

# Metodologia di calcolo per l'invarianza idraulica

## Relazione Tecnico Idraulica

(approvata con Delibera commissariale n. 51 del 23.02.2017)

A cura dell'Ufficio Macchine Impianti  
Reti e Concessioni

*Rev.1.0 21.02.2017*

## Sommario

1	Il Territorio.....	3
2	Riferimenti Normativi.....	3
3	Definizioni .....	6
3.1	Tipi di acque .....	6
3.1.1	Acque di scarico: .....	6
3.1.2	Acque inquinate (reflue): .....	7
3.1.3	Acque meteoriche (piovane):.....	7
3.1.4	Acque chiare: .....	7
3.1.5	Acque di infiltrazione.....	7
3.1.6	Acque di ritenzione.....	7
4	Il concetto dell'invarianza idraulica .....	8
5	Dimensionamento del sistema atto a garantire l'invarianza idraulica .....	10
5.1	Curva di Possibilità Pluviometrica.....	10
5.3	Tempo di corrivazione e Tempo di ritardo .....	17
5.4	Il Coefficiente Udometrico .....	19
	Algoritmo di calcolo .....	19
6	Istruzioni per l'infiltrazione e la ritenzione delle acque chiare e meteoriche dei fondi.....	22
7	Dimensionamento condotte di scarico .....	24
8	Schema costruttivo di trincea disperdente.....	25

## 1 Il Territorio

Il bacino idrografico del fiume Sarno, al pari di altre zone della Campania, è caratterizzato da un territorio ad elevata densità abitativa, nel quale i centri maggiori sono connessi da un tessuto praticamente continuo di agglomerati urbani di media e piccola dimensione. Tali aree hanno subito massicci processi di trasformazione antropica e produttiva che hanno progressivamente frantumato la continuità del vecchio ordinamento rurale, con una espansione urbana costituita da un enorme continuum di edificato, all'interno del quale sopravvivono paesaggi agrari ad elevata sensibilità ambientale, imponendo un potenziamento dei parametri di sicurezza idraulica.

A tal proposito, l'elaborazione dei dati ISTAT mostrano che dal 1998 al 2009 le aree urbanizzate e le superfici artificiali della Campania sono cresciute dell'8% circa, in linea con la media nazionale; ciò che stupisce, tuttavia, è che in soli 50 anni la superficie urbanizzata ed artificiale della Regionale sia passata dall'1,64% del territorio regionale al 7,44% (La sicurezza Idrogeologica ed Ambientale nella Pianura Campana, Cesbim, Quaderno n.1).

I dati sopra sintetizzati devono far riflettere sugli effetti che essi hanno sulle portate di piena. E' ben noto, infatti, che in un determinato bacino l'incremento delle aree impermeabili a discapito di quelle permeabili produce un aumento significativo delle portate di piena, sia per effetto della variazione del tempo di ritardo del bacino, sia per effetto dell'incremento del coefficiente di afflusso.

## 2 Riferimenti Normativi

Da qualche tempo, tuttavia, sembra che l'approccio alla gestione dei deflussi meteorici stia incontrando una rapida evoluzione, con l'emanazione di Direttive e Norme che impongono una maggiore attenzione per la difesa del suolo. Infatti, per frenare questa tendenza, il legislatore ha emanato una serie di norme i cui obiettivi sottesi sono:

- ✓ smaltire le acque delle zone edificate in modo più prossimo possibile allo stato naturale;

- ✓ limitare l'impermeabilizzazione del suolo;
- ✓ non canalizzare acque non inquinate;
- ✓ attuare la ritenzione per limitare le punte di deflusso

Il contenuto del presente studio riguarda la progettazione degli impianti di infiltrazione e ritenzione per lo smaltimento delle acque chiare e meteoriche dei fondi, e si basa sui seguenti riferimenti normativi Comunitari, Nazionali e Regionali:

- Direttiva Europea Quadro sulle Acque 2000/60/CE
- Decreto Legislativo n° 152 del 03/04/2006 “Norme in materia ambientale” e successive modifiche ed integrazioni;
- Legge 18 maggio 1989 n. 183, “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” integrata con la legge 253/90, con il decreto legge 398/93 convertito con la legge 493/93, con la legge 61/94, con la legge 584/94.
- Decreto Legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito, con modificazioni dalla Legge 3 agosto 1998 n. 267 “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania”.
- Legge Regionale n° 4 del 15/03/2011 “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale 2011 e pluriennale 2011-2013 della Regione Campania (Legge Finanziaria Regionale 2011)”;
- • Legge Regionale n° 8 del 29/07/2008 “Disciplina della ricerca ed utilizzazione delle acque minerali e termali, delle risorse geotermiche e delle acque di sorgente” e successive modifiche ed integrazioni;
- • Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania 9 aprile 2010, n° 10/2010 “Regolamento di attuazione della legge regionale 29 luglio 2008, n.8”;
- • Deliberazione 4 febbraio 1977 del Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento;

