



COMUNE DI
COSTA VOLPINO (BG)

Progettisti: Studio S + M Associati

Committente: Zenone Taccolini

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA



PROGETTO PRELIMINARE
PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVA PAVIMENTAZIONE
AI MAPPALI NR. 7267, 6838, 6839, 1717, 3190, 7268 DI
PROPRIETA' DI DU. ECO S.R.L.

Redazione:

Dott.ssa Geol. Elena Nostrani

via 25 aprile, n. 77

25040 - Artogne (BS)

tel.: +39 - 347.8763909

mail: elenanostrani@tiscali.it

pec: elena.nostrani@pec.epap.it



Elena Nostrani
Geologo

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	QUADRO NORMATIVO	3
2.1	LA LEGGE REGIONALE DEL 15 MARZO 2016, N.4 – ART.7	3
2.2	IL REGOLAMENTO REGIONALE N° 7/2017 (AGGIORNATO DAL R.R. N° 8/2019)	4
2.2.1	ART. 5 – SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DELLE ACQUE PLUVIALI	4
2.2.2	ART. 7 – AMBITI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO	5
2.2.3	ART. 8 – VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI	5
2.2.4	ART. 9 – CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO	6
2.2.5	ART. 11 – METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA PER IL RISPETTO DEI LIMITI ALLO SCARICO IN CASO DI INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE MEDIA O ALTA RICADENTI NEGLI AMBITI TERRITORIALI DI CRITICITÀ MEDIA O ALTA	7
2.2.6	ART. 12 – REQUISITI MINIMI DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	7
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	8
4	INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO	8
5	LITOLOGIA E PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI NELL'AREA DI INTERVENTO	9
6	INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO PER IL CASO IN ESAME	12
7	VERIFICA CON I REQUISITI MINIMI	13
7.1	STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO DEL SITO DI PROGETTO	13
7.2	STIMA DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE	14
8	PROPOSTA DI INTERVENTO E DIMENSIONAMENTI	14
8.1	DIMENSIONAMENTO DELLE TRINCEE DRENANTI	15
8.2	DIMENSIONAMENTO RIGOFILL	16
9	PIANO DI MANUTENZIONE	18

1 PREMESSA

La presente relazione affronta il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica relativa al progetto di realizzazione di una nuova pavimentazione in Comune di Costa Volpino (BG).

La crescente impermeabilizzazione dei suoli impone un controllo quantitativo delle portate che possono essere scaricate nei ricettori superficiali, ed in misura tale per cui ogni nuova tipologia di intervento deve porsi nei confronti del territorio come se lo stesso non alterasse le condizioni di deflusso esistenti verso i ricettori superficiali. Entra quindi in gioco il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica, e quindi della necessità di rispettare le condizioni di deflusso con riferimento allo scenario ante-operam.

Ogni nuovo intervento di impermeabilizzazione delle superfici determina infatti un incremento dei coefficienti di deflusso, con una corrispondente riduzione dei processi di infiltrazione nel terreno.

A questo aspetto si associa una contestuale riduzione del tempo di corrivazione, parametro che gioca un ruolo fondamentale nel processo di formazione dell'onda di piena. Ogni intervento che produce una contrazione di questa variabile contribuisce ad innalzare il picco del colmo di piena, a sfavore della capacità di smaltimento del ricettore finale con il rischio di contribuire ad esaltare i fenomeni di piena.

Con l'entrata in vigore del Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, così come confermato dal Regolamento Regionale n. 8 del 24/04/2019 che lo ha modificato e integrato, tutti gli interventi edilizi sul territorio che comportano un aumento delle superfici impermeabili devono quindi garantire il rispetto delle condizioni originarie.

Per raggiungere tale obiettivo, è necessario ricorrere alla laminazione delle portate di natura meteorica ovvero all'accumulo dei volumi di pioggia ed alla restituzione al ricettore finale in modo graduale e commisurato alla criticità idraulica dell'area in cui si interviene.

2 QUADRO NORMATIVO

2.1 LA LEGGE REGIONALE DEL 15 MARZO 2016, N.4 – ART.7

Il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica è stato introdotto dall'art. 7 della Legge Regionale 15 marzo 2016 n. 4 recante "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua".

In particolare il comma 1 di tale articolo recita: *"Al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica ed ambientale, gli strumenti urbanistici ed i regolamenti edilizi comunali recepiscono il principio di invarianza idraulica ed idrologica per le trasformazioni di uso del suolo, secondo quanto previsto dal presente articolo."*

Al comma 2 la legge evidenzia come gli obiettivi previsti dal comma 1 hanno condotto ad alcune modifiche alla legge regionale 11 marzo 2015 (Legge per il governo del territorio) ed in particolare si assiste all'introduzione dell'art. 58 bis "Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile".

Il comma 1 del suddetto articolo introduce i seguenti principi:

- Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti l'urbanizzazione;
- Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione;
- Drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento

urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Il comma 4 dell'art. 58 bis indica come *"...il regolamento edilizio comunale disciplina le modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica secondo i criteri e metodi stabiliti con il regolamento regionale..."* che deve essere recepito entro sei mesi dalla sua pubblicazione.

Il comma 5 dell'art. 58 bis stabilisce in centottanta giorni dall'entrata in vigore della legge regionale, l'approvazione di *"...un regolamento contenente i criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica..."* la cui efficacia diventa effettiva alla data di recepimento dello stesso nel regolamento edilizio comunale.

Gli estratti della legge sopra riportati evidenziano chiaramente come il percorso a cui si devono sottostare tutti gli interventi edilizi che comportano un aumento delle superfici impermeabili sia ormai chiaramente tracciato. In particolare esso è stato reso attuativo dall'entrata in vigore del Regolamento Regionale n° 7/2017, così come confermato dal Regolamento Regionale n. 8 del 24/04/2019 che lo ha modificato e integrato.

2.2 IL REGOLAMENTO REGIONALE N° 7/2017 (AGGIORNATO DAL R.R. N° 8/2019)

Il Regolamento Regionale è strutturato in una serie di articoli che indicano le modalità di attuazione dell'art. 7 della Legge Regionale n. 4 /2016 e la metodologia di esecuzione del progetto di invarianza idraulica.

Ai fini della sua puntuale applicazione appare importante evidenziare i punti essenziali che in esso vengono evidenziati:

- Art. 5 – Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali;
- Art. 7 - Ambiti territoriali di riferimento;
- Art. 8 – Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori;
- Art. 9 - Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica idrologica e modalità di calcolo;
- Art. 11 - Metodologie di calcolo delle misure di invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta;
- Art. 12 – Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica.

2.2.1 ART. 5 – SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DELLE ACQUE PLUVIALI

Il Regolamento Regionale valorizza gli interventi che promuovono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione ed il riuso delle acque meteoriche.

In particolare al comma 3 si specifica come lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:

- mediante il riuso dei volumi stoccati (innaffiamento giardini, acque grigie e lavaggio di pavimenti e auto);
- mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
- mediante scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale con i limiti ammessi al ricettore;
- mediante scarico in fognatura con i limiti imposti.

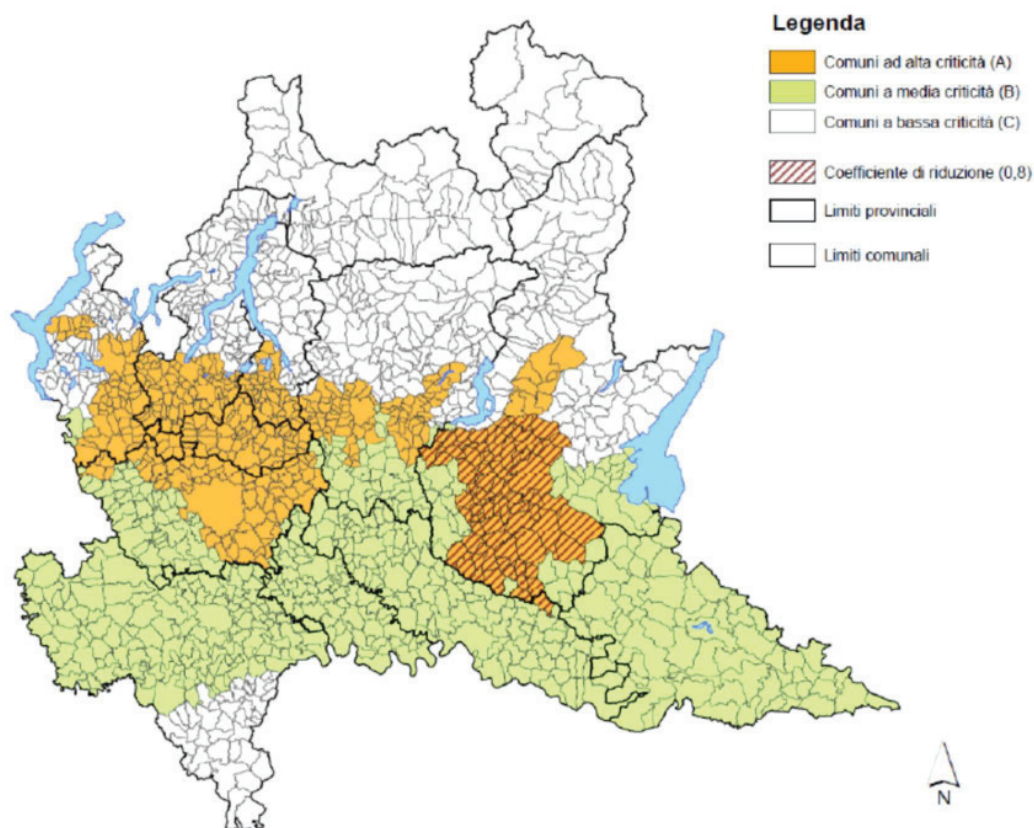
2.2.2 ART. 7 – AMBITI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO

Dal momento che gli effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche sono differenti nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e dipendono fortemente dalle caratteristiche del ricettore finale, il territorio regionale è stato suddiviso in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

- Aree A: aree ad alta criticità idraulica: comprendono i territori dei Comuni, elencati nell'Allegato B, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'Allegato C;
- Aree B: aree a media criticità idraulica: comprendono i territori dei Comuni, elencati nell'Allegato B, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei Comprensori di Bonifica e Irrigazione.;
- Aree C: aree a bassa criticità idraulica: comprendono i territori dei Comuni, elencati nell'Allegato B, non rientranti nelle aree A e B.

La rappresentazione della suddivisione del territorio regionale in tali aree è stata rappresentata cartograficamente e riportata nell'Allegato B.

Figura 1. Suddivisione del territorio regionale in ambiti di criticità.



2.2.3 ART. 8 – VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI

All'interno degli ambiti territoriali individuati in precedenza 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 e comunque entro i valori massimi ammissibili riportati nella tabella successiva.

aree A ad alta criticità idraulica:	$u_{im} = 10$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree B a media criticità idraulica:	$u_{im} = 20$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree C a bassa criticità idraulica	$u_{im} = 20$ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

Come già anticipato in precedenza, i limiti alle portate di scarico sono ottenuti mediante l'adozione di sistemi finalizzati prioritariamente a favorire l'attenuazione della generazione dei deflussi meteorici a monte del loro scarico nel ricettore, mediante misure locali incentivanti l'evapotraspirazione, il riuso, l'infiltrazione, la laminazione diffusa e/o centralizzata.

Nel caso in cui, nonostante il ricorso ai sistemi precedentemente richiamati, sia comunque necessario realizzare lo scarico delle acque meteoriche nel ricettore, il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare i suddetti limiti alle portate. Per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, lo svuotamento degli invasi deve avvenire in tempo massimo di 48 ore.

2.2.4 ART. 9 – CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO

Il Regolamento Regionale propone una tabella che individua quattro classi di intervento in funzione dell'impermeabilizzazione potenziale prodotta dall'intervento stesso, dalla superficie interessata dall'intervento e dall'areale di interesse. La medesima tabella indica inoltre le modalità di calcolo da utilizzare in relazione alla classificazione di criticità dell'ambito territoriale ove è ubicato l'intervento. Se si escludono i soli interventi che interessano una superficie ridotta, le modalità di calcolo hanno livello di complessità crescente in funzione sia della classe di importanza sia della classe di criticità dell'ambito territoriale.

Figura 2. Tabella riportante la classificazione degli interventi.

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

2.2.5 ART. 11 – METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA PER IL RISPETTO DEI LIMITI ALLO SCARICO IN CASO DI INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALE MEDIA O ALTA RICADENTI NEGLI AMBITI TERRITORIALI DI CRITICITÀ MEDIA O ALTA

Il Regolamento Regionale individua innanzitutto un orizzonte temporale di progettazione proiettato verso un tempo di ritorno pari a $T=50$ anni, cioè guarda a quegli eventi che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie. In aggiunta esso richiede che venga effettuata una verifica dei franchi di sicurezza per un tempo di ritorno pari a $T=100$ anni.

Esso definisce inoltre le modalità di calcolo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica, rimandando al sito internet di Arpa Lombardia, propone quindi alcune indicazioni per il calcolo del processo di infiltrazione ovvero i coefficienti di deflusso per il calcolo dello ietogramma netto, e da ultimo segnala le metodologie più adeguate al calcolo dei volumi di invaso per la laminazione.

Con particolare riferimento a quest'ultimo aspetto, il regolamento propone due approcci in relazione al tipo di impermeabilizzazione indotta dall'intervento edilizio.

Nello specifico esse sono:

- Procedura semplificata con il “Metodo delle sole piogge”;
- Procedura dettagliata, basata sulla scelta di un opportuno ietogramma di progetto, del modello di trasformazione afflussi deflussi.

L'utilizzo delle due metodologie è individuato nella tabella precedentemente richiamata in funzione della classe di intervento e dell'Ambito territoriale di riferimento.

2.2.6 ART. 12 – REQUISITI MINIMI DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

In ultima analisi il Regolamento Regionale individua in forma parametrica un range di volumi di invaso minimi da rispettare per il rispetto dei principi dell'invarianza idraulica.

La tabella che segue ne è la sintesi.

Criticità dell'area	Volume specifico standard di laminazione
aree A ad alta criticità idraulica	800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree B a media criticità idraulica	500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
aree C a bassa criticità idraulica	400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

A fronte dell'applicazione di una procedura di calcolo dettagliata il progettista è tenuto inoltre ad assumere come volume di dimensionamento il più cautelativo tra i valori derivanti dai requisiti minimi ovvero dalla procedura di calcolo.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

L'area interessata dalla realizzazione della nuova pavimentazione è ubicata in via Santa Martina, nel Comune di Costa Volpino (BG).

L'area è individuabile nella Carta Tecnica Regionale (CTR) al foglio D4 alla scala 1: 50.000 e alla sezione D4a4 alla scala 1: 10.000.

Figura 3. Inquadramento su ortofoto dell'area di intervento.



4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area di intervento è situata nel comparto di piana del Fiume Oglio, in sinistra idrografica, ed appare ben urbanizzato.

L'ambito presenta numerose attività estrattive di ghiaia, essendo caratterizzato dalla presenza dei depositi alluvionali del Fiume Oglio; molte zone sono inoltre caratterizzate da bassa soggiacenza della falda per via della presenza della falda di subalveo del fiume.

Circa le condizioni idrogeologiche, ai depositi alluvionali - sulla scorta di quanto si può evincere dalla documentazione geologica del PGT Comunale - viene attribuita una permeabilità da elevata a buona ($k > 10^{-2}$ cm/sec); attraverso la presa visione delle stratigrafie dei pozzi presenti nelle immediate vicinanze dell'area di intervento, si è risaliti alla soggiacenza della falda, che risulta essere stata riscontrata tra -3,3 m e -5 m da p.c.

5 LITOLOGIA E PERMEABILITA' DEI DEPOSITI NELL'AREA DI INTERVENTO

Come è possibile leggere nella Relazione Geologica e Geotecnica redatta dalla Scrivente, nell'area si rinvennero materiali di origine alluvionale afferenti alle piene del Fiume Oglio, costituiti da un'alternanza di livelli sabbioso – limosi e sabbioso – ghiaiosi.

Dai dati bibliografici esistenti, si può riscontrare come sia presente una falda a quota compresa tra i - 3 m ed i - 5 m da p.c. entro i depositi alluvionali, che può subire oscillazioni durante i periodi particolarmente piovosi.

Durante l'esecuzione delle indagini geotecniche realizzate (si veda relazione geologico – geotecnica) è stata riscontrata evidenza di acqua in entrambe le prove penetrometriche a circa - 3,20 m da p.c.

Al fine di determinare la permeabilità del terreno, sempre nell'ambito della campagna di indagini, eseguite il giorno 06 giugno 2024, è stata realizzata anche una prova di permeabilità in un foro dedicato vicino alla posizione della prova penetrometrica P1.

Nello specifico la prova è stata effettuata nell'intervallo di profondità compreso tra -1,08 m – 1,13 m da p.c

Si tratta sostanzialmente di una prova Lefranc ma eseguita nel foro di una prova penetrometrica, utilizzando una punta a perdere per tappare la base del foro alla profondità desiderata e utilizzando un rivestimento del foro stesso di diametro esterno pari a 35 cm.

Successivamente il rivestimento è stato "alzato" di 5 cm lasciando scoperta quella parte di terreno nella quale viene valutata la permeabilità; tale tratto di prova viene comunemente chiamato tasca.

Si è poi proceduto a versare nel foro dell'acqua fino alla completa saturazione e, successivamente, dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (ovvero raggiunta la testa della tubazione di rivestimento del foro), a intervalli regolari si annotano il livello e il tempo di ciascuna abbassamento.

La formula adottata per il calcolo della permeabilità con la prova eseguita è la seguente:

$$k = \frac{A (h_2 - h_1)}{C (t_2 - t_1) * h_m}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

A = area filtrante

h1 – h2 = livelli idrici misurati

t1 – t2 = tempi di misurazione livello

C = coefficiente di forma dipendente dalla configurazione geometrica

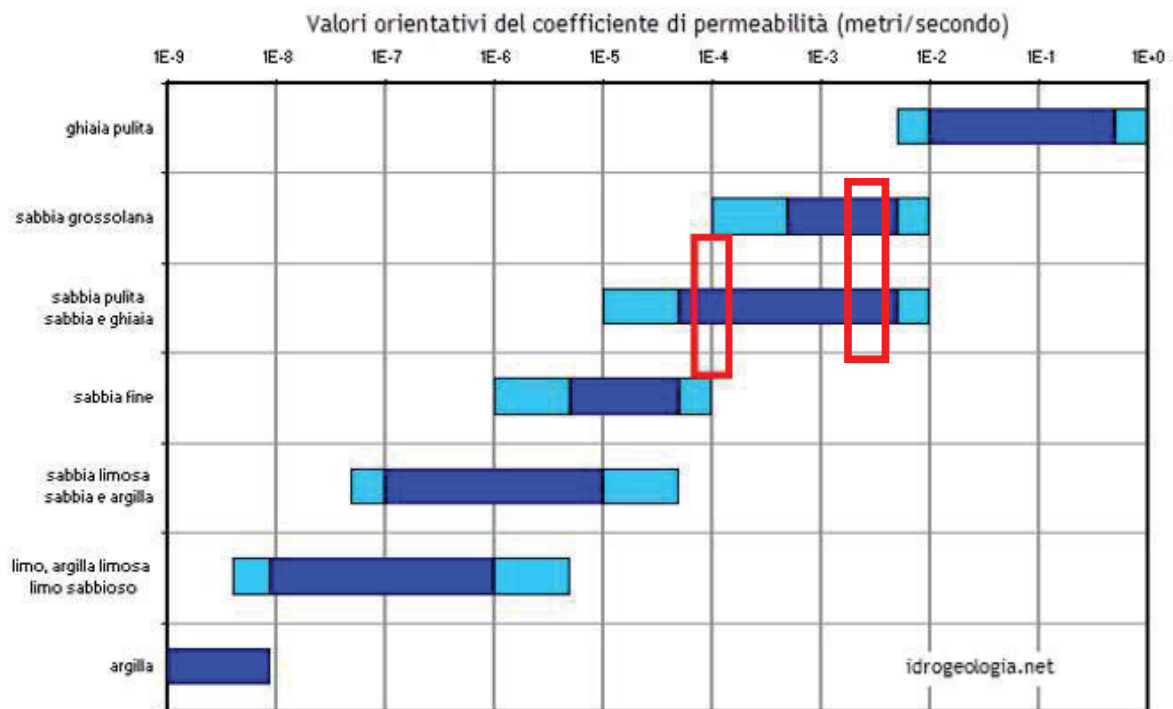
In generale, C= L se L>D; C = 2πD+L se L<D

hm = altezza al tempo medio

Di seguito viene riportato il report di calcolo della permeabilità.

Come si può notare, il valore di permeabilità calcolato risulta pari a $1,76 \times 10^{-4}$ m/s. Tale valore permette di collocare i terreni presi in esame tra le formazioni contraddistinte da un grado di permeabilità medio – alta, tipica di sabbie pulite e sabbie e ghiaie (si veda tabella seguente).

Figura 4. Valori orientativi del coefficiente di permeabilità.



Con tali valori di permeabilità, si può consigliare l'infiltrazione nel sottosuolo come recapito finale delle acque di invarianza. Ovviamente la profondità dell'opera di dispersione - considerando la presenza della falda a - 3 m circa dalla quota del piano campagna, dovrà essere definita tenendo conto di un franco di sicurezza che, normalmente viene assunto al minimo pari a 1,0 m rispetto al livello di massima escursione della falda.

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

Condizioni insature

COMMITTENTE	Dott. Geol. Elena Nostrani
CANTIERE	Costa Volpino (BG)
DATA	06/06/2024

Dati di campagna	m
PROFONDITA'	1,130
LUNGHEZZA RIVESTIMENTO	1,870
ALTEZZA TASCA FILTRANTE	0,050
DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)	0,045

Formula adottata per calcolo permeabilità

$$k = \frac{A (h_2 - h_1)}{C (t_2 - t_1) + h_m}$$

dove:

- k=coefficiente di permeabilità
- A= area filtrante (in m2)
- t1, t2= tempi misurazione livello
- h1, h2=livelli idrici
- hm=altezza al tempo medio
- C= coefficiente di forma (per L>>D, C=L)

TEMPO secondi	LETTURE m	ABBASSAMENTI m
0	0,000	1,870
30	0,170	1,700
60	0,220	1,650
90	0,280	1,590
120	0,330	1,540
150	0,380	1,490
180	0,430	1,440
210	0,470	1,400
240	0,520	1,350
270	0,560	1,310
300	0,600	1,270
330	0,640	1,230
360	0,680	1,190
390	0,720	1,150
420	0,750	1,120
450	0,780	1,090
480	0,820	1,050
510	0,850	1,020
540	0,880	0,990
570	0,920	0,950
600	0,950	0,920

Area filtrante (A) (mq)	0,007065
t ₁ (sec)	0
t ₂ (sec)	600
h ₁ (m)	1,87
h ₂ (m)	0,92
h _m (m)	1,27

COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' k= 1,76E-04

6 INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO PER IL CASO IN ESAME

Art. 5 – Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali

Il progetto non prevede il riutilizzo delle acque meteoriche con metodologie che possano garantirne il consumo entro 48 ore e quindi nei tempi previsti dal Regolamento Regionale. Si procederà quindi a valutare prioritariamente l'accumulo e la successiva infiltrazione delle acque nel sottosuolo stante il fatto che, la permeabilità del terreno è buona e la falda si trova convenientemente al di sotto del piano di posa delle opere di infiltrazione (viene cioè rispettato il franco di sicurezza di 1 m).

Art. 7 Ambito di riferimento:

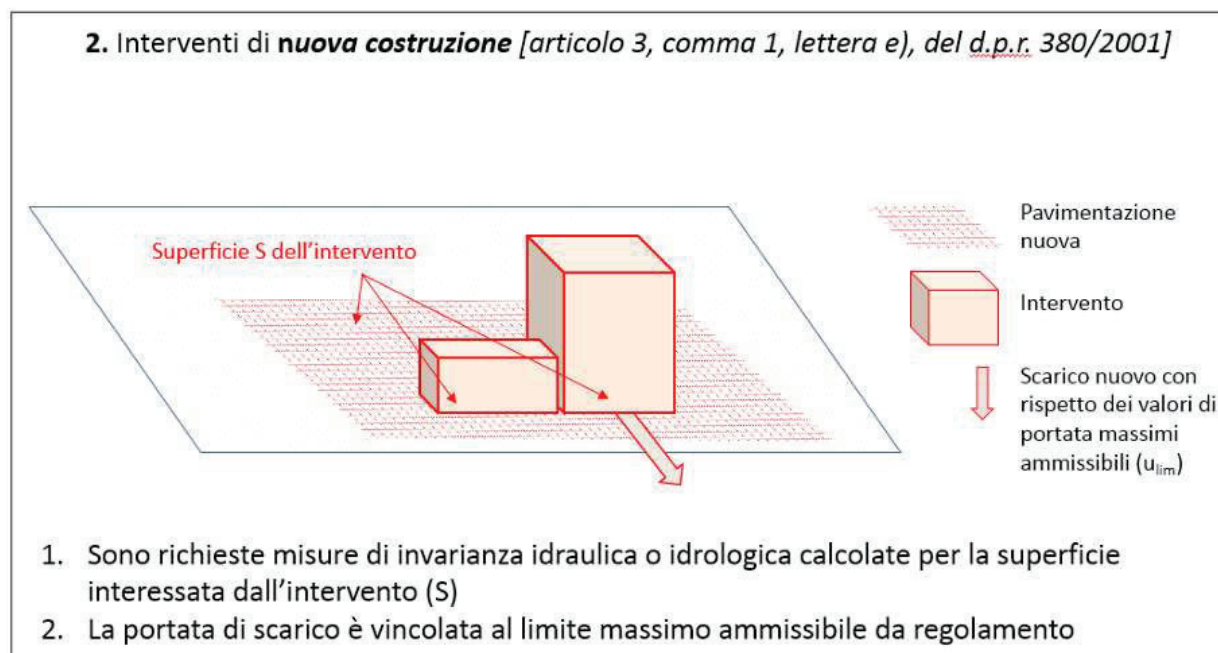
Comune di Costa Volpino - Zona C - Area a bassa criticità idraulica.

Art. 8 Valori massimi ammissibili allo scarico:

20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Scelta dello schema esemplificativo degli interventi ai quali applicare o meno le misure di invarianza idraulica e idrologica (All. A della Norma):

Schema n° 2: interventi di nuova costruzione (art. 3 comma 1 lettera e) del d.p.r. 380/2001.



Art. 9 Classificazione dell'intervento:

Superficie totale interessata dagli interventi	8'731 mq
Coefficiente di deflusso medio ponderale	> 0,4
Classe di intervento	Classe 2: impermeabilizzazione potenziale media

Art. 11 Metodologie di calcolo:

Requisiti minimi di cui all'Art.12 comma 2.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 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 dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

7 VERIFICA CON I REQUISITI MINIMI

7.1 STIMA DEL COEFFICIENTE DI DEFUSSO DEL SITO DI PROGETTO

Con riferimento ai contenuti dell'Art. 11, comma 2 lett. d) si è proceduto alla determinazione del coefficiente di deflusso medio ponderale del sito in progetto sulla base delle superfici impermeabili, semipermeabili e drenanti".

In questo caso sono presenti:

- superfici impermeabili (nuova pavimentazione, allargamento stradale e ingressi carrai) = 6'012 mq + 404 mq = 6'416 mq;
- superfici permeabili (aiuole a verde) = 2'315 mq

Il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale è stato effettuato con riferimento ai parametri del coefficiente proposti nel regolamento.

$\emptyset = 1$ per tutte le superfici impermeabili interessate da tetti, coperture, pavimentazioni continue;

$\emptyset = 0,7$ per le superfici semipermeabili interessate da copertura verde poggiate su solette impermeabili (tetti verdi), per le opere di invarianza idraulica e per i sentieri costituiti da pavimentazioni drenanti;

$\emptyset = 0,3$ per le superfici permeabili delle aree che restano a verde più o meno piantumato.

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risulta quindi pari a:

$$\emptyset_m = (1,0 \times 6'416 \text{ mq}) + (0,3 \times 2'315 \text{ mq}) / 8'731 \text{ mq} = 0,81$$

In definitiva la superficie scolante impermeabile ha un'estensione pari a:

$$\text{Ss.i.} = 8'731 \text{ mq} \times 0,81 = 7'072,11 \text{ mq} = 0,71 \text{ ha}$$

7.2 STIMA DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE

La determinazione dei requisiti minimi per gli interventi ricadenti nelle aree C (a bassa criticità idraulica) conduce al seguente volume minimo di laminazione:

$$W_{\min} = 400 \text{ mc/ha imp} \times 0,71 \text{ ha} = 284 \text{ mc}$$

8 PROPOSTA DI INTERVENTO E DIMENSIONAMENTI

La proposta di attuazione delle misure di invarianza idraulica per l'intervento in oggetto è basata su un modello concettuale emerso dall'esame delle caratteristiche del sito, in particolar modo dalle specificità idrologiche ed idrogeologiche.

Come accennato precedentemente, la permeabilità del primo sottosuolo risulta buona per i processi di infiltrazione; inoltre la falda – che è stata ritrovata a -3,2 m da p.c. durante la campagna di indagine (profondità che si può ragionevolmente concepire come profondità massima stante le precipitazioni intense occorse nel maggio – giugno 2024) si trova ad una distanza ragionevole per attuare opere di infiltrazione in suborizzontale. Per questi motivi, si propone l'esecuzione di trincee drenanti od opere similari. Questa scelta ben si presta anche nella logica di evitare l'installazione di vasche di raccolta in cemento armato che risultano senz'altro più dispendiose sia in termini di logistica di posizionamento che di costi. Le trincee drenanti sono invece opere semplici che, se la granulometria del sottosuolo lo permette e la falda non interferisce con le opere stesse, possono essere convenientemente utilizzate per disperdere le acque di invarianza. Nel lotto di interesse, tali trincee possono essere eseguite nelle aiuole lasciate a verde e al di sopra di esse possono trovare spazio piantumazioni, avendo quindi anche un fine di mitigazione paesaggistica.

Tuttavia, come di seguito si evince, le lunghezze calcolate sono importanti; quindi, in alternativa all'utilizzo delle trincee drenanti si sono dimensionati anche dei sistemi a Rigofill.

Figura 5. Realizzazione di una trincea drenante (da dispense Geol. Antonio di Fazio).



Figura 6. Piantumazione di arbusti a grande superficie fogliare sopra trincee drenanti (da dispense Geol. Antonio di Fazio).



8.1 DIMENSIONAMENTO DELLE TRINCEE DRENANTI

Le trincee saranno realizzate mediante la posa di due strati di materiale:

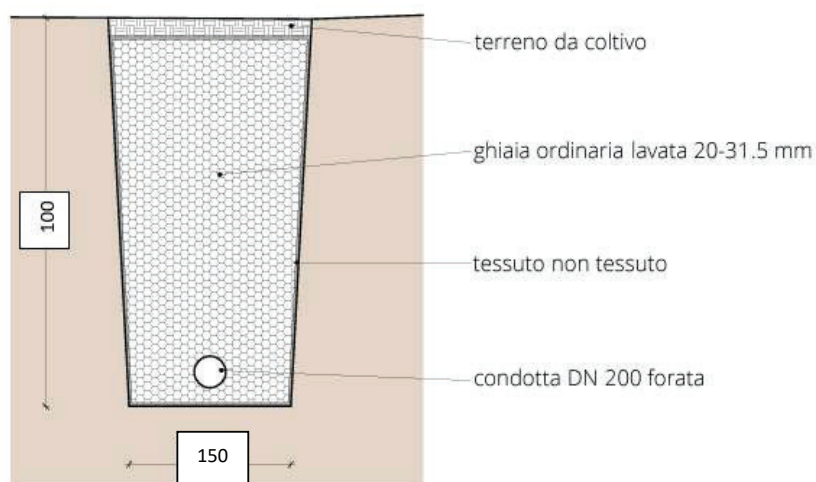
- il primo strato, posato in superficie per uno spessore di 10 – 12 cm, dovrà possedere buone qualità per la crescita di prato stabile, al fine di permettere la rimozione di nutrienti, funzionare da filtro per limitare la possibilità di intasamento del sistema e infine migliorare l'aspetto estetico dell'opera;
- il secondo strato, costituito da ghiaia ordinaria di dimensioni 20 – 31,5 mm, garantisce elevata permeabilità e l'accumulo temporaneo di acqua piovana nei vuoti (almeno il 30% in vuoti).

Attorno allo strato ghiaioso sarà collocato del geo - tessuto per ostacolare l'ingresso di materiale fine all'interno del sistema.

Inoltre, la pendenza di fondo della trincea, sarà prossima a zero per evitare che le acque trovino traiettorie preferenziali di infiltrazione e per assicurare un lavoro omogeneo per tutta la lunghezza della trincea.

All'interno della trincea sarà posizionata una condotta forata centrale avente diametro DN 200 mm.

Di seguito si propone il calcolo di trincee drenanti rettangolari aventi altezza 1 m e base 1,5 m, con tubazione DN 200 mm.



L'area in sezione della trincea drenante sarà pari a 1,5 mq.

L'area del tubo, data dalla formula: $(D/2)^2/\pi = (0,2/2)^2/\pi = 0,03$ mq.

L'area in sezione occupata dal materiale drenante sarà pari a: $A_{tot} - A_{tubo} = 1,5 - 0,03 = 1,47$ mq.

Considerando una porosità del 30%, tipica della ghiaia, tale area di 1,47 mq si ridurrà a 0,51 mq.

L'area dei vuoti in 1ml di trincea corrisponde quindi alla somma tra l'area della tubazione e l'area ridotta della porosità: $0,03$ mq + $0,51$ mq = $0,54$ mq.

La lunghezza totale della trincea si va quindi a trovare andando a dividere il volume di invarianza necessario pari a 284 mc per l'area in sezione:

$$L_{tot} = \text{Vol. invarianza} / A \text{ in sezione della trincea} = 284 \text{ mc} / 0,54 \text{ mq} = 526 \text{ ml}$$

La portata di dispersione Q_i viene valutata con la seguente formula:

$$Q_i = S_d \times k \times J$$

dove:

- S_d = superficie disperdente;
- k = permeabilità verticale, pari a $1,76 \times 10^{-4}$ m/s;
- J = cadente piezometrica in m/m assunta cautelativamente pari a 1.

La portata di dispersione Q_i sarà pari a:

$$Q_i = S_d \times K \times J = 0,54 \times 526 \times 0,000176 \times 1 = 0,05 \text{ mc/s} \rightarrow 50 \text{ l/s}$$

Come accennato la trincea di progetto ha una lunghezza importante; proprio per questo si consiglia di valutare l'installazione di elementi drenanti tipo Rigofill.

8.2 DIMENSIONAMENTO RIGOFILL

I Rigofill sono sistemi che creano nel sottosuolo un volume di contenimento delle acque e che, se installati con appositi geo - tessuti e sottofondo permeabile e drenante, consentono inoltre la dispersione delle acque con elevate portate di infiltrazione.

L'impiego di queste strutture è efficace quando si hanno a disposizione superfici di sufficiente estensione e terreni drenanti, come nel caso specifico.

Figura 7. Sistemi di accumulo - laminazione tipo Rigofill.



Il vantaggio di tale prodotto è che il volume dell'impianto di infiltrazione è fino a 3 volte superiore di quello di una trincea in ghiaia, garantendo quindi un maggior risparmio in termini di spazio e sbancamento.

Il modulo standard Rigofill è contraddistinto dalle seguenti caratteristiche geometriche e di volume:

DIMENSIONI IN PIANTA: 800 x 800 mm
 ALTEZZA: 660 mm
 VOLUME LORDO: 422 lt
 VOLUME UTILE DI STOCCAGGIO: 406 lt
 VOLUME DEI VUOTI: 96%



Singolo modulo tipo Rigofill

Figura 8. Tabella di dimensionamento Rigofill

PROPOSTA DI INTERVENTO CON TRINCEE DRENANTI TIPO RIGOFILL

Volume acque di invarianza idraulica totale	284 mc		
Larghezza trincee	2,4 m		
Altezza trincee	1,32 m		
Lunghezza complessiva trincee	93,6 m		
Cadente piezometrica	1 m		
Area filtrante	224,64 mq		
Volume effettivo di invaso	284,7 mc		
Permeabilità terreno	0,000176 m/s	0,6336	m/ore
Portata di drenaggio oraria	39,53664 l/s	142,3	mc/ora
Tempo di svuotamento	2,000 ore		

Dalla tabella di dimensionamento di cui sopra si evince che, per contenere il volume di invarianza calcolato, pari a 284 mc, risulta che il sistema debba essere di dimensione in pianta pari ad almeno 2,4 m (larghezza) x 93,6 m (lunghezza), utilizzando 2 file sovrapposte di Rigofill (h trincee = 1,32 m).

In questo modo la portata di drenaggio oraria è pari a 39,54 l/s ed il tempo di svuotamento pari a 2 ore, assicurando così i requisiti che sono in linea con il rispetto dei principi di invarianza idraulica del Regolamento Regionale, che prevede il ripristino della capacità volumetrica di progetto entro 48 ore dal termine dell'evento meteorico.

9 PIANO DI MANUTENZIONE

Di seguito si forniscono le indicazioni circa la manutenzione delle opere di invarianza.

Al fine di mantenere in efficienza un sistema di drenaggio, è necessario definire un programma di manutenzione che consiste in uno strumento che indica un insieme di controlli e di interventi da eseguire a cadenze temporali prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni.

In linea generale, per quanto riguarda un sistema di trincee drenanti, si indicano di seguito una serie di operazioni pratiche che sarà necessario programmare al fine di mantenere in efficienza l'opera:

- Esame visivo almeno tre volte l'anno in modo da evitare l'intasamento dell'opera per effetto del deposito del materiale trasportato durante i periodi di massima pioggia;
- Pulizia periodica nel caso in cui si dovessero notare notevoli quantità di materiale depositato;
- In caso di intasamenti, occorre prontamente provvedere all'asportazione del materiale depositato in modo da ripristinare le condizioni funzionali dell'opera;
- È da accertare lo stato di manutenzione dei geotessili. In caso di rottura è necessario provvedere alla sua sostituzione.
- Infine, se presenti tubazioni forate orizzontali, è necessario di tanto in tanto pulirle con un compressore che introducendo aria ad una certa pressione sarà in grado di liberare i vuoti progressivamente intasati dal materiale fine trasportato dall'acqua. L'operazione appena descritta, rientrando nella categoria della manutenzione straordinaria, si consiglia di eseguirla al bisogno ma comunque con frequenza almeno biennale.

Per quanto attiene invece ai sistemi tipo Rigofill, il fabbisogno manutentivo è direttamente proporzionale al grado di sporco delle superfici dilavate ed è tanto meno oneroso quanto maggiore è il grado di efficienza in cui sono mantenuti gli eventuali impianti di prima pioggia o di decantazione che pretrattano i reflui prima dello scarico nelle trincee disperdenti.

A livello preliminare di progettazione, va badato di non installarli vicino a piante che posseggano radici sotterranee molto sviluppate ed invasive che possano nel tempo danneggiare le strutture disperdenti sotterranee.

I primi controlli (e l'eventuale pulizia) dovrebbero avvenire prima della consegna del materiale e subito dopo il completamento del montaggio dell'impianto.

Un'ispezione visiva dell'impianto e dei pozzetti d'immissione, nonché un'ispezione con videocamera, sono raccomandati. Queste ispezioni dovrebbero essere registrate su un libro di manutenzione.

Ulteriori controlli, se necessario, dovrebbero avvenire ogni sei mesi per il primo anno di utilizzo.

Questi daranno informazioni utili per gli interventi di pulizia ed ispezione che dovranno essere eseguiti in futuro.

Secondo la normativa tedesca DWA-A 138 è consigliabile l'ispezione e la pulizia almeno due volte l'anno, da fare preferibilmente in primavera e in autunno. Naturalmente in caso di eventi meteorici eccezionali è consigliato un controllo/pulizia.

Di norma può essere effettuata una pulizia del sistema di drenaggio attraverso il lavaggio e l'aspirazione dello sporco dal pozzetto di ispezione (per piogge normali difatti lo sporco si ferma nei primi metri).

In caso di forte inquinamento (elevata quantità di sedimento) dell'area in esame deve essere prevista una pulizia della trincea con un lavaggio ad alta pressione dei canali interni alla trincea.

Per la pulizia con sonda spray si consiglia l'utilizzo di un ugello rotante a 90° con getto d'acqua a 45°.

Gli ugelli utilizzati dovranno avere una pressione compresa tra 80 e 120 bar; valori di pressione superiori potrebbero danneggiare il geo - tessuto. Esiste inoltre una normativa tedesca (DIN 19523) che definisce la densità di potenza del getto d'acqua con un valore pari a 300 W/mm²

Gli step da seguire sono quindi i seguenti:

- riempire di acqua la trincea;
- lasciare che il flusso d'acqua smuova le particelle bloccate;
- aspirare l'acqua dal sistema;
- in caso di elevato inquinamento della trincea utilizzare un ugello per pulire le griglie interne al sistema ed il geotessile, in modo da eliminare anche particelle più ostinate e poi aspirare l'acqua dal sistema.

giugno 2024


Dott. Geol. Elena Nostrani
ELENA
NOSTRANI
geologo specialista
Albo n. 1690 AP
sezione A

- Limiti area di intervento
- Identificazione delle superfici scolanti**
- Aree permeabili costituite dalle superfici a verde (2315 mq)
- Aree impermeabili costituite dalla nuova pavimentazione con pacchetto in mps + misto cementato + battuto di C/S con rete (6012 mq)
- Aree impermeabili relative all'allargamento stradale e agli ingressi carrai (404 mq)

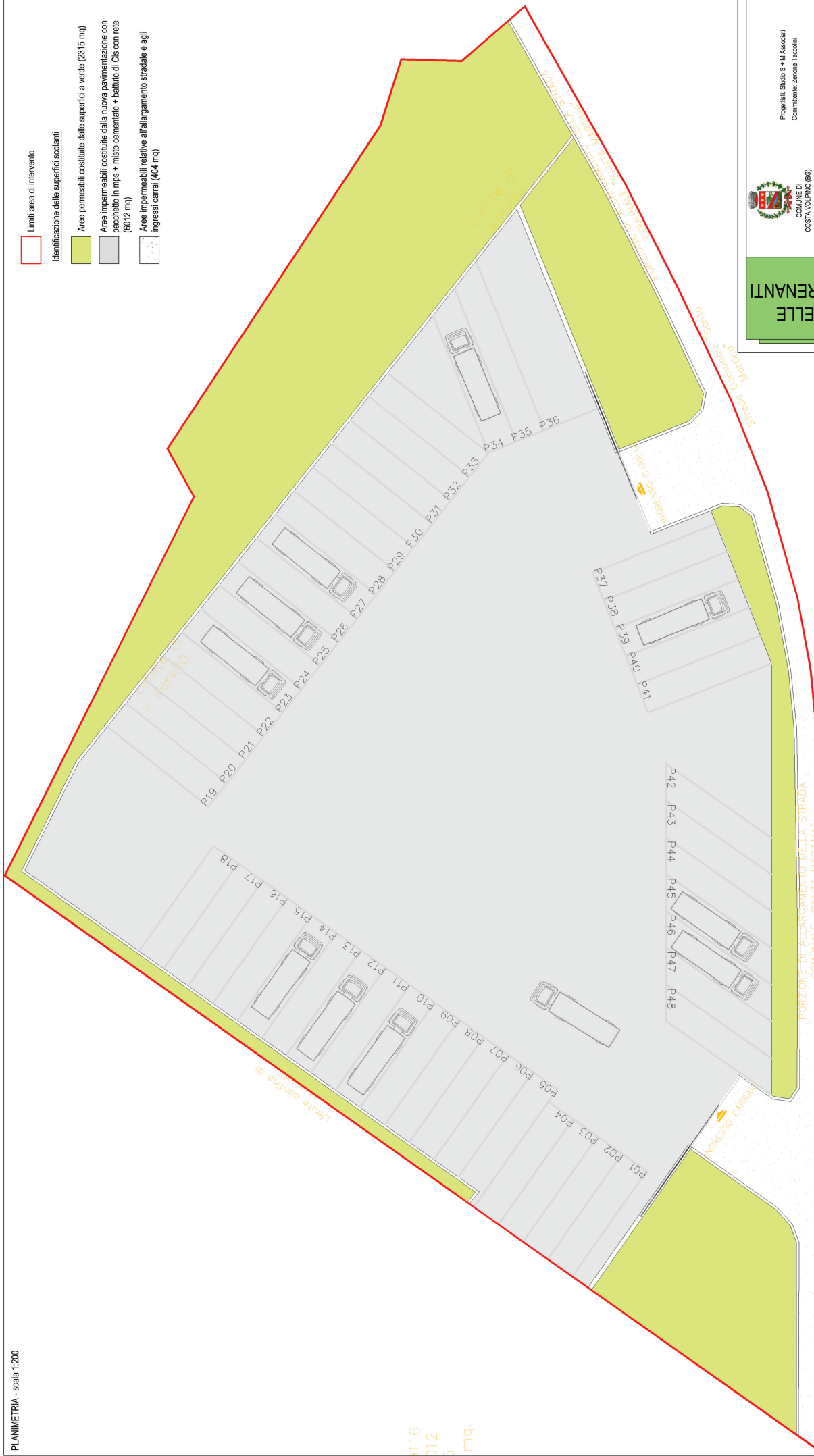


TAVOLA DELLE SUPERFICI DRENANTI



Progettisti: Studio S + M Associati
Comitanti: Zona Tascollini

PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVA PAVIMENTAZIONE AI MAPPALI NR. 7267, 6836, 6839, 1717, 3190, 7268 DI PROPRIETA' DI DU. ECO S.R.L.



Realizzazione:
Dot. Lisa Geol. Elena Nostrani