

Drenaggio urbano e invarianza idraulica ed idrologica

Varese, 15 Marzo 2018

Geol. Marco Cinotti
Ing. Alessandro Balbo
Ing. Giacomo Galimberti

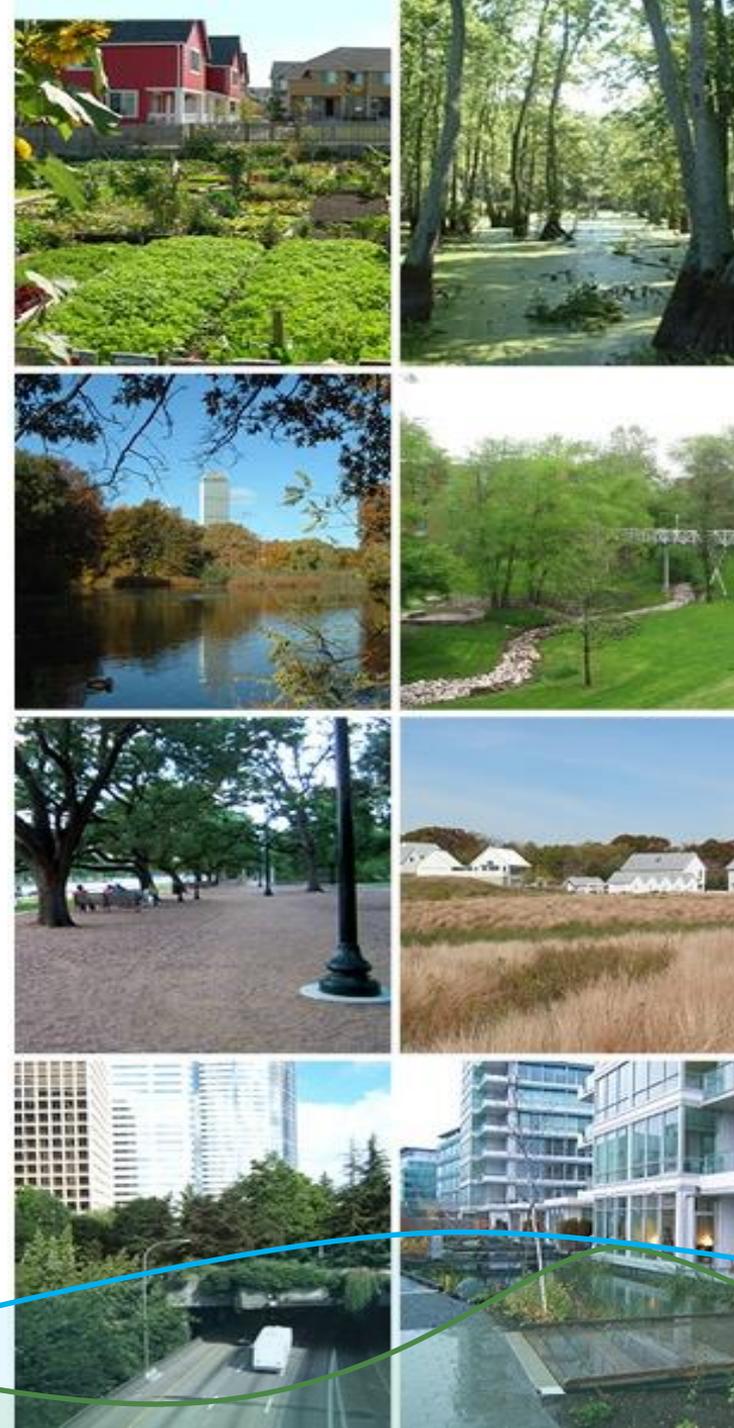
WISE

STUDIO MAJONE
INGEGNERI ASSOCIATI



GEO.LOGO
Studio di Geologia

Dott. Marco Cinotti



Inquadramento dei concetti di drenaggio urbano e invarianza idraulica e idrologica (9.00 – 9.30)

Aspetti normativi relativi al principio di invarianza idraulica e idrologica (9.30 – 11.00)

- Inquadramento normativo comunitario e nazionale
- La normativa Regionale
- Il regolamento attuativo R.R 7/2017: criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica
- Il regolamento attuativo R.R 7/2017: Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito

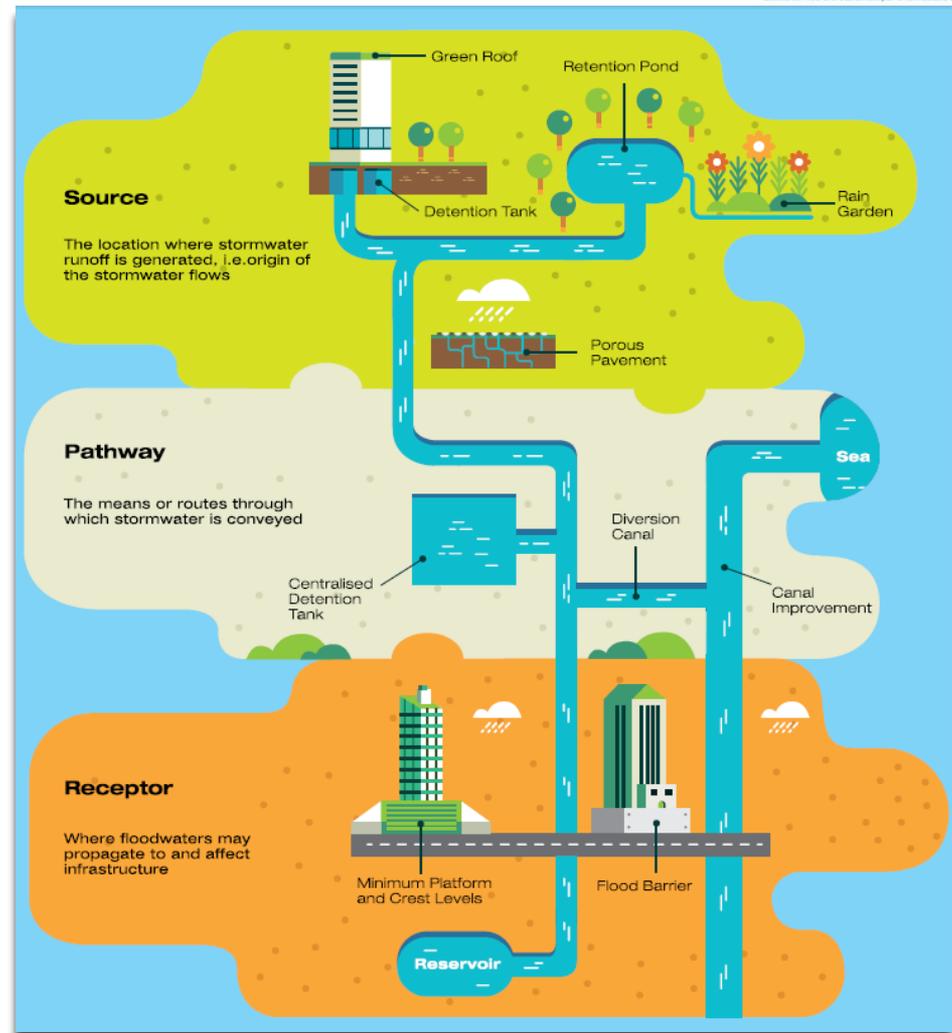
Criteri progettuali per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica (11.15 – 12.00)

- Tempi di ritorno di riferimento per il dimensionamento delle opere
- Le piogge di progetto
- Trasformazione afflussi-deflussi: il ruolo della capacità filtrante dei terreni
- Calcolo del volume di invaso per la laminazione

Esempi applicativi del R.R 7/2017 (12.00 – 13.00)

Tipologie costruttive delle opere di gestione del drenaggio urbano (13.00 – 13.30)

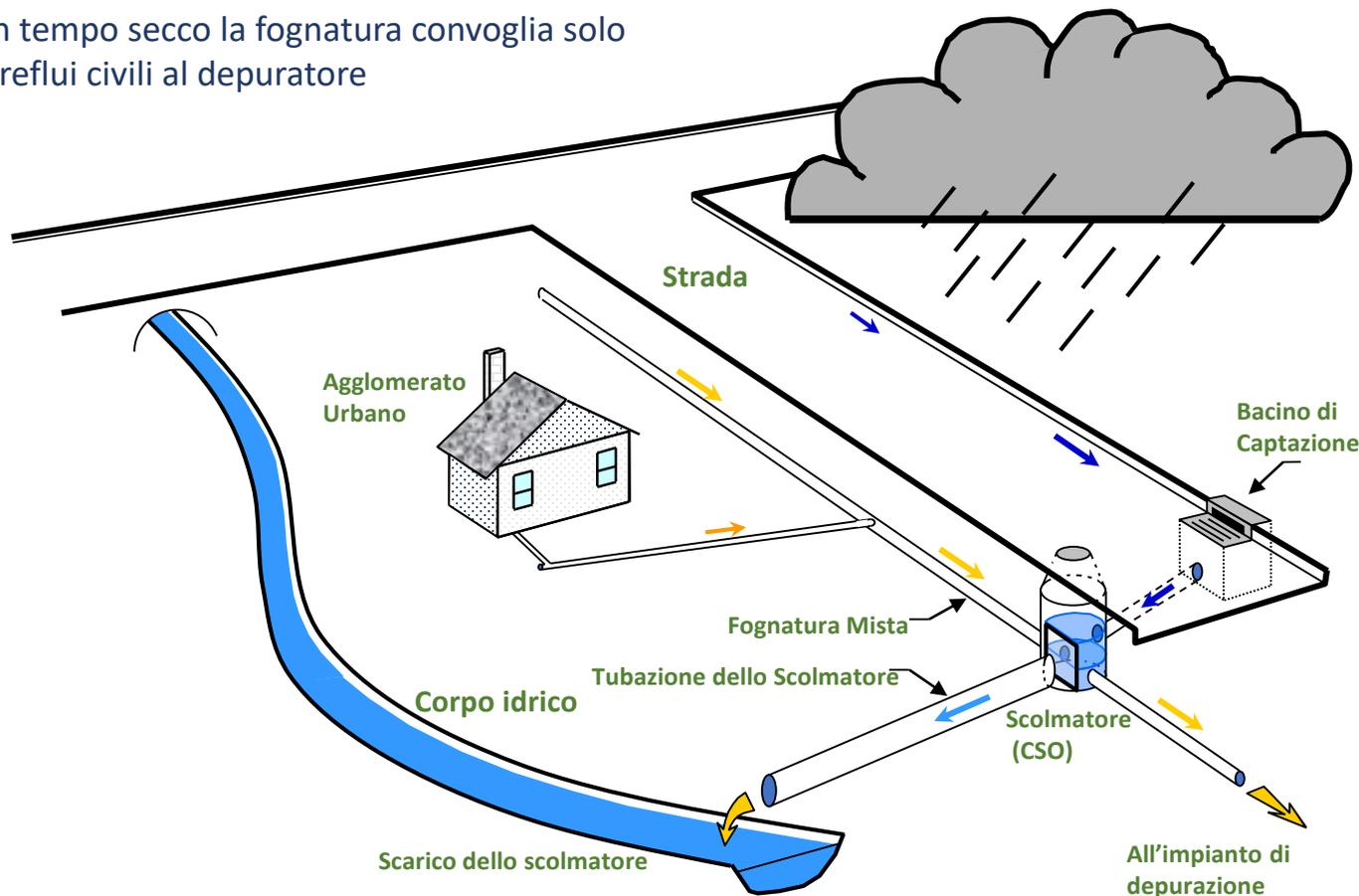
Inquadramento dei concetti di drenaggio urbano e invarianza idraulica e idrologica



Fonte immagine: Managing stormwater for our future (Singapore's National Agency)

LO SCHEMA GENERALE DEL DRENAGGIO URBANO

In tempo secco la fognatura convoglia solo i reflui civili al depuratore



Negli eventi di pioggia la fognatura porta sia i reflui civili e industriali che le acque meteoriche all'impianto di depurazione. Ma in eventi di pioggia consistenti si eccede la massima capacità di carico del depuratore e quindi una porzione degli scarichi fognari viene scolmata direttamente nel ricettore finale.

Insufficienza della capacità della rete fognaria

1. Progressiva impermeabilizzazione delle aree urbane drenate
2. Non adeguata considerazione in fase di dimensionamento delle **interconnessioni tra rete fognaria e reticolo superficiale**
3. **Apporti da bacini extraurbani** non considerati nel dimensionamento delle reti
4. **Eccessivi apporti di acque meteoriche «pulite» in reti miste**

Apporti da bacini extraurbani o reticolo superficiale in reti fognarie urbane

Acque provenienti da bacini extraurbani che a causa delle pendenze del terreno non vengono drenate da corsi d'acqua superficiali ma arrivano lungo strade o pendii direttamente alla rete fognaria urbana e tramite caditoie vengono immesse in fognatura. Apporti da fossi e corsi d'acqua superficiali che si immettono in fognatura e viceversa.

Malfunzionamento degli scolmatori

Gli sfioratori spesso si attivano troppo presto (scarico di acque inquinate in corsi d'acqua) o drenano acque fluviali in condizioni di piena dei fiumi creando allagamenti urbani.

Scarsa diffusione di presidi quali-quantitativi

Scarsa applicazione del R.R. 3/2006 in materia di gestione delle acque di prima pioggia e delle indicazioni del PTUA di **volanizzazione degli scarichi** ($20 \text{ l/s ha}_{\text{imp}}$ in aree di espansione e $40 \text{ l/s ha}_{\text{imp}}$ in aree già dotate di fognatura)

CRITICITÀ	SOLUZIONI
Insufficienza della capacità della rete fognaria	Sistemi di gestione e smaltimento delle acque meteoriche urbane a monte dell'accesso in rete
Malfunzionamento degli scolmatori	Adeguamento piccoli scolmatori e studio idraulico dello sfioratore che tenga conto dei livelli del ricettore
Apporti da bacini extraurbani a reti fognarie urbane e Interconnessione tra reticolo superficiale e rete fognaria bianca\mista	Sistemi di raccolta e convogliamento a recapito senza immissione in rete e Separazione del corso d'acqua naturale dalla rete fognaria
Controllo quali/quantitativo delle acque di scarico	Trattamento acque di prima pioggia e laminazione per scolmatori con elevato impatto quali/quantitativo sul recettore

Le soluzioni per ridurre le criticità passano necessariamente attraverso la **riduzione degli apporti in rete di acque meteoriche 'pulite'** e attraverso la **laminazione anche diffusa**, delle acque meteoriche. È necessario che le nuove urbanizzazioni non provochino aumento di portate e volumi in ingresso alla rete rispetto a quelli preesistenti all'urbanizzazione.



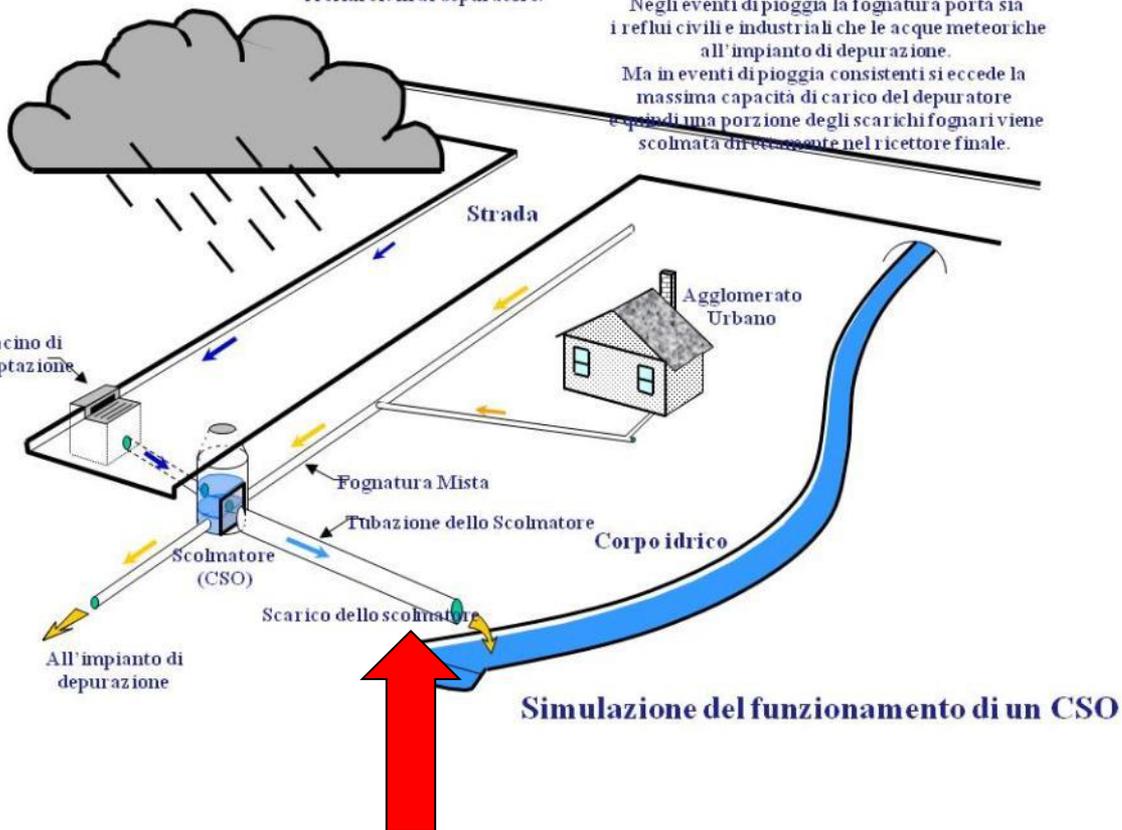
PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

POSSIBILI SOLUZIONI

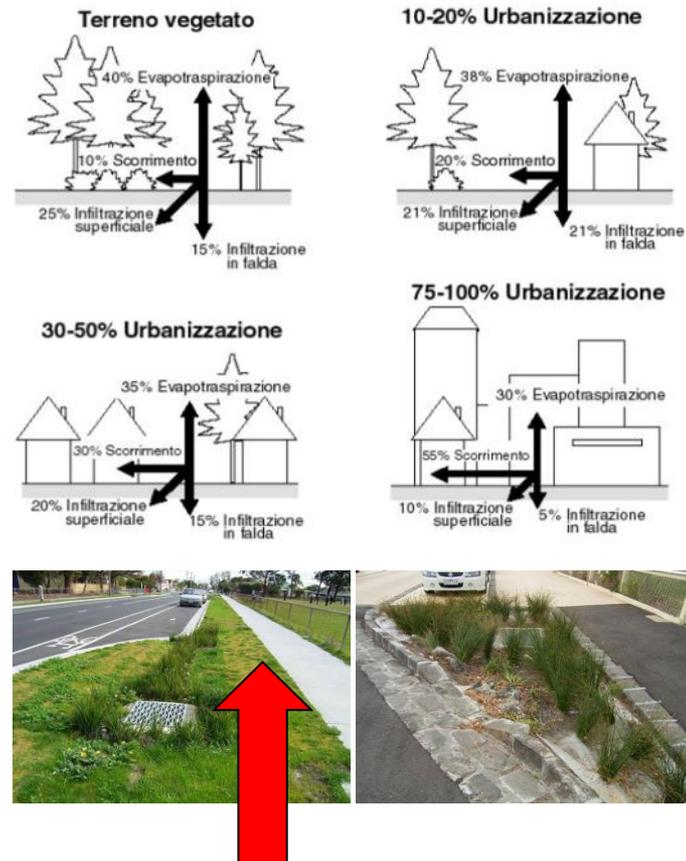
In tempo secco la fognatura convoglia solo i reflui civili al depuratore.

Negli eventi di pioggia la fognatura porta sia i reflui civili e industriali che le acque meteoriche all'impianto di depurazione.

Ma in eventi di pioggia consistenti si eccede la massima capacità di carico del depuratore e quindi una porzione degli scarichi fognari viene scolmata direttamente nel ricevente finale.



Ridurre l'impatto a valle



Ridurre l'impatto a monte

IL PROBLEMA GENERALE DEL DRENAGGIO URBANO: L'IMPERMEABILIZZAZIONE DEI SUOLI



L'impermeabilizzazione dei suoli è uno degli effetti dell'urbanizzazione che più incidono sull'aumento di vulnerabilità dei sistemi ambientali e sul ciclo idrologico.

Gli schemi evidenziano come l'aumento dell'impermeabilizzazione comporti una riduzione progressiva dell'infiltrazione e l'aumento del run-off.

L'impermeabilizzazione dei suoli tende infatti a:

- **ridurre i tempi di corrivazione** delle acque meteoriche intensificando i fenomeni alluvionali,
- **riduce le quantità d'acqua di infiltrazione a ricarica delle falde e delle acque sotterranee,**
- **aumenta lo scorrimento superficiale** (run-off), con conseguente aumento dell'erosione del suolo, del trasporto solido e dell'inquinamento delle acque,
- **richiede la realizzazione di reti di collettamento** che, per essere sostenibili, necessitano di un alto livello di complessità, spesso contrastante con la facilità di gestione e i costi della stessa,
- **riduce i servizi ecosistemici e paesaggistici** erogati dal suolo libero.

Fonte: Manuale di Drenaggio urbano (G. Gibelli et al. 2015)

COME SI ADATTA IL DRENAGGIO URBANO ALLA MODIFICA DELL'URBANIZZAZIONE

1954



IERI



10% di sup. urbanizzata



sistemi di drenaggio urbano tradizionali, infiltrazione in aree inedificate (verde urbano, aree agricole)

2012



OGGI



30%-40% di sup. urbanizzata



sistemi di drenaggio urbano tradizionali, allagamenti di porzioni di città, infiltrazione in aree inedificate sempre meno estese

2054



DO



(40%-50%)? di sup. urbanizzata

MANI



sistemi di drenaggio urbano diffusi su tutta la città e il territorio (rain garden, fosse drenanti, stagni di ritenuta, tetti verdi, cisterne, ecc.)

Fonte: Manuale di Drenaggio urbano (G. Gibelli et al. 2015)

Elaborazioni su dati Regione Lombardia

Aspetti normativi relativi al principio di invarianza idraulica e idrologica

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)

Indice

ART. 1 (OGGETTO E AMBITO DI APPLICAZIONE)	3
ART. 2 (DEFINIZIONI).....	4
ART. 3 (INTERVENTI RICHIEDENTI LE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA)	5
ART. 4 (ACQUE DI RIFERIMENTO PER L'APPLICAZIONE DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA)	6
ART. 5 (SISTEMI DI CONTROLLO E GESTIONE DELLE ACQUE PLUVIALI).....	7
ART. 6 (DISCIPLINA DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA NEL REGOLAMENTO EDILIZIO COMUNALE).....	8
ART. 7 (INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI DI APPLICAZIONE)	10
ART. 8 (VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI)	11
ART. 9 (CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA E MODALITÀ DI CALCOLO)	12
ART. 10 (CONTENUTI DEL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA)	13
ART. 11 (METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E 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)	14
ART. 12 (REQUISITI MINIMI DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA)	18
ART. 13 (PIANO DI MANUTENZIONE DEGLI INTERVENTI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA E RESPONSABILITÀ CONNESSE)	19
ART. 14 (MODALITÀ DI INTEGRAZIONE TRA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE E PREVISIONI DEL PIANO D'AMBITO, AL FINE DEL CONSEGUIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA)	20
ART. 15 (MECCANISMI ATTRAVERSO I QUALI I COMUNI POSSONO PROMUOVERE L'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DELL'INVARIANZA IDRAULICA O IDROLOGICA, NONCHÉ DEL DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE).....	23
ART. 16 (MONETIZZAZIONE IN ALTERNATIVA ALLA DIRETTA REALIZZAZIONE PER GLI INTERVENTI IN AMBITI URBANI CARATTERIZZATI DA PARTICOLARI CONDIZIONI URBANISTICHE O IDROGEOLOGICHE)	24
ART. 17 (NORME FINALI)	25
ALLEGATO A - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI DEGLI INTERVENTI AI QUALI APPLICARE LE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	26
ALLEGATO B - ELENCO DEI BACINI IDROGRAFICI O DELLE PORZIONI DI BACINO IDROGRAFICO AD ALTA CRITICITÀ IDRAULICA E CARTOGRAFIA DEGLI AMBITI A DIVERSA CRITICITÀ IDRAULICA	30
ALLEGATO C - ELENCO DEI COMUNI RICADENTI NELLE AREE AD ALTA, MEDIA E BASSA CRITICITÀ IDRAULICA, AI SENSI DELL'ART. 7 DEL REGOLAMENTO.....	32
ALLEGATO D - MODULO PER IL MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DELLE DISPOSIZIONI SULL'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	65

Scopo della presente direttiva è istituire un quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all'interno della Comunità.



“Guidance for reporting under the Floods Directive n. 29” prevede l'assunzione di misure di **prevenzione, protezione, preparazione e ritorno alla normalità.**



Elenco di tipologie di misure



M34 Gestione delle acque superficiali – misure che riguardano interventi strutturali per ridurre gli allagamenti causati da piogge intense, tipici ma non limitati al solo ambiente urbano, che prevedono il miglioramento della capacità di drenaggio artificiale o attraverso la realizzazione di un sistema di drenaggio sostenibile

Il Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni del bacino del Po, approvato con DPCM 27 ottobre 2016, prevede l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica come strumento di prevenzione dei rischi idraulici lungo i corsi d'acqua del bacino del Po



Regioni deliberano in materia di invarianza idraulica e idrologica

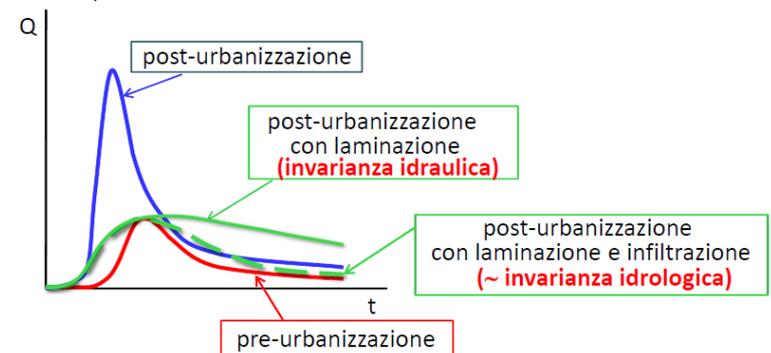


Legge Regionale Lombardia n° 4/2016

- introduce l'art.58 bis nella l.r. 12/2005
- Introduce le seguenti definizioni:

INVARIANZA IDRAULICA: le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione

INVARIANZA IDROLOGICA: sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricate 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.

- definisce gli ambiti di applicazione della normativa:
 - Le misure di invarianza idraulica sono da calcolare con riferimento alla **SOLA** superficie interessata dall'intervento
 - le misure di invarianza idraulica sono da calcolare **non rispetto alla condizione urbanistica pre-intervento**, eventualmente già alterata, ma rispetto alla condizione **"ZERO"** preesistente all'urbanizzazione.
- rimanda alla redazione di un regolamento contenente criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica



**REGOLAMENTO REGIONALE 7/2017 APPROVATO CON DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE
7372 DEL 20/11/2017
Pubblicato sul Burl del 27 novembre 2017,
data di entrata in vigore 28/11/2017**

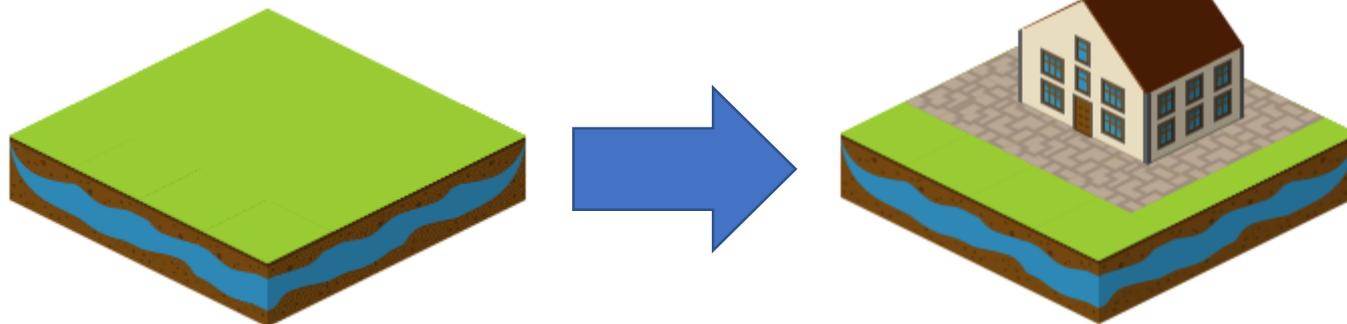
Contiene (Art. 1):

- Interventi soggetti al regolamento
- Ambiti territoriali di applicazione
- Limiti allo scarico e criteri di dimensionamento delle opere necessarie per il raggiungimento di tali limiti (con esempi applicativi)
- Contenuti dei progetti di invarianza idrologica e idraulica
- Integrazione del regolamento nella pianificazione urbanistica comunale
- Meccanismi di incentivazione degli interventi di invarianza
- Definizione dei possibili casi di monetizzazione in alternativa all'intervento di invarianza e quantificazione
- Esempi applicativi

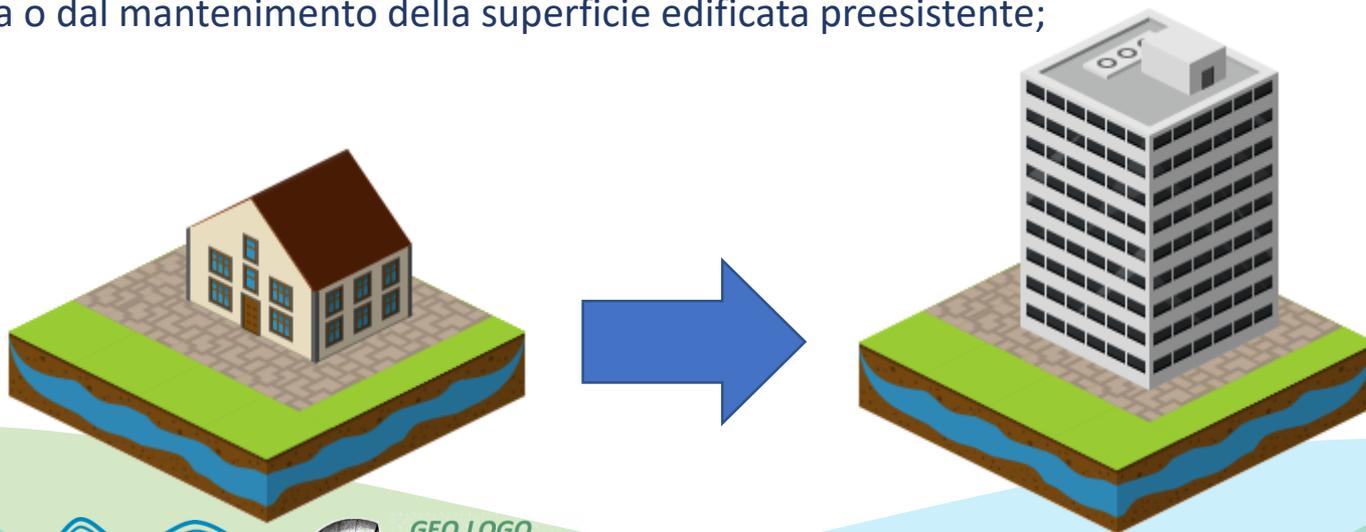
INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA (art.3)

Sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del presente regolamento gli **INTERVENTI EDILIZI** di:

a) nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;

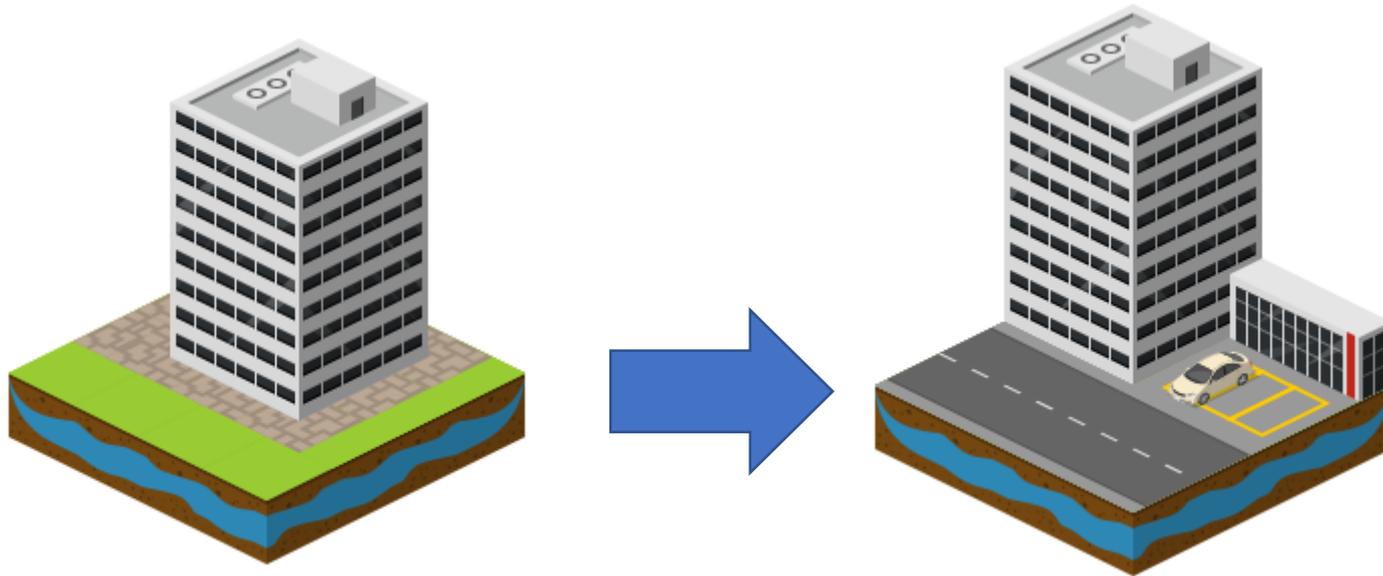


b) demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;



INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA (art.3)

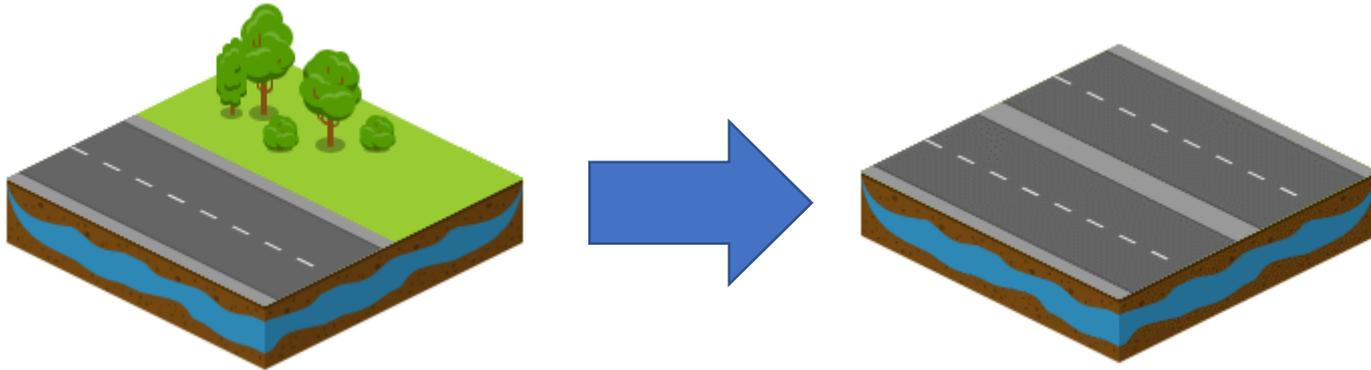
c) ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.