- • D.G.R.C. n. 1350 del 06 agosto 2006 “Decreto Legislativo n. 152/06 – Norme in materia ambientale – Piano di Tutela delle Acque – Disciplina scarichi categorie produttive assimilabili;
- • Ambito Territoriale Ottimale N.2 Napoli Volturno “Disciplinare approvato con D.C.d.A. dell’Ente d’Ambito n. 21 del 28.12.2006”;
- • Delibera Regione Campania n. 7494 del 29/12/2000.
- • Piano Regionale di Risanamento delle Acque di cui alla Deliberazione n. 114/6 del 30/11/1982 pubblicato sul BURC n. 10 del 01.02.1983
- l’art. 7 della L.R.C. n. 33 del 18/12/2012 prescrive quanto di seguito riportato:”La realizzazione di impianti serricoli nelle aree soggette a vincoli... è subordinata alla previa autorizzazione dell’autorità preposta alla tutela del vincolo e del Consorzio di Bonifica territorialmente competente per quanto concerne gli aspetti idraulici anche in assenza di specifiche prescrizioni degli strumenti urbanistici” ; in sintesi, il rilascio dell’autorizzazione per la realizzazione degli impianti serricoli è comunque subordinato ad una verifica idraulica, da parte del Consorzio di Bonifica territorialmente competente, della rete di raccolta prevista per le acque piovane in eccesso provenienti dalle serre aziendali, ossia ad una verifica della capacità delle tubazioni e dei fossi di raccolta aziendali ed extraziendali limitrofi di convogliare le acque di scolo senza recare danno a cose e fondi finitimi, per cui il nulla osta al montaggio degli impianti serricoli è assoggettato a quanto eventualmente prescritto dal Consorzio di Bonifica competente per territorio;
- l’art. 3 del “regolamento di attuazione delle norme per la realizzazione di impianti serricoli funzionali allo sviluppo delle attività agricole” di cui alle Leggi Regionali 24 marzo 1995 n8, 21 marzo 1996 n7, 22 novembre 2010 n13, 18 dicembre 2012 n33 e 6 maggio 2013 n5, per quanto riguarda la regimentazione delle acque meteoriche raccolte dalle coperture serricole, prescrive la necessità di opportuni interventi

compensativi atti a garantire condizioni di invarianza idraulica rispetto ai deflussi di piena;

- il medesimo articolo precisa anche che le opere realizzabili “per il deflusso e la raccolta delle acque meteoriche e di quelle eventualmente derivanti dall’esercizio degli impianti di cui all’art.3, comma 3, della L.R. n. 8 del 1995, sono grondaie, vasche di laminazione, vasche di raccolta, cisterne, bacini artificiali, pozzi perdenti, fosse di infiltrazione, stradoni drenanti ed ogni altra soluzione tecnica di scopo adottabile”;
- Piano Stralcio per la Tutela del suolo e delle risorse idriche Regione Campania, art. 14: *“Le nuove destinazioni e le trasformazioni di uso del suolo, non devono provocare incrementi del grado di riempimento dei sistemi di drenaggio naturale e/o artificiale di valle. Il dimensionamento dei sistemi di laminazione atti a contenere l’entità delle acque meteoriche scaricate nei corpi idrici superficiali deve essere effettuato con riferimento ad eventi meteorici aventi tempo di ritorno non inferiore a 20 anni. Al fine di ridurre l’apporto idrico in fognatura e garantire la ricarica della falda, le acque meteoriche provenienti dalle coperture delle nuove aree di espansione, dovranno preferibilmente essere smaltite negli strati superficiali del suolo. Le stesse acque o parte di esse potranno essere destinate al riuso”*

### 3 Definizioni

#### 3.1 Tipi di acque

##### 3.1.1 Acque di scarico:

Acque alterate dall’uso domestico, industriale, artigianale, acque meteoriche che defluiscono su superfici edificate o consolidate, acque chiare.

### 3.1.2 Acque inquinate (reflue):

Acque di scarico in grado di inquinare l'acqua in cui sono immesse, ossia che causano un'alterazione pregiudizievole delle proprietà fisiche, chimiche o biologiche dell'acqua.

### 3.1.3 Acque meteoriche (piovane):

Acque di scarico provenienti dalle superfici impermeabilizzate (tetti, strade, piazzali, ecc.) a seguito delle precipitazioni atmosferiche. Il grado d'insudiciamento delle acque meteoriche dipende essenzialmente dal tipo e dall'ubicazione della superficie da smaltire: le acque meteoriche provenienti dai tetti o da vie di comunicazione poco trafficate sono di regola considerate non inquinate;

### 3.1.4 Acque chiare:

Acque di scarico non inquinate e non meteoriche quali acque di raffreddamento, di climatizzazione, di pompe di calore, dei drenaggi, di scarico di fontane, di ruscelli, di sorgenti, di troppo pieno di serbatoi d'acqua potabile, ecc

### 3.1.5 Acque di infiltrazione

L'infiltrazione è il fenomeno fisico per il quale l'acqua presente sulla superficie del terreno penetra al suo interno. Questo movimento avviene sotto la spinta sia della forza gravitazionale che per capillarità. Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque, l'infiltrazione consiste nel lasciar defluire acque di scarico attraverso il suolo (infiltrazione superficiale o dispersione) o nella loro immissione direttamente nel sottosuolo (infiltrazione profonda).

### 3.1.6 Acque di ritenzione

La ritenzione consiste nel creare un volume di accumulo per le acque di scarico meteoriche, con lo scopo di regolarizzare i quantitativi smaltiti, riducendo i picchi di deflusso. La ritenzione non influisce sulle modalità di smaltimento delle acque (infiltrazione, scarico in ricettore o in canalizzazione), ma permette un'evacuazione controllate delle acque contribuendo così a evitare di sovraccaricare gli impianti di infiltrazione, i collettori o i ricettori.

#### 4 Il concetto dell'invarianza idraulica

Un bacino naturale presenta la caratteristica di lasciare infiltrare una certa quantità di acqua durante gli eventi di piena e di restituire i volumi che non si infiltrano in modo graduale. L'acqua ristagna nelle depressioni superficiali, segue percorsi articolati, si spande in aree normalmente non interessate dal deflusso ed in questo modo le piene hanno un colmo di portata relativamente modesto ed una durata delle portate più lunga. Quando un bacino subisce un intervento antropico (artificializzazione) i deflussi vengono canalizzati e le superfici regolarizzate. Si ha quindi una accelerazione del deflusso stesso con conseguente aumento dei picchi di piena e delle condizioni di rischio idraulico. L'impermeabilizzazione dei suoli determina un aumento dei volumi che scorrono in superficie, aggravando ulteriormente le possibili criticità.

Ogni intervento che provoca impermeabilizzazione dei suoli ed aumento della velocità di corrivazione deve essere associato ad azioni correttive volte a mitigarne gli effetti; tali azioni sono da rilevare essenzialmente nella realizzazione di volumi di invaso finalizzati alla laminazione; se la laminazione è attuata in modo da mantenere inalterati i colmi di piena prima e dopo la trasformazione, si parla di invarianza idraulica delle trasformazioni di uso del suolo (*Pistocchi, 2001*).

La L.R.M. n° 22 del 23 novembre 2001 introduce, con l'art. 10, il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio:

*“Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa”.*

E' importante sottolineare che la predisposizione dei volumi di invaso di laminazione – raccolta, di cui all'art. 13 della suddetta L.R.M. n° 22/2011, a compensazione delle impermeabilizzazioni, non è finalizzata a trattenere le acque di piena nel lotto, ma a mantenere inalterate le prestazioni complessive del bacino.

Il concetto di invarianza idraulica in definitiva presuppone la realizzazione, nelle aree che subiranno una perdita di permeabilità in seguito a trasformazioni

d'uso del suolo, di interventi il cui scopo è quello di mantenere invariata la portata superficiale defluente verso l'esterno.

Questo risultato si può ottenere agevolando l'infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso rispetto alle condizioni ante-trasformazione, oppure laminando le portate.

In quest'ultimo caso si opera praticamente realizzando vasche di accumulo temporaneo, la cui funzione è quella di trattenere l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici per rilasciarla quindi gradualmente con una portata prestabilita, non superiore a quella caratteristica dell'area ante-trasformazione.

Le tipologie di intervento per ottenere l'invarianza idraulica sono principalmente cinque:

- vasche di laminazione permeabili;
- vasche di laminazione impermeabili con scarico tarato;
- aree verdi ribassate;
- trincee di infiltrazione;
- pozzi disperdenti.

**Per tale motivo le strutture impermeabili di accumulo non sono considerate dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica, a meno che le stesse non siano dotate di un dispositivo per limitare la portata di scarico al valore ex-ante.**

In sintesi obiettivo dell'invarianza idraulica è richiedere, a chi propone una trasformazione di uso del suolo, di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

## 5 Dimensionamento del sistema atto a garantire l'invarianza idraulica

Al fine di facilitare l'attuazione degli interventi compensativi atti a garantire l'invarianza idraulica, l'Area tecnica dell'Ente ha formulato una procedura di calcolo per il corretto dimensionamento sulla base del modello idrologico che prevede l'uso del metodo delle sole piogge per la determinazione del volume critico di invaso e del modello geomorfoclimatico Va.Pi. per la stima delle portate onde determinare la sezione delle condotte (con i parametri validi per la zona omogenea definita "A2-Intermedia" coincidente con il bacino idrografico del Fiume Sarno e nella quale rientra il territorio consortile).

Tale modus operandi è conforme alle linee guida del Rapporto Va.Pi., nel quale viene ricordato che, in caso di utilizzo pratico della metodologia, "*... il Rapporto Campania si offre come utile strumento integrativo, ma non sostitutivo, di indagini idrologiche ad hoc*"<sup>1</sup>

### 5.1 Curva di Possibilità Pluviometrica

Considerata la modesta estensione dei bacini, si è preferito fare riferimento, per la determinazione delle portate influenti, agli scrosci ovvero alle piogge di durata inferiore all'ora.

La relazione che lega  $h$  con  $t$  è rappresentata in generale con un'espressione del tipo:  $h = a \times t^n$  la quale costituisce la curva di possibilità pluviometrