illustra gli aspetti tecnici connessi ai sistemi di invaso e smaltimento delle acque meteoriche relative alle Opere di urbanizzazione, nel rispetto del principio di invarianza idrologica e idraulica, ai sensi della normativa vigente: Legge regionale 11 marzo 2005, n.12 “Legge per il Governo del Territorio”, Legge Regionale 15 marzo 2016, n. 4 “Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d’acqua”, Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n.7 “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)”, pubblicato sul Supplemento al Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia del 27 novembre 2017 n. 48, così come modificato e integrato dai r.r. n. 7 del 2018 e n. 8 del 2019.

2 OGGETTO

Come ampiamente dettagliato nella relazione illustrativa, le Opere di urbanizzazione oggetto ricomprese in questo procedimento di permesso includono i seguenti ambiti:

- Area verde assoggettata ad uso pubblico ad accessibilità limitata sub Ambito AdT 1a;
- Area verde assoggettata ad uso pubblico ad accessibilità illimitata sub Ambito AdT 1a;
- Area verde in cessione sub ambito AdT 1b;
- Parcheggio e relativo inserimento ambientale assoggettati ad uso pubblico ad accessibilità illimitata sub Ambito AdT 1a (P2);
- Parcheggio pubblico in cessione sub Ambito AdT 1a (P1);

Le opere di urbanizzazione afferenti allo stesso intervento ma oggetto di procedimento separato sono:

- Rotatoria (R1) nuovo Accesso sulla SP 30;
- Adeguamento braccio rotatoria (R2) su SP30.

2.1 Ambiti di applicazione delle misure di invarianza – Inquadramento normativo

Il documento di riferimento per la gestione e lo smaltimento delle acque meteoriche in Regione Lombardia è il Regolamento Regionale 7/2017 (d'ora in avanti chiamato RR o Regolamento per brevità) modificato e integrato dai R.R. n. 7 del 2018 e n. 8 del 2019.

Secondo l'art. 3, comma 2, gli interventi tenuti al rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica sono i seguenti:

- a) di ristrutturazione edilizia [...];
- b) di nuova costruzione, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell'edificio;
- c) di ristrutturazione urbanistica [...];
[...]

Secondo il comma 2bis:

«Sono inoltre soggetti all'applicazione del presente regolamento gli interventi relativi alla realizzazione di:

- a) parcheggi, aree di sosta e piazze, con una delle caratteristiche che seguono:
 1. estensione maggiore di 150 mq;
 2. estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c), del comma 2;
- b) aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite, qualora facenti parte di un intervento di cui al comma 2 o alla lettera a) del presente comma;»

Mentre secondo il comma 3, Nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica, sono esclusi dall'applicazione del RR:

- a) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale;
- b) gli interventi di ammodernamento, definito ai sensi dell'articolo 2 del regolamento regionale 24 aprile 2006, n. 7 (Norme tecniche per la costruzione delle strade), ad eccezione della realizzazione di nuove rotatorie di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo «E – strada urbana di quartiere», «F – strada locale» e «F-bis – itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell'articolo 2 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (Nuovo codice della strada);
- c) gli interventi di potenziamento stradale, così come definito ai sensi dell'articolo 2 del r.r. 7/2006, per strade di tipo «E – strada urbana di quartiere», «F – strada locale» e «F-bis – itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell'articolo 2 del d.lgs. 285/1992;

- d) *la realizzazione di nuove strade di tipo «F-bis – itinerario ciclopedonale», così classificate ai sensi dell’articolo 2 del d.lgs. 285/1992.»;*

Secondo il comma 7bis, non sono altresì soggetti all’applicazione del RR:

- a) *[...];*
b) *[...];*
c) *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;*
d) *le strutture di contenimento di acqua o altri liquidi realizzati a cielo libero, quali piscine, bacini, vasche di raccolta reflui, specchi d’acqua, fontane, ad esclusione delle opere realizzate ai fini del presente regolamento.»;*

2.2 Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica

Sulla base degli ambiti di applicazione sopra riportati, gli interventi richiedenti le misure di Invarianza secondo il RR risultano i seguenti:

- Parcheggio pubblico in cessione sub Ambito AdT 1a (P1);
- Parcheggio assoggettato ad uso pubblico ad accessibilità illimitata sub Ambito AdT 1a (P2);

Risultano altresì esclusi:

- Area verde assoggettata ad uso pubblico ad accessibilità limitata sub Ambito AdT 1a;
- Area verde assoggettata ad uso pubblico ad accessibilità illimitata sub Ambito AdT 1a;
- Area verde in cessione sub ambito AdT 1b;
- Pista ciclopedonale;
- Rotatoria (R1) nuovo Accesso sulla SP 30;
- Adeguamento braccio rotatoria (R2) su SP30.

3 ANALISI PLUVIOMETRICA

Il calcolo dei volumi di pioggia si effettua a partire dall'analisi pluviometrica, ricavando la Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica relativa all'area di interesse dal database del progetto STRADA di Arpa Lombardia.

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP), note anche come curve di possibilità pluviometrica o climatica, sono uno strumento applicativo finalizzato alla previsione e alla determinazione di eventi di precipitazione intensa utili all'identificazione delle maggiori sollecitazioni sul sistema idraulico considerato, in funzione del luogo e del tempo di ritorno.

Per il territorio in esame, sito in regione Lombardia, è possibile utilizzare i dati forniti da ARPA Lombardia. ARPA Lombardia, nell'ambito del progetto STRADA, sulla base delle osservazioni delle piogge massime annue di fissata durata di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore per 105 stazioni meccaniche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ha svolto un'attività di caratterizzazione statistica del territorio regionale mediante un modello scala-invariante secondo la distribuzione probabilistica GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto la parametrizzazione delle LSPP su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geostatistica; questo servizio, in continuo aggiornamento, è attualmente operativo e accessibile su piattaforma web-gis sul sito web istituzionale di ARPA ([hiip://iris.arpalombardia.it/](http://iris.arpalombardia.it/)).

La quantità di precipitazione (espressa in termini di altezza) che va a sollecitare il sistema, molto variabile nel tempo e nello spazio, non può che essere considerata come una variabile casuale che, quindi, deve essere stimata in relazione ad un livello di probabilità "P" che essa ha di non essere superata, o meglio in relazione ad un periodo di tempo (tempo di ritorno) che intercorre mediamente tra due eventi nei quali il valore di tale altezza di pioggia, di assegnata durata, è superato:

$$T = \frac{1}{1 - P}$$

Le LSPP, ognuna delle quali è ottenuta in corrispondenza di un preordinato tempo di ritorno T, descrivono la variabile casuale "massima altezza annuale di precipitazione di assegnata durata" e vengono in genere approximate con espressioni del tipo:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

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

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a_1 è il coefficiente pluviometrico orario, w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T, n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ε , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate. Selezionando l'area interessata all'interno del SIT di ARPA Lombardia, è possibile interrogare i vettori specifici, ottenendo i parametri da inserire all'interno dell'equazione di possibilità pluviometrica indicata in precedenza.

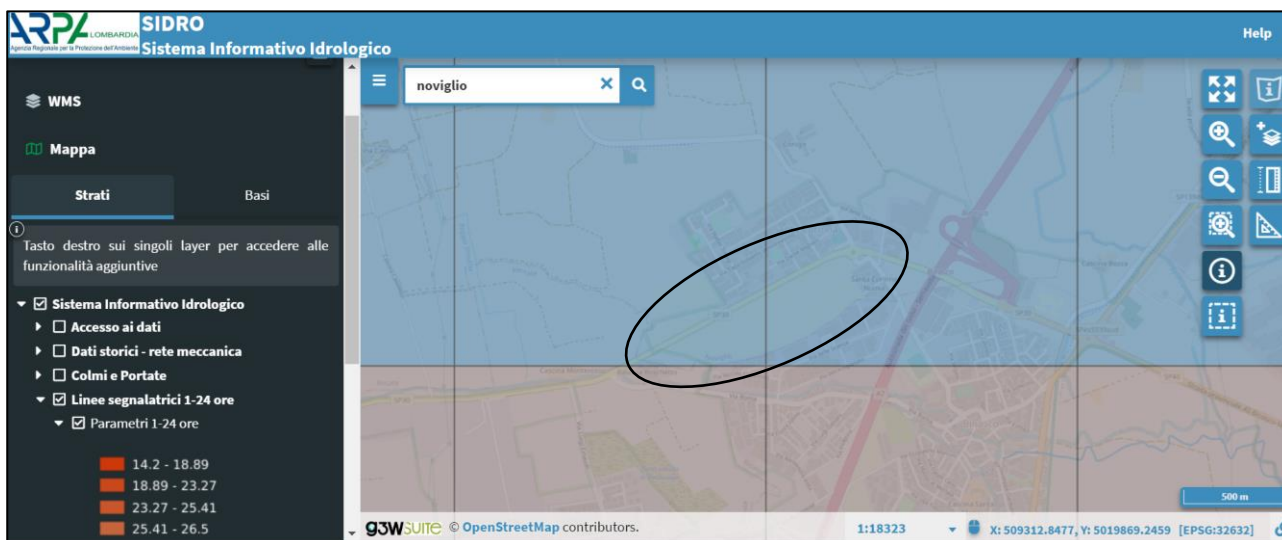


Figura 1 – Immagine tratta dal portale ARPA Lombardia per la determinazione dei parametri idrologici di progetto.

L'area in esame ricade all'interno di n. 2 celle distinte, una relativa all'area di parcheggio P1 ed una relativa al parcheggio P2.

CELLA - Parcheggio P1		CELLA - Parcheggio P2	
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	28.23	A1 - Coefficiente pluviometrico orario	28.17
N - Coefficiente di scala	0.3007	N - Coefficiente di scala	0.3001
GEV - parametro alpha	0.2950	GEV - parametro alpha	0.2951
GEV - parametro kappa	0.0633	GEV - parametro kappa	0.0651
GEV - parametro epsilon	0.8097	GEV - parametro epsilon	0.8090

L'applicazione dei parametri precedenti fornisce i valori di a ed n in funzione del tempo di ritorno, specifici per le aree di interesse (Tabella 1).

CELLA	T_r	2	5	10	20	50	100	200
P1	a	25.95	35.96	43.00	50.07	59.72	67.33	75.25
	n	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
P2	a	25.87	35.89	42.94	50.03	59.72	67.37	75.35
	n	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Tabella 1 - Tabella riassuntiva dei parametri a ed n in funzione del tempo di ritorno per precipitazioni orarie.

Essendo $a = a_1 w_T$

In questo modo sono disponibili i parametri a ed n della legge di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a D^n$$

dalla quale è possibile ricavare le portate generate da eventi caratterizzati da un prefissato tempo di ritorno, e dalle quali si potrà stimare il volume da rendere disponibile per l'invaso.

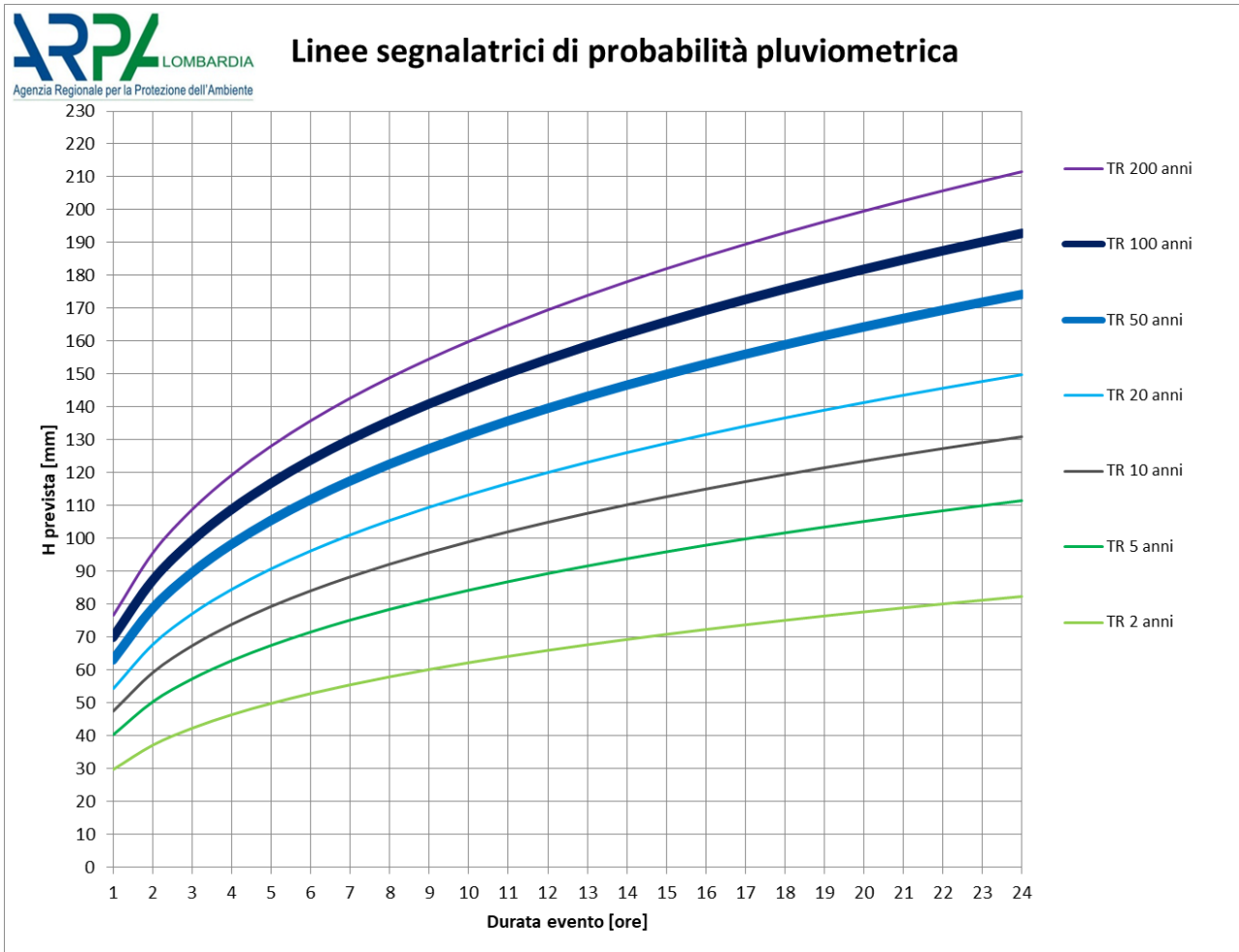


Figura 2 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometriche – Area P1

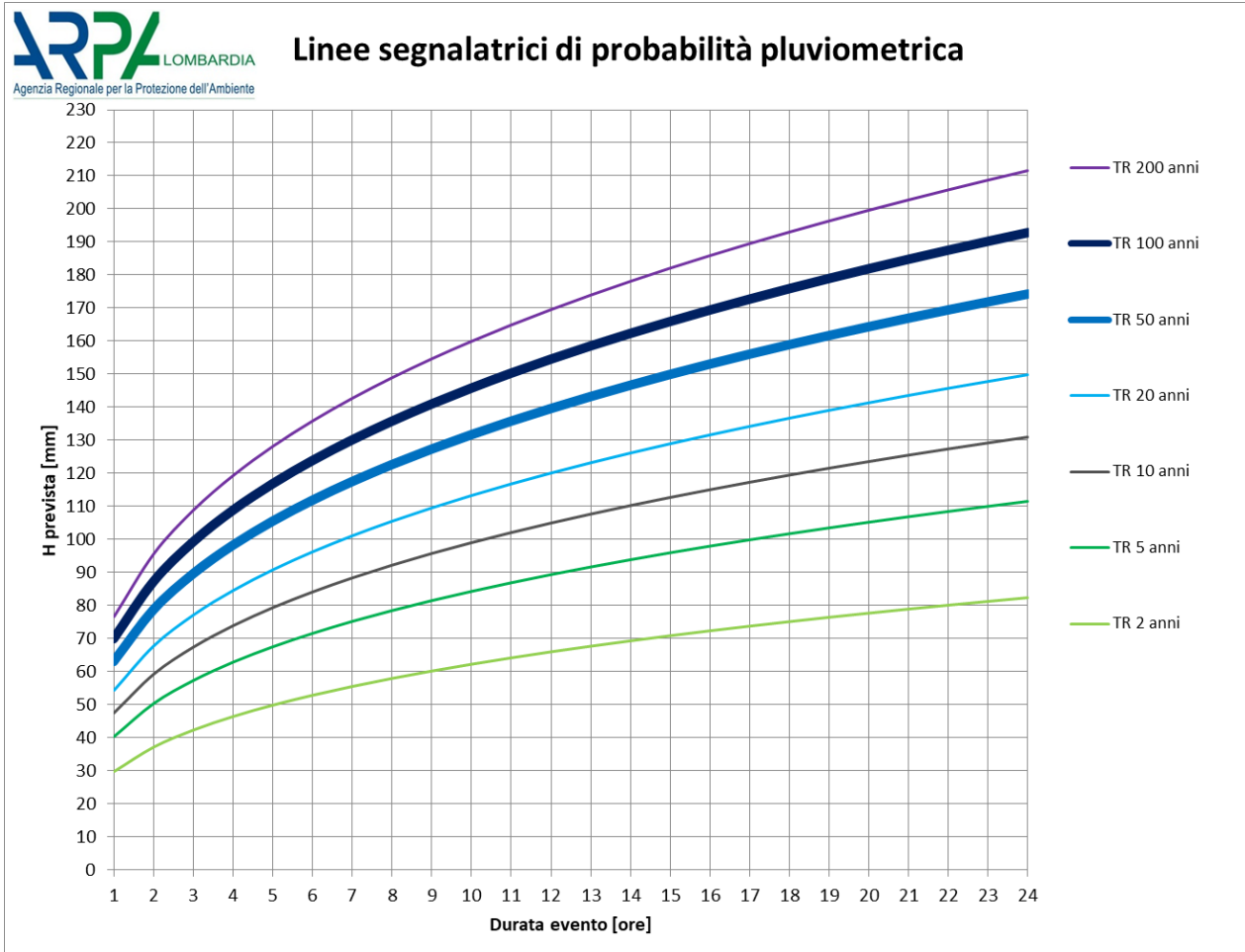


Figura 3 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometriche – Area P2

I parametri della Tabella 1 si riferiscono a precipitazioni di durata superiore all'ora, mentre è noto che gli eventi critici per le reti di collettamento e scarico della scala di quello in progetto hanno durata minore dell'ora (eventi definiti "scrosci").

Per le durate inferiori all'ora il Regolamento suggerisce di adottare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n=0.50$, in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

4 CRITERI E METODI DI APPLICAZIONE DELLA LR 12/2005

Come accennato in precedenza, il Regolamento Regionale stabilisce in dettaglio i criteri e i metodi di applicazione della legge regionale 12/2005 per quanto riguarda i principi di invarianza idraulica e idrologica.

4.1 Criticità idraulica

Secondo il comma 3 dell'Art.7 del Regolamento, l'intero territorio regionale è stato suddiviso in diverse aree in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori. Tali aree sono le seguenti:

- aree A, ovvero ad alta criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- aree B, ovvero a media criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- aree C, ovvero a bassa criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B.

Dalla consultazione dell'allegato C risulta che il Comune di Noviglio ricade in area a criticità idraulica B.

NOVEDRATE	CO	A
NOVIGLIO	MI	B
NUVOLENTO	BS	B

Figura 4 – stralcio allegato C del Regolamento Regionale 7/2017

Ad ogni modo, poiché secondo il comma 5 del medesimo articolo, "Indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti indicati nel presente regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree lombarde inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole", l'intervento in oggetto deve rispettare le limitazioni imposte per le aree A (criticità elevata).

4.2 Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori

L'Art.8 (Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori) del RR riporta quanto segue:

"1. Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (Ulim):

- a) per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

2. Il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi di quelli di cui al comma 1, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue. [...]"

4.3 Definizione della modalità di calcolo dei volumi di invaso

Ai sensi dell'art. 9 del R.R. n. 7/2017 *"ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi (omissis) richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella 1, a seconda della superficie*

interessata dall'intervento, (omissis). Ai fini della definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato”.

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	$\leq 0,03$ 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		
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		

Nel caso in oggetto, trattandosi di una superficie complessiva (area privata) superiore ai 10 ha, l'opera, in base alla tabella sopra riportata allegata al R.R. n. 7/2017, rientra tra quelli per i quali è definita la classe di intervento ad impermeabilizzazione potenziale alta.

La modalità di calcolo per la verifica del volume dell'invarianza idraulica richiede, ai sensi dell'art. 9 del R.R. n. 7/2017, la procedura dettagliata di cui all'art. 11 e allegato G del citato R.R. n. 7/2017.

Tale volume deve essere tuttavia maggiore del volume minimo d'invaso previsto dal Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "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)", così come modificato ed integrato dai r.r. n.7 del 2018 e n.8 del 2019 nei commi 2. e 3. dell'Art.12. Di seguito si riporta l'estratto:

"2. Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo delle sole piogge o la procedura di calcolo dettagliata descritte nell'allegato G, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- a) per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;*
- b) per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;*
- c) per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.*

3. I volumi di cui al comma 2 sono da adottare anche nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli di cui all'articolo 11, comma 2, lettera e), fosse minore."

Infine, secondo quanto riportato all'art. 11 comma 2 lettera e) << Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 %, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegare al progetto, rispondenti ai requisiti

riportati nell'Allegato F. Tale riduzione non si applica nel caso in cui si adotti il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata>>.

5 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI INVASO E DISPERSIONE

Il concetto di invarianza idraulica presuppone la realizzazione, nelle aree che subiranno una perdita di permeabilità a seguito delle trasformazioni in progetto, di interventi il cui scopo è quello di mantenere invariata la portata superficiale defluente verso l'esterno. Questo risultato si può ottenere agevolando, dove possibile, l'infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni pre-trasformazione, o laminando le portate. Quest'ultimo caso si opera realizzando vasche di accumulo temporaneo, la cui funzione è quella di trattenerne l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, per poi rilasciarla gradualmente con una portata prestabilita.

Le tipologie d'intervento per ottenere l'invarianza idrologico-idraulica sono principalmente quattro:

- a. vasche di laminazione permeabili o impermeabili;
- b. aree verdi ribassate/bacini di detenzione e simili;
- c. trincee drenanti e simili;
- d. pozzi filtranti.

In generale, nella scelta degli interventi da realizzare per la gestione delle acque meteoriche sono da preferire, laddove possibile, quelli di tipo naturale, che consentono un utilizzo multifunzionale dell'opera; in altre parole, i sistemi di drenaggio urbano sostenibile (Sustainable Urban Drainage System – SuDs)

5.1 Caratteristiche geologiche e capacità di infiltrazione

Dal punto di vista geologico, l'area d'interesse si inserisce in un contesto deposizionale fluvioglaciale e fluviale quaternario, caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante, in leggero declivio verso sud-est. Il Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Noviglio identifica come l'area di interesse sia impostata su terreni fluvioglaciali prevalentemente sabbioso-ghiaiosi.

Dalla consultazione della "Relazione ambientale e analisi della componente geologica" redatta dal Dott. Geologo Paolo Mauri di Ambiente spa in data ottobre 2020, in occasione della quale è stata eseguita una campagna di indagini Geologico-geotecniche, è stato possibile suddividere il sottosuolo dell'area oggetto d'indagine nei seguenti orizzonti:

- *Orizzonte 1 - superficiale*
Orizzonte di depositi granulari sciolti, costituito da terreno di coltivo e sabbia-limosa/limo-sabbioso con presenza di materia vegetale sino a profondità comprese tra 0.6 e 1.0 m da p.c. e, inferiormente, da sabbie con alternanze di livelli limosi e ghiaiosi, con rari ciottoli, sino a profondità generalmente comprese tra 3.0 e 4.0m, sino ad un massimo di 5.5m da p.c.
- *Orizzonte 2 - intermedio*
Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati, costituito prevalentemente da sabbie medie e fini debolmente limose, con locale presenza di livelli ghiaiosi, individuato sino a profondità perlopiù comprese tra 8.5 e 10m da p.c.
- *Orizzonte 3 – profondo*
Orizzonte di depositi granulari mediamente addensati, costituito da una successione monotona di sabbie medie e fini debolmente limose individuato sino alle massime profondità indagate (20m).

Dalla campagna di indagini effettuata a ottobre-nevembre 2022, dettagliatamente presentata nella relazione geologica, risultano valori di conducibilità idraulica in media prossimi a $2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Localizzate riduzioni del valore di permeabilità si sono verificate durante le prove ad anello, condizionae dalla non trascurabile percentuale limosa presente in superficie.

Risulta ad ogni modo necessario evidenziare che le nuove aree sorgeranno in rilevato rispetto alla quota di piano campagna presente allo stato di fatto, pertanto sarà opportuno prevedere, qualora la quota di fondo delle opere di infiltrazione sia superiore rispetto allo quota di piano campagna attuale, terreni che garantiscano una buona permeabilità. Inoltre, in corrispondenza delle aree in cui si prevede posizionare le opere di infiltrazione, si rocederà allo sbancamento dei primi 20 cm del terreno presente, per poi procedere, tramite ripuntatori, ad lavorazione profonda (60 cm) del terreno sottostante per facilitare il drenaggio

profondo delle acque. I terreni di riporto, che costituiranno il fondo dei bacini, saranno miscelati con sabbia e ghiaia per migliorarne le caratteristiche drenanti.

Il vincolo principale da tenere in considerazione nella definizione delle tecnologie da adottare per lo smaltimento delle acque meteoriche risulta essere la presenza della falda a quota 97,90 m s.l.m. .

5.2 Bacini infiltranti

Sulla base delle considerazioni sopra riportate si è giunti ad una configurazione di progetto per l'accumulo e lo smaltimento delle acque meteoriche basata su soluzioni di tipo infiltrante consistenti in bacini di detenzione e infiltrazione, similari all'esempio riportato in *Figura 5*.



Figura 5 – esempi di bacini di detenzione e infiltrazione delle acque meteoriche. Fonti: Susdrain (sx), Bluegrass Landscaping&Maintenance (dx)

I bacini di infiltrazione sono aree modellate in modo tale da creare dei piccoli invasi, che hanno la funzione di accumulare momentaneamente e smaltire tramite infiltrazione i deflussi prodotti da una superficie impermeabile. I terreni più idonei sono quelli sabbiosi con presenza di ghiaia grossolana in quanto facilitano il drenaggio ed evitano il formarsi di ristagni idrici. Per mantenere nel tempo l'elevata permeabilità del bacino, sono di fondamentale importanza la presenza di essenze vegetali erbacee rustiche come, per esempio, alcune varietà di *Festuca Arundinacea*, *Lolium Perenne* e *Poa Pratensis* (Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile, Masseroni, Massara, Gandolfi, Bischetti). E' comunque possibile prevedere l'inserimento anche di specie arbustive (*Cornus sanguinea*, *Frangula alnus*, *Salix purpurea*, *Viburnum opulus*) e/o arboree (*Amelanchier laevis* 'Service berry', *Acer rubrum*) per aumentare il valore paesaggistico e la biodiversità dell'area.

Nello specifico si prevede quindi la realizzazione di n. 2 bacini di detenzione (uno per ogni area parcheggio) dal fondo permeabile, vegetati e poco profondi, adibiti allo stoccaggio superficiale temporaneo delle acque di copertura e di parte delle acque provenienti dalla viabilità interna, aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

- Area Parcheggio P1: superficie complessiva 227 m², quota fondo +99,20 m s.l.m., sponde a 45°, altezza complessiva del bacino 1,55 m; il volume complessivo potenzialmente invasabile risulta pari a 281 m³.
- Area Parcheggio P2: superficie complessiva 583 m², quota fondo +98,90 m s.l.m., sponde a 45°, altezza complessiva del bacino 1,85 m; il volume complessivo potenzialmente invasabile risulta pari a 891 m³.

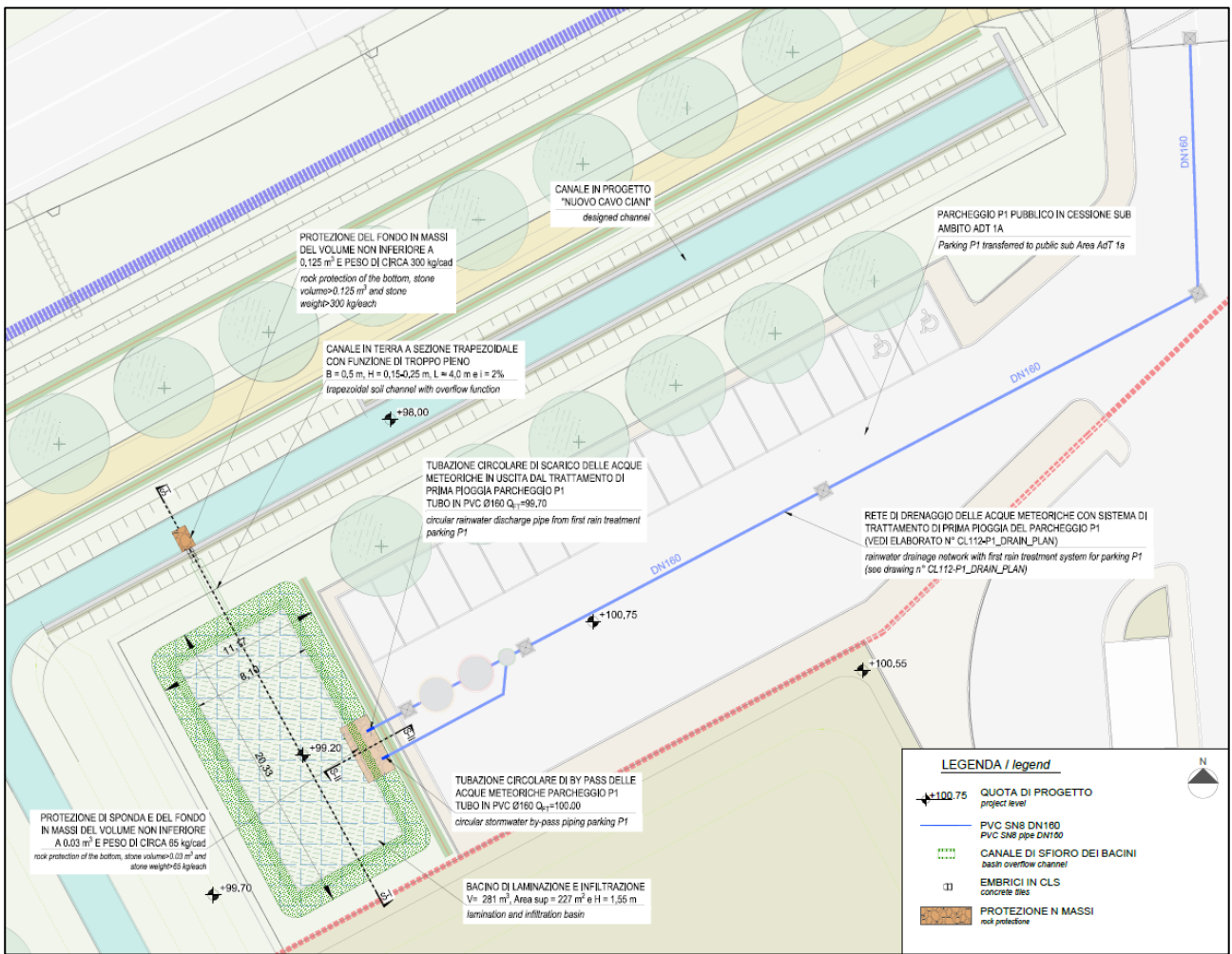


Figura 6 – Area parcheggio P1 e relativo bacino di infiltrazione

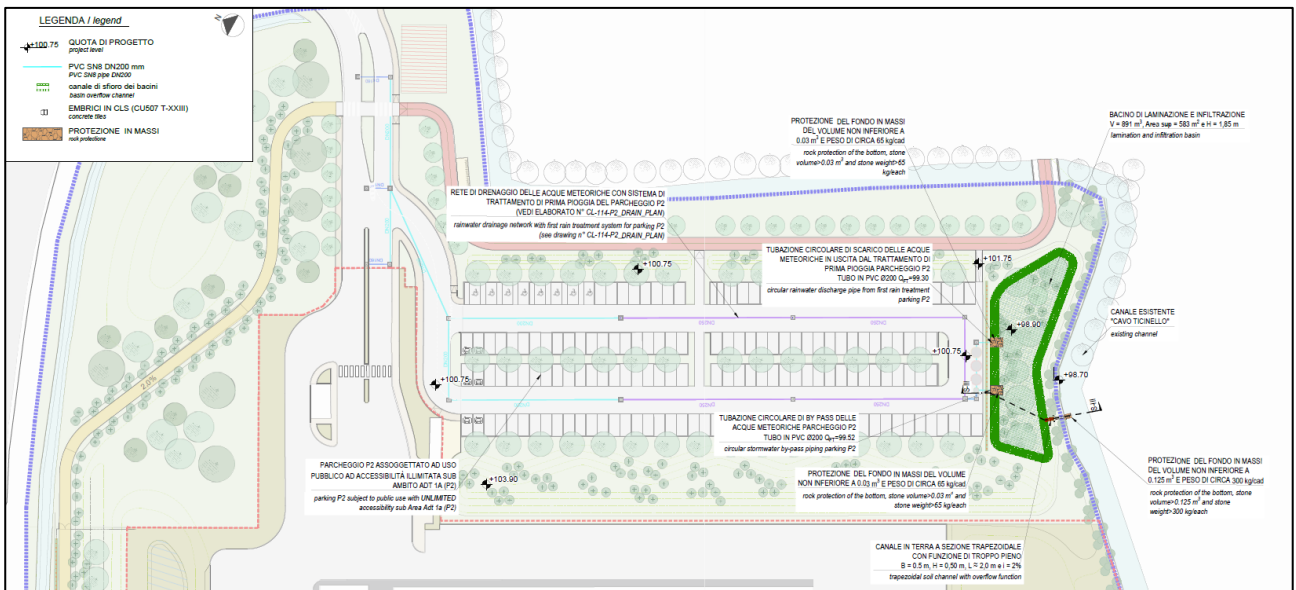


Figura 7 – Area parcheggio P2 e relativo bacino di infiltrazione

Ogni bacino sarà dotato, a tutela dell'area nei confronti di possibili eventi catastrofici, di scarico di troppo pieno afferente al corso d'acqua ad esso più prossimo, da posizionare a quote (rispetto al fondo bacino) superiori al tirante massimo previsto per l'evento di progetto.

6 VOLUMI MINIMI

Il valore di volumetria minima da destinare al potenziale invaso è imposto dal valore normativo minimo dato dal Regolamento Regionale, che per il caso in oggetto sarebbe pari a $800 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$. Nel caso in esame, poiché la soluzione progettuale di smaltimento delle acque prevede la sola infiltrazione quale metodologia di smaltimento delle acque per l'evento di progetto, viene considerata una riduzione del 30% del vincolo normativo ($560 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$), secondo quanto riportato all'art. 11 comma 2 lettera e) del R.R. 7/2017. Si precisa che tale riduzione è applicabile in presenza di "prove di permeabilità rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F".

Risulta pertanto necessario procedere al calcolo del coefficiente di afflusso medio ponderale necessario all'individuazione della superficie impermeabile complessiva. Per il calcolo del coefficiente di afflusso medio ponderale si vuole precisare che le aree verdi non collettate, che costituiscono una quota parte significativa delle superfici complessive, soprattutto per quanto riguarda l'area verde esterna al parcheggio P2, non sono da assoggettare al RR 7/17 (art. 11 c.2 lett. d), in quanto la condizione di progetto non è peggiorativa rispetto allo stato originario. Per le restanti aree verdi invece, comprese (sempre per l'area P2) internamente all'area parcheggio, è stato considerato un coefficiente di deflusso pari a 0,3, per le superfici impermeabili (aree a parcheggio, viabilità e bacini di ritenzione) un coefficiente di deflusso pari a 1.

Le superfici complessive assoggettate al R.R. e i relativi coefficienti di deflusso medio sono così definiti:

AREA PARCHEGGIO P2	A [m ²]	Φ [/]	AREA PARCHEGGIO P1	A [m ²]	Φ [/]
Sup Impermeabile	5417	1	Sup Impermeabile	1529	1
Sup Permeabile	397	0.3	Sup Permeabile	262	0.3
TOTALE	5814	0.95	TOTALE	1791	0.90

A _{tot} [ha]	0.58
Φ _{avg}	0.95
A _{imp} [ha]	0.55
Classe _{Cl} (piano att.)	A
w _{req teo} [m ³ /ha _{imp}]	800
C _{riduz inf} [%]	30%
w _{req eff} [m ³ /ha _{imp}]	560
W_{req rid} [m³]	310

A _{tot} [ha]	0.18
Φ _{avg}	0.90
A _{imp} [ha]	0.16
Classe _{Cl} (piano att.)	A
w _{req teo} [m ³ /ha _{imp}]	800
C _{riduz inf} [%]	30%
w _{req eff} [m ³ /ha _{imp}]	560
W_{req rid} [m³]	90

Tabella 2 - calcolo dei coefficienti di afflusso medio ponderale e dei volumi di invaso minimi ai sensi dell'art 12 RR 7/2017

I sistemi proposti (aventi una capacità di invaso rispettivamente per le aree P2 e P1 pari a 891 m^3 e 281 m^3) risultano pertanto sufficienti a garantire le volumetrie minime imposte da normativa.

7 CALCOLO DEL PROCESSO DI LAMINAZIONE

I parametri idrologici utilizzati ai fini del dimensionamento delle soluzioni di invaso sono quelli validi per un tempo di ritorno $T_r=50$ anni (cifr. punto 4.2 art. 11 del Regolamento Regionale).

Il dimensionamento degli invasi segue – con le opportune declinazioni in ciascun caso – la procedura di calcolo contenuta nell'allegato G del RR, ai sensi di quanto indicato all'art. 11, lett. e) del medesimo documento. La metodologia utilizzata prende il nome di laminazione statica.

Il processo di laminazione è descritto dalle seguenti equazioni:

- Equazione differenziale di continuità (o bilancio di massa)

$$Q_e(t) - Q_u = \frac{dW(t)}{dt}$$

- Legge di efflusso che governa le opere preposte allo scarico dall'invaso o in generale allo svuotamento del bacino

$$Q_u = Q_u(h)$$

- Legge di invaso del bacino

$$W = W[h(t)]$$

in cui:

- $Q_e(t)$ [m^3/s] rappresenta la portata in ingresso ai sistemi di invaso mediante la rete di drenaggio;
- Q_u [m^3/s] rappresenta la portata uscente dal sistema di invaso, quindi la portata dispersa per infiltrazione;
- $W[h(t)]$ [m^3] rappresenta il volume invasato all'interno del sistema e la legge di invaso è ricavabile dalle caratteristiche geometriche del sistema;
- $h(t)$ [m] rappresenta il relativo tirante idrico all'interno del sistema.

La risoluzione del sistema di equazioni appena descritto si basa sulla definizione delle portate in ingresso al sistema e dei parametri geometrici, idrologici e idraulici. Il sistema viene integrato numericamente alle differenze finite, fissando un incremento temporale di 1 minuto ($\Delta t=1$ min). Si risolvono le equazioni istante per istante, individuando i parametri che portano alla definizione dell'evento critico, ovvero l'evento meteorico che massimizza il volume invasato dal bacino.

7.1 Portata in ingresso Q_e

L'applicazione della procedura dettagliata per il dimensionamento del sistema di invaso suggerisce l'utilizzo di un modello afflussi-deflussi che converta l'intensità dell'evento meteorico (ietogramma), espresso in mm/h, in un idrogramma di piena in corrispondenza della sezione prefissata.

Per il calcolo dell'idrogramma di piena in ingresso si è scelto di considerare uno ietogramma costante, in quanto l'utilizzo dello ietogramma Chicago, suggerito in ALLEGATO G del suddetto R.R. 23/11/2017, non fornisce risultati maggiormente severi nella massimizzazione del volume di invaso.

Utilizzando la LSPP relativa a un tempo di ritorno di 50 anni, individuando per tentativi la durata critica, ovvero la durata di pioggia θ che massimizza i volumi di invaso, è possibile calcolare lo ietogramma (lordo) e, a partire da esso, applicando il relativo coefficiente di afflusso φ , lo ietogramma netto.

Il modello afflussi-deflussi scelto è il metodo della corrivazione con curva area-tempi lineare di cui se ne riporta la risoluzione analitica – possibile per lo ietogramma costante – nelle equazioni a seguire:

$$Q_e(t, \theta \geq t_c) \left[\frac{m^3}{s} \right] = \int_0^t u(t-\tau) p(\tau) d\tau = Sp(t) * \begin{cases} \frac{t}{t_c} & t \leq t_c \\ 1 & t_c < t \leq \vartheta \\ \frac{t_c - (t - \theta)}{t_c} & d < t \leq \theta + t_c \\ 0 & t > \theta + t_c \end{cases}$$

dove θ [s] è la durata della precipitazione, t_c [s] è il tempo di corrivazione, S [m²] è la superficie di drenaggio e $p(t)$ [m/s] è il tasso di precipitazione netta.

Il tempo di corrivazione t_c viene generalmente calcolato come somma del tempo di ingresso alla rete, funzione delle caratteristiche della superficie scolante, e il tempo di rete, ovvero il tempo di percorrenza nelle canalizzazioni lungo il percorso idraulicamente più lungo. Ipotizzando una condizione di moto uniforme lungo la rete, il tempo di percorrenza viene calcolato come segue.

$$t_R = \frac{1}{1.5} \sum \frac{L_i}{V_i}$$

Per tenere conto della variabilità nel tempo della precipitazione, che il metodo di corrivazione trascura portando a una sottostima della portata al colmo, si riduce il tempo di corrivazione di un fattore pari a 1/1.5.

Considerate le esigue dimensioni delle aree scolanti, il tempo di corrivazione t_c è stato ipotizzato pari a 5 min.

7.2 Portata in uscita Qu

La portata uscente, nel sistema considerato, è costituita dalla portata che si disperde nel sottosuolo per infiltrazione. Questa si ottiene mediante la formula di Sieker, come:

$$Q_U = \frac{1}{2} k \cdot S_{INF} J(h)$$

$$J(h) = \left(\frac{L+h}{L+h/2} \right)$$

In cui:

- k [m/s] rappresenta il coefficiente di conducibilità idraulica del terreno;
- S_{INF} [m²] pari alla superficie infiltrante del sistema di invaso;
- L [m] è la distanza tra la base del sistema filtrante e il livello della falda (pari a circa 1 m);
- h [m] è il tirante idrico all'interno sistema filtrante (variabile tra 0 e un massimo di 0.5 nel caso dei bacini disperdenti e 1 all'interno dei dreni filtranti);
- $J(h)$ [m/m] rappresenta quindi la cadente piezometrica (variabile tra 1 e 1.2, considerata cautelativamente pari a 1);

Si precisa che il valore di conducibilità idraulica, nella formula, viene dimezzato al fine di considerare la possibile condizione di parziale insaturazione iniziale del terreno.

7.3 Legge di invaso

Il sistema di invaso è costituito dai bacini di detenzione aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

- Area Parcheggio P1: superficie complessiva 227 m², quota fondo +99,20 m s.l.m., sponde a 45°, altezza complessiva del bacino 1,55 m;
- Area Parcheggio P2: superficie complessiva 583 m², quota fondo +98,90 m s.l.m., sponde a 45°, altezza complessiva del bacino 1,85 m;

Note le equazioni che governano il processo di riempimento e svuotamento del sistema, nonché le espressioni relative alla portata in ingresso, in uscita, e al volume di riempimento, il dimensionamento dello stesso è stato raggiunto una volta identificata la durata critica del sistema idraulico considerato, cioè quella durata dell'evento meteorico che massimizza il volume invasato nei sistemi di invaso.

7.4 Calcolo del volume di invaso ($T_R = 50$ anni)

L'evento meteorico che generalmente registra la massima portata al colmo si ha per durate pari al tempo di corrivazione del bacino. La precipitazione che garantisce la massima portata in ingresso al bacino non coincide spesso con l'evento che massimizza il volume invasato nel sistema. Generalmente si deve quindi procedere per tentativi allo scopo di individuare l'evento critico ed il corrispondente volume da laminare. Di seguito si riportano le durate e i volumi massimi invasati nei sistemi, considerando un tempo di ritorno di 50 anni.

TEMPO DI RITORNO: 50 ANNI				
SISTEMA	$\theta_{50 \text{ crit}}$ [h]	$W_{50 \text{ max}}$ [m ³]	h_{tirante} [m]	z_{tirante} [m s.l.m.]
P1	12	142	0.76	99.96
P2	13	497	1.06	99.96

Tabella 3 - Durate critiche e volumi invasati per l'evento di progetto (T_R 50 anni)

7.5 Verifica del grado di sicurezza per $T_R=100$ anni

Come richiesto al comma 2 lettera a.2 dell'articolo 11 del Regolamento il sistema di invasi eventualmente adottato deve essere verificato anche per un tempo di ritorno pari a 100 anni per escludere che si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno. La metodologia è del tutto analoga a quanto previsto per la verifica con tempo di ritorno pari a 100 anni. Di seguito si riportano la durata e il volume massimo invasato nel sistema, considerando un tempo di ritorno di 100 anni. Come si può vedere, il volume disponibile risulta quindi sufficiente a garantire l'invaso anche per l'evento centennale.

TEMPO DI RITORNO: 100 ANNI				
SISTEMA	$\theta_{50 \text{ crit}}$ [h]	$W_{50 \text{ max}}$ [m ³]	h_{tirante} [m]	z_{tirante} [m s.l.m.]
P1	14	168	0.91	100.11
P2	20	562	1.20	100.10

Tabella 4 - Durate critiche e volumi invasati per l'evento di verifica (T_R 100 anni)

In occasione di un evento centennale quindi, viene garantito un franco, rispetto alla quota di p.c. dei parcheggi di circa 65 cm.

7.6 Tempi di svuotamento

Il tempo di svuotamento di eventuali bacini di raccolta deve essere minore di 48 ore, così come richiesto dal Regolamento all'Art.11 punto f):

“2. 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. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato secondo quanto indicato alla lettera e). Il volume di laminazione calcolato secondo quanto indicato alla lettera e) deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore”.

Nel caso in esame, i tempi di svuotamento stimati per i volumi di progetto sono:

- Per il bacino presente nell'area P1: 17 ore;
- Per il bacino presente nell'area P2: 16 ore.

8 CANALI DI SFIORO

Come anticipato al paragrafo 5.2, ogni bacino sarà dotato, a tutela dell'area nei confronti di possibili eventi catastrofici, di scarico di troppo pieno:

- Il parcheggio P1 avrà un canale di sfioro a sezione trapezia, con base di larghezza pari a 0,50 m, sponde a 45°, ed una pendenza del 2%.
Lo sfioro si attiverà al superamento della quota 100,60 m s.l.m. corrispondente ad un tirante pari a 1,40 m; la quota di sfioro risulta pertanto superiore all'invaso relativo ad un evento pari a 100 anni di ritorno.
Il canale afferirà al canale di nuova realizzazione ("Nuovo Cavo Ciani"). Nel suo tratto terminale in cui la pendenza risulta superiore al 10% per evitare fenomeni di erosione spondale, il canale verrà rinforzato attraverso la posa di embrici.

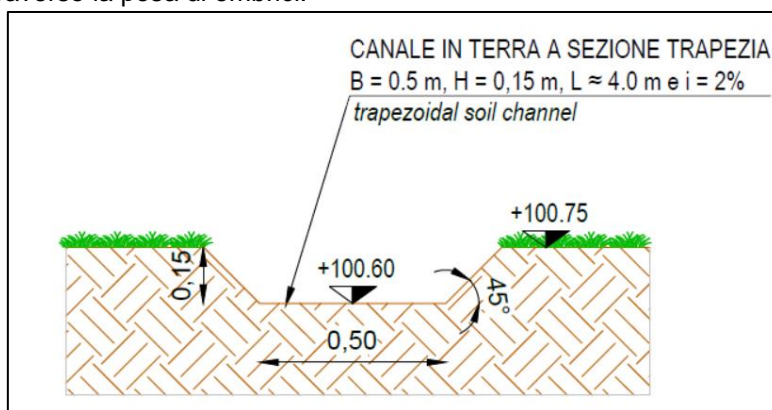


Figura 8 – sezione di imbocco canale di sfioro – Parcheggio P1

- Il parcheggio P2, parimenti, avrà un canale di sfioro a sezione trapezia, con base di larghezza pari a 0,50 m, sponde a 45°, ed una pendenza del 2%.
Lo sfioro, in questo caso, si attiverà al superamento della quota 100,25 m s.l.m. corrispondente ad un tirante pari a 1,35 m; anche qui la quota di sfioro risulta pertanto superiore all'invaso relativo ad un evento pari a 100 anni di ritorno.
Il canale afferirà al Cavo Ticinello. Anche in questo caso, qualora il raccordo al canale esistente avvenga a pendenza superiori al 10%, il canale verrà rinforzato attraverso la posa di embrici.

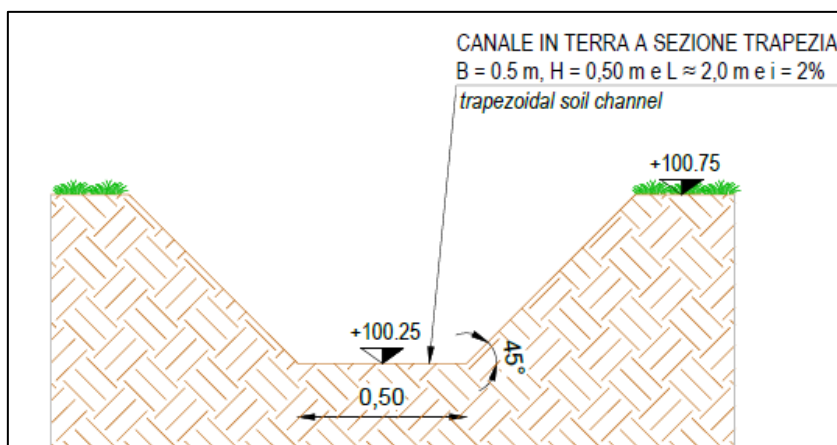


Figura 9 – sezione di imbocco canale di sfioro – Parcheggio P2

9 PROCESSI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE ATTRAVERSO I BACINI DI DETENZIONE

Sebbene le superfici di dilavamento in esame non rientrino nei casi previsti dall'art. 3 del Regolamento Regionale n. 4 del 24 marzo 2006, l'ente pubblico di competenza, avendo facoltà di prescrivere il trattamento delle acque meteoriche, ha richiesto che le acque di dilavamento delle superfici carrabili, prima della loro immissione nei bacini di invaso e dispersione, subiscano un trattamento in continuo di disoleazione delle acque di prima pioggia attraverso filtri a coalescenza.

Ad ogni modo, la tipologia di strutture di infiltrazione e dispersione adottate nel presente progetto costituiscono un ulteriore processo di trattamento delle acque. Infatti, le tecniche di drenaggio urbano sostenibile (Sustainable Urban Drainage Systems - SuDS), quali quelle proposte in questo progetto (bacini di detenzione e infiltrazione), consentono di ottenere risultati multi-obiettivo: riequilibrare il bilancio idrologico, ridurre il carico inquinante dei corpi idrici migliorando la qualità delle acque e, al contempo, realizzare infrastrutture verdi in grado di sfruttare tutti i benefici forniti dai servizi ecosistemici delle soluzioni naturali (nature-based solutions).

9.1 Processi di depurazione delle acque nei SuDs

Il controllo degli inquinanti da parte di bacini di detenzione vegetati generalmente vede l'attenuazione dei solidi sospesi, dei nutrienti e dei metalli pesanti. Ad ogni modo, la capacità di rimozione degli inquinanti è molto variabile e dipende in primo luogo dalla densità della vegetazione e dai tempi di contatto.

In generale i SuDS sono in grado di rimuovere un'ampia varietà di inquinanti dalle acque di pioggia, attraverso meccanismi di cui i principali sono costituiti da:

- Filtrazione;
- Biodegradazione degli inquinanti organici, come benzina e diesel;
- Adsorbimento;
- Ritenzione di solidi;
- Sedimentazione;
- Volatilizzazione;
- Idrolisi;
- Ossidazione;
- Fotolisi;
- Ecc.

La vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti.

9.2 Considerazioni sulla vulnerabilità della falda

Diversi studi condotti allo scopo di valutare la vulnerabilità delle acque sotterranee rispetto ai deflussi superficiali hanno portato alle seguenti conclusioni:

- il rischio complessivo, per le acque sotterranee, connesso ai principali contaminanti associati al deflusso stradale che attraversano mezzi porosi è basso.
- La presenza di materia organica nello strato di suolo superiore e/o in quello sottostante i sistemi di infiltrazione superficiale (con la conseguente opportunità di una degradazione microbica del contenuto di IPA e TPH, idrocarburi delle acque di dilavamento del deflusso stradale) accoppiato ad una zona insatura sufficientemente profonda (1 m), fornisce un grado significativo di protezione delle acque sotterranee sottostanti. La maggior parte dei metalli pesanti, degli IPA e dei TPH è infatti trattenuta nei primi 10 cm di suolo.

- L'apporto ripetuto di massa contaminante per un periodo di tempo prolungato finirà per esaurire le proprietà di assorbimento del materiale; nel caso di inquinanti conservativi come i metalli, tale processo, una volta esaurito lo strato superficiale di terreno, andrà a coinvolgere anche la colonna di terreno sotto l'area di infiltrazione raggiungendo infine le acque sotterranee.

La superficie e la geometria del sistema di infiltrazione sono quindi importanti per ridurre i rischi, insieme a programmi di monitoraggio e manutenzione. La ricerca presentata da Scott Wilson (2010) evidenzia come, per carichi stradali tipici, il cadmio (a titolo di esempio) impiega da 54 a 714 anni per muoversi attraverso 1 m di terreno, costituito da diversi tipi di materiale acquifero insaturo. Si ritiene pertanto improbabile che la rimozione del suolo e la riabilitazione dei componenti negli strati inferiori di terreno siano necessarie durante la vita utile del sistema.

Risulta però necessario prevedere, nel piano di manutenzione delle opere, la sostituzione e/o la riabilitazione dei primi strati di materiale (CIRIA SuDS Manual C753) dei bacini infiltranti.

9.3 Valutazione del rischio di inquinamento

Il rischio connesso al deflusso delle acque superficiali per l'ambiente ricevente è funzione di:

- uso del suolo e quindi tipologia di inquinanti presenti;
- efficacia dei componenti di trattamento SuDS nel ridurre i livelli di inquinanti;
- sensibilità dell'ambiente ricevente (cioè il recettore finale).

L'uso del suolo è il principale fattore che influenza la qualità del deflusso delle acque superficiali urbane (Royal Haskoning, 2010) e può quindi essere utilizzato per rappresentare la probabile significatività delle concentrazioni e dei carichi di inquinanti attesi generati durante gli eventi di pioggia (cioè il rischio di inquinamento posto dal sito).

Nel caso in esame, gli inquinanti coinvolti nel deflusso delle acque sono principalmente derivanti dal dilavamento delle superfici carrabili, e sono generalmente rappresentati da:

- Sedimenti.
- Metalli (zinco, rame, cadmio).
- Idrocarburi (olio e carburante), compresi gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).
- Pesticidi ed erbicidi (dalla manutenzione del paesaggio).
- Cloruri (da eventuale scioglimento del ghiaccio).

In base alla tipologia di uso del suolo si possono assegnare degli indici di rischio associati alla tipologia di inquinante. Gli indici variano da 0 (nessun pericolo di inquinamento per il tipo di contaminante considerato) a 1 (elevato pericolo di inquinamento per il tipo di contaminante considerato).

Il livello di rischio associabile alle aree in progetto può essere considerato medio-basso, secondo la classificazione proposta in *Tabella 5* riportata di seguito.

TABLE 26.2 Pollution hazard indices for different land use classifications

Land use	Pollution hazard level	Total suspended solids (TSS)	Metals	Hydro-carbons
Residential roofs	Very low	0.2	0.2	0.05
Other roofs (typically commercial/ industrial roofs)	Low	0.3	0.2 (up to 0.8 where there is potential for metals to leach from the roof)	0.05
Individual property driveways, residential car parks, low traffic roads (eg cul de sacs, homezones and general access roads) and non-residential car parking with infrequent change (eg schools, offices) ie < 300 traffic movements/day	Low	0.5	0.4	0.4
Commercial yard and delivery areas, non-residential car parking with frequent change (eg hospitals, retail), all roads except low traffic roads and trunk roads/motorways ¹	Medium	0.7	0.6	0.7
Sites with heavy pollution (eg haulage yards, lorry parks, highly frequented lorry approaches to industrial estates, waste sites), sites where chemicals and fuels (other than domestic fuel oil) are to be delivered, handled, stored, used or manufactured; industrial sites; trunk roads and motorways ¹	High	0.8 ²	0.8 ²	0.9 ²

Tabella 5 - indici di rischio inquinamento per differenti tipologie di uso del suolo (CIRIA SuDS Manual C753)

Allo stesso modo è possibile associare, ai diversi sistemi adottati, un indice di mitigazione rappresentativo delle capacità prestazionali del tipo di SuDs, sia per gli scarichi in acque superficiali (*Tabella 6*) che per gli scarichi in acque sotterranee (*Tabella 7*).

Si ricorda in tale ottica che, la profondità di infiltrazione dei bacini, considerando la distanza tra il fondo bacino (+98,90 m per il P2 e +99,20 per il P1) e la quota di falda (+97,90), varia quindi tra 1 m (Parcheggio P2) e 1,30 m (Parcheggio P1).

TABLE 26.3 Indicative SuDS mitigation indices for discharges to surface waters

Type of SuDS component	Mitigation indices ¹		
	TSS	Metals	Hydrocarbons
Filter strip	0.4	0.4	0.5
Filter drain	0.4 ²	0.4	0.4
Swale	0.5	0.6	0.6
Bioretention system	0.8	0.8	0.8
Permeable pavement	0.7	0.6	0.7
Detention basin	0.5	0.5	0.6
Pond ⁴	0.7 ³	0.7	0.5
Wetland	0.8 ³	0.8	0.8
Proprietary treatment systems ^{5,6}	These must demonstrate that they can address each of the contaminant types to acceptable levels for frequent events up to approximately the 1 in 1 year return period event, for inflow concentrations relevant to the contributing drainage area.		

Tabella 6 - Indici indicativi di mitigazione dei SuDS per gli scarichi nelle acque superficiali (CIRIA SuDS Manual C753)

TABLE 26.4 Indicative SuDS mitigation indices for discharges to groundwater

Characteristics of the material overlying the proposed infiltration surface, through which the runoff percolates ¹	TSS	Metals	Hydrocarbons
A layer of dense vegetation underlain by a soil with good contaminant attenuation potential ² of at least 300 mm in depth ³	0.6 ⁴	0.5	0.6
A soil with good contaminant attenuation potential ² of at least 300 mm in depth ³	0.4 ⁴	0.3	0.3
Infiltration trench (where a suitable depth of filtration material is included that provides treatment, ie graded gravel with sufficient smaller particles but not single size coarse aggregate such as 20 mm gravel) underlain by a soil with good contaminant attenuation potential ² of at least 300 mm in depth ³	0.4 ⁴	0.4	0.4
Constructed permeable pavement (where a suitable filtration layer is included that provides treatment, and including a geotextile at the base separating the foundation from the subgrade) underlain by a soil with good contaminant attenuation potential ² of at least 300 mm in depth ³	0.7	0.6	0.7
Bioretention underlain by a soil with good contaminant attenuation potential ² of at least 300 mm in depth ³	0.8 ⁴	0.8	0.8
Proprietary treatment systems ^{5,6}	These must demonstrate that they can address each of the contaminant types to acceptable levels for inflow concentrations relevant to the contributing drainage area.		

Tabella 7 - Indici indicativi di mitigazione dei SuDS per gli scarichi nelle acque sotterranee (CIRIA SuDS Manual C753)

27 marzo 2023

Dott. Geol. Roberto Previati