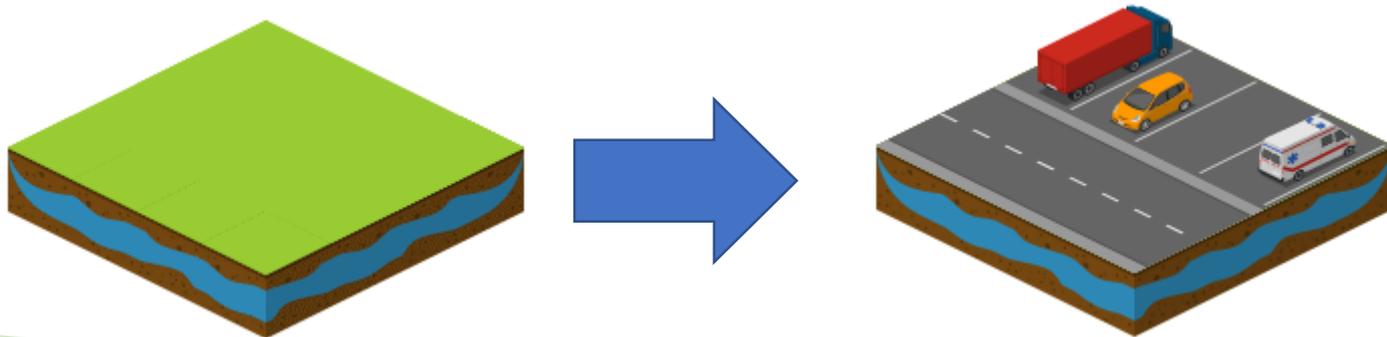
INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA (art.3)

Relativamente alle **INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI** e loro pertinenze e i parcheggi, le misure di invarianza idraulica e idrologica sono da prevedere:

- per interventi di riassetto, adeguamento, allargamento di infrastrutture già presenti,

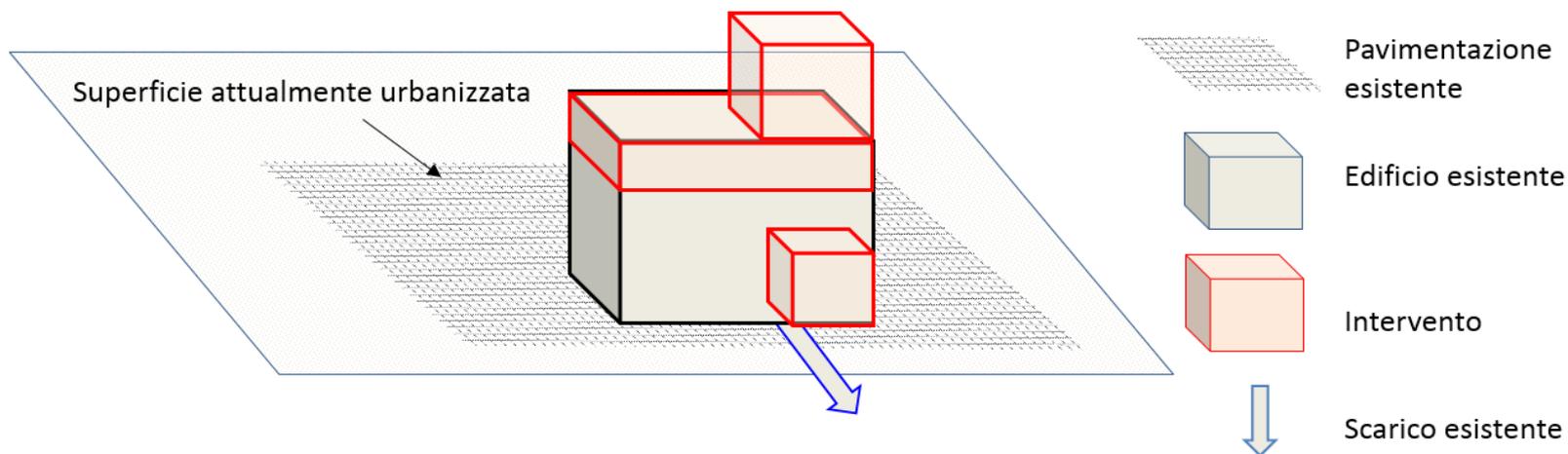


- per nuove sedi stradali o di parcheggio.



INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI (ALL. A)

1. RISTRUTTURAZIONE PARZIALE SENZA MODIFICA DELLA SUPERFICIE INSEDIATA

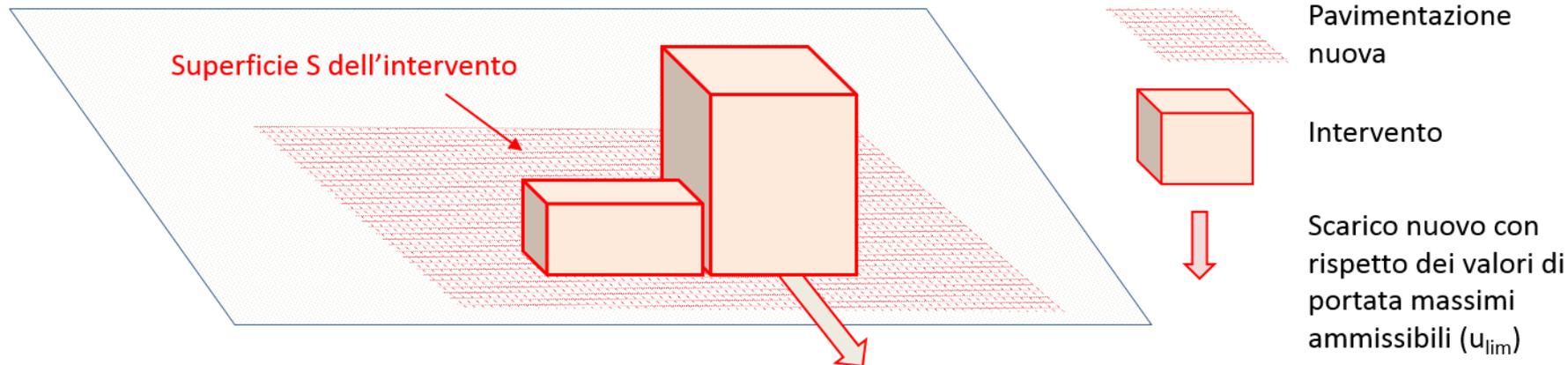


1. Non sono richieste, ma sono auspicabili, misure di invarianza idraulica o idrologica.
2. La portata di scarico resta quella esistente

Ristrutturazione che non aumenta l'impronta al suolo della superficie impermeabilizzata quindi non richiede l'applicazione delle misure di invarianza

INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI (ALL. A)

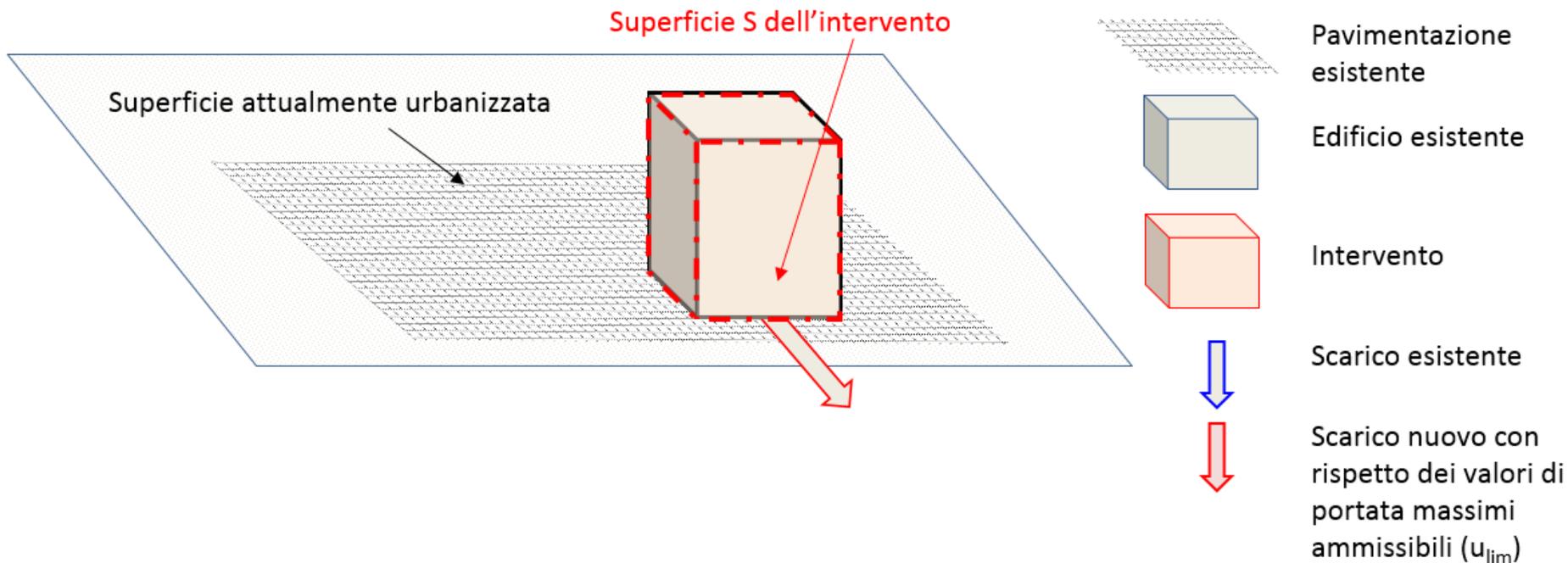
2. NUOVA COSTRUZIONE



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI (ALL. A)

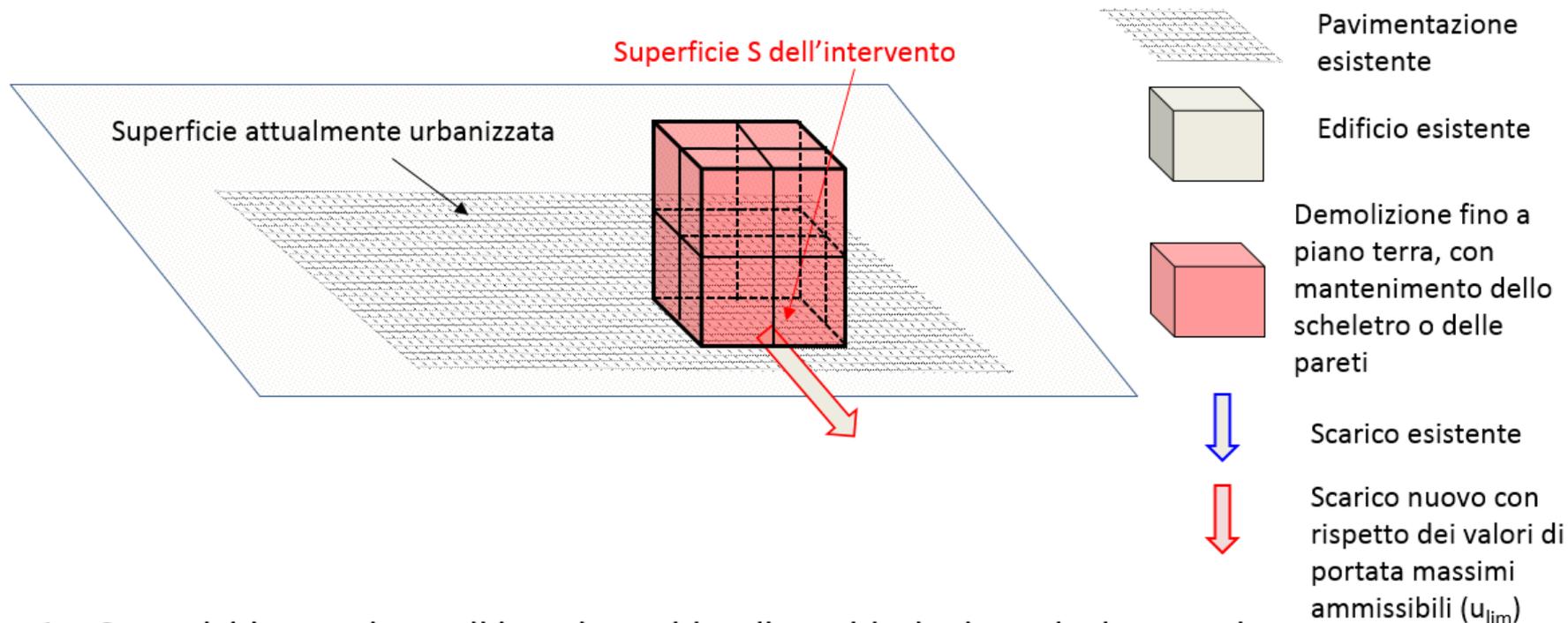
3. DEMOLIZIONE TOTALE FINO AL PIANO TERRA E RICOSTRUZIONE SENZA MODIFICA DELLA SUPERFICIE



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI (ALL. A)

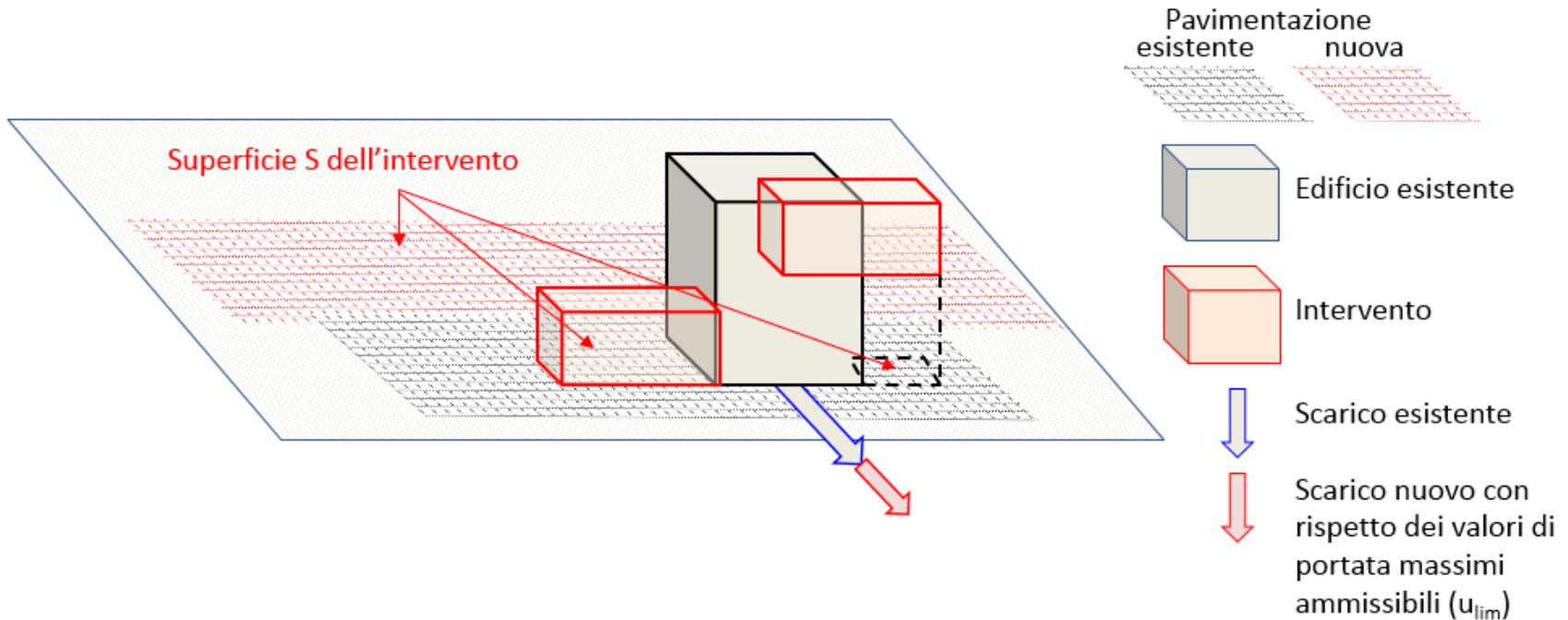
3b. DEMOLIZIONE TOTALE FINO AL PIANO TERRA E RICOSTRUZIONE SENZA MODIFICA DELLA SUPERFICIE



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La nuova portata di scarico è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI (ALL. A)

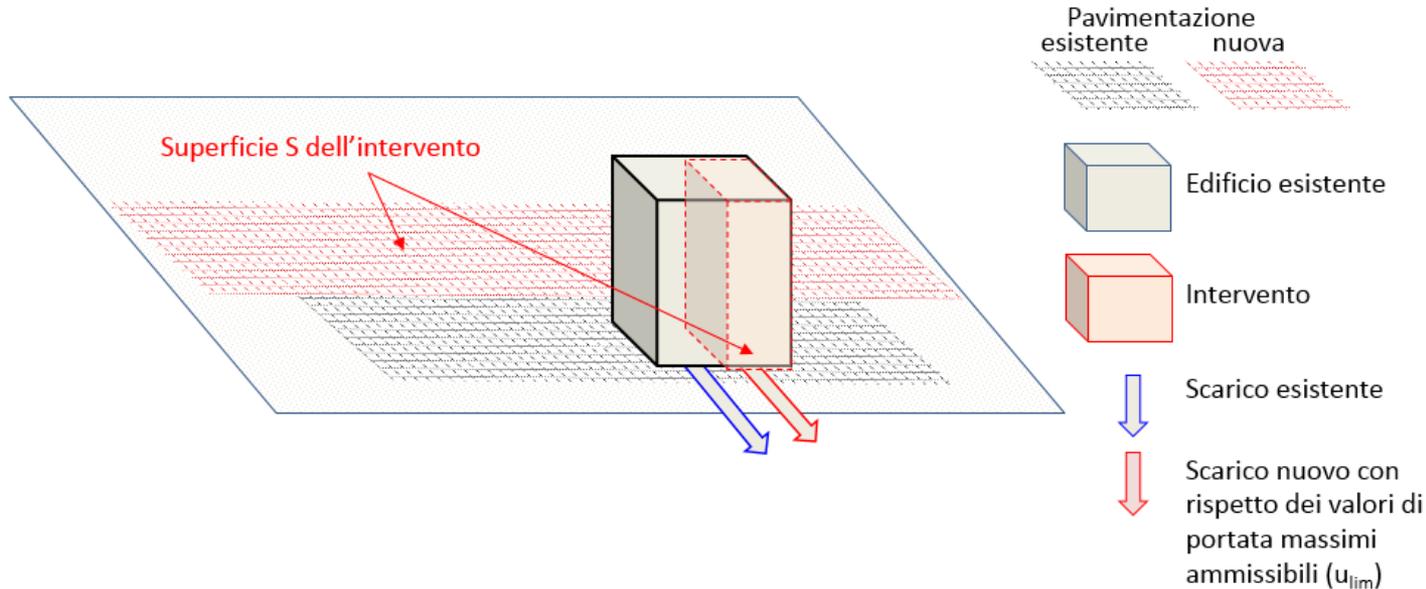
4. RISTRUTTURAZIONE PARZIALE CON MODIFICA DELLA SUPERFICIE



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S) (ampliamento dell'edificio, calcolata sulla sua proiezione sul suolo, e della pavimentazione)
2. Alla portata di scarico esistente si aggiunge la portata relativa alla superficie ampliata (superficie S interessata dall'intervento), portata vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA - SCHEMI ESEMPLIFICATIVI (ALL. A)

5. DEMOLIZIONE PARZIALE FINO AL PIANO TERRA E RICOSTRUZIONE



1. Sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie interessata dall'intervento (S)
2. La portata di scarico della nuova ricostruzione è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento

N.B: Le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano a tutte le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'articolo 3 del regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne), che sono invece soggette alle norme previste nel medesimo regolamento

Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine di priorità:

- a) **riuso dei volumi stoccati** (innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto)

- b) **infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo**, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale

- c) **scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale**

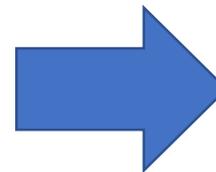
- d) **scarico in fognatura**

- Le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano a tutto il territorio regionale
- I limiti allo scarico sono diversificati per ambiti territoriali in considerazione dei differenti effetti che l'apporto del nuovo scarico o dell'incremento di scarico esistente, può avere sul ricettore e sulla rete di valle.

3 LIVELLI DI CRITICITÀ IDRAULICA

- ❑ **aree A ad alta criticità idraulica** → bacini idrografici critici
- ❑ **aree B a media criticità idraulica** → bacini idrografici ricadenti anche parzialmente in comprensori di bonifica e irrigazione
- ❑ **aree C a bassa criticità idraulica** → aree non rientranti nelle aree A e B

Ambiti di trasformazione e ai piani attuativi previsti nel piano delle regole su tutto il territorio Regionale, inseriti nei PGT Comunali.

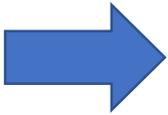


Applicazione limiti delle aree A

VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI (Art. 8)

La **massima portata meteorica scaricabile** nei ricettori:

- deve essere compatibile con la capacità idraulica del ricettore quindi il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi dei massimi stabiliti dal regolamento e qui riportati:

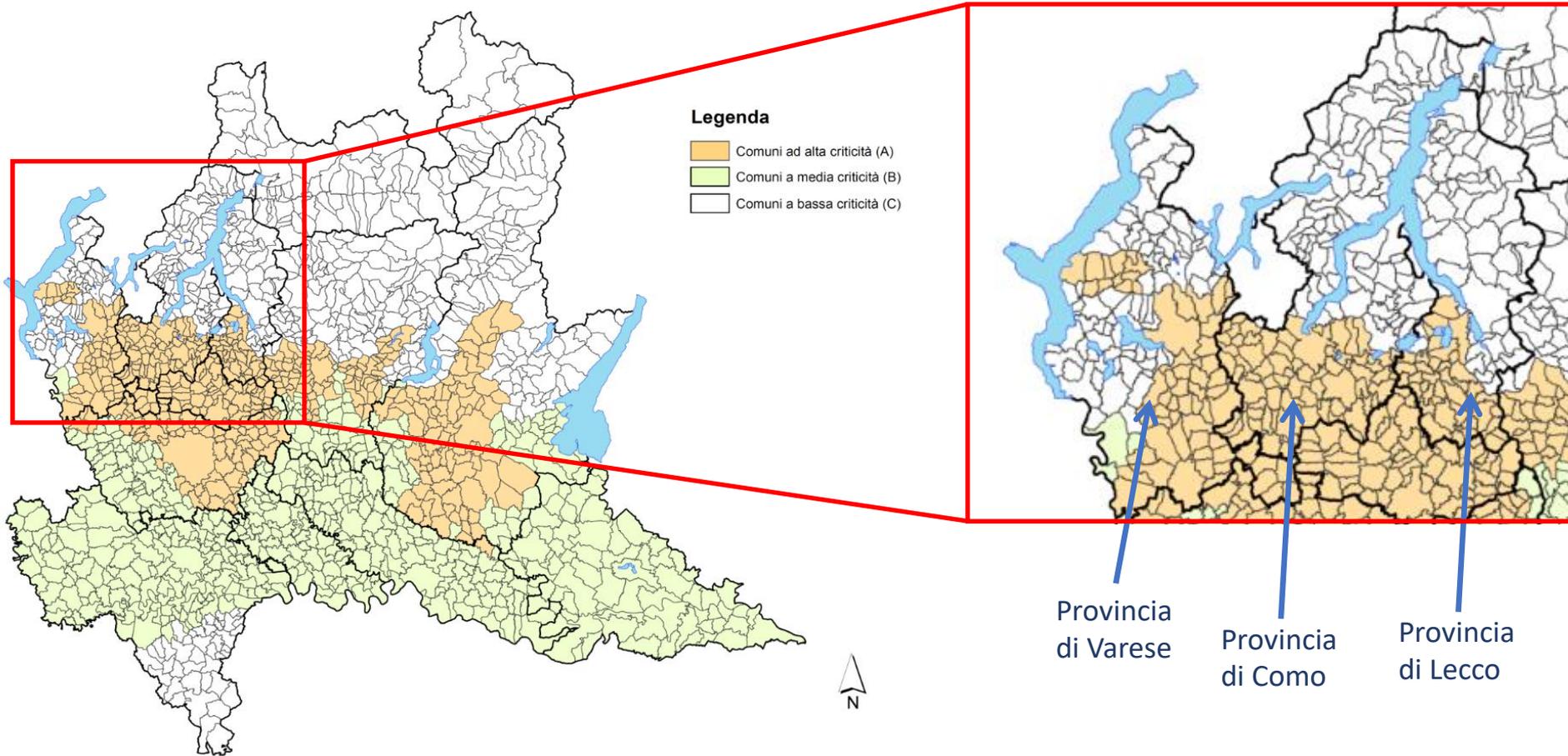
aree A ad alta criticità idraulica		10 l/s per ettaro di sup. scolante imp. dell'intervento
aree B a media criticità idraulica		20 l/s per ettaro di sup. scolante imp. dell'intervento
aree C a bassa criticità idraulica		20 l/s per ettaro di sup. scolante imp. dell'intervento

Q max = 40 l/s per ha sup. scolante imp. per scarichi nel ricettore, **provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o** da reti pubbliche di raccolta delle acque **meteoriche** di dilavamento, **relativamente alle superfici** scolanti, ricadenti nelle aree A e B, **già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie (come previsto da PTUA).**

Limite non necessario per scarichi in aree C e direttamente recapitanti nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio, che non sono soggetti a limitazioni della portata.

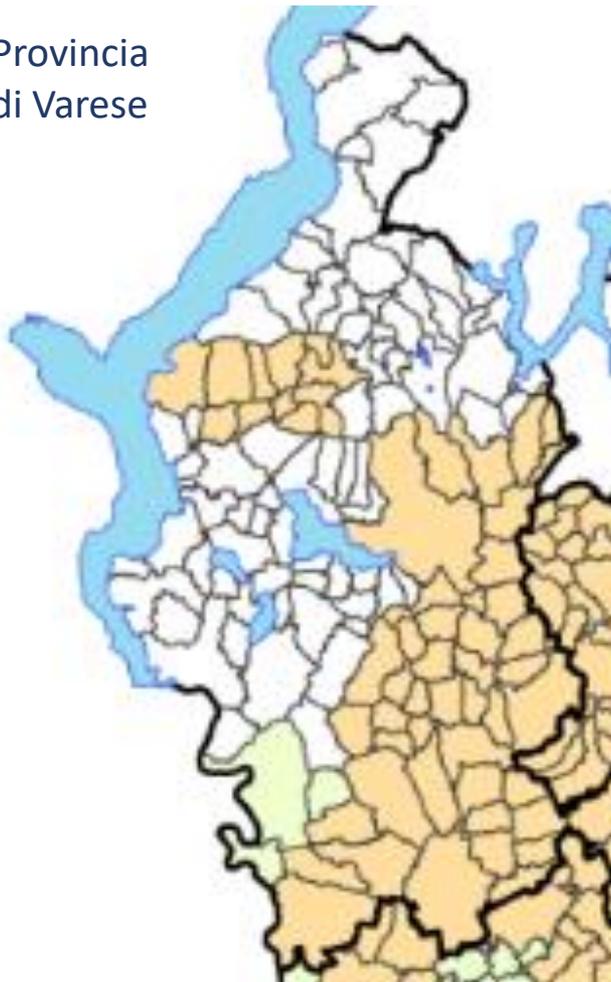
INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI DI APPLICAZIONE

Allegato C - Elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica, ai sensi dell'art. 7 del regolamento



INDIVIDUAZIONE DEGLI AMBITI TERRITORIALI DI APPLICAZIONE

Provincia
di Varese



Provincia di
Como

Provincia di
Lecco



CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI RICHIEDENTI MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA (Art.9)

Interventi suddivisi in quattro classi di intervento in funzione di:

- Ambito territoriale di applicazione (A, B, C)
- Superficie interessata dall'intervento
- Coefficiente di deflusso medio ponderale

Tabella 1

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	$\leq 0,01$ ha (≤ 100 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha (≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha (≤ 1.000 mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	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, comma 2, lettera d)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Progetto di Invarianza idraulica e idrologica a firma di «un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici»

Impermeabilizzazione media o alta e Aree a criticità A o B, è necessario il Progetto di Invarianza idraulica e idrologica redatto al dettaglio di un progetto definitivo contenente:

- **Relazione tecnica** (descrizione soluzione, piogge di progetto, processo di infiltrazione, dimensionamenti delle laminazioni, tempi di svuotamento invasi, dimensionamento di tutte le componenti dalla captazione allo scarico terminale)
- **Elaborati grafici** (planimetrie, profili, sezioni, particolari costruttivi)
- **Piano di manutenzione** ordinaria e straordinaria delle opere costituenti il sistema di opere di invarianza
- **Asseverazione** di conformità del progetto al regolamento da parte del professionista

Impermeabilizzazione bassa in aree A, B o C e Impermeabilizzazione media o alta in aree a criticità C, la relazione tecnica non deve contenere le piogge di progetto il processo di infiltrazione e i dimensionamenti delle laminazioni

Progetto non necessario per interventi con superficie interessata ≤ 100 mq se sistema di scarico a suolo o strati superficiali del sottosuolo o nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio

CRITERI DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA (Art.11)

Tempo di ritorno di riferimento per il dimensionamento:

- T=50 anni per il dimensionamento
- T=100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza e per interventi non strutturali e di protezione passiva di aree interrate

Precipitazioni di riferimento: Dati ARPA Lombardia (o dati ufficiali più specifici per l'area di intervento)

Calcolo del processo di infiltrazione: deve essere supportato da studio idraulico e tenere conto della qualità delle acque, delle possibili interferenze con le strutture e del progressivo intasamento dei suoli che riduce la permeabilità

CRITERI DI CALCOLO DELLE MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA (Art.11)

Calcolo dell'idrogramma netto: coefficiente di deflusso 1 per aree impermeabili, 0.7 per pavimentazioni drenanti e 0.3 per aree a verde (escluse aree incolte e agricole)

Tempi di svuotamento degli invasi: max 48 ore. Se non possibile rispettare tale limite temporale va sovradimensionato l'opera per garantire un volume disponibile dopo 48 ore pari almeno a quello richiesto dalla norma

Manufatto di regolazione e scarico terminale:

deve essere costituito da:

- Pozzetto a doppia camera ispezionabile e che consenta la misura delle portate scaricate
- Tubazione terminale commisurata alla Q da scaricare (rischio occlusione per diametri piccoli da considerare nel piano di manutenzione) o sollevamento
- Organi necessari a evitare il rigurgito del ricettore nel sistema di invarianza (valvole di non ritorno, paratoie, ecc...)

PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE (Art. 13)

- È richiesta la redazione del piano di manutenzione all'interno del progetto contenente:
 - Elenco delle componenti di sistema
 - Modalità e frequenza di operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria delle componenti del sistema
- I costi di gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere sono a carico del titolare



POSSIBILE SOLO NEI CASI DI IMPOSSIBILITÀ A REALIZZARE INTERVENTI DI INVARIANZA

Consentita solo per gli interventi edilizi e se si verificano **contemporaneamente** le seguenti condizioni:

- rapporto tra superficie occupata da edificazione e superficie totale dell'intervento $\geq 90\%$ (superficie area esterna $<10\%$)
- dimostrata impossibilità a realizzare i volumi minimi di laminazione nell'area esterna all'edificazione o in altre aree esterne nelle vicinanze
- Impossibilità, a causa della tipologia di intervento edilizio realizzato, del reperimento dei volumi minimi di laminazione sulle coperture dell'edificato
- Impedita la realizzazione dei volumi di laminazione nel sottosuolo

Non è possibile monetizzare nei seguenti casi:

- per gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettera f) della L.R. 12/2005 (*interventi di ristrutturazione urbanistica rivolti a sostituire l'esistente tessuto urbanistico-edilizio con altro diverso, mediante un insieme sistematico di interventi edilizi, anche con la modificazione del disegno dei lotti, degli isolati e della rete stradale*)
- per gli interventi relativi a infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e parcheggi

- a) per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 60 euro per mq di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 45 euro per mq di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 30 euro per mq di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

I comuni usano le somme derivanti dalla monetizzazione, in ordine di priorità:

1. per la redazione del Documento semplificato del rischio idraulico comunale e per lo Studio di gestione del rischio idraulico comunale
2. per la realizzazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica
3. per il cofinanziamento di interventi di invarianza idraulica e idrologica che non ricadono negli obblighi di applicazione del presente regolamento

Il regolamento attuativo R.R 7/2017: Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito

MODALITÀ DI INTEGRAZIONE TRA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE E PREVISIONI DEL PIANO D'AMBITO (art. 14)

Cosa devono fare i comuni? Entro quando?

COMUNI RICADENTI NEGLI AMBITI A E B

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO



secondo tempistica
della LR 31/2014

DOCUMENTO SEMPLIFICATO (facoltativo)

COMUNI RICADENTI IN AMBITO C

DOCUMENTO SEMPLIFICATO



entro 9 MESI

(28 agosto 2018)

Adeguare il Regolamento Edilizio Comunale entro 6 mesi (**28 maggio 2018**) al Regolamento Regionale (art. 6), decorsi i quali i Comuni sono comunque tenuti ad applicare il Regolamento Regionale. Non sono soggetti all'obbligo di applicazione del regolamento regionale gli interventi per i quali sia già stata presentata l'istanza di permesso di costruire o la SCIA o la CILA alla data di recepimento del r.r. nel r.e. o, in mancanza, alla data corrispondente al decorso dei 6 mesi successivi alla pubblicazione sul BURL del r.r. Tali termini sono riferiti alla data di inizio lavori per l'attività edilizia libera, e alla data di avvio del procedimento di approvazione del progetto definitivo per gli interventi relativi a infrastrutture stradali, autostradali e loro pertinenze e parcheggi (art. 17, c. 3)

MODALITÀ DI INTEGRAZIONE TRA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE E PREVISIONI DEL PIANO D'AMBITO (art. 14)

Gli esiti degli studi devono essere recepiti nel PGT, **secondo i tempi della LR 31/2014:**

- Inserendo le **aree di allagamento nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT**
- Inserendo le **misure strutturali nel piano dei servizi**

È inoltre importante sapere che qualora non venisse recepito per tempo nel Regolamento Edilizio, trascorsi 6 mesi dalla pubblicazione (28 maggio 2018), il Regolamento Regionale sull'invarianza troverà comunque applicazione nella formulazione pubblicata.

FONDAMENTALE LA COLLABORAZIONE TRA COMUNE E GESTORE DEL SII!!!!



MODALITÀ DI INTEGRAZIONE TRA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE E PREVISIONI DEL PIANO D'AMBITO (art. 14)

COMUNI RICADENTI IN AREA A e B

Lo studio comunale di gestione del rischio idraulico contiene la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali

Contenuti:

- la definizione dell'evento meteorico di riferimento (T=10, 50 e 100 anni);
- l'individuazione dei ricettori;
- la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) attraverso modellazione idraulica su base DB topografico comunale o Lidar.
- la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica);
- l'indicazione delle misure strutturali e non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale;
- l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica.

Gli esiti dello Studio devono essere inviati dal Comune al Gestore SII e all'Autorità d'Ambito per le azioni di competenza

MODALITÀ DI INTEGRAZIONE TRA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE E PREVISIONI DEL PIANO D'AMBITO (art. 14)

COMUNI RICADENTI IN AREA C

Il documento semplificato del rischio idraulico comunale contiene la determinazione semplificata delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali

Contenuti:

- delimitazione delle aree a rischio idraulico del territorio comunale definibili in base agli atti pianificatori esistenti, alle documentazioni storiche e alle conoscenze locali anche del gestore del servizio idrico integrato;
- l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica e l'individuazione delle aree da riservare per le stesse;
- l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale (incentivazione applicazione invarianza anche sul tessuto urbano consolidato, misure di protezione civile, ecc..)

MECCANISMI PER LA PROMOZIONE DELL'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA O IDROLOGICA (Art. 15)

I comuni possono promuovere l'applicazione dei principi del regolamento su interventi che non ricadono tra quelli da assoggettare, attraverso:

- Incentivazione urbanistica (diritti edificatori in altri ambiti individuati nel PGT, ampliamento volumetrico in loco senza alterare la proiezione al suolo della sagoma dell'edificio)
- Ulteriori incentivi (riduzione oneri urbanizzazione, cofinanziamento di interventi con i soldi provenienti dalle monetizzazioni)
- Eventuali aiuti di stato

Istruttoria pratica

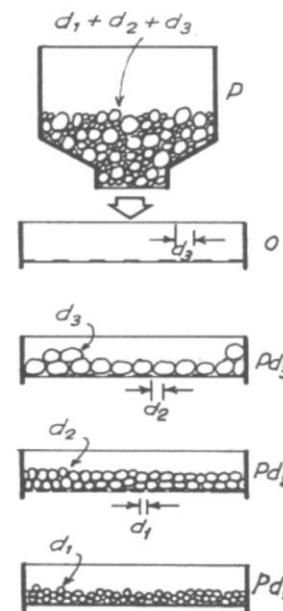
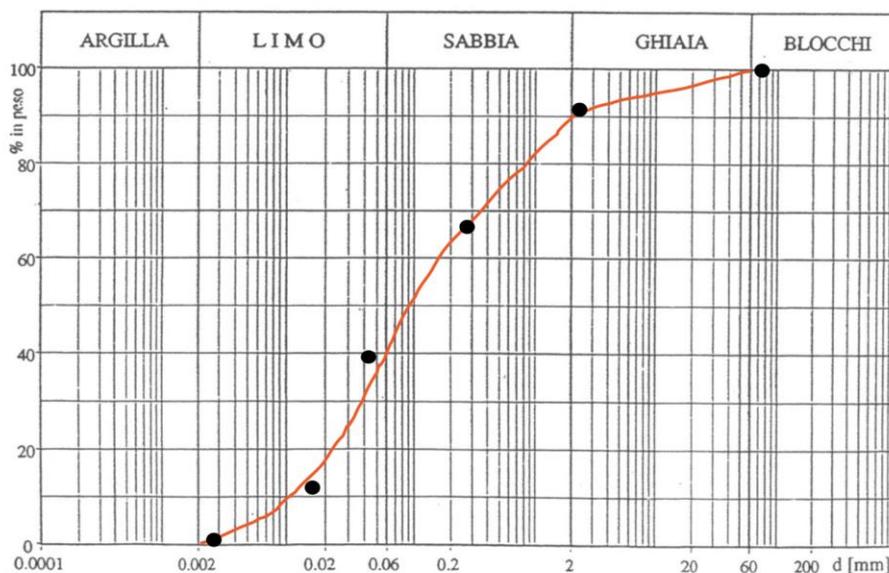


• Classificazione di un terreno

<ul style="list-style-type: none"> • Peso specifico dei grani γ_s: si definisce come il rapporto tra il peso della sola sostanza solida e il volume della stessa sostanza solida. E' indipendente dallo stato di saturazione e addensamento di un terreno. Si misura in laboratorio con il volumenometro o il picnometro. Ha valori variabili con la mineralogia e indicativamente variabili tra 25 e 29 kN/m³ e più comunemente tra 26.5 e 27.5 kN/m³, 	$\gamma_s = \frac{P_s}{V_s}$										
<ul style="list-style-type: none"> • Massa specifica relativa G_s: si definisce come il rapporto tra il peso specifico dei grani e il peso specifico dell' acqua. 	$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$										
<ul style="list-style-type: none"> • Dimensioni: variabili tra il micron (0.001mm) e i decimetri. 	<table border="0"> <tr> <td>d > 60mm</td> <td>Blocchi</td> </tr> <tr> <td>2mm < d ≤ 60mm</td> <td>Ghiaia</td> </tr> <tr> <td>0,06mm < d ≤ 2mm</td> <td>Sabbia</td> </tr> <tr> <td>0.002mm < d ≤ 0.06mm</td> <td>Limo</td> </tr> <tr> <td>d ≤ 0.002mm</td> <td>Argilla</td> </tr> </table>	d > 60mm	Blocchi	2mm < d ≤ 60mm	Ghiaia	0,06mm < d ≤ 2mm	Sabbia	0.002mm < d ≤ 0.06mm	Limo	d ≤ 0.002mm	Argilla
d > 60mm	Blocchi										
2mm < d ≤ 60mm	Ghiaia										
0,06mm < d ≤ 2mm	Sabbia										
0.002mm < d ≤ 0.06mm	Limo										
d ≤ 0.002mm	Argilla										
<ul style="list-style-type: none"> • Composizione Mineralogica: Natura organica (terreni torbosi, terreni ricchi di humus o filamenti e radici Natura Inorganica: composizione chimica (carbonati, fosfati, ossidi...) 											
<ul style="list-style-type: none"> • Forma dei grani: Viene definita mediante la massima distanza tra due qualsiasi punti del grano, lunghezza a, la larghezza b e lo spessore c. I risultati si rappresentano su un diagramma (c/b; b/a) 											
<ul style="list-style-type: none"> • Grado di arrotondamento: Si definisce qualitativamente dall'osservazione degli spigoli e degli angoli. 											

• Classificazione di un terreno

• **Analisi Granulometrica:** operazione di scomposizione di un campione di terreno in una serie di classi, in ciascuna delle quali ricadono grani con dimensioni comprese in determinati intervalli. Serve a determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle che compongono un dato terreno. Si rappresenta a scala semilogaritmica per consentire una rappresentazione sufficientemente accurata anche per piccoli valori di d .



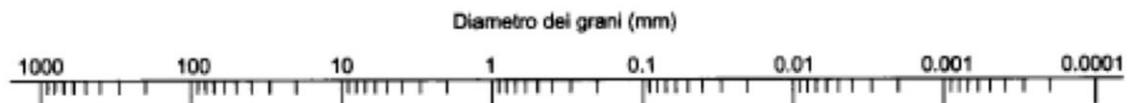
$$p_d = \frac{P_{d_i}}{P} \times 100 ;$$

Ogni punto della curva ha come ascissa il generico diametro d_i e come ordinata p_i la percentuale in peso del materiale costituito dal sottoinsieme di particelle aventi diametro minore di d_i . P_i è la percentuale di passante in peso.

- **Classificazione di un terreno**



• Classificazione di un terreno



ASTM : American Society
Standard Material

Blocchi	Ciottoli	Ghiaia		Sabbia			Limo	Argilla	Colloidi
				Gros.	Media	Fine			
300	75	(numero del setaccio)		4.75 (4)	2 (10)	0.425 (40)	0.075 (200)	0.005	0.001

ASSTHO : American
Association of State Highway
and Transportation Officials

Blocchi	Ghiaia	Sabbia		Limo	Argilla	Colloidi
		Grossa	Fine			
75	2	0.425	0.075	0.005	0.001	

USCS : Unified Soil
Classification System

Blocchi	Ciottoli	Ghiaia		Sabbia			Fini (limo, argilla)
		Grossa	Fine	Gros.	Media	Fine	
300	75	19	4.75	2	0.425	0.075	

BS: British Standard

MIT: Massachusetts
Institute of Technology

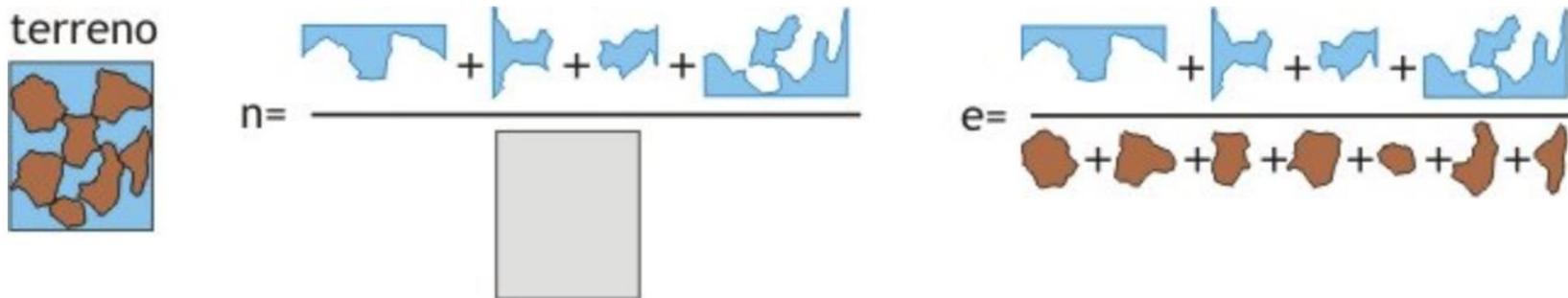
Blocchi	Ciottoli	Ghiaia			Sabbia			Limo			Argilla
		Grossa	Media	Fine	Grossa	Media	Fine	Grosso	Medio	Fine	
200	60	20	6	2	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	

• Porosità

La porosità è uno dei parametri fondamentali dell'idrogeologia in quanto definisce il volume degli spazi vuoti presenti in una roccia o in un terreno.

Facendo riferimento alla figura sottostante, e considerando che in colore marrone siano indicate le particelle solide del terreno e in colore azzurro i vuoti presenti fra le varie particelle, si definisce porosità il rapporto fra il volume V_{vuoti} e il volume

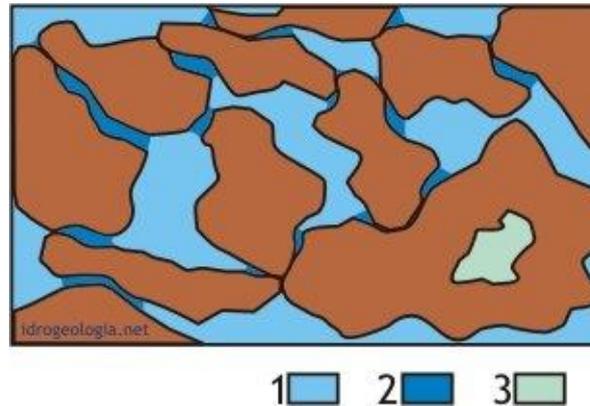
$V_{totale\ terreno}$.



- **Porosità**

Gli spazi vuoti presenti in un terreno possono essere suddivisi in tre categorie:

- 1 . spazi vuoti intercomunicanti e di dimensioni sufficientemente grandi da consentire la circolazione dell'acqua;
2. spazi vuoti intercomunicanti ma di dimensioni così piccole da non poter di fatto essere attraversati dall'acqua;
3. spazi vuoti non intercomunicanti.



- **Porosità**

Risulta importante quantificare la frazione dei pori nei quali l'acqua può circolare e la frazione dei pori nei quali l'acqua non può di fatto circolare (**porosità efficace**).

Questa equivale al rapporto fra il volume dei vuoti intercomunicanti nei quali l'acqua può liberamente circolare e il volume totale del terreno.

Più precisamente la porosità efficace n_e , è il rapporto fra il volume d'acqua rilasciato per gravità da un campione di terreno o di roccia perfettamente saturo e il volume totale del campione.

Porosità totale

rocce sciolte		rocce compatte	
tipo di roccia	porosità totale (%)	tipo di roccia	porosità totale (%)
Ghiaie	25 ÷ 40	calcari	3 ÷ 20
sabbie e ghiaie	25 ÷ 30	calcari oolitici	5 ÷ 20
sabbie	25,95 ÷ 47,64	<i>craie</i>	15 ÷ 45
depositi alluvionali recenti	5 ÷ 15	basalti	0,1 ÷ 3
argille	45 ÷ 50	arenarie	5 ÷ 25
marne	45 ÷ 50	dolomie	2 ÷ 10
fanghi freschi	80 ÷ 90	graniti	0,02 ÷ 1,5
limi	35 ÷ 50	gessi	2 ÷ 8

Porosità efficace

tipo di roccia	porosità efficace (%)	tipo di roccia	porosità efficace (%)
ghiaie	20 ÷ 30	dolomie	2 ÷ 5
sabbie e ghiaie	15 ÷ 25	calcari	2 ÷ 10
sabbie	5 ÷ 20	<i>craie</i>	2 ÷ 5
limi	1 ÷ 5	rocce intrusive e metamorfiche	0,1 ÷ 2
depositi alluvionali recenti	8 ÷ 10	lave	8 ÷ 10
sabbie argillose	5 ÷ 10	calcari marnosi	1 ÷ 3

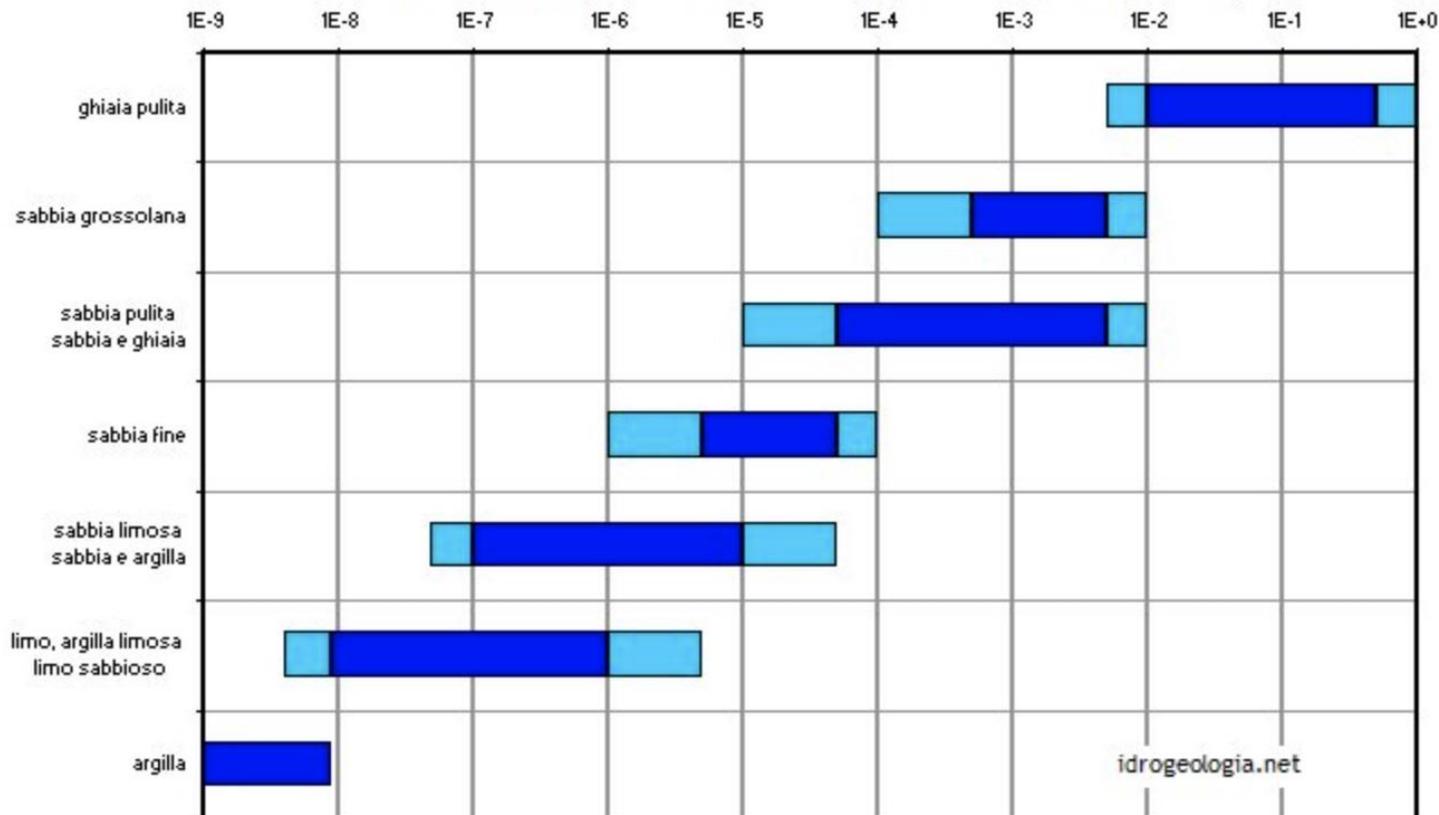
- Permeabilità**

Attitudine del terreno a lasciarsi attraversare dall'acqua.

Permeabilità (cm/s)			
> 1	$1 - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-9}$
ciottoli, ghiaie senza elementi fini	sabbie, sabbie e ghiaie	sabbie fini, limi, argille con limi e sabbie	argille omogenee
permeabilità elevata	buona	cattiva	impermeabili

Permeabilità

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità (metri/secondo)

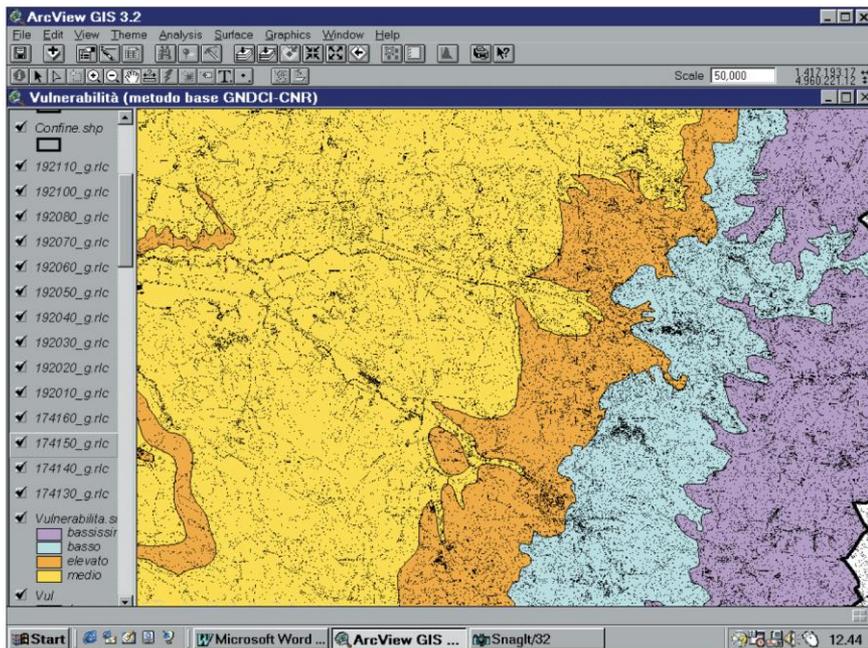


idrogeologia.net

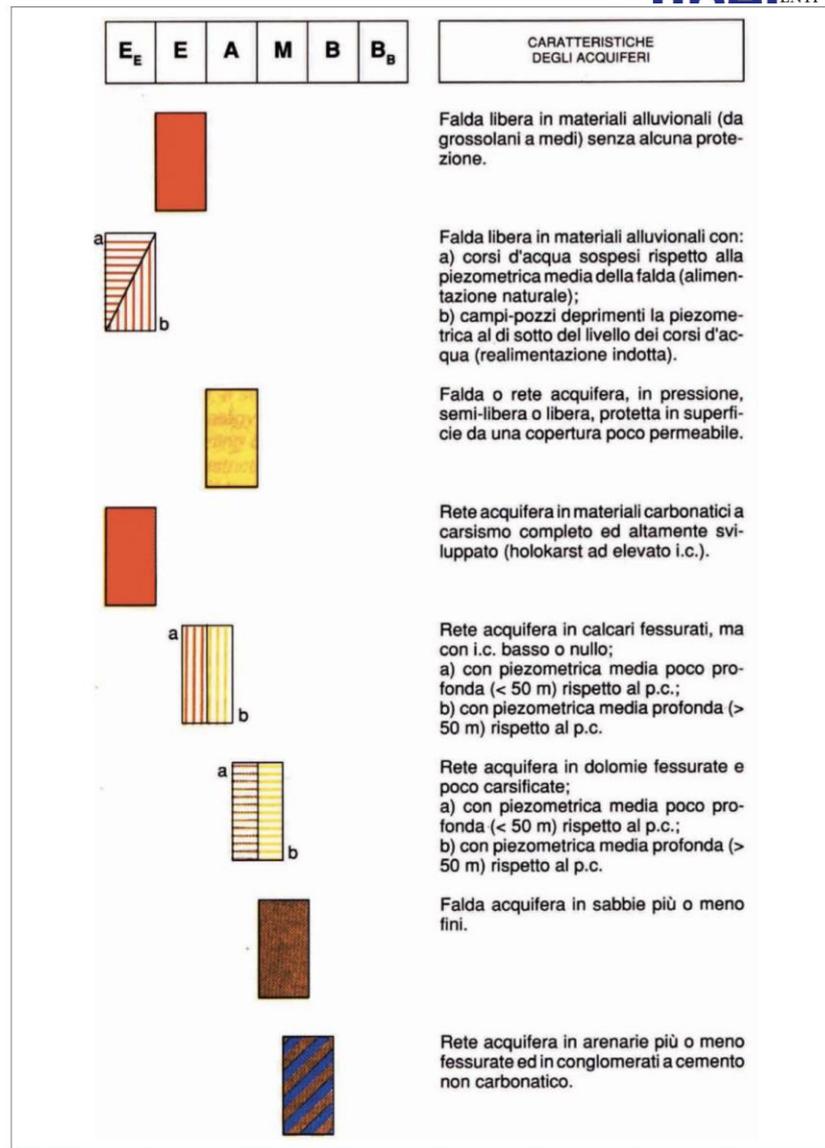
- **Vulnerabilità**

La *vulnerabilità intrinseca o naturale* degli acquiferi si definisce come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

• Vulnerabilità



(**EE** = Estremamente elevata; **E** = Elevata;
A = Alta; **M** = Media; **B** = Bassa;
BB = Bassissima)



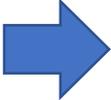
1. PREMESSA.....	1
2. METODOLOGIA DI LAVORO.....	4
2.1 ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE	4
2.2 ESAME BIBLIOGRAFICO	5
2.3 ANALISI FOTO – INTERPRETATIVA	6
2.4 RILIEVI DI SUPERFICIE	6
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	8
3.1 GENERALITA'	8
3.2 CARTOGRAFIA	8
PARTE I – FASE DI ANALISI.....	10
4. ASSETTO GEOLOGICO GENERALE.....	10
4.1 CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO	10
4.1.1 Cenni di geologia s.s.....	10
4.2 DESCRIZIONE DELLE UNITA'	12
5. ANALISI GEOMORFOLOGICA.....	16
5.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	16
5.1.1 Cenni metodologici.....	19
5.2 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI PROCESSI CARTOGRAFATI	20
5.3 CONSIDERAZIONI GENERALI	30
6. ANALISI IDROGEOLOGICA.....	33
6.1 CENNI DI METEOROLOGIA E PLUVIOMETRIA	33
6.1.1 Curva di possibilità pluviometrica	37
6.2 CENNI DI IDROGEOLOGIA	38
6.3 SEZIONI IDROGEOLOGICHE - SUDDIVISIONE IN LITOZONE	39
6.4 CARTA IDROGEOLOGICA	41
6.4.1 Generalità	41
6.4.2 Descrizione della carta idrogeologica.....	41
6.4.3 Valutazione di permeabilità, soggiacenza e vulnerabilità dell'acquifero	42
6.4.4 Descrizione dei complessi idrogeologici.....	44



3



6.5	CONSIDERAZIONI GENERALI	46
6.6	VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO UTILIZZATO A SCOPO IDROPOTABILE	47
6.7	DESCRIZIONE DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE	48
6.7.1	Corsi d'acqua del Reticolo Idrico Principale	49
6.7.2	Corsi d'acqua computati quale Reticolo Idrico Minore	52
7	ANALISI GEOLOGICO-TECNICA	54
7.1	CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI	55
7.2	CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA SPEDITIVA: DESCRIZIONE DELLE UNITÀ LITOLOGICO TECNICHE	56
7.3	CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE	62
8	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE – PRIMO LIVELLO	64
8.1	PREMESSA	64
8.2	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E METODI DI APPROFONDIMENTO	65
8.3	APPROFONDIMENTO DI 1° LIVELLO – ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE	66
8.4	REDAZIONE DELLA CARTA DI ZONAZIONE SISMICA PRELIMINARE	67
8.5	DESCRIZIONE DEGLI SCENARI	69
8.6	EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE	72
8.7	INDICAZIONI SULLE MODALITA' DI APPROFONDIMENTO	75
8.7.1	Il 2° ed il 3° livello di approfondimento	75
8.7.2	Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni litologiche: scenari z4-a, z4-b, z4-c	76
8.7.3	Procedura semplificata di 2° livello per amplificazioni morfologiche: scenario z3-a	79
8.7.4	Procedura approfondita di 3° livello per instabilità: scenario z1-c	82
8.7.5	Procedura approfondita di 3° livello per cedimenti e/o liquefazioni: scenario z2	83
	PARTE II – FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE	84
9	CARTA DEI VINCOLI ESISTENTI	84
9.1	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/1989	84

4		9.2 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA	87
		9.3 SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI IDROPOTABILI	87
		10. CARTA DI SINTESI.....	91
		10.1 PERICOLOSITÀ DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI	
		91	
		10.2 VULNERABILITÀ DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	93
		10.3 VULNERABILITÀ DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	93
		10.4 AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	
		95	
		10.5 INTERVENTI IN AREE DI DISSESTO O DI PREVENZIONE IN AREE DI DISSESTO POTENZIALE	95
		PARTE III – FASE DI PROPOSTA 96	
5		11. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....	96
		11.1 INTRODUZIONE	96
		11.2 CRITERI UTILIZZATI PER LA REDAZIONE DELLA CARTA	98
		11.3 SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO SECONDO LE CLASSI DI FATTIBILITÀ	
		98	
		11.4 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	100
		11.4.1 Classe I.....	101
		11.4.2 Classe II.....	101
		11.4.3 Classe III.....	103
		11.4.4 Classe IV.....	109
		11.5 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER RISCHIO IDRAULICO 111	
		11.5.1 Normativa di riferimento per la Carta di fattibilità geologica per Rischio Idraulico 115	

La **componente geologica, idrogeologica e sismica** del **Piano di Governo del Territorio** è rappresentata da uno studio redatto in conformità ai criteri formulati con d.g.r. n. 2616 del 2011 "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT*".

La componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. si compone (in generale) dei seguenti elaborati:

relazione geologica generale;

norme geologiche di piano;

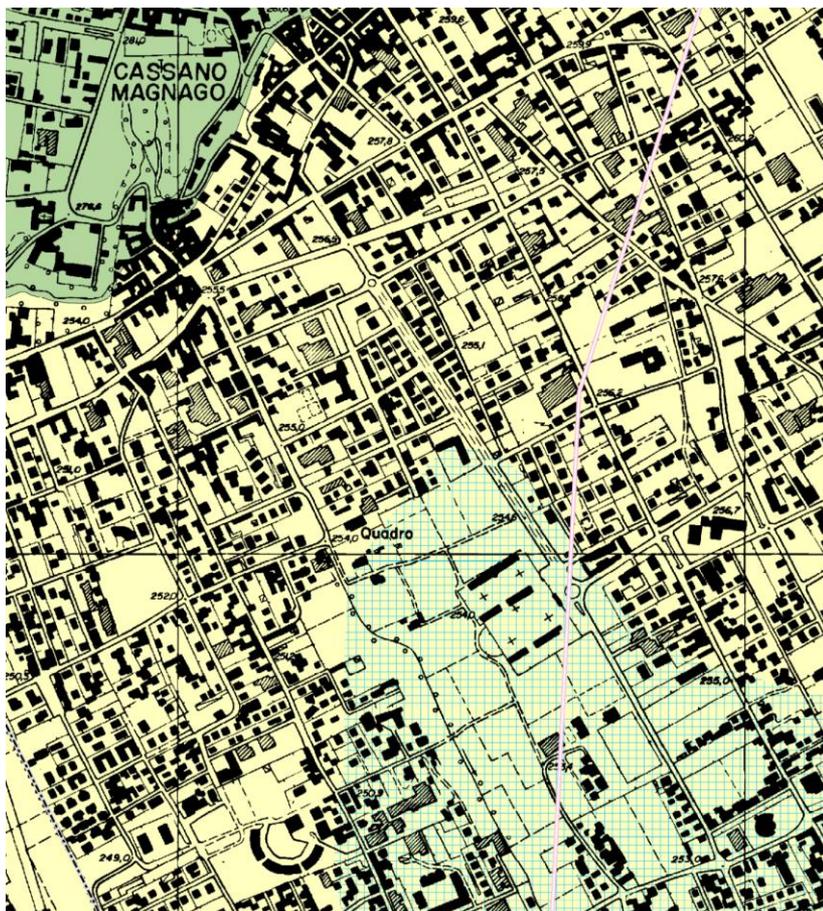
cartografia di inquadramento (carta geologica, geomorfologica, idrogeologica, idraulica etc.);

carta della pericolosità sismica locale;

cartografia di sintesi/valutazione (carta di sintesi, carta dei vincoli);

elaborati di proposta (carta di fattibilità geologica con sovrapposte aree di pericolosità sismica locale, carta dei dissesti con legenda PAI);

CARTA GEOLOGICA



Legenda

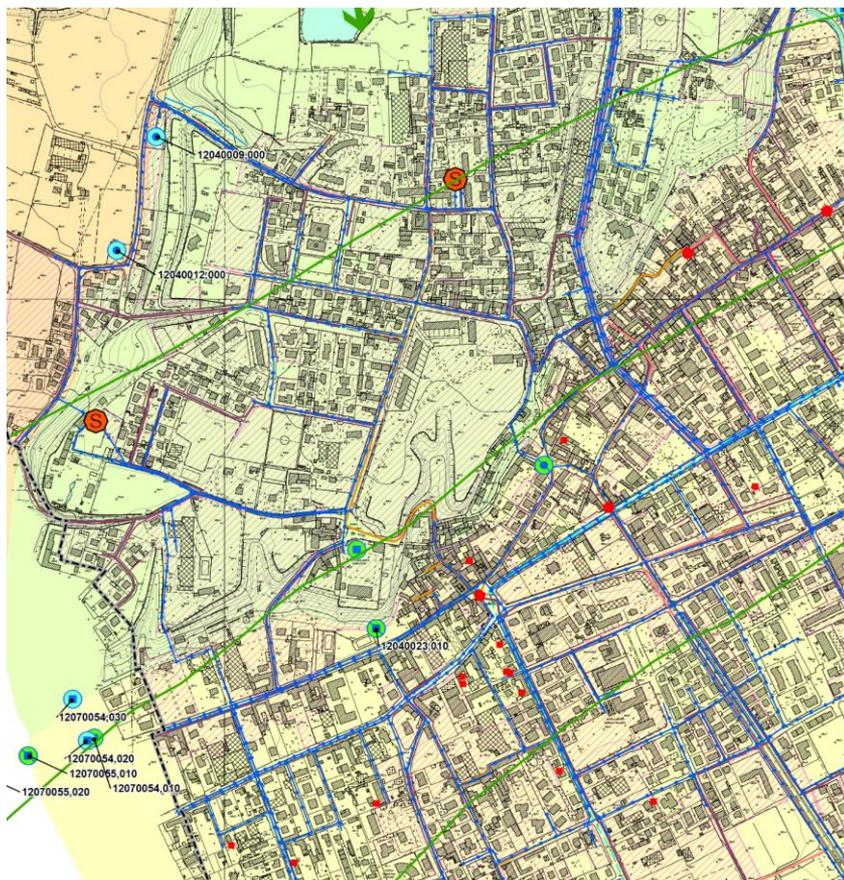
1 - Geologia

-  Unità post-glaciale: depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene)
Sabbie e ghiaie localmente grossolane relative alla deposizione delle alluvioni recenti ed attuali del Torrente Arno
-  Unità post-glaciale: depositi alluvionali antichi (Olocene)
Sabbie fini e limi superficiali relativi alla deposizione delle antiche alluvioni dei Torrenti Rile e Tenore nelle relative aree di spagliamento
-  Allogruppo di Besnate – Unità di Sumirago (Pleistocene Superiore-Wurm Auct.)
Depositati fluvioglaciali wurmiani costituiti da sabbie localmente ghiaiose, ghiaie con livelletti sabbiosi grossolani a composizione eterogenea
-  Allogruppo di Morazzone – Unità di Carnago (Pleistocene medio-superiore eq. Mindel-Riss Auct.)
Depositati fluvioglaciali, glaciali e di contatto glaciale costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice limosa o sabbioso-argillosa con clasti poligenici prevalentemente alterati fino ad argillificati. Caratteristico orizzonte di alterazione superficiale costituito da limo rossastro ('Ferretto' Auct.)

2 - Geomorfologia

-  Cordoni morenici relitti principali
-  Cordoni morenici relitti secondari
-  Traccia di sezione
-  Limite comunale (rif. CTR)

CARTA IDROGEOLOGICA



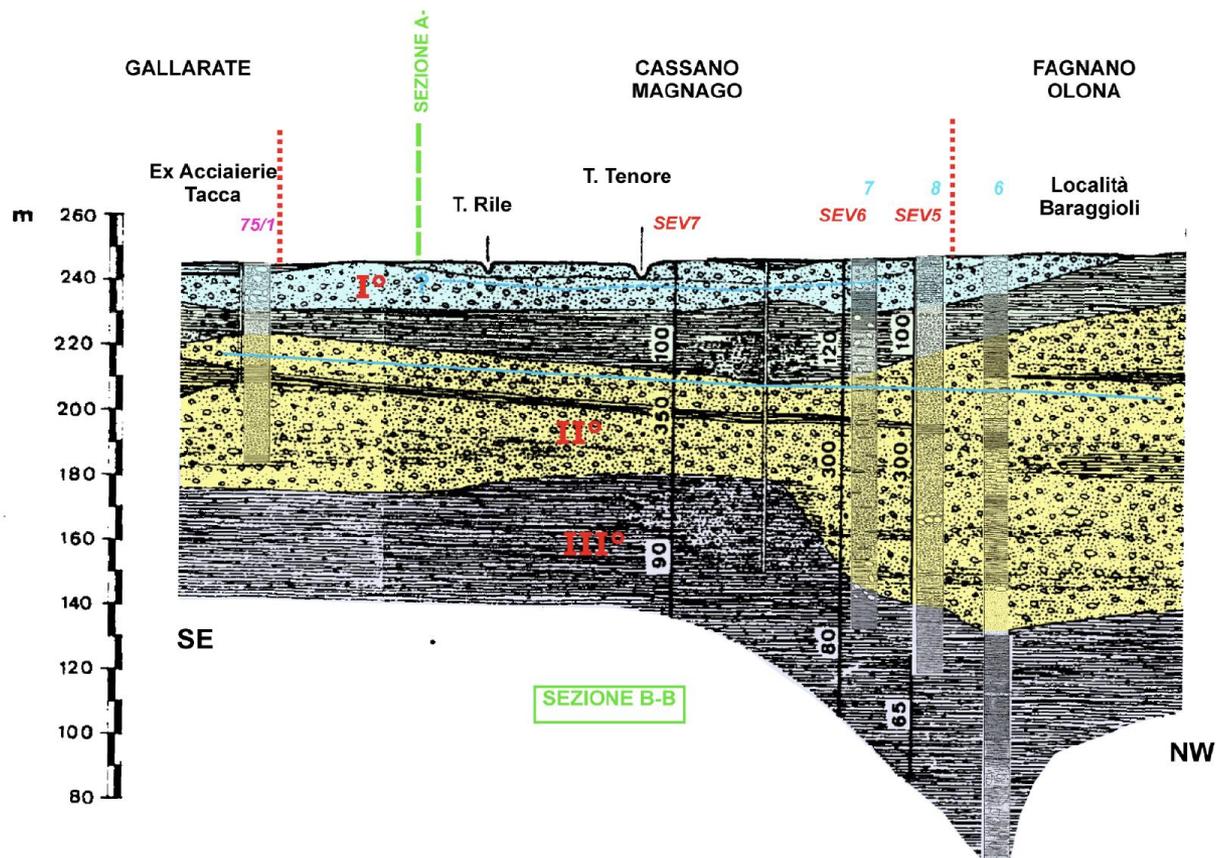
ELEMENTI ANTROPICI

-  Rete acquedotto
-  Rete fognatura acque bianche
-  Rete fognatura acque nere
-  Rete fognatura mista
-  Rete fognatura: tratto in previsione di realizzazione
-  Punti di scarico nel sottosuolo
-  Scolmatori
-  Zone servite da fognatura

COMPLESSI IDROGEOLOGICI E GRADO DI VULNERABILITA'

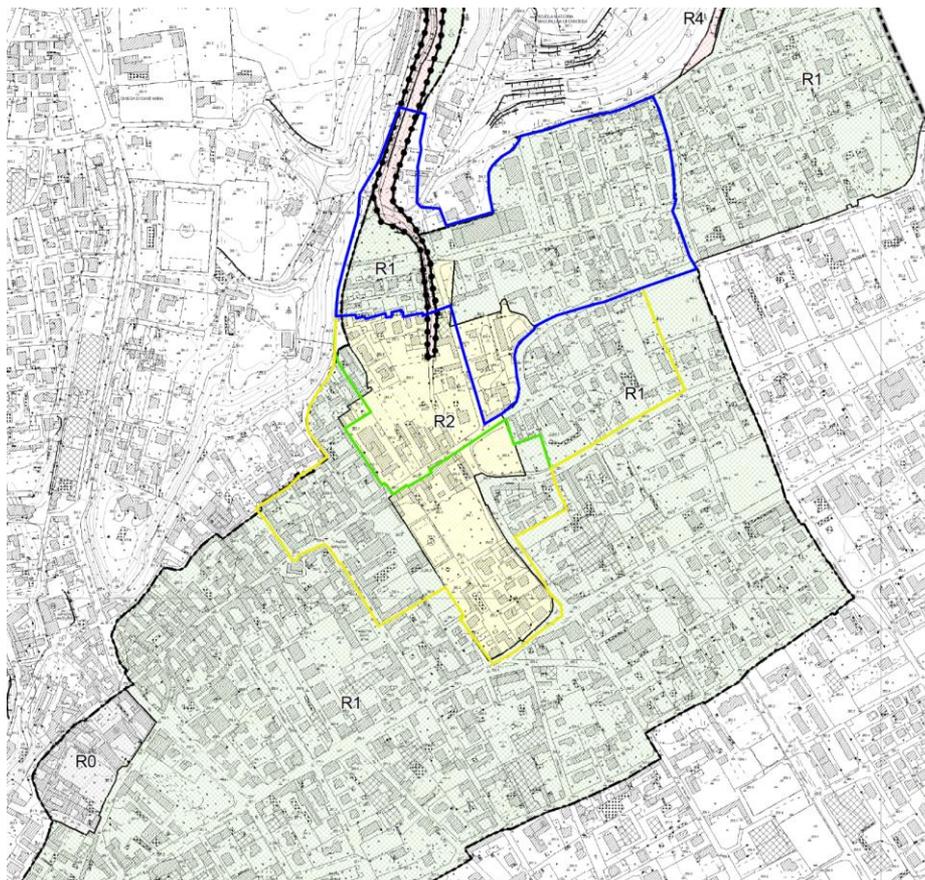
-  **Complesso 1 - Piana fluvioglaciale del T. Arno con soggiacenza media**
Litologia di superficie: ghiaie e ciottoli prevalenti con sabbia da media a grossolana in proporzioni variabili
Permeabilità subsuperficiale: elevata
Soggiacenza primo livello acquifero: < 20 m
Grado di vulnerabilità primo livello acquifero: medio
-  **Complesso 2 - Piana fluvioglaciale wurmiana dei T. Rile-Tenore con soggiacenza medio-alta**
Litologia di superficie: ghiaie e ciottoli prevalenti con sabbia da media a grossolana in proporzioni variabili; localmente sabbie fini e limi (aree di spagliamento Rile e Tenore)
Permeabilità subsuperficiale: da elevata a media
Soggiacenza primo livello acquifero: > 20 m
Grado di vulnerabilità primo livello acquifero: medio-basso
-  **Complesso 3 - Colline glaciali e fluvioglaciali mindeliane e rissiane**
Litologia di superficie: sabbie argillose con limo e ciottoli; argille sabbiose o limose con ciottoli
Permeabilità subsuperficiale: da molto bassa a media
Soggiacenza primo livello acquifero: > 20 m
Grado di vulnerabilità primo livello acquifero: basso

SEZIONE IDROGEOLOGICA

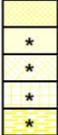


RETINI LITOLOGIA	
	Sabbie e ghiaie
	Conglomerato
	Sabbie e ghiaie in matrice limosa e argillosa
	Limi e argille

RISCHIO IDRAULICO



CLASSI DI RISCHIO

-  **Rischio R0:** assenza di rischio per esondazione da corsi d'acqua.
-  **Rischio moderato R1:** sono possibili danni sociali ed economici marginali.
-  **Rischio medio R2:** sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche.
-  **Rischio elevato R3:** sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale.
-  **Rischio molto elevato R4:** sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio-economiche.

CARTA DI SINTESI



UNITA' DI SINTESI 1

Piana fluvio-glaciale wurmiana

Fattori limitanti

- condizioni di drenaggio variabili;
- possibili interventi di scavo e/o riporto storicamente non conosciuti con occorrenza di materiali con caratteristiche tecniche potenzialmente scadenti;
- in contesti densamente urbanizzati interazione dei fronti di scavo per nuove edificazioni con le strutture adiacenti;
- interferenze con acque di corrivazione e/o ruscellamento in relazione alla prossimità ad aree moderatamente acclivi a monte;
- prossimità ad aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

UNITA' DI SINTESI 2

Pianalto ferrettizzato (fluvio-glaciale e morenico Mindel-Riss) subpianeggiante o debolmente ondulato a bassa conducibilità idraulica associata a potenziali situazioni di drenaggio lento o difficoltoso e/o ristagni prolungati.

Fattori limitanti

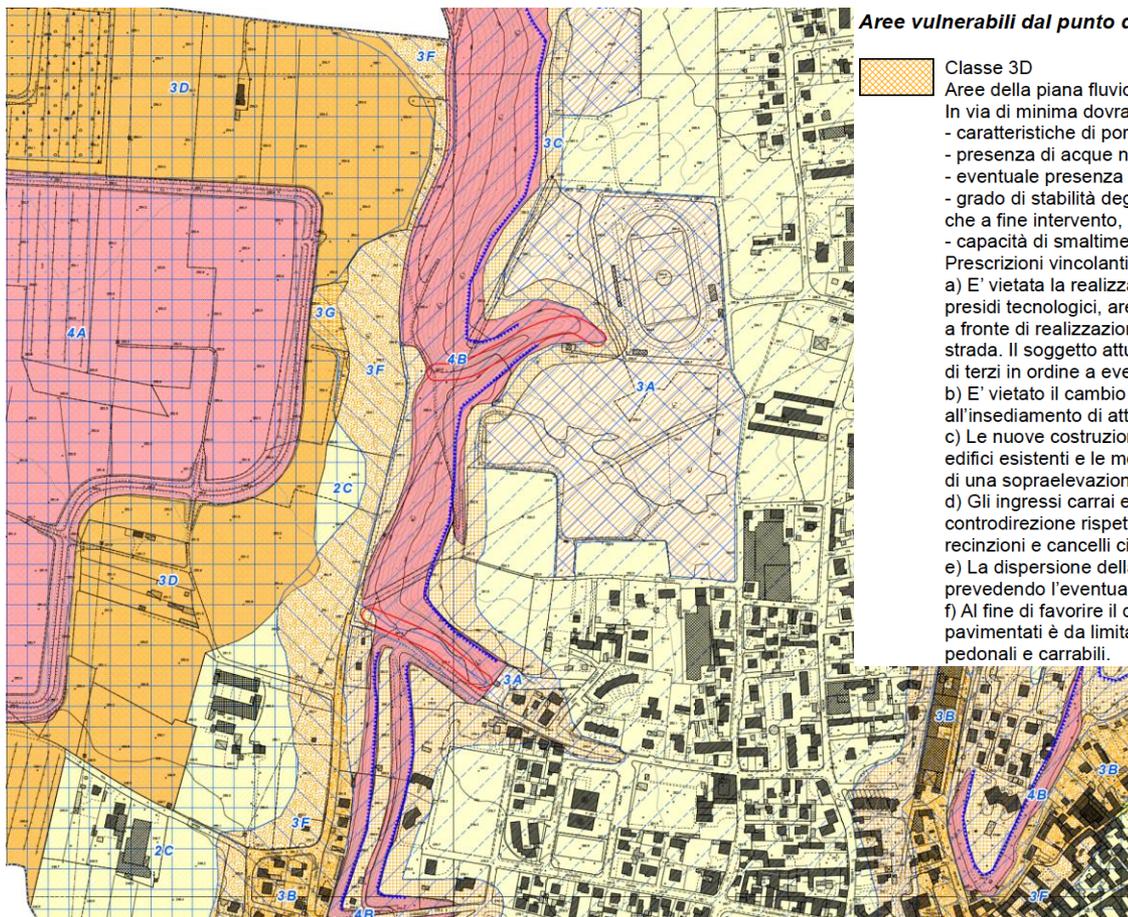
- bassa conducibilità idraulica dei depositi associata a potenziali situazioni di drenaggio lento o difficoltoso e/o ristagni prolungati;
- abbondanza di frazione argillosa secondaria rigonfiante per profonda alterazione dei depositi;
- acclività variabile, generalmente bassa, con possibilità di anomale concentrazioni di acque nelle porzioni depresse con fenomeni di ristagno prolungato;
- modesta predisposizione a processi di ruscellamento concentrato;
- possibile occorrenza di plaghe superficiali e/o di intercalazioni con caratteristiche tecniche scadenti;
- possibile occorrenza di falde idriche sospese sub-superficiali a carattere locale;
- possibile presenza di interventi di rimaneggiamento antropico;
- presenza di aree edificate e possibile interazione di scavi per nuove edificazioni con strutture adiacenti;
- prossimità ad orli di scarpata e versanti con pendenze elevate in evoluzione morfologica.

UNITA' DI SINTESI 3

Piana fluvio-glaciale wurmiana vulnerabile dal punto di vista idraulico (grado di rischio basso-R1)

L'unità presenta i medesimi fattori limitanti dell'unità 1, ai quali si aggiunge la vulnerabilità per fenomeni di esondazione del Torrente Arno, Rile e Tenore (grado di rischio basso).

CARTA DI FATTIBILITA'



Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Classe 3D

Aree della piana fluvio-glaciale wurmiana a grado di rischio idraulico medio (R2).

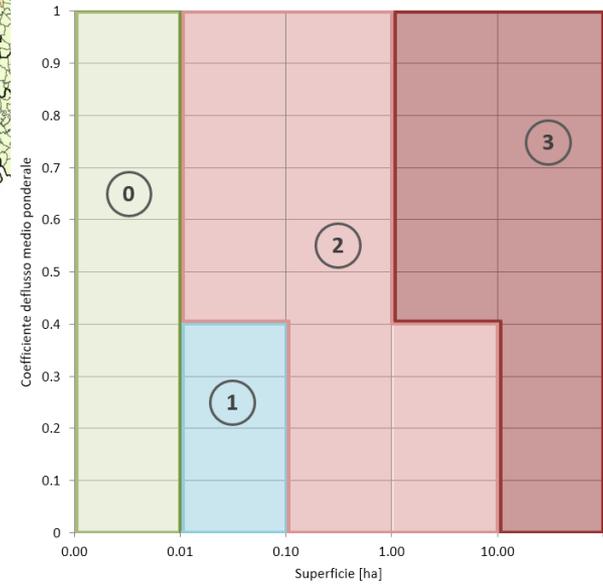
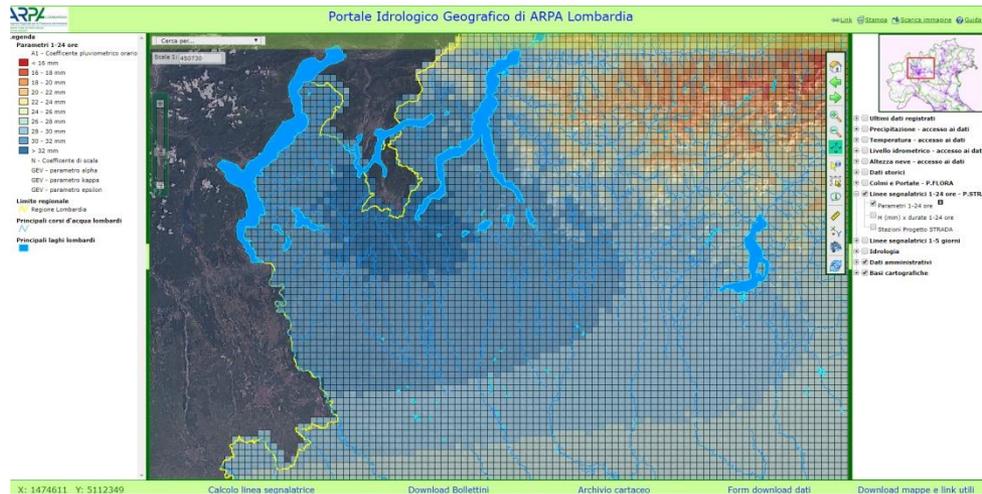
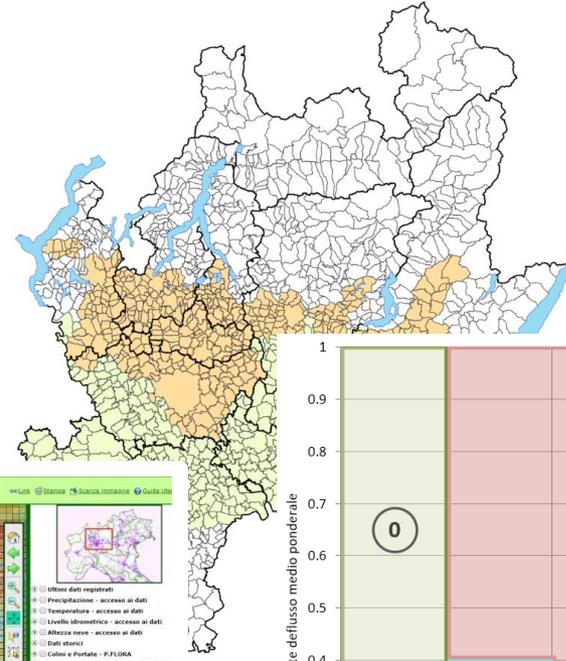
In via di minima dovranno essere verificate:

- caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione;
- presenza di acque nel sottosuolo e possibili interferenze con le opere di progetto;
- eventuale presenza di interventi di scavo e ritombamento pregressi;
- grado di stabilità degli scavi con riguardo anche alle costruzioni adiacenti sia in corso d'opera che a fine intervento;
- capacità di smaltimento delle acque di pioggia nel sottosuolo.

Prescrizioni vincolanti:

- a) E' vietata la realizzazione di spazi posti sotto quota strada, salvo per quanto riguarda: vani scala, presidi tecnologici, aree fruibili aperte (es. piazzali, parcheggi ad uso pubblico, parcheggi privati) a fronte di realizzazione di specifiche opere di presidio rispetto a eventuali acque scorrenti da strada. Il soggetto attuatore è tenuto a sottoscrivere atto liberatorio che escluda ogni responsabilità di terzi in ordine a eventuali futuri danni connessi con il grado di rischio idraulico segnalato.
- b) E' vietato il cambio d'uso di spazi interrati finalizzato alla permanenza di persone o all'insediamento di attività.
- c) Le nuove costruzioni o le costruzioni realizzate a seguito di demolizione e ricostruzione di edifici esistenti e le modifiche di aperture di edifici esistenti dovranno prevedere il mantenimento di una sopraelevazione di pavimento e ingressi non inferiore a 40 cm rispetto a piano strada.
- d) Gli ingressi carrai e pedonali alla proprietà dovranno essere realizzati per quanto possibile in controdirezione rispetto alle possibili direttrici di deflusso lungo strada con messa in opera di recinzioni e cancelli ciechi fino a una altezza non inferiore a 50 cm rispetto a piano strada.
- e) La dispersione delle acque meteoriche dovrà avvenire in via preliminare nel sottosuolo prevedendo l'eventuale recapito in superficie solo per sfioro da troppo pieno.
- f) Al fine di favorire il deflusso/assorbimento delle acque meteoriche la realizzazione di spazi pavimentati è da limitarsi alle sole aree di bordo costruzione e alla realizzazione di ingressi pedonali e carrabili.

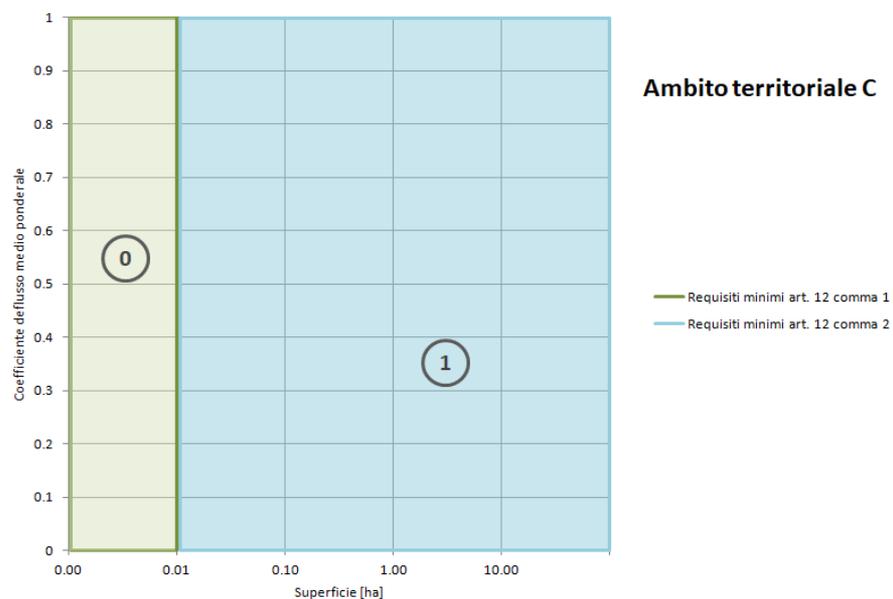
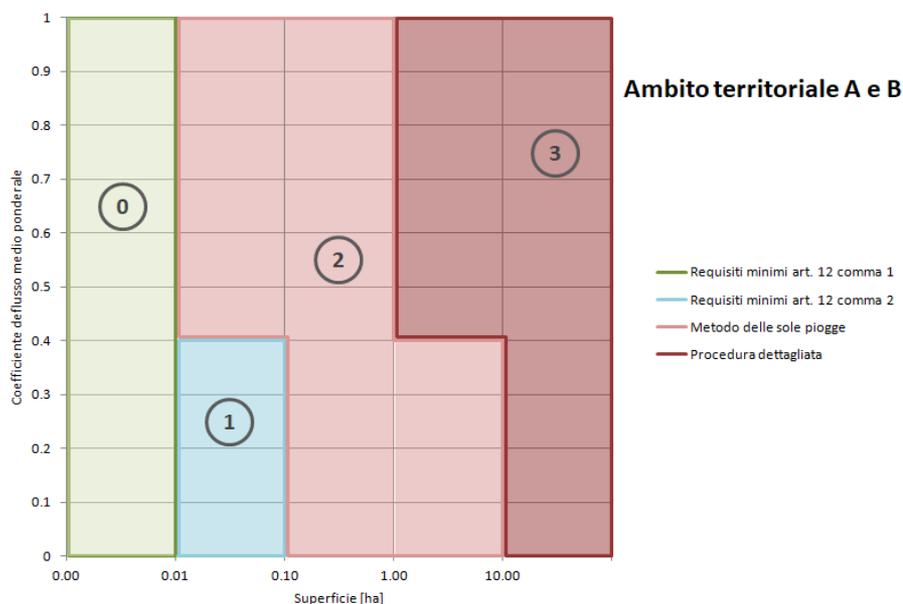
Criteria progettuali per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica



CLASSI DI INTERVENTO

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 di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi (tabella 1 del regolamento), a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11).

I grafici seguenti individuano, in funzione dell'ambito territoriale, le diverse **classi di intervento** e le relative modalità di calcolo.



La tabella seguente riassume i casi possibili e quindi i **limiti allo scarico**, il **volume minimo** di invaso da considerare, la **tipologia di progetto** (semplificato o completo) delle opere di invarianza ed i **metodi di calcolo** utilizzabili.

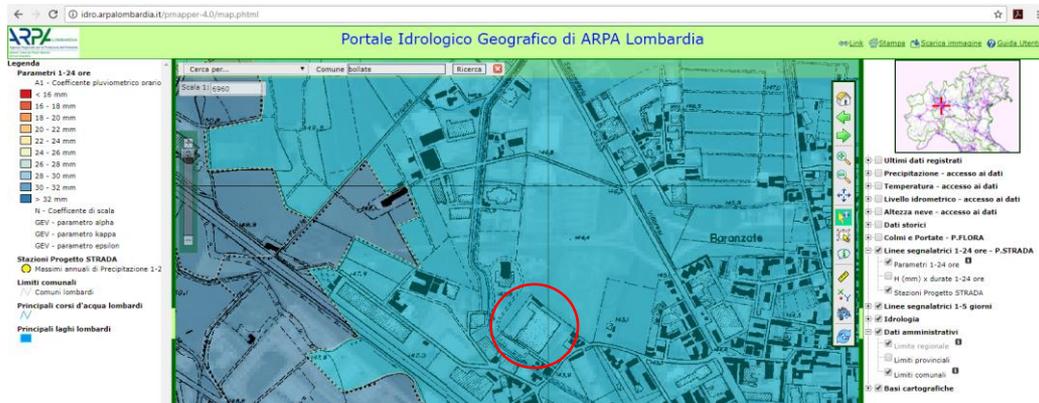
CLASSE	AMBITO TERRITORIALE	PORTATA LIMITE UNITARIA u_{lim} [l/s/ha _{IMP}]*	VOLUME MINIMO DI INVASO [mc/ha imp]	PROGETTO E METODO
0	A	10	400 (non necessario se infiltrazione nel suolo e sottosuolo e se scarico nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio)	Progetto semplificato. Progetto non necessario se infiltrazione nel suolo e sottosuolo e se scarico nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio.
	B	20	400 (non necessario se infiltrazione nel suolo e sottosuolo e se scarico nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio)	Progetto semplificato. Progetto non necessario se infiltrazione nel suolo e sottosuolo e se scarico nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio.
	C	20	400 (non necessario se infiltrazione nel suolo e sottosuolo e se scarico nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio)	Progetto semplificato. Progetto non necessario se infiltrazione nel suolo e sottosuolo e se scarico nei laghi o nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio e Mincio.
1	A	10	800	Progetto semplificato.
	B	20	600	Progetto semplificato.
	C	20	400	Progetto semplificato.
2	A	10	$\max(V_{calc}; 800)$	Progetto approfondito. Metodo delle sole piogge.
	B	20	$\max(V_{calc}; 600)$	Progetto approfondito. Metodo delle sole piogge.
	C	20	400	Progetto semplificato.
3	A	10	$\max(V_{calc}; 800)$	Progetto approfondito. Procedura dettagliata.
	B	20	$\max(V_{calc}; 600)$	Progetto approfondito. Procedura dettagliata.
	C	20	400	Progetto semplificato.

CONSIDERAZIONI GENERALI: considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di **prevenzione** dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il regolamento prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di **tempo di ritorno alti**, quelli cioè che determinano un **superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie.**

Si assumono pertanto i seguenti valori del tempo di ritorno:

T = 50 anni: tempo di ritorno da adottare per il **dimensionamento** delle opere di invarianza idraulica e idrologica

T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per la **verifica** dei franchi di sicurezza delle opere ed anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.



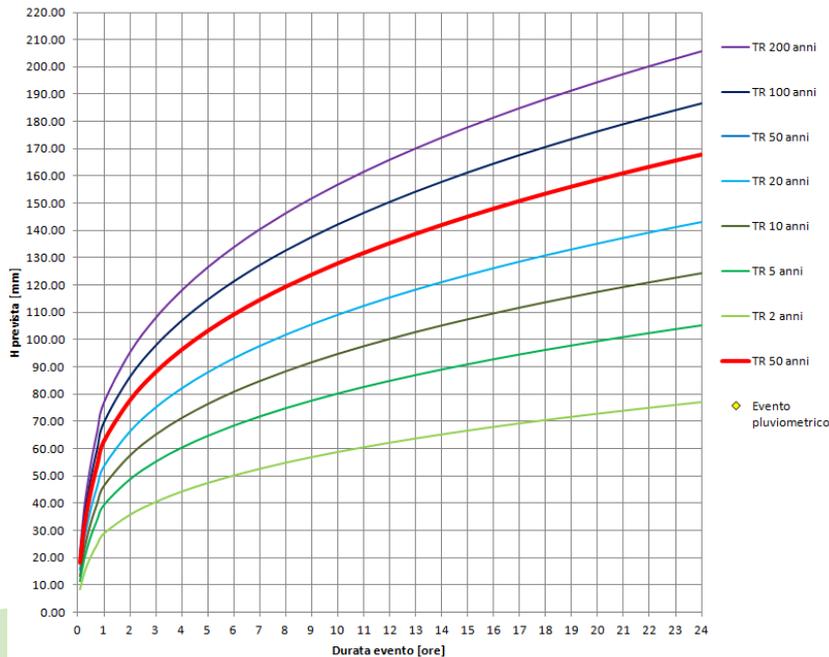
I parametri caratteristici delle **curve di possibilità pluviometrica** per la determinazione delle precipitazioni di progetto da assumere sono quelli riportati da **ARPA Lombardia** per tutte le località del territorio regionale.

Possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



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

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

in cui **h** è l'altezza di pioggia, **D** è la durata, **a₁** è il coefficiente pluviometrico orario, **w_T** è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno **T**, **n** è l'esponente della curva, **α**, **ε**, **k** sono i parametri della distribuzione GEV adottata.

Per le durate inferiori all'ora occorre adottare **n=0,5**



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Baranzate (MI)

Coordinate: X: 1508262, Y: 5041569

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario: 30.860001

N - Coefficiente di scala 0.31030

GEV - parametro alpha: 0.2958

GEV - parametro kappa: -0.0231

GEV - parametro epsilon: 0.82190001

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni)

di progetto

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Bibliografia ARPA Lombardia:

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

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

Formulazione analitica

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

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

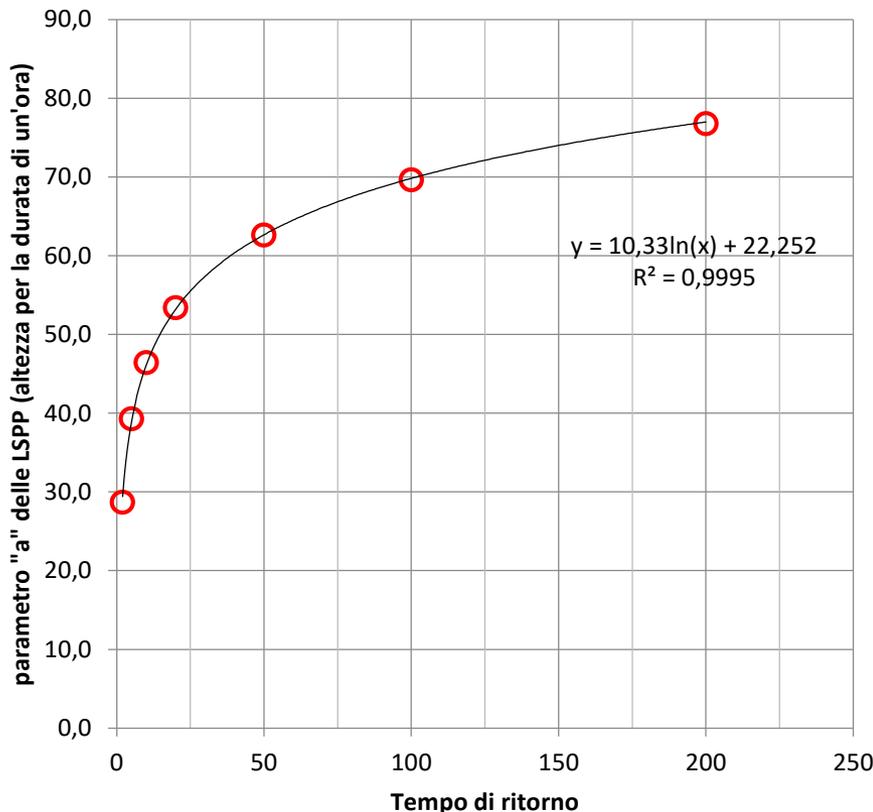


Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0.93077	1.27336	1.50516	1.73133	2.02971	2.25755	2.48825	2.02970865
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
0	8.29	11.34	13.41	15.42	18.08	20.11	22.17	18.0816898
0.3	14.36	19.65	23.22	26.71	31.32	34.83	38.39	31.3184054
0.5	20.31	27.79	32.84	37.78	44.29	49.26	54.30	44.2909137
0.8	24.88	34.03	40.23	46.27	54.25	60.33	66.50	54.2450694
1.0	28.7	39.3	46.4	53.4	62.6	69.7	76.8	62.6368108
2	35.6	48.7	57.6	66.2	77.7	86.4	95.2	77.667485
3	40.4	55.3	65.3	75.1	88.1	98.0	108.0	88.080619
4	44.2	60.4	71.4	82.1	96.3	107.1	118.1	96.3050025
5	47.3	64.7	76.5	88.0	103.2	114.8	126.5	103.209583
6	50.1	68.5	81.0	93.2	109.2	121.5	133.9	109.216929
7	52.5	71.9	85.0	97.7	114.6	127.4	140.5	114.568058
8	54.8	74.9	88.6	101.9	119.4	132.8	146.4	119.414881
9	56.8	77.7	91.9	105.7	123.9	137.8	151.8	123.860001
10	58.7	80.3	94.9	109.2	128.0	142.3	156.9	127.976323
11	60.4	82.7	97.8	112.4	131.8	146.6	161.6	131.817714
12	62.1	85.0	100.4	115.5	135.4	150.6	166.0	135.425225
13	63.7	87.1	103.0	118.4	138.8	154.4	170.2	138.830935
14	65.1	89.1	105.3	121.2	142.1	158.0	174.2	142.06044
15	66.6	91.1	107.6	123.8	145.1	161.4	177.9	145.134528
16	67.9	92.9	109.8	126.3	148.1	164.7	181.5	148.070334
17	69.2	94.7	111.9	128.7	150.9	167.8	185.0	150.882171
18	70.4	96.4	113.9	131.0	153.6	170.8	188.3	153.582129
19	71.6	98.0	115.8	133.2	156.2	173.7	191.5	156.180521
20	72.8	99.6	117.7	135.4	158.7	176.5	194.5	158.686226
21	73.9	101.1	119.5	137.4	161.1	179.2	197.5	161.106948
22	75.0	102.5	121.2	139.4	163.4	181.8	200.4	163.449419
23	76.0	104.0	122.9	141.4	165.7	184.3	203.2	165.71956
24	77.0	105.3	124.5	143.2	167.9	186.8	205.9	167.922609

coeff a > 1 ora

Incremento da 10 a 50 anni: **35% circa**

Incremento da 50 a 100 anni: **11% circa**

A partire dalle piogge di progetto (**afflussi**) occorre arrivare alle portate (**deflussi**) circolanti in rete e quindi all'idrogramma di progetto con il relativo volume.

Occorre adottare **idonei criteri** di scelta:

- dello **ietogramma di progetto** e della sua **durata complessiva** a partire dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area in esame;
- della procedura di calcolo dello **ietogramma netto** in funzione delle perdite idrologiche per accumuli iniziali e per infiltrazione, in relazione alle tipologie del suolo e della urbanizzazione in progetto;
- del **modello di trasformazione afflussi netti-deflussi** idoneo a rappresentare sia la formazione degli idrogrammi di piena nelle diverse sotto-aree, sia la loro propagazione e formazione dell'idrogramma complessivo $Q_e(t)$ in corrispondenza della sezione di ingresso nell'invaso di laminazione in progetto.

Si utilizza sovente:

- uno **ietogramma di progetto tipo Chicago** avente una durata poco superiore al **tempo di corrivazione** del bacino sotteso dall'invaso;
- la stima del processo di infiltrazione o l'adozione dei **coefficienti di deflusso** fissati, indicati nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento;
- il modello di trasformazione aree – tempi (**metodo di corrivazione**) del bacino

Il **metodo della corrivazione** tiene conto soltanto del fenomeno del ritardo, inteso come il tempo necessario al trasferimento dei volumi di acqua che cadono nei vari punti dell'area colante fino alla sezione di chiusura del collettore.

Esso si basa sulle seguenti ipotesi:

- La formazione della piena è dovuta **solo al trasferimento** di volumi d'acqua;
- Ogni goccia di pioggia che cade sulla superficie segue un **percorso invariabile nel tempo** e che dipende solo dal punto in cui essa è caduta;
- La velocità con cui la goccia si muove lungo la superficie non è influenzata dalla presenza di altre gocce;
- Il tempo di ritorno della portata è uguale al tempo di ritorno della pioggia da cui deriva.

Le suddette ipotesi equivalgono ad assumere la linearità del modello.

$$Q = \phi A i(t_d)$$

dove **A** è la superficie interessata

ϕ è il coefficiente di deflusso medio ponderale per la valutazione delle perdite idrologiche

$i(t_d)$ è l'intensità di pioggia associata al tempo di corrivazione

Il tempo t_c impiegato da una goccia a raggiungere, dal punto in cui cade, la sezione di chiusura viene detto **tempo di corrivazione**.

Si definisce **tempo di corrivazione** dell'area colante t_c il massimo tra i tempi di corrivazione di tutti i punti dell'area colante.

Ai fini dell'applicazione del modello della corrivazione per il progetto e la verifica delle reti di drenaggio urbano, di solito il tempo di corrivazione del bacino colante si considera somma di un **tempo di ingresso in rete** (o di ruscellamento) t_r e di un **tempo di percorrenza** t_p .

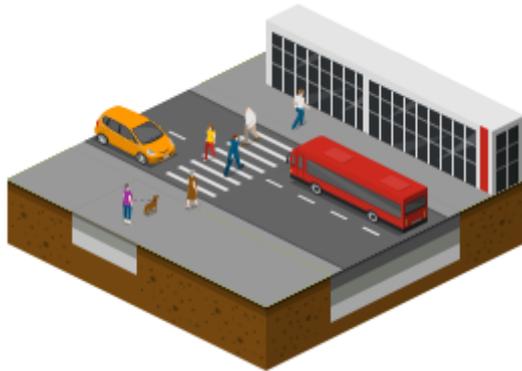
$$t_c = t_r + t_p$$

Il tempo di ingresso in rete, che dipende dall'estensione dell'area colante, dalla sua pendenza, dalla densità di opere di drenaggio secondarie (caditoie stradali, pluviali ecc..), si assume di solito compreso tra i **5** e i **15 minuti**.

A questo si aggiunge il tempo impiegato dall'acqua a percorrere la rete di drenaggio sino al punto di calcolo, che può essere valutato in funzione della lunghezza massima della rete L e della velocità presunta del moto dell'acqua nel collettore V (che può essere stimata con il moto uniforme o con valori di letteratura, variabili generalmente tra 0,5 e 1,5 m/s)

$$T_p = L/V$$

Valori standard dei coefficienti di deflusso



ϕ = 1 per **superfici impermeabili** (tetti, coperture, tetti verdi su solette, pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi)



ϕ = 0,7 per **pavimentazioni drenanti** o semipermeabili

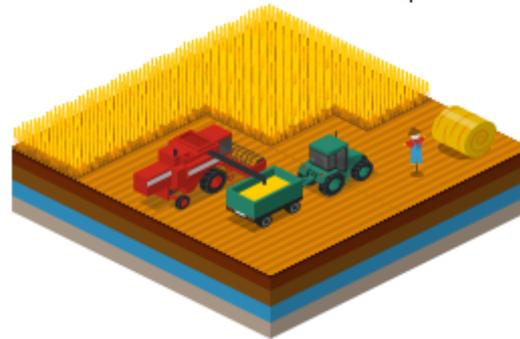
Valori standard dei coefficienti di deflusso



$\phi = 0,3$ per **aree permeabili** di qualsiasi tipo, escludendo dal computo superfici incolte e quelle di uso agricolo



$\phi = 0$ per **superfici incolte** o di **uso agricolo**



Il **dimensionamento dell'invaso di laminazione** (allegato G) avviene applicando le equazioni seguenti al fine di computare l'idrogramma uscente $Q_u(t)$ dalla bocca (o dall'insieme delle bocche) di scarico dell'invaso e quindi verificare il rispetto del valore della massima portata ammissibile nel caso in esame (articolo 8 del regolamento) e del tempo massimo di svuotamento (articolo 11, comma 2, lettera f)).

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da un vaso di tipo statico sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche delle opere di scarico.

Il processo di laminazione nel tempo t è descritto matematicamente dal seguente sistema di equazioni:

- **equazione differenziale di continuità:** $Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$ (1)
- **legge di efflusso** che governa le opere preposte allo scarico dall'invaso o in generale allo svuotamento dell'invaso:
 $Q_u = Q_u[H(t)]$ (2)
- **curva d'invaso**, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico H nell'invaso:
 $W = W[H(t)]$ (3)

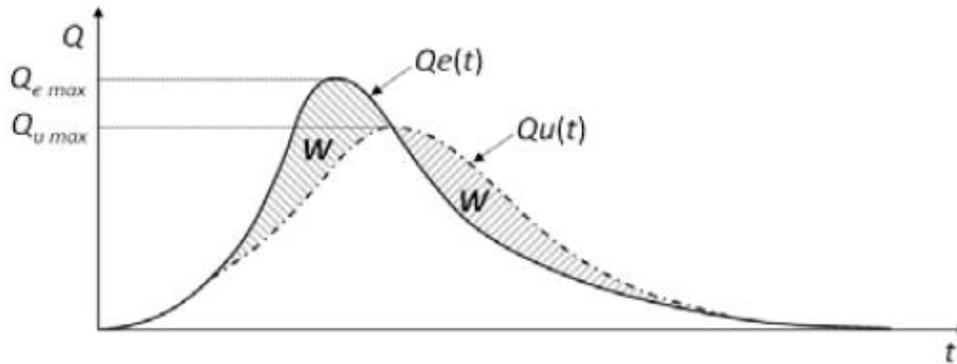
$Q_e(t)$ rappresenta la portata entrante, $Q_u(t)$ quella complessivamente uscente dall'insieme delle opere di scarico e/o di infiltrazione e/o di riuso, $W(t)$ il volume invasato, $H(t)$ il battente idrico nell'invaso.

Nota l'onda di piena entrante $Q_e(t)$ e note le funzioni (2) e (3) riferite alle effettive caratteristiche geometriche ed idrauliche della bocca o delle bocche di scarico (eq. 2) ed all'effettiva geometria dell'invaso (eq. 3), l'integrazione del sistema (1) (2) (3) consente di calcolare le tre funzioni incognite $Q_u(t)$, $H(t)$ e $W(t)$.

Il calcolo viene riferito ad un evento di piena entrante $Q_e(t)$ selezionato come “**evento di progetto**” e cercando le soluzioni dimensionali affinché la portata uscente $Q_u(t)$ sia sempre inferiore o al massimo uguale al preassegnato limite massimo $Q_{u,max}$ indicato nell'articolo 8 del regolamento.

Una volta risolto il sistema di equazioni e quindi calcolate le funzioni incognite $Q_u(t)$, $H(t)$ e $W(t)$, se ne possono individuare i rispettivi valori massimi $Q_{u,max}$, H_{max} e W_{max} , verificando che essi siano compatibili con i vincoli assegnati.

Riportando in un grafico le onde entranti e uscenti da un invaso generico, il massimo volume d'invaso W_{max} è dato dall'area compresa tra le due curve fino al raggiungimento della portata uscente massima $Q_{u,max}$



L'effetto di laminazione consiste sia nella riduzione della portata al colmo uscente $Q_{u,max}$ rispetto alla portata al colmo entrante $Q_{e,max}$, sia nello sfasamento temporale tra i due colmi con un benefico rallentamento complessivo della piena uscente rispetto a quella entrante.

Nel caso di “Impermeabilizzazione potenziale media” in ambiti territoriali a criticità alta o media si può adottare il **metodo delle sole piogge**, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata.

Il “Metodo delle sole piogge” si basa sulle seguenti assunzioni:

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

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

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all’invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell’articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell’intervento), D è la durata di pioggia, $a = a_1 w_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia come esposto al paragrafo 1 del presente allegato) espressa nella forma:

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

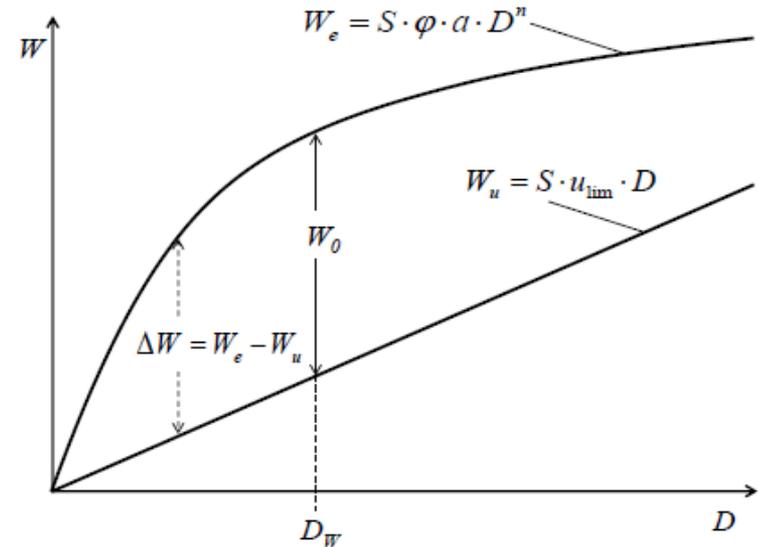
- l’onda uscente $Q_u(t)$ è anch’essa un’onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all’articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell’evento è pari a:

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

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all’articolo 8 comma 1 del regolamento.



Individuazione con il metodo delle sole piogge dell’evento critico ΔW e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

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

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento

di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (4)$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,max} \cdot D_w \quad (5)$$

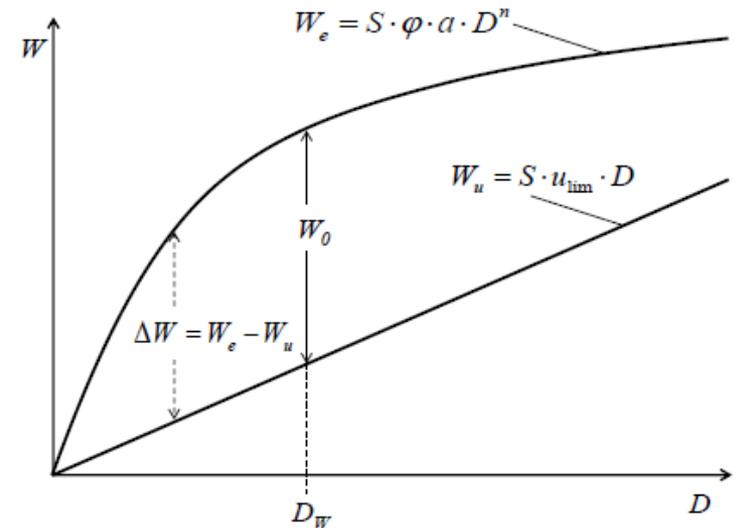
Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

W_0	in [m ³]
S	in [ha]
a	in [mm/ora ⁿ]
θ	in [ore]
D_w	in [ore]
$Q_{u,lim}$	in [l/s]

le equazioni (4) e (5) diventano:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (4')$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (5')$$

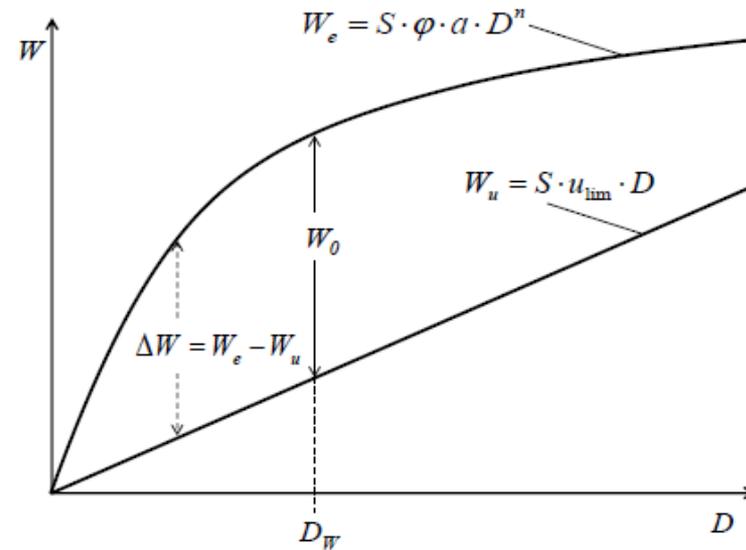


Introducendo in esse la portata specifica di scarico $u_{lim} = Q_{u,lim}/S$ (in l/s per ettaro) e il volume specifico di invaso $w_o = W_o/S$ (in m³/ha) si ha:

$$D_w = \left(\frac{u_{lim}}{2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (4'')$$

$$w_o = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{lim} \cdot D_w \quad (5'')$$

Nota: al termine verificare che il parametro n della LSPP sia coerente con la durata D_w risultante dal calcolo ($n=0,5$ per le durate inferiori all'ora)



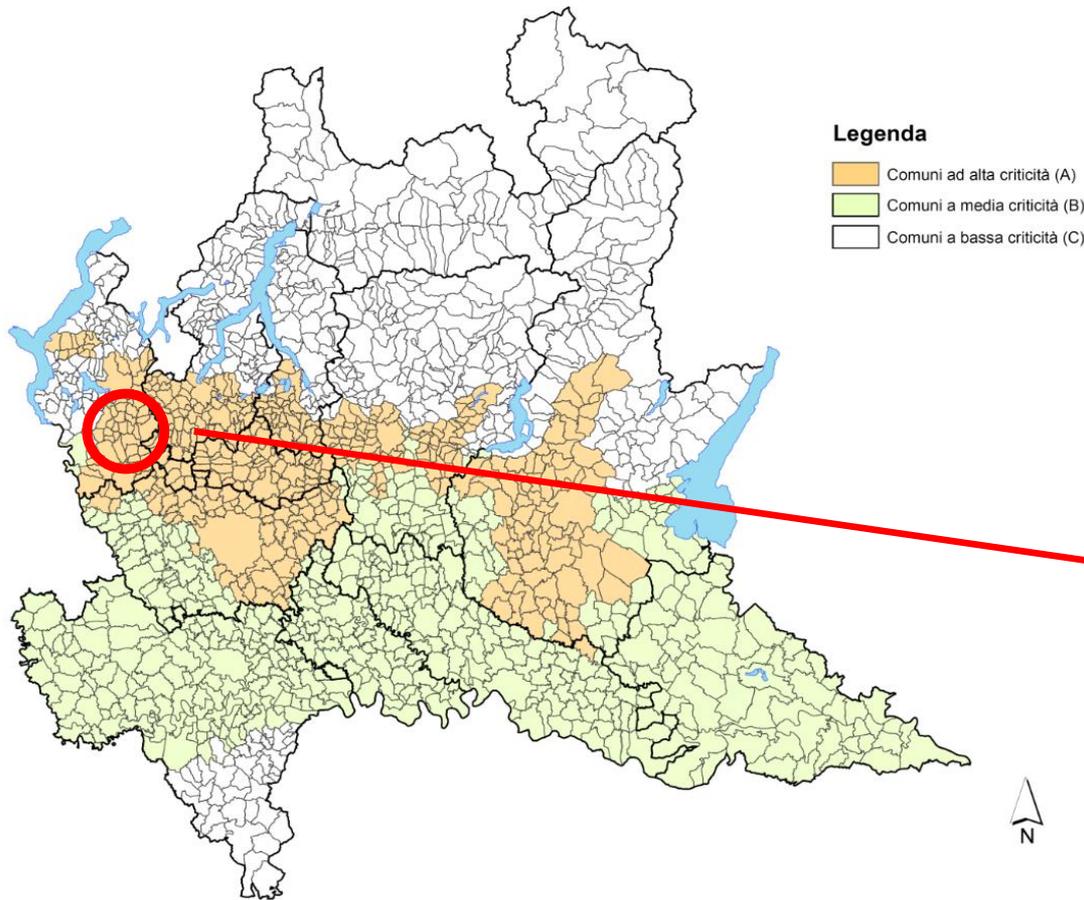
Occorre infine confrontare il volume di laminazione ottenuto dal calcolo con i volumi minimi definiti dall'art. 12 del Regolamento (800 mc per ettaro impermeabile nelle aree A, 600 mc per aree B e 400 mc per aree C)

Esempi applicativi del R.R 7/2017 da Allegato H



CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 1: individuazione dell'ambito territoriale di applicazione



area A ad alta criticità idraulica



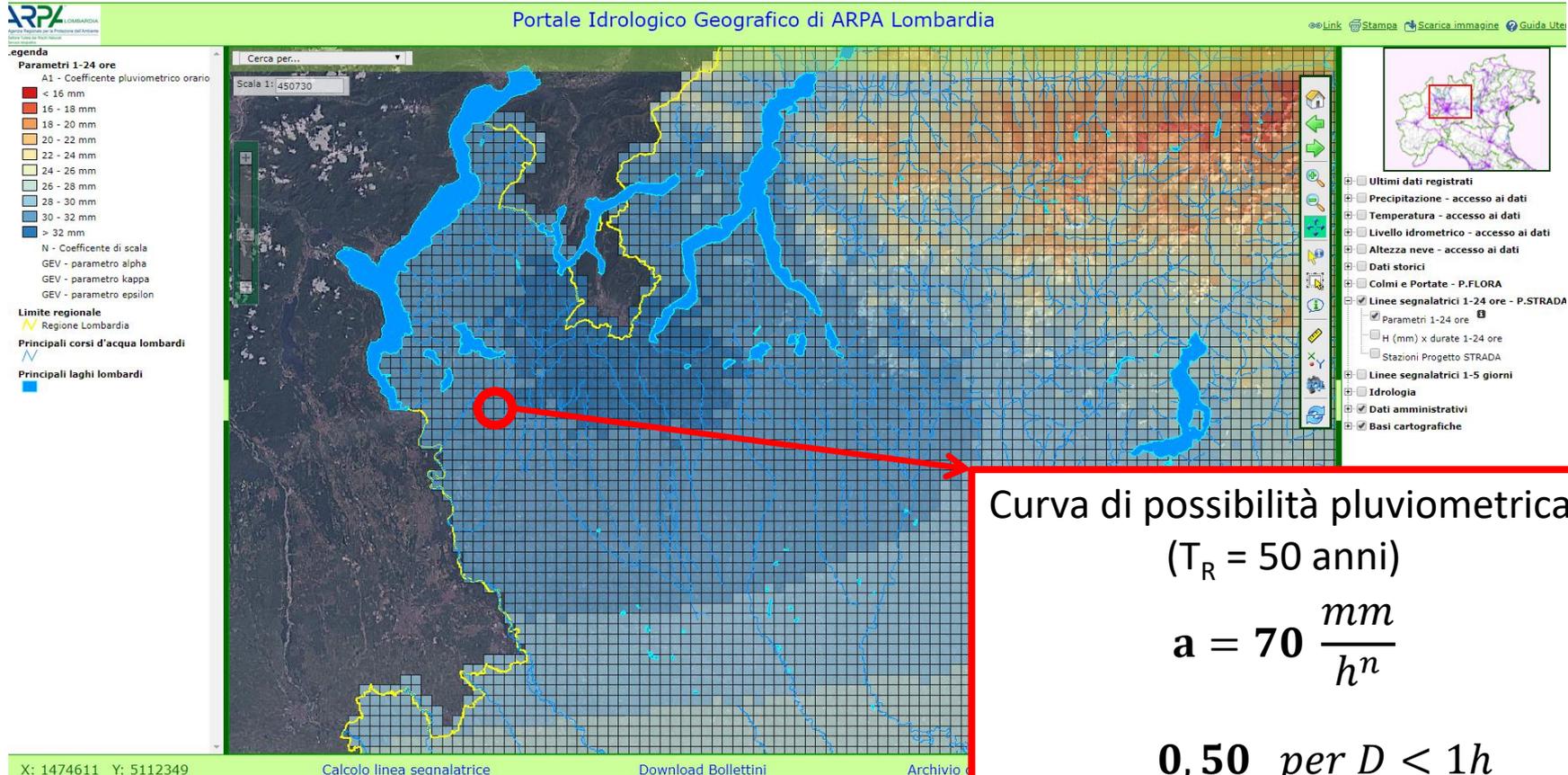
$$U_{lim} = 10 \text{ l/s}$$

per ettaro di superficie
scolante impermeabile
dell'intervento

CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 2: definizione delle curve di possibilità pluviometrica

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>



Curva di possibilità pluviometrica

($T_R = 50$ anni)

$$a = 70 \frac{mm}{h^n}$$

$$n = \begin{cases} 0,50 & \text{per } D < 1h \\ 0,28 & \text{per } D \geq 1h \end{cases}$$

CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 3: superficie interessata dall'intervento



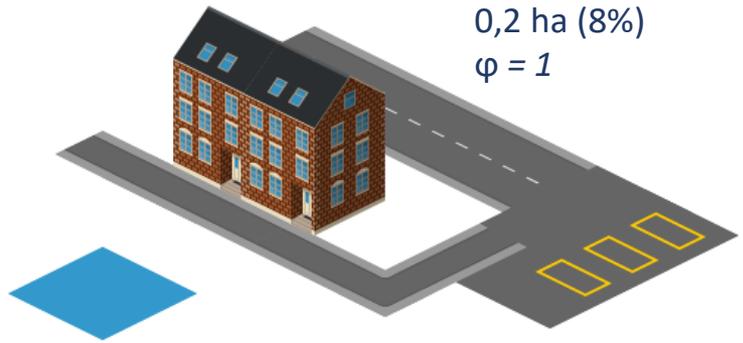
Superficie totale: 2,5 ha

CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 4: calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale

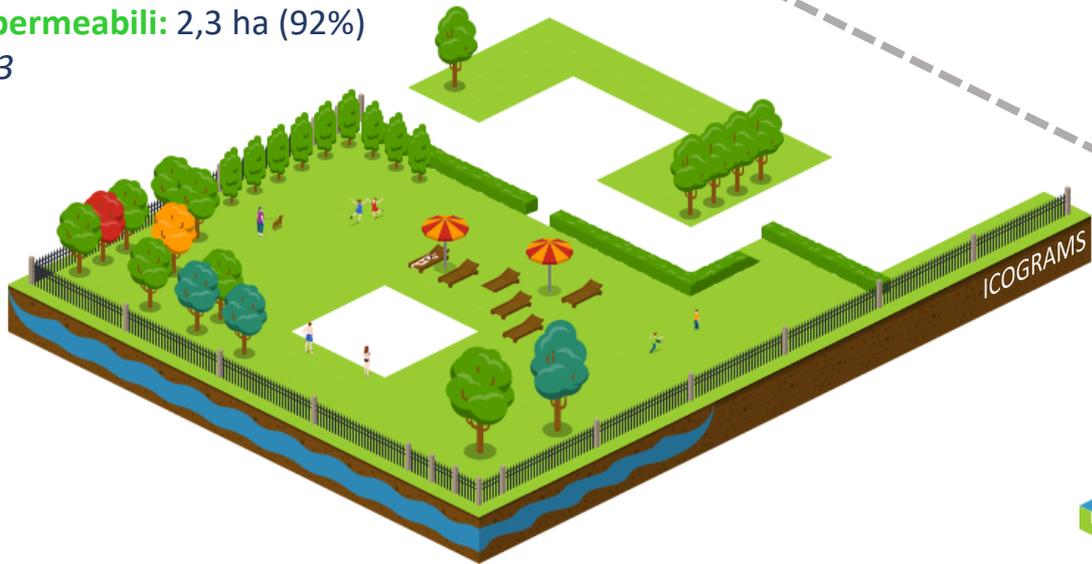
Superficie impermeabile:

0,2 ha (8%)
 $\varphi = 1$



Aree permeabili: 2,3 ha (92%)

$\varphi = 0,3$

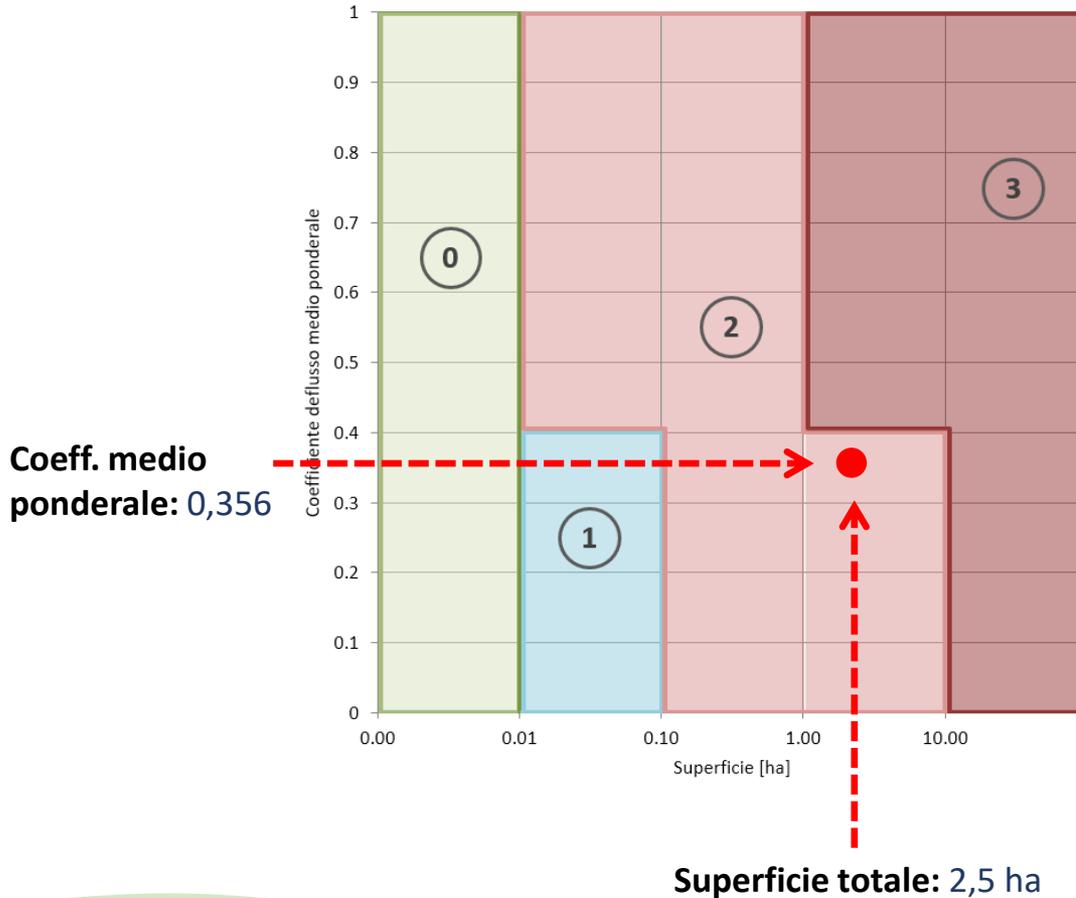


Coefficiente di deflusso medio ponderale: $\varphi = \frac{0,2 \cdot 1 + 2,3 \cdot 0,3}{2,5} = 0,356 \approx 0,4$

CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 5: determinazione della classe di intervento e della metodologia di calcolo

Ambito territoriale: A



Classe di intervento:
2 - impermeabilizzazione
potenziale media

Modalità di calcolo:
Metodo delle sole piogge

CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione

Calcolo del volume W_0 : metodo delle sole piogge

$$S = 2,5 \text{ ha} \quad a = 70 \text{ mm/ora}^n \quad n = 0,28 \quad \varphi \approx 0,4 \quad u_{lim} = 10 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

$$Q_{u,lim} = S \cdot \varphi \cdot u_{lim} = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 10 = 10 \text{ l/s}$$

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 10,58 \text{ h} \quad D_w = \text{Durata critica}$$

$$\text{Volume invaso } W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w = 974 \text{ mc}$$

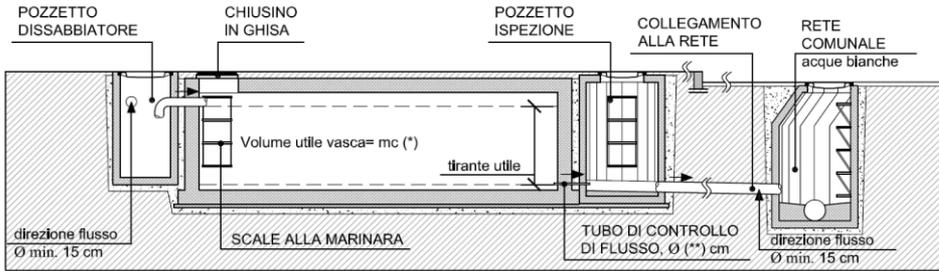
Verifica del requisito minimo:

Requisito minimo per l'ambito territoriale $A = 800 \text{ mc/ha}_{imp}$

$$\text{Volume specifico per il caso in esame } w_0 = \frac{W_0}{S \cdot \varphi} = \frac{974}{2,5 \cdot 0,4} = 974 \frac{\text{mc}}{\text{ha}_{imp}} > 800$$

CASO 1: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

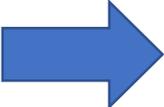
STEP 7: definizione della tipologia di vaso di laminazione e di organo di regolazione



STEP 8: calcolo del tempo di svuotamento (non deve superare le 48 ore)

STEP 9: verifica del sistema con $T_R = 100$ anni

STEP 1: individuazione dell'ambito territoriale di applicazione

area B a media criticità idraulica  $U_{lim} = 20 \text{ l/s}$

per ettaro di superficie
scolante impermeabile
dell'ampliamento

STEP 2: definizione delle curve di possibilità pluviometrica

Curva di possibilità pluviometrica
($T_R = 50$ anni)

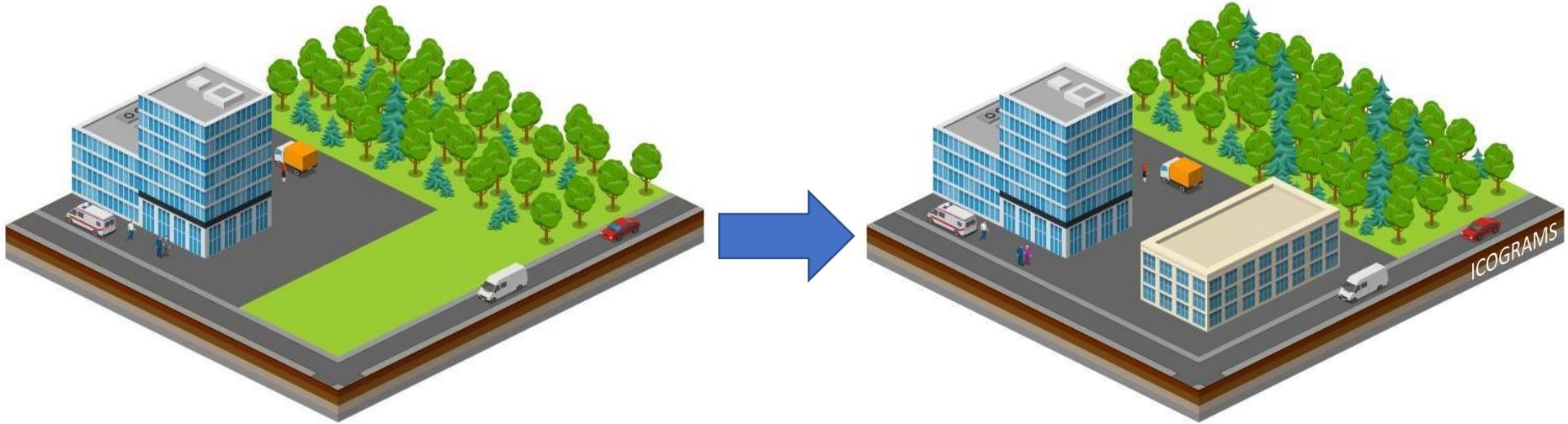
$$a = 70 \frac{mm}{h^n}$$

$$n = \begin{cases} 0,50 & \text{per } D < 1h \\ 0,35 & \text{per } D \geq 1h \end{cases}$$

CASO 2: ristrutturazione edilizia

STEP 3: superficie interessata dall'intervento

Superficie totale: 1,5 ha



Ampliamento della superficie interessata dall'intervento: 0,04 ha
(2,7 % della superficie totale)

CASO 2: ristrutturazione edilizia

STEP 3: calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale

L'invarianza idraulica è da commisurare al solo ampliamento



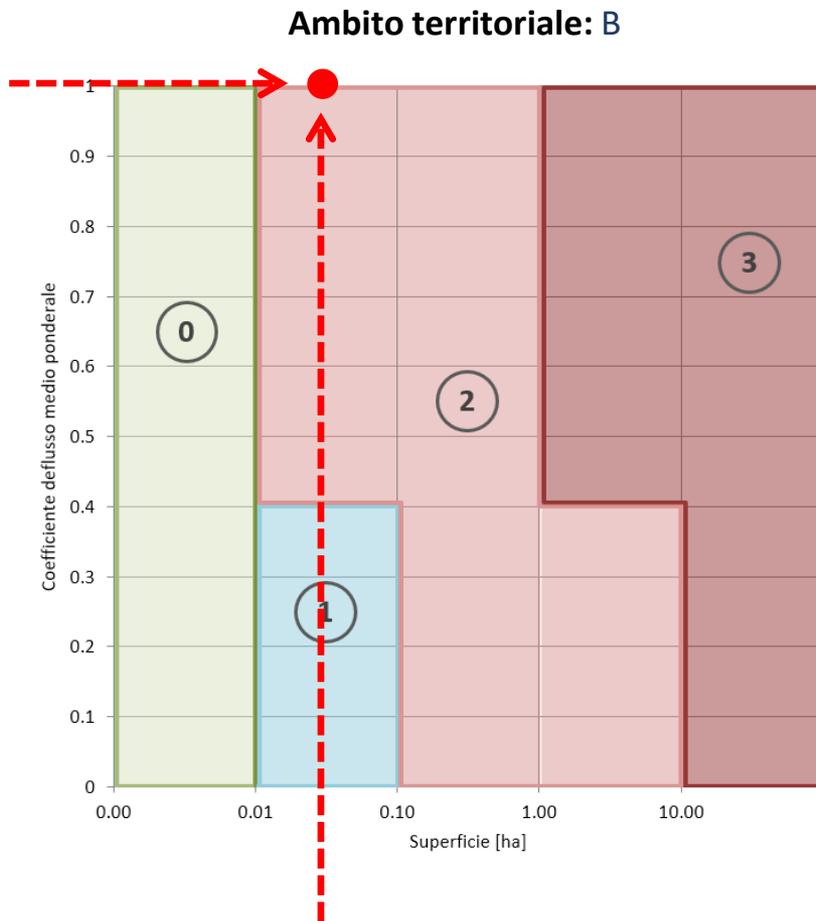
**Ampliamento della superficie interessata
dall'intervento: 0,04 ha**

**Coefficiente di deflusso medio ponderale:
 $\varphi = 1$**

CASO 2: ristrutturazione edilizia

STEP 5: determinazione della classe di intervento e della metodologia di calcolo

Coeff. medio ponderale: 1



Superficie ampliamento: 0,04 ha

Classe di intervento:
2 - impermeabilizzazione
potenziale media

Modalità di calcolo:
Metodo delle sole piogge

CASO 2: ristrutturazione edilizia

STEP 6: calcolo del volume di laminazione

Calcolo del volume W_0 : metodo delle sole piogge

$$S = 0,04 \text{ ha} \quad a = 70 \text{ mm/ora}^n \quad n = 0,35 \quad \varphi = 1 \quad u_{lim} = 20 \text{ l/s} \cdot \text{ha (limite per Area B)}$$

$$Q_{u,lim} = S \cdot \varphi \cdot u_{lim} = 0,8 \text{ l/s}$$

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 6,62 \text{ h}$$

$$\text{Volume invaso } W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w = 35 \text{ mc}$$

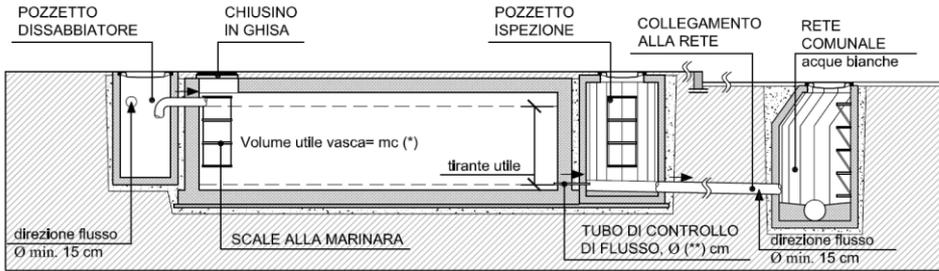
Verifica del requisito minimo:

Requisito minimo per l'ambito territoriale B = 600 mc/ha_{imp}

$$\text{Volume specifico per il caso in esame } w_0 = \frac{W_0}{S \cdot \varphi} = 880 \frac{\text{mc}}{\text{ha}_{imp}} > 600$$

CASO 2: ristrutturazione edilizia

STEP 7: definizione della tipologia di invaso di laminazione e di organo di regolazione



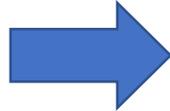
STEP 8: calcolo del tempo di svuotamento (non deve superare le 48 ore)

STEP 9: verifica dei franchi di sicurezza del sistema con $T_R = 100$ anni

CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 1: individuazione dell'ambito territoriale di applicazione

area A ad alta criticità idraulica



$$U_{\text{lim}} = 10 \text{ l/s}$$

per ettaro di superficie
scolante impermeabile
dell'intervento

STEP 2: definizione delle curve di possibilità pluviometrica

Curva di possibilità pluviometrica
($T_R = 50$ anni)

$$a = 70 \frac{\text{mm}}{h^n}$$

$$n = \begin{cases} 0,50 & \text{per } D < 1h \\ 0,28 & \text{per } D \geq 1h \end{cases}$$

CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 3: superficie interessata dall'intervento

Superficie totale: 2,5 ha

a) 30 % della superficie totale per tetti e terrazzi con copertura impermeabile non soggetti a presenza di veicoli a motore (superficie $2,5 \times 0,30 = 0,75$ ettari)

b) 20 % della superficie totale per pavimentazioni semipermeabili di viabilità interna pedonale o ciclabile (superficie $2,5 \times 0,20 = 0,50$ ettari)

c) 15 % della superficie totale per pavimentazioni semipermeabili di viabilità e parcheggi per autoveicoli (superficie $2,5 \times 0,15 = 0,375$ ettari)

d) 35 % della superficie totale di aree a verde (superficie $2,5 \times 0,35 = 0,875$ ettari)



CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 4: calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale

b) viabilità interna pedonale o ciclabile
0,50 ettari $\varphi = 0,7$

a) tetti e terrazzi
0,75 ettari $\varphi = 1$

d) aree a verde
0,875 ettari $\varphi = 0,3$

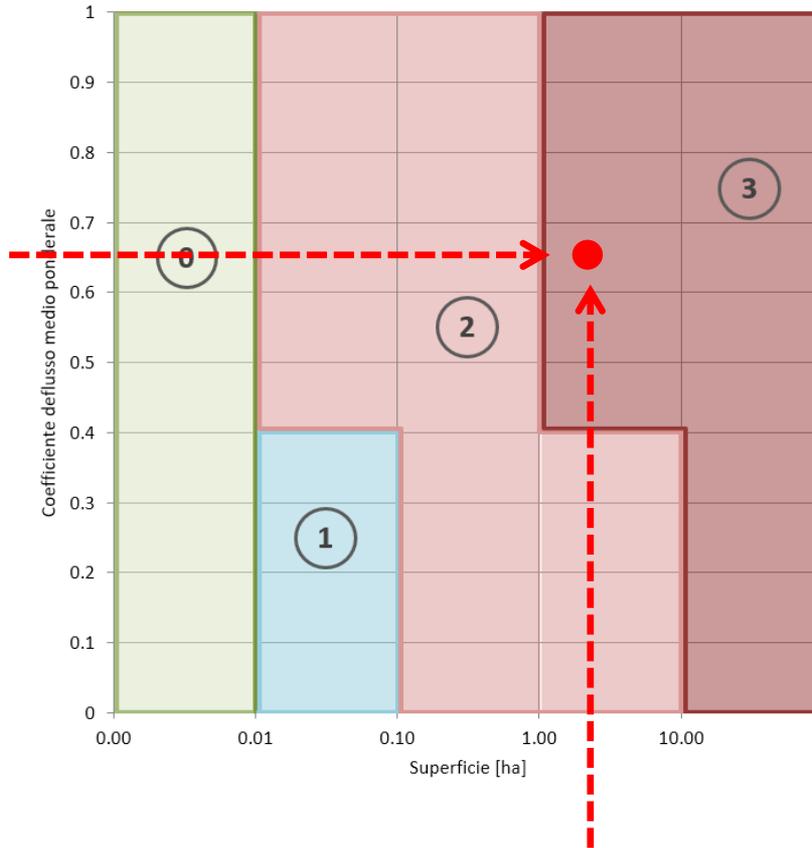
c) viabilità e parcheggi
per autoveicoli
0,375 ettari $\varphi = 0,7$

Coefficiente di deflusso medio ponderale:
$$\varphi = \frac{0,75 \cdot 1 + (0,5 + 0,375) \cdot 0,7 + 0,875 \cdot 0,3}{2,5} = 0,65$$

CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 5: determinazione della classe di intervento e della metodologia di calcolo

Ambito territoriale: A



Coeff. medio ponderale: 0,65

Classe di intervento:
3 - impermeabilizzazione potenziale alta

Modalità di calcolo:
Procedura dettagliata

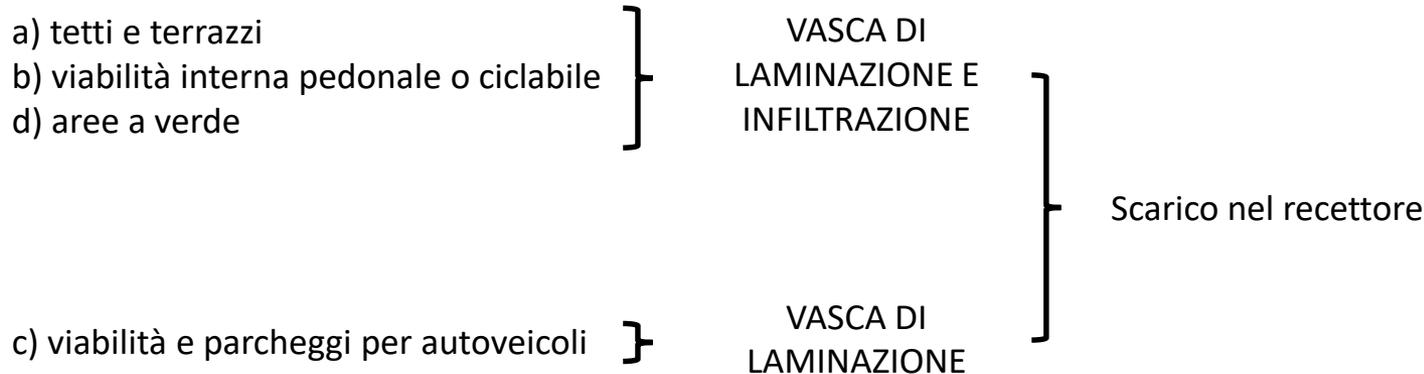
Superficie totale: 2,5 ha

CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata

Assetto di progetto: Il progetto prevede di separare le acque pluviali relative alle parti a), b) e di addurre le medesime ad un invaso di laminazione e infiltrazione ubicato nell'area verde d). Nei riguardi invece delle acque meteoriche relative alla parte c), soggetta a presenza di autoveicoli, il progetto prevede di collettarle con apposita rete di drenaggio in una separata vasca di laminazione.

Lo scarico dell'invaso di laminazione asservito alle aree a), b), d), e quello della vasca di laminazione asservita all'area c) sono adottati alla rete fognaria pubblica nel rispetto della portata limite ammissibile complessiva



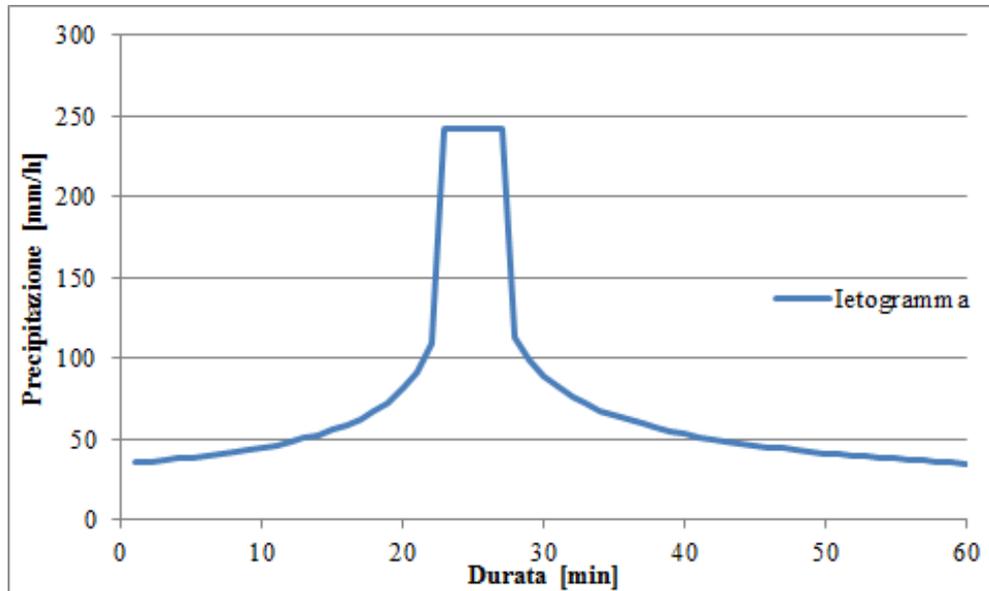
CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata

A.1. Ietogramma di progetto

Dati in ingresso: parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per tempo di ritorno 50 anni

In base ai parametri della curva di possibilità pluviometrica, assumendo lo ietogramma tipo Chicago con posizione del picco 0,4 e durata $D = 1$ ora, sicuramente maggiore del tempo di corrivazione della rete drenante, si ottiene lo ietogramma distribuito nell'arco della durata di 1 ora



CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata

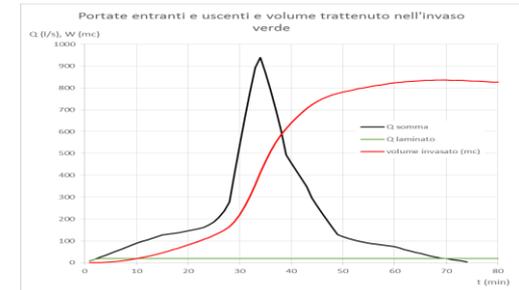
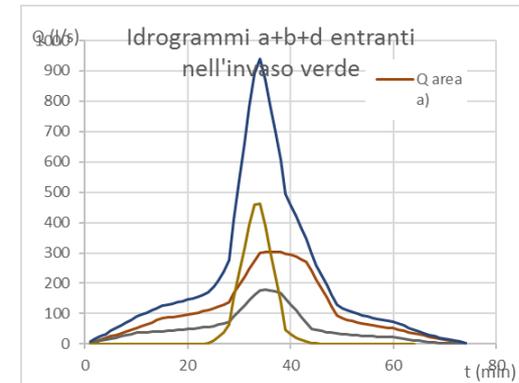
A.2. Idrogrammi di piena

Dati in ingresso: superficie S , coefficiente di deflusso φ , tempo di corrivazione t_c , tipo di suolo (se superficie filtrante), letogramma

Per i sottobacini *a) tetti e terrazzi* e *b) viabilità interna pedonale o ciclabile* e *c) viabilità e parcheggi per autoveicoli* gli idrogrammi vengono calcolati per ogni sottobacino tramite trasformazione afflussi-deflussi, in funzione del tempo di corrivazione assegnato ai rami, e del coefficiente di deflusso

Per il sottobacino *d) aree a verde* si applica il modello di Horton:

tipo di suolo: C (classificazione SCS)
 f_0 : 125 mm/h
 f_c : 6,3 mm/h
 k : 2 h^{-1}



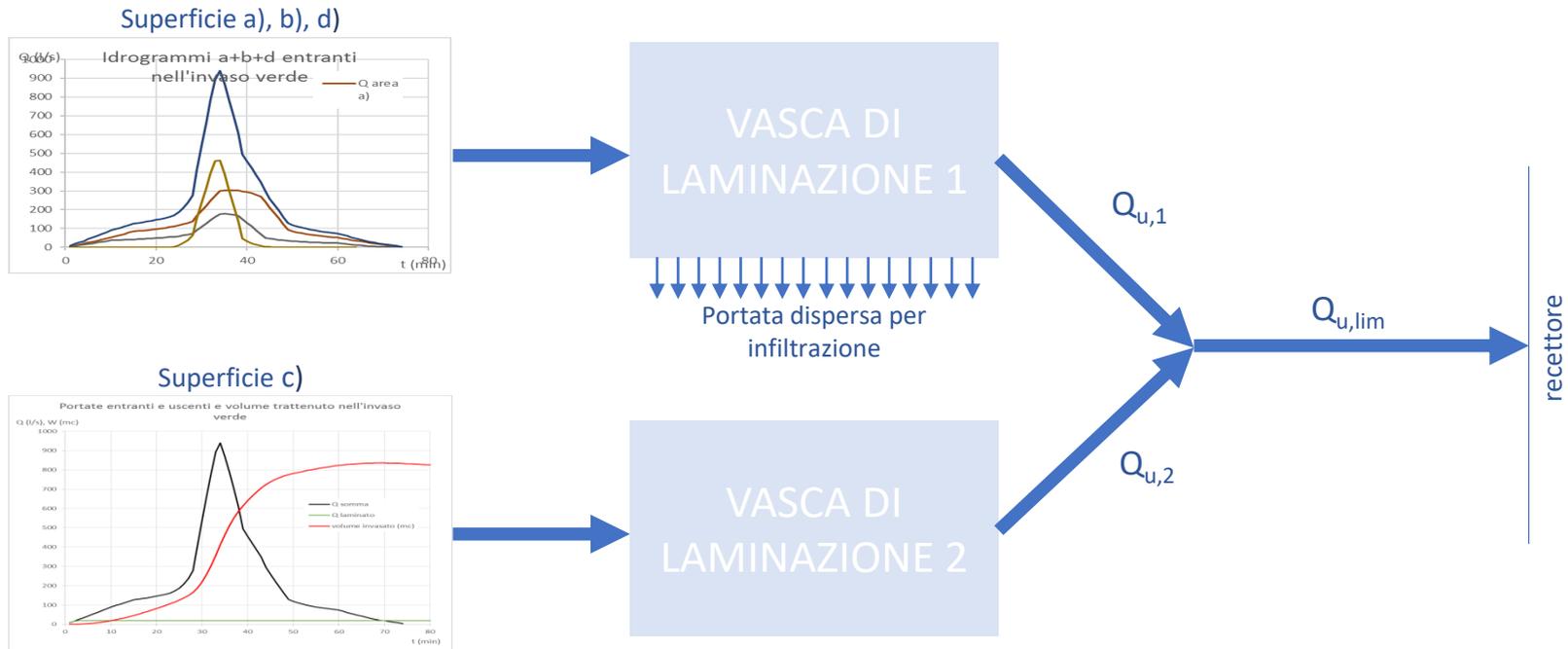
CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata

A.3. Risoluzione delle equazioni di continuità

Dati in ingresso: idrogrammi in ingresso, portata limite di scarico $Q_{u,lim}$, tipo di suolo e permeabilità (per le superfici disperdenti)

Risoluzione delle equazioni di continuità per il calcolo del volume di laminazione W necessario, ricorrendo eventualmente all'utilizzo di **MODELLI DI CALCOLO IDROLOGICI E IDRAULICI**

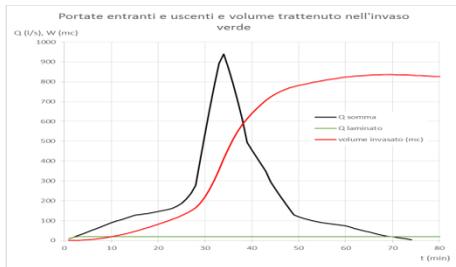
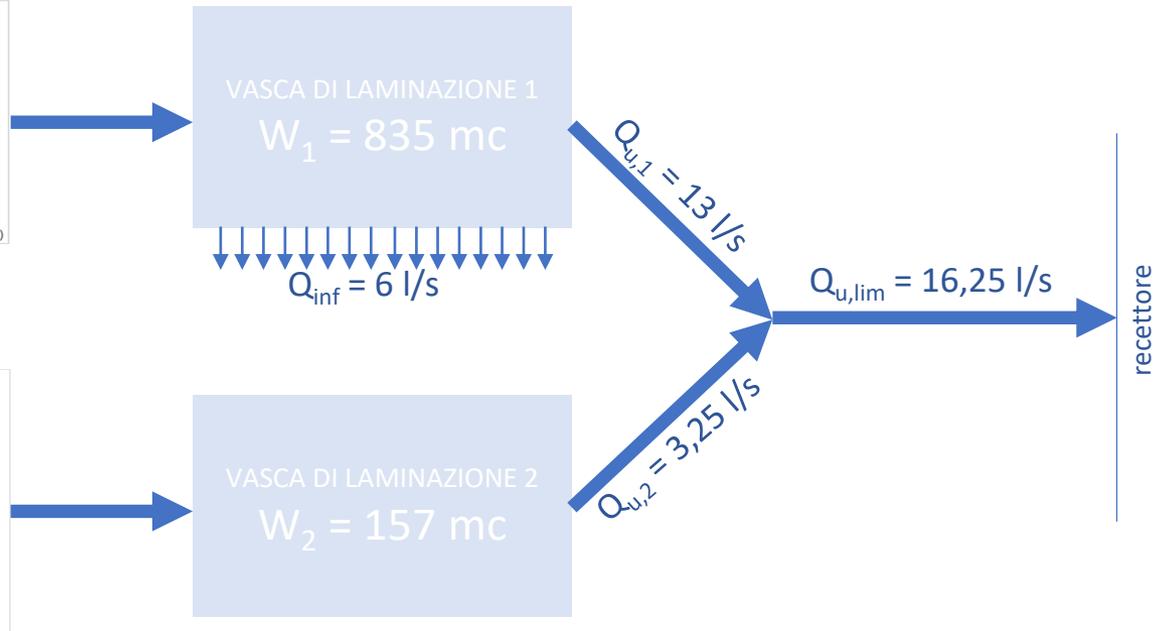
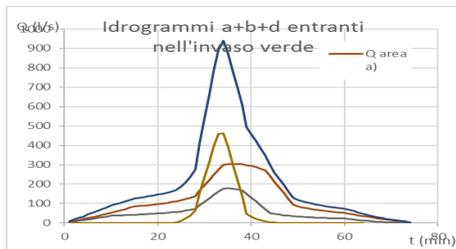


CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata

A.4. Risultati del calcolo

MODELLO DI CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO



CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 6: calcolo del volume di laminazione con la procedura dettagliata

A.5 Verifica del requisito minimo:

Requisito minimo per l'ambito territoriale A = 800 mc/ha_{imp}

Volume specifico per il caso in esame

$$w_0 = \frac{W_1 + W_2}{S \cdot \varphi} = \frac{835 + 157}{2,5 \cdot 0,65} = 610 \frac{mc}{ha_{imp}} < 800$$

Il requisito minimo non è soddisfatto.

È quindi necessario adottare per il progetto della vasca di laminazione il valore di:

$$W_1 + W_2 = 800 \cdot 2,5 \cdot 0,65 = 1200 mc$$

da suddividere tra le due vasche.

CASO 3: nuovo comprensorio di lottizzazione residenziale

STEP 7: definizione della tipologia di vaso di laminazione e di organo di regolazione

STEP 8: calcolo del tempo di svuotamento (non deve superare le 48 ore)

$$t_s = \frac{W_0}{Q_{u,lim} + Q_{inf}} = \frac{1200 \text{ mc}}{(16,25 + 6) \text{ l/s}} = 20,5 \text{ h} < 48$$

STEP 9: verifica del sistema con $T_R = 100$ anni

Tipologie costruttive delle opere di gestione del drenaggio urbano



SISTEMI NATURALI SOSTENIBILI PER ACQUE DI DILAVAMENTO URBANO (SUDS)



Area di ritenzione vegetata, porto di Seattle, WA, USA



Wetland e stagno in area industriale



SUDS per un parcheggio, Portland, Oregon, USA



Trincea filtrante – Western Harbour, Malmö



Piccolo stagno e zona umida, Malmö, Svezia



Rain garden – Portland, Oregon, USA

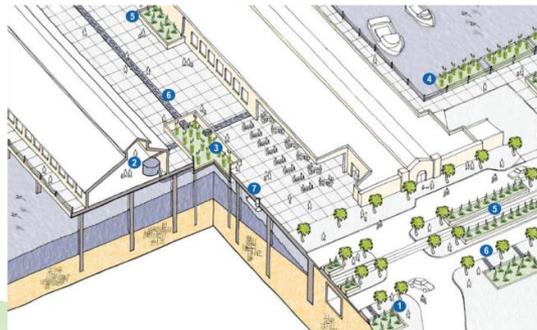


Canale vegetato in area urbana, Zurigo, Svizzera

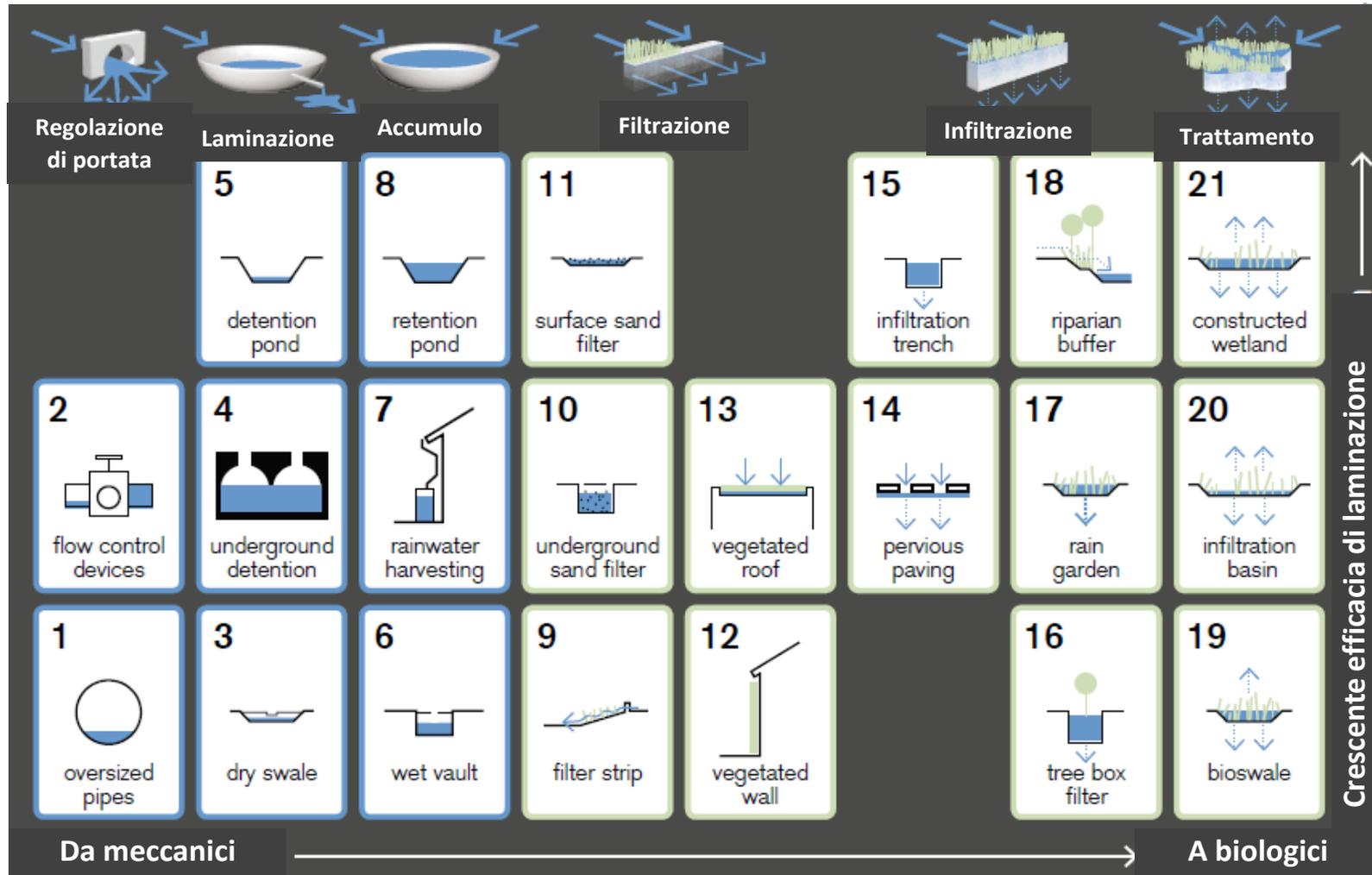


Raccolta acque meteoriche e giochi d'acqua
Postdammer Platz – Berlino, Germania

- 1 Rain garden
- 2 Sistema per recupero acque dei tetti
- 3 Stagno di ritenzione
- 4 Bio-isole vegetate
- 5 Fascie tampone
- 6 Trincee filtranti
- 7 Moduli filtranti



TIPOLOGIE COSTRUTTIVE DELLE OPERE DI GESTIONE DEL DRENAGGIO URBANO



Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center) modificato

1



oversized
pipes

SISTEMI DI REGOLAZIONE DELLE PORTATE

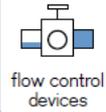
Condotte sovradimensionate

- Funzione di laminazione delle portate
- Utilizzabile nei casi in cui non è possibile ricorrere alla sola infiltrazione
- Richiede periodiche operazioni di pulizia del materiale accumulato



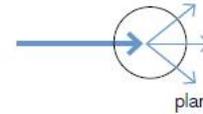
Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas
(University of Arkansas Community Design Center)

2 SISTEMI DI REGOLAZIONE DELLE PORTATE

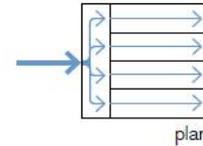


Manufatti di regolazione dello scarico

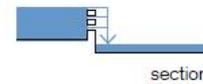
- Funzione di limitazione della portata scaricata
- Vanno accuratamente scelti in base alla portata che si vuole far defluire verso valle (per portate basse è necessario valutare l'ipotesi del sollevamento)
- Richiede frequenti operazioni di pulizia del materiale accumulato



flow splitter
self-activating flow control device in either a manhole or catch basin for restricting or redistributing site runoff to meet the pre-development rate



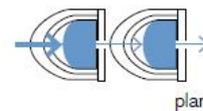
level spreader and rock swale
level spreaders and rock swales convert concentrated runoff, typically from stormwater pipe outlets, into sheet flow



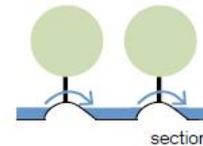
permeable weir
typically constructed from treated lumber, with spaces between each timber to provide slow passage of stormwater through long, narrow openings



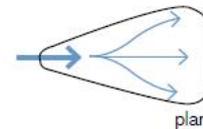
curb
street curbs typically line street edges; however, they can be cut and shaped to allow for water passage into a LID facility *Curb Alternatives* pp. 96-97



check dam
small dams constructed across a ditch or swale to slow and temporarily hold water during larger storm events



tree mound
trees planted on mounds within a swale, bioswale, or ditch can act as natural check dams, attenuating stormwater flow



splash block and riprap
splash blocks and riprap absorb the energy from concentrated runoff caused by rain leaders and pipes

Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center) modificato

3

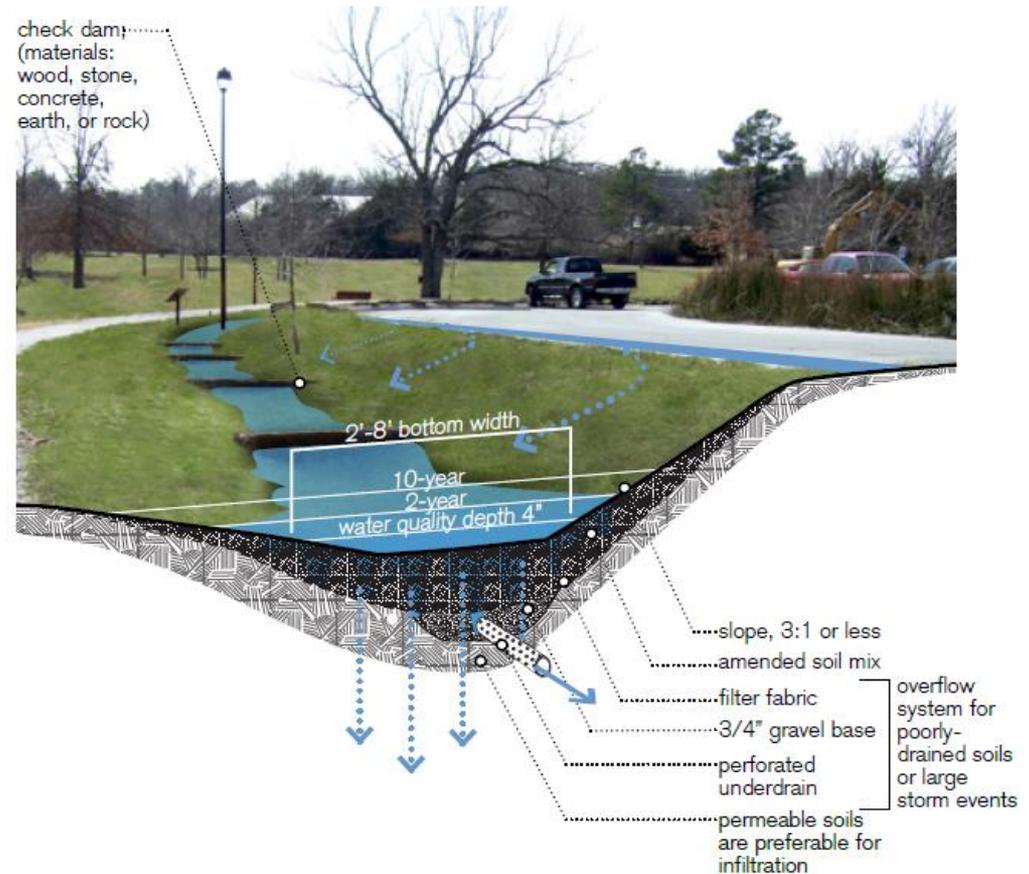
SISTEMI DI LAMINAZIONE

Fossi disperdenti



dry swale

- Funzione di laminazione e infiltrazione
- Funzione di miglioramento della qualità delle acque
- Consente laminazione di volumi generalmente modesti
- Favorisce la creazione di ecosistemi
- Richiede manutenzione del verde e verifica di eventuale erosione delle sponde



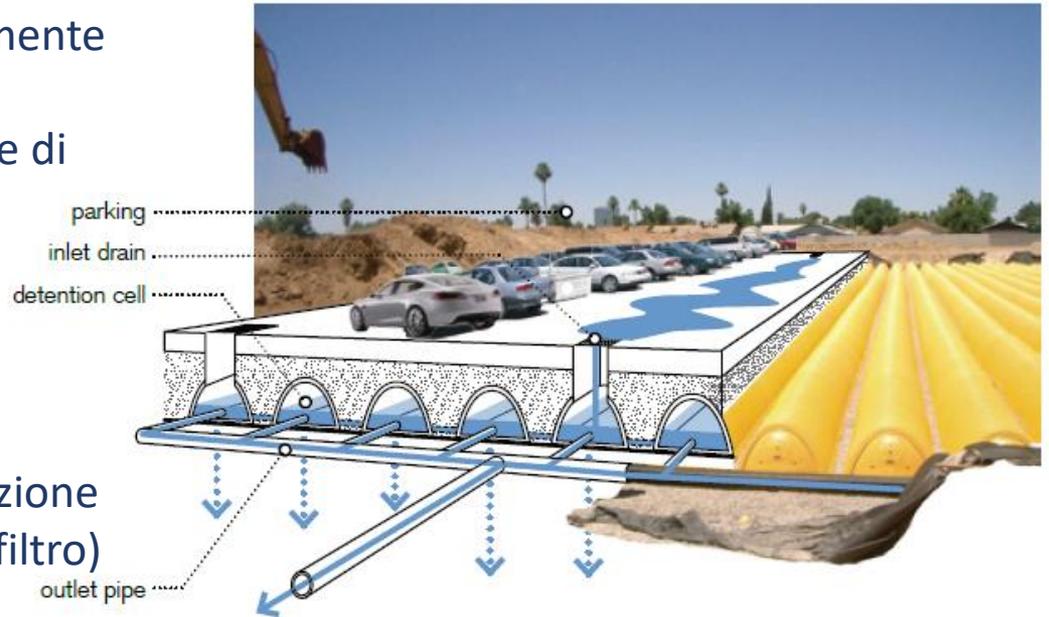
Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center) modificato



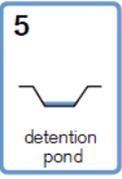
SISTEMI DI LAMINAZIONE

Vasche prefabbricate disperdenti

- Funzione di laminazione e eventualmente di infiltrazione
- Ampio utilizzo per laminazione acque di parcheggi
- Consente laminazione di volumi significativi
- Favorisce la sedimentazione di solidi sospesi
- Richiede pulizia del fondo (manutenzione ridotta se a monte è posizionato un filtro)



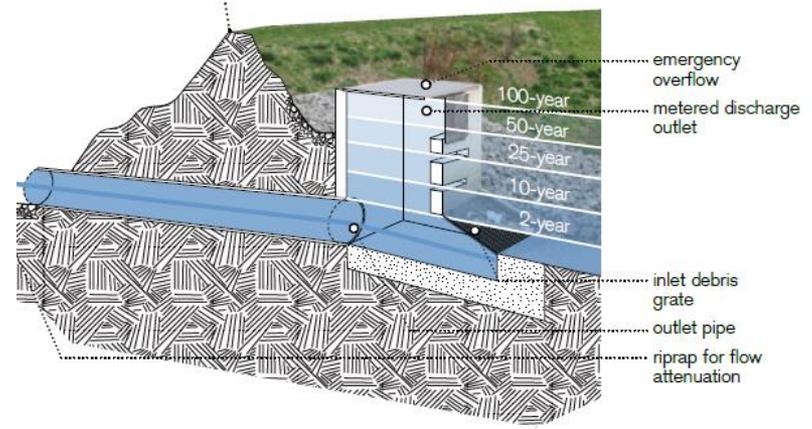
Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center) modificato



SISTEMI DI LAMINAZIONE

Bacino di laminazione

- Funzione di laminazione e eventualmente di infiltrazione
- Consente laminazione di volumi significativi
- Favorisce la sedimentazione di solidi sospesi
- Richiede periodica pulizia del fondo



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

6

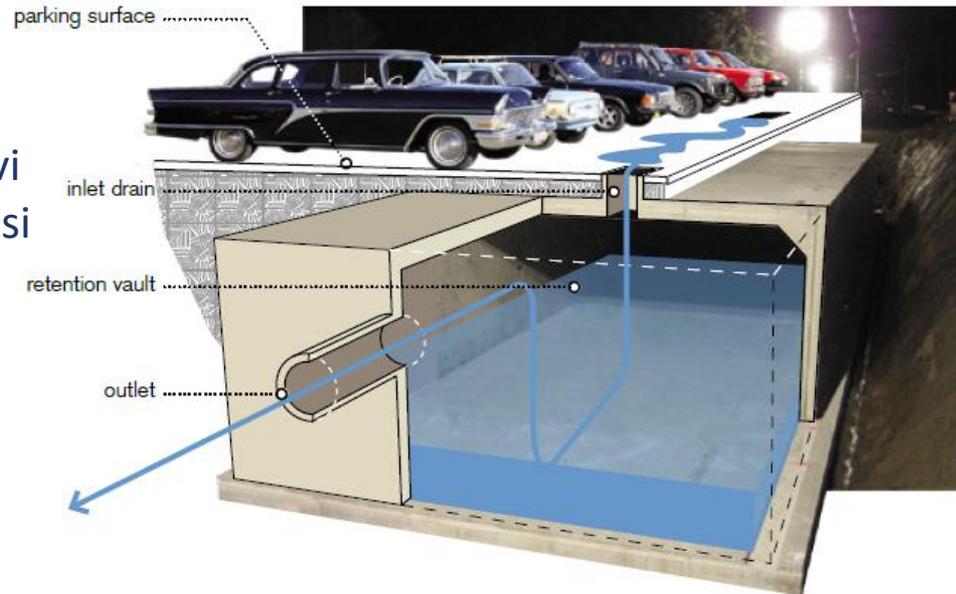
SISTEMI DI LAMINAZIONE

Vasca volano interrata

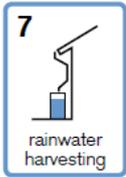


wet vault

- Funzione di laminazione
- Consente laminazione di volumi significativi
- Favorisce la sedimentazione di solidi sospesi
- Richiede periodica pulizia del fondo ed è auspicabile l'installazione di un sistema di lavaggio



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)



7 SISTEMI DI ACCUMULO

Serbatoi di accumulo di acque piovane

- Funzione prevalente di accumulo per riutilizzo
- Generalmente usato per tetti o coperture (modesti volumi)
- Intercetta le acque meteoriche direttamente alla fonte



rain barrel
 typically a 50-gallon barrel that can be utilized at each downspout of a building



slim tank
 a slim tank provides smaller storage facilities that can be distributed around the building



plastic, fiberglass, metal, or wood cistern
 most common means of rainwater storage and typically used in above grade applications



precast ferrocement septic tank
 cement septic tank used instead for rainwater harvesting and can be installed below grade or above the ground



bladder tank
 bladders do not require structure and can be placed in any location, thus are an affordable and attractive alternative to other fixed tank systems

Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

8

SISTEMI DI ACCUMULO

Bacini di accumulo e laminazione

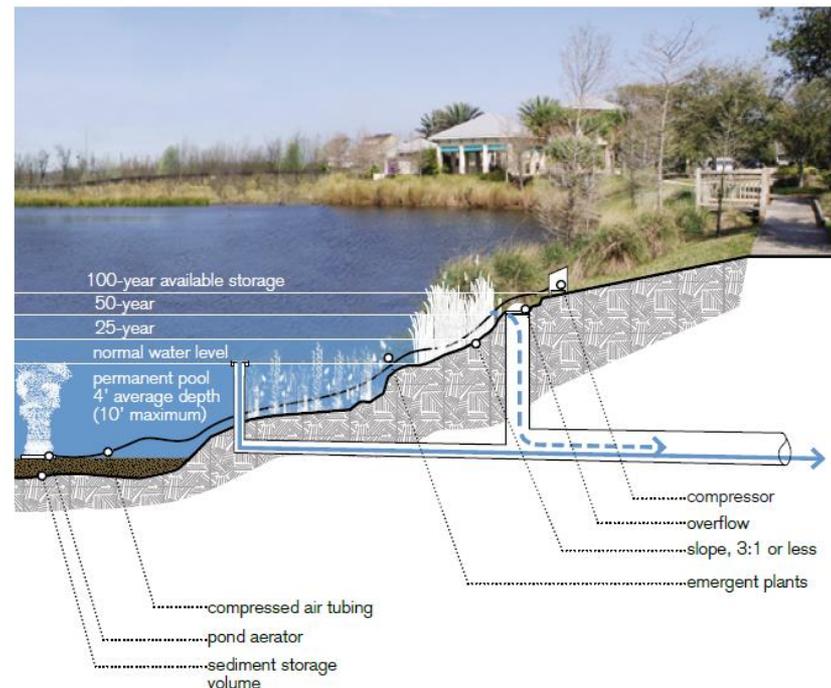


retention
pond

- Funzione prevalente di accumulo e laminazione. Per avere anche funzione di laminazione deve essere sovradimensionato in modo da avere sempre un volume libero pari ad almeno il volume richiesto per la riduzione delle portate al picco



Bacino di accumulo con funzione di vasca volano di Gorla Maggiore (progetto IRIDRA S.r.l. – Studio Majone Ing. Ass.)



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

9

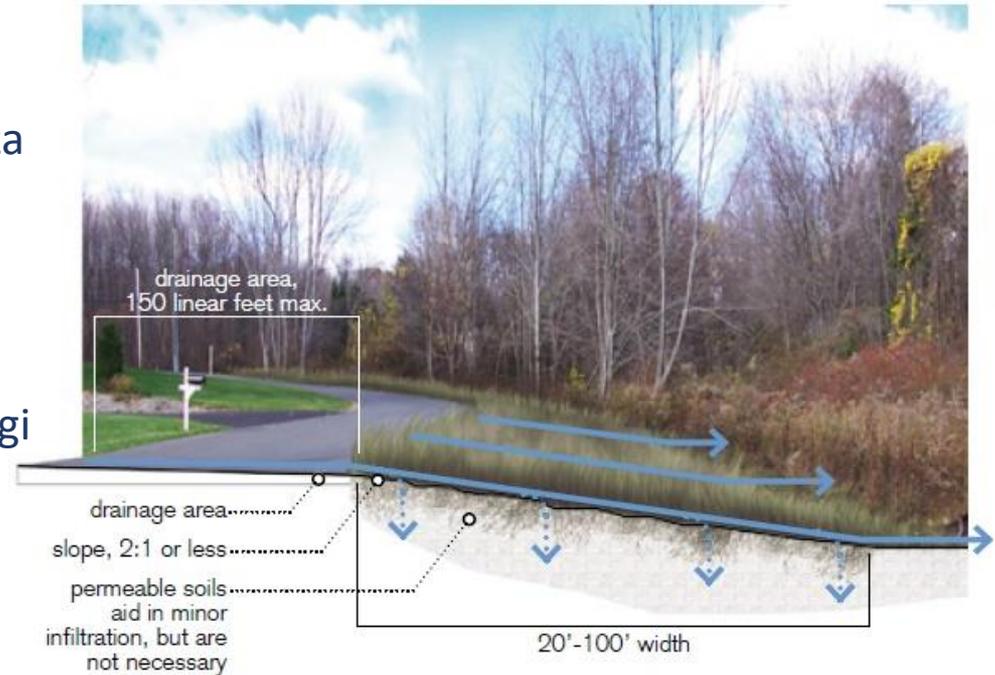
SISTEMI DI FILTRAZIONE

Fascia filtro



filter strip

- Fascia inerbita o vegetata con pendenza modesta che convoglia le acque di drenaggio verso fossi attenuando l'energia del deflusso e trattenendo i sedimenti
- Spesso usato a bordo strada e parcheggi



Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

10

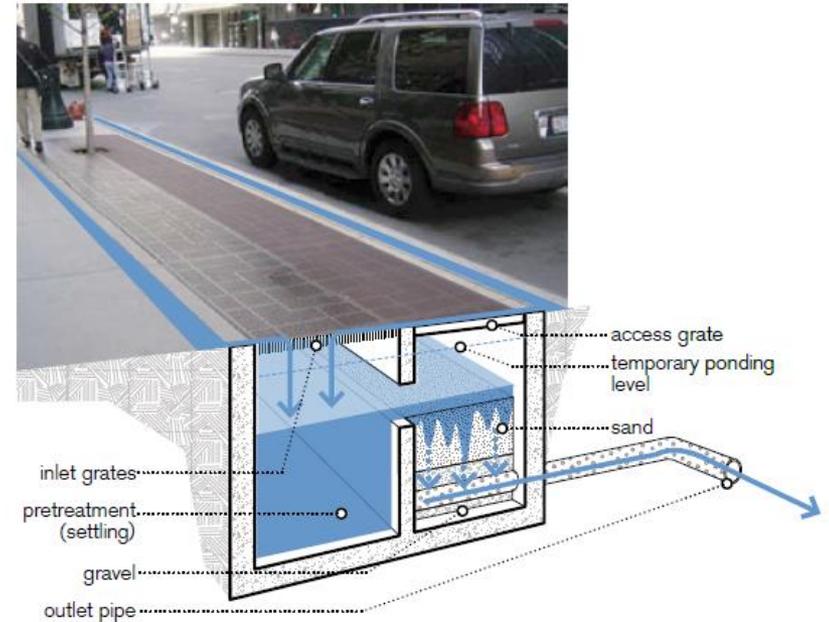
SISTEMI DI FILTRAZIONE

Filtro a sabbia interrato



underground
sand filter

- Filtro a sabbia con funzione di filtrazione e accumulo di acque di prima pioggia
- Rimozione di inquinanti e sedimenti



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

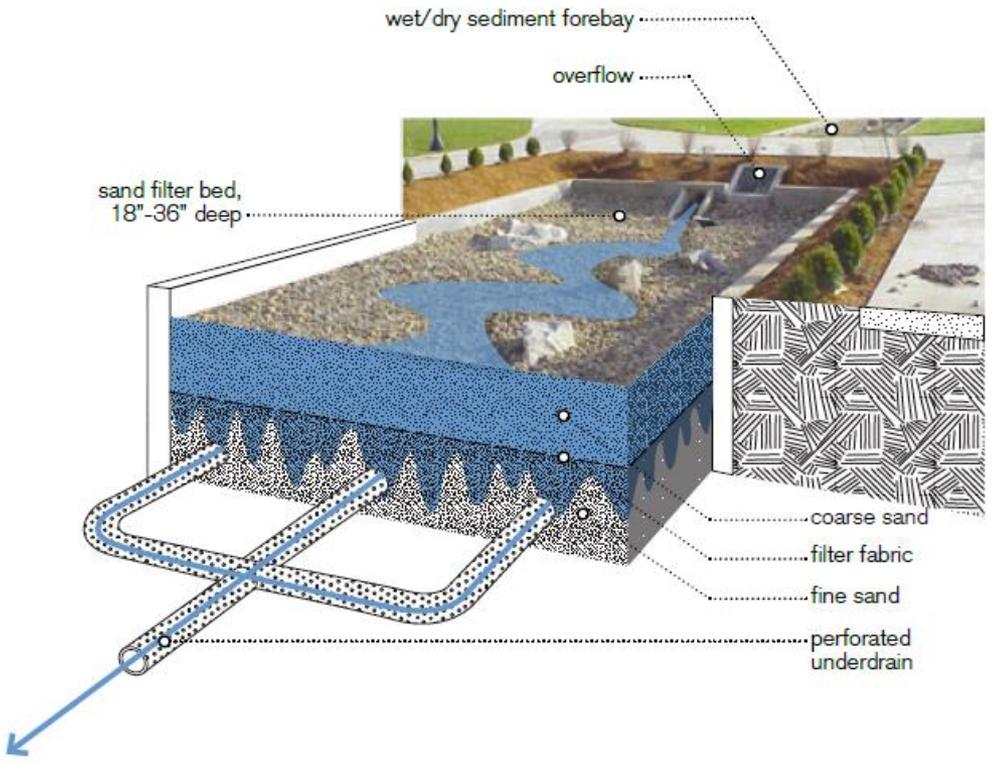
11

SISTEMI DI FILTRAZIONE

Filtro a sabbia a cielo aperto

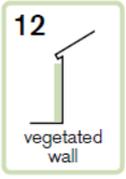


- Filtro a sabbia con funzione di filtrazione e accumulo di acque di prima pioggia
- Rimozione di inquinanti e sedimenti
- Richiede corretto dimensionamento del filtro per evitare fenomeni di clogging



Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center) modificato

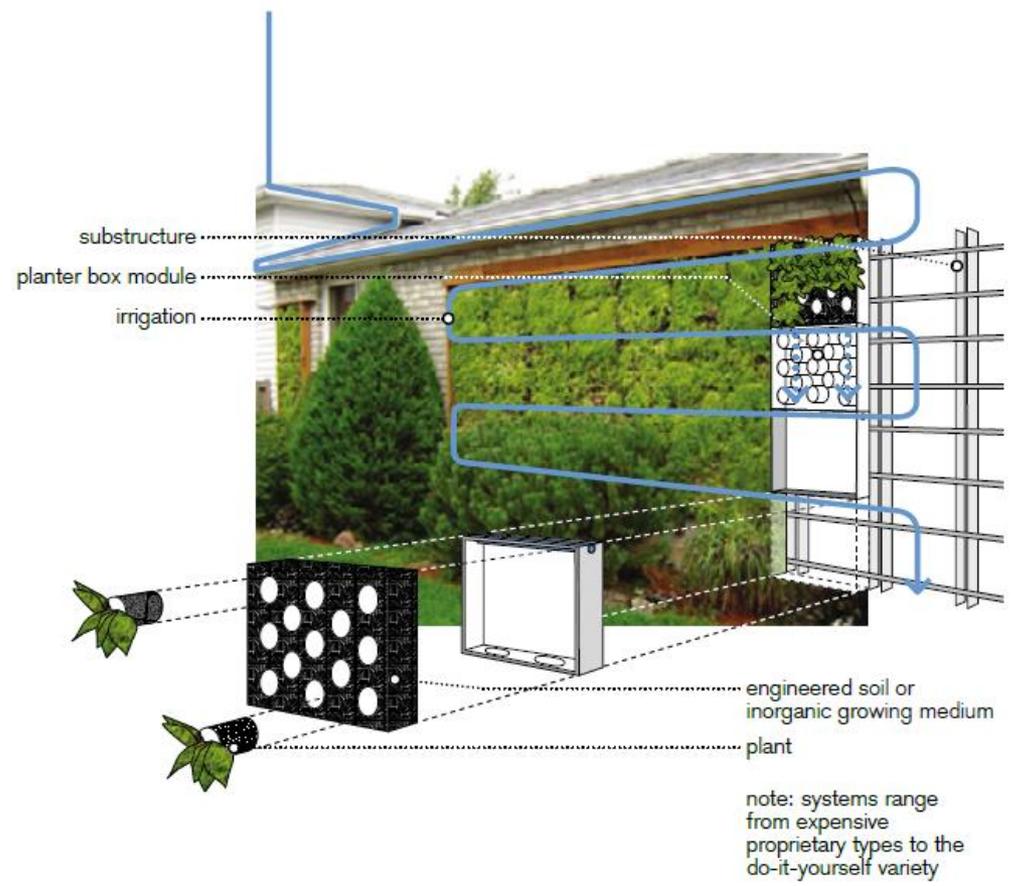




SISTEMI DI REGOLAZIONE DELLE PORTATE

Pareti vegetate

- Effetti prevalenti sulla regolazione di temperatura dell'edificio e di scarsa rilevanza sulla gestione delle acque meteoriche

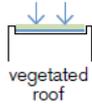


Fonte: LID Low Impact Development -a design manualfor urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

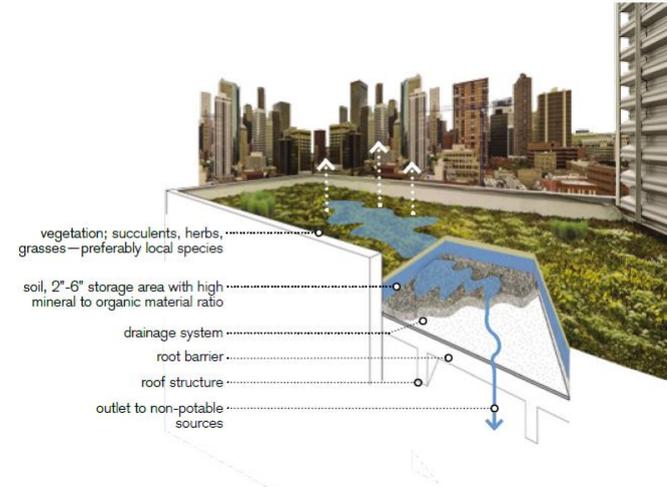
13

SISTEMI DI FILTRAZIONE

Tetti verdi



- funzione di filtrazione e accumulo di acque
- Funzione di termo regolazione
- Consente il trattenimento di sedimenti e inquinanti



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center) modificato



14

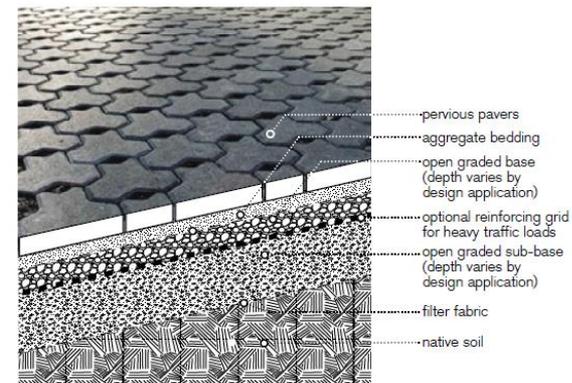
SISTEMI DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE

Parcheggi drenanti

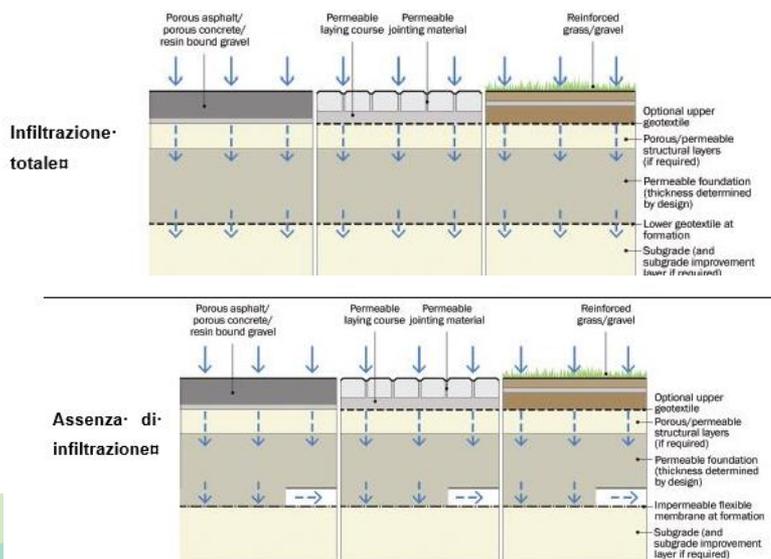


pervious paving

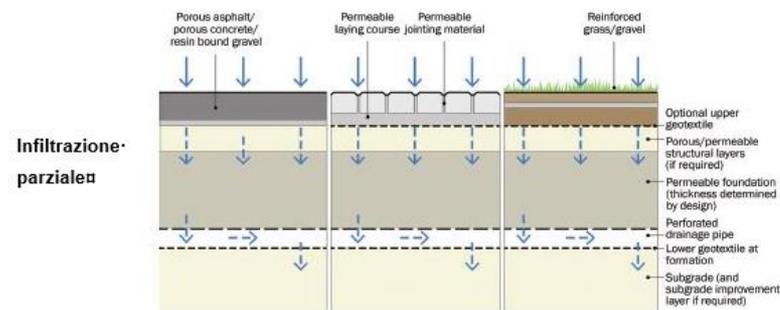
- funzione di infiltrazione filtrazione e accumulo di acque
- Particolarmente indicato per i parcheggi
- Necessaria manutenzione per ridurre i rischi di fenomeno di clogging
- Attenzione nelle operazioni di manutenzione stradale per non danneggiare il sistema
- Il substrato può essere sia filtrante che impermeabilizzato



pervious surface materials



Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)



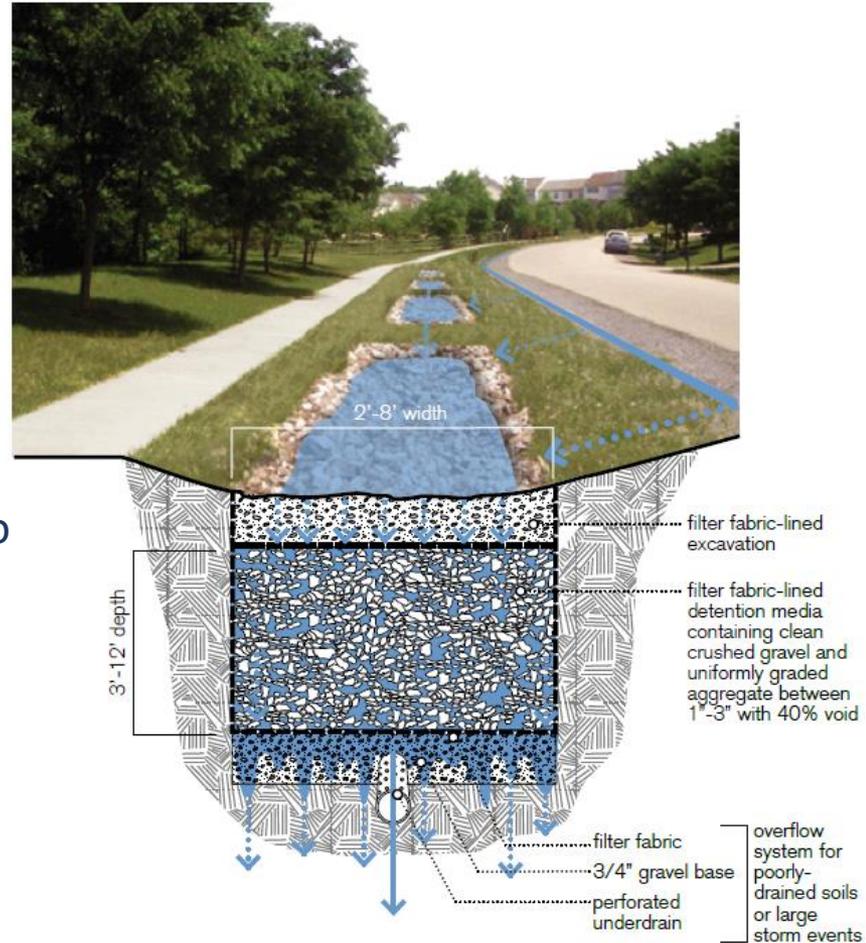
15

SISTEMI DI INFILTRAZIONE

Trincee infiltranti



- Funzione di laminazione e infiltrazione
- Funzione di miglioramento della qualità delle acque
- Consente laminazione di volumi generalmente modesti
- Richiede meno manutenzione se accoppiate a strutture di pretrattamento a monte

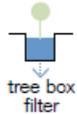


Fonte: LID Low Impact Development - a design manual for urban areas
(University of Arkansas Community Design Center)

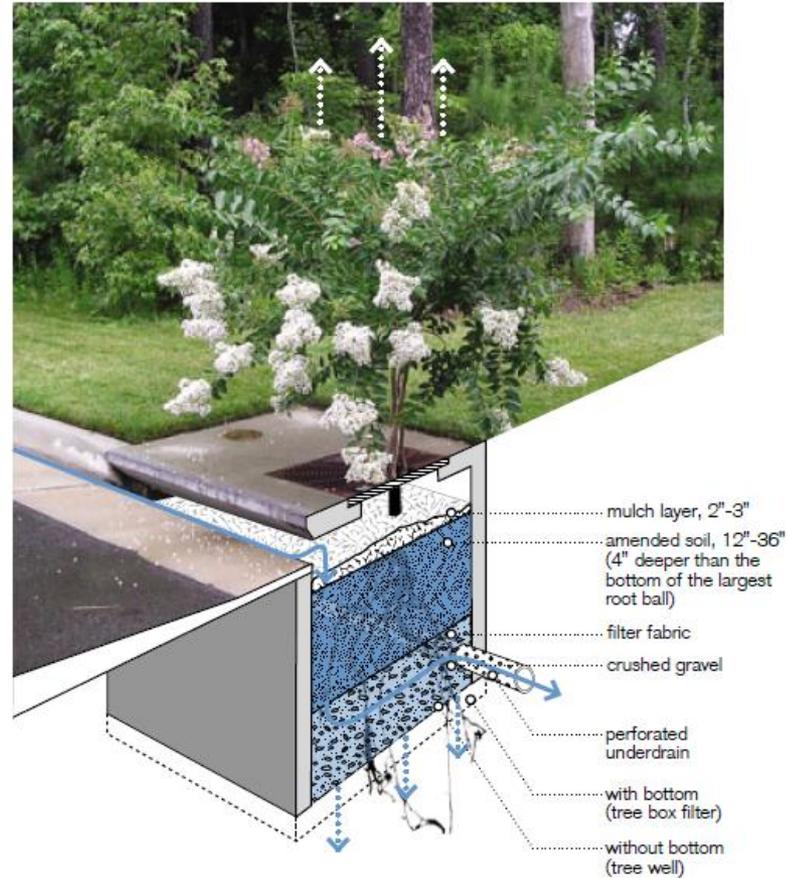
16

SISTEMI DI INFILTRAZIONE

Tree box filter



- Funzione di infiltrazione
- Funzione di miglioramento della qualità delle acque
- Richiedono manutenzione (vita della pianta =5/10 anni)



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

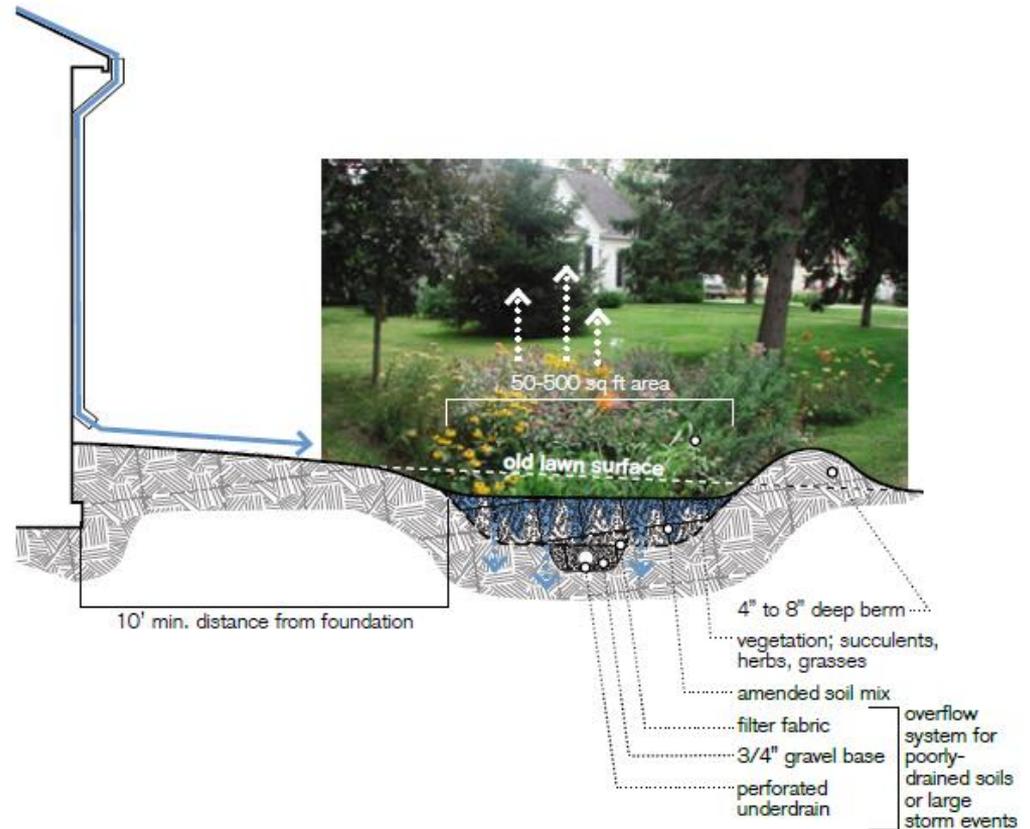
17

SISTEMI DI INFILTRAZIONE

Rain garden



- Funzione di infiltrazione
- Funzione di miglioramento della qualità delle acque
- Da realizzare a una distanza minima di 3 m da edifici per prevenire infiltrazioni vicino alle fondazioni e lontano da grandi alberi per favorire l'esposizione alla luce solare



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

18

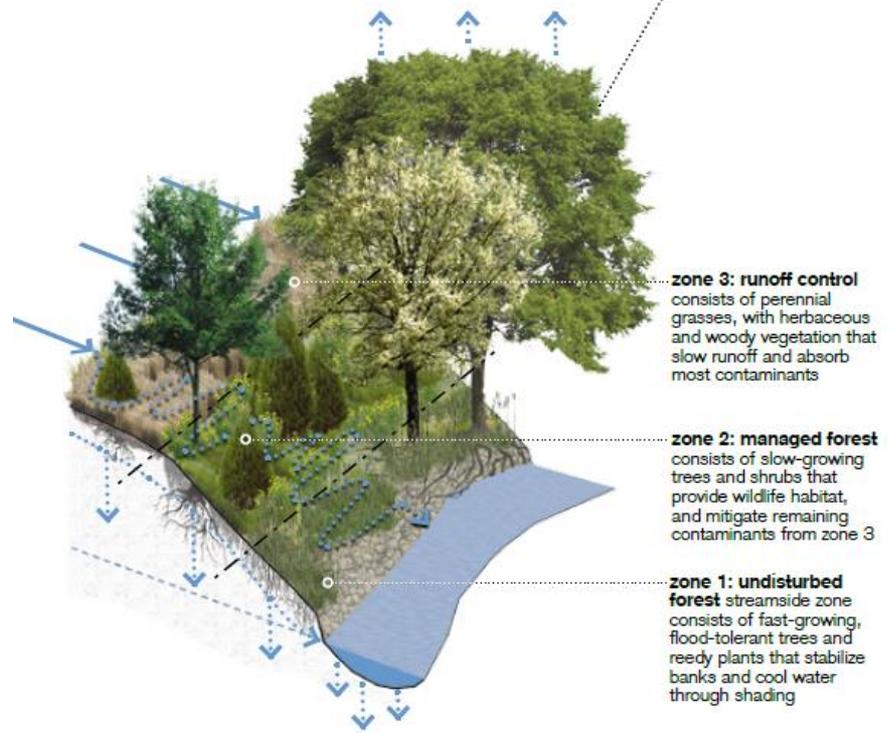


riparian
buffer

SISTEMI DI INFILTRAZIONE

Fascia di vegetazione riparia

- Funzione di infiltrazione
- Funzione di miglioramento della qualità delle acque
- Stabilizzano le sponde del corso d'acqua, prevenendo erosioni
- Favoriscono la vita acquatica
- Richiedono manutenzione se in prossimità di aree urbane



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)



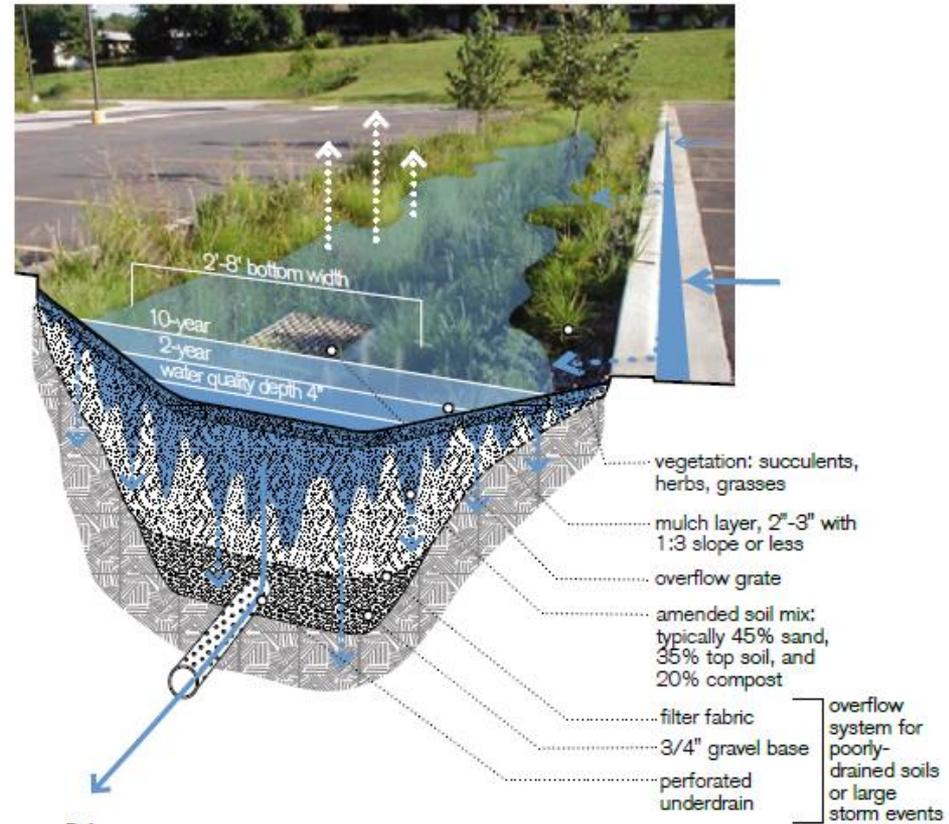
19

SISTEMI DI TRATTAMENTO

Bioswale



- Funzione di trattamento e trasporto
- Riducono i costi relativi alla realizzazione delle tradizionali infrastrutture di trasporto
- Posizionati lungo strade e parcheggi
- Possono necessitare di un filtro drenante per aumentarne la permeabilità

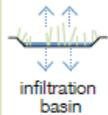


Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)

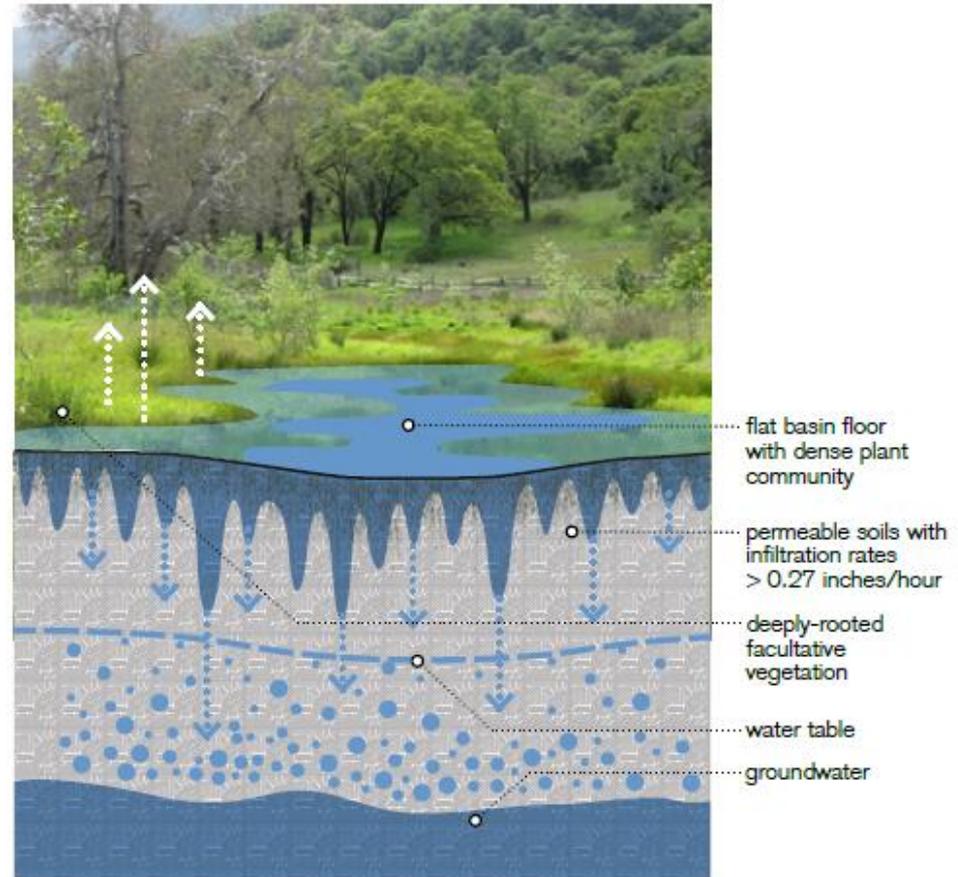
20

SISTEMI DI TRATTAMENTO

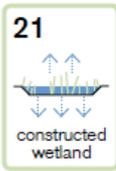
Bacini di infiltrazione



- Funzione di trattamento e infiltrazione
- Possono essere accoppiati a vegetazione per favorire il trattamento delle acque
- A servizio di ampie aree
- Realizzabili in aree con terreni permeabili
- Necessitano di manutenzione e/o sistemi di pretrattamento a monte che evitino il deposito di sedimenti sul fondo
- Richiedono meno manutenzione col crescere della vegetazione



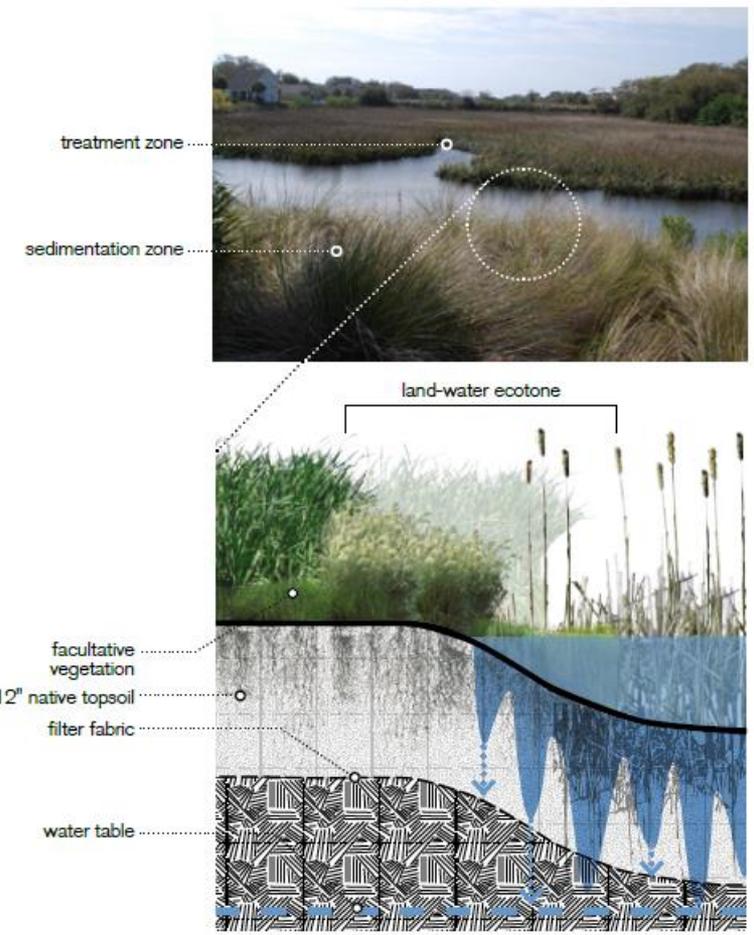
Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)



SISTEMI DI TRATTAMENTO

Zone umide

- Funzione di trattamento e anche di laminazione
- Favoriscono la crescita di ecosistemi
- Richiedono ampi spazi per permettere profondità basse
- Necessitano di manutenzione e/o sistemi di pretrattamento a monte che evitino il deposito di sedimenti sul fondo



Fonte: LID Low Impact Development -a design manual for urban areas (University of Arkansas Community Design Center)



ESEMPI DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO

Key

- 1 Filter strip and retention pond within residential square
- 2 Permeable paving within residential streets/mews
- 3 Roadside bioretention tree pits
- 4 Grass/permeable surfaces within residential square
- 5 Green roofs
- 6 Roof gardens
- 7 Rainwater collection from roofs in fire rain gardens/ water basins

- 1 Urban square with permeable paving
- 2 Retention pond with integrated seating
- 3 Rill within pedestrianised shopping street
- 4 Brown roofs within town centre
- 5 Planted road-side bioretention strips
- 6 Detention basin/infiltration trench
- 7 Green roofs
- 8 Segmented micro-wetland within courtyard
- 9 Filter strip and retention pond within residential square
- 10 Permeable paving within residential street/ mews
- 11 Road-side bioretention tree pits
- 12 Large, naturalised swale within green space
- 13 Wetland areas
- 14 Natural waterway
- 15 Rainwater butt



Figure 4.7
 SuDS in a medium density development setting

✓ Progettazione dei Suds integrata con la pianificazione edilizia

✓ Integrazione dei vari sistemi per il raggiungimento dell'obiettivo complessivo

Integration of SuDS into a development

SISTEMI NATURALI SOSTENIBILI PER ACQUE DI DILAVAMENTO URBANO (SUDS)



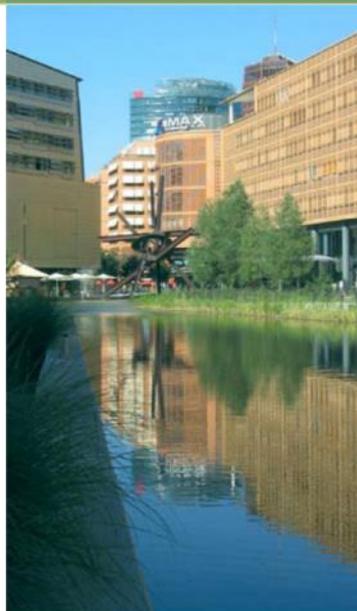
Area di ritenzione vegetata, porto di Seattle, WA, USA



Piccolo stagno e zona umida, Malmö, Svezia



Raccolta acque meteoriche e giochi d'acqua
Postdammer Platz – Berlino, Germania



Wetland e stagno in area industriale



SUDS per un parcheggio, Portland, Oregon, USA



Rain garden – Portland, Oregon, USA

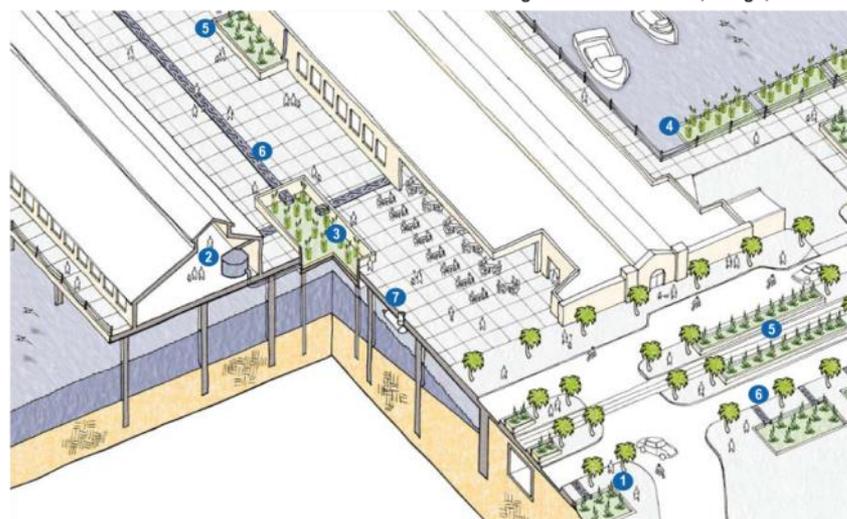


Trincea filtrante – Western Harbour, Malmö

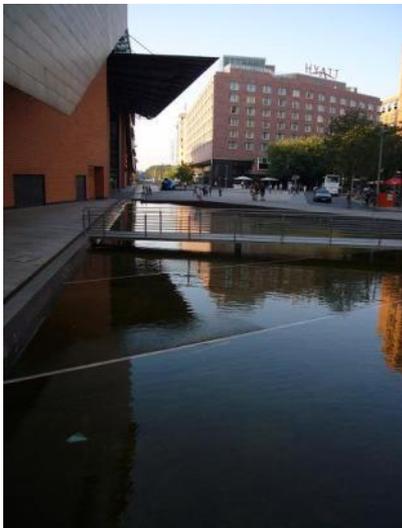


Canale vegetato in area urbana, Zurigo, Svizzera

- 1 Rain garden
- 2 Cisterna per recupero acque dei tetti
- 3 Stagno di ritenzione
- 4 Bio-isole vegetate
- 5 Fascie tampone
- 6 Trincee filtranti
- 7 Moduli filtranti



ESEMPI DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO



Berlino – Postdamer Platz – Vasca di accumulo e volano per acque di pioggia

ESEMPI DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO



Trincee e canali



“pond”



“rigolen”



ESEMPI DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO



Trincee filtranti applicate a strade e parcheggi

ESEMPI DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO



Ingresso acque meteoriche

1

Vegetazione

2

Zona di ristagno

3

Terreno vegetale

4

Medium di riempimento

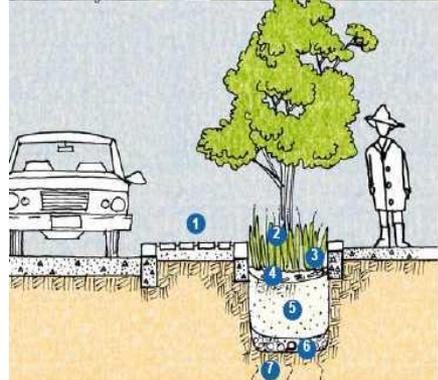
5

Drenaggio (se non si infiltra)

6

Infiltrazione

7

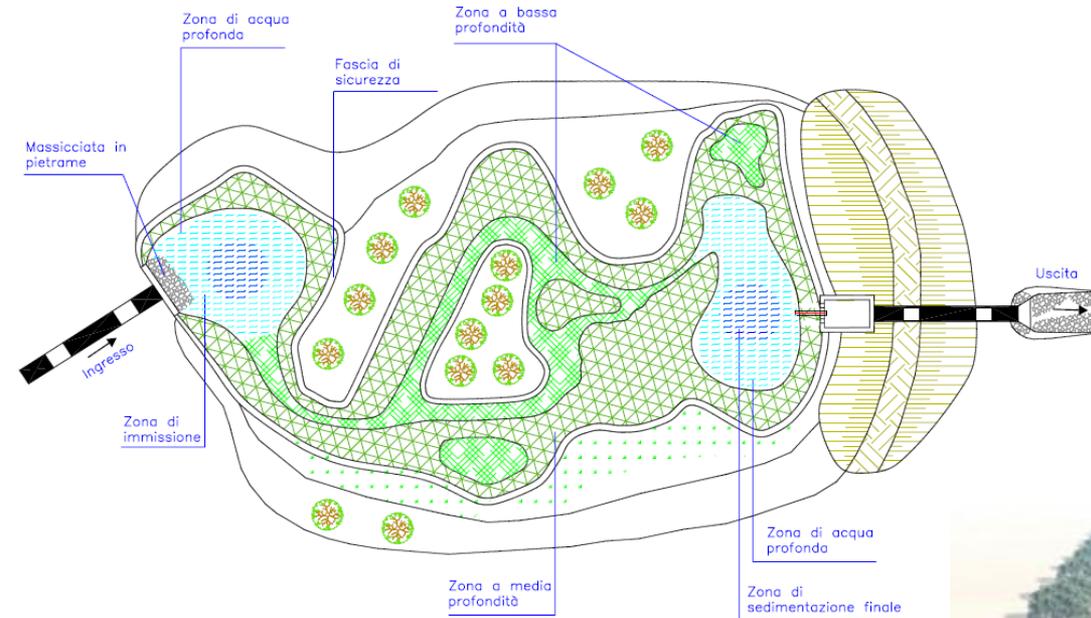


Aree di ritenzione vegetate



Stagni

ESEMPI DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN AMBITO URBANO



Los Angeles Wetland Park

Vasca volano fitodepurazione per trattamento acque di sfioro da fognatura mista con creazione di un nuovo parco (Parco dell'Acqua) *Progetto IRIDRA e Studio Majone Ing. Ass.*



Grazie per l'attenzione



Contatti:

Ing. Alessandro Balbo: balbo@studiomajone.it balbo@wisebenefit.it Cell. 339 - 50299997

Dott. Geol. Marco Cinotti: studio.geo.logo@gmail.com Cell. 348 - 6041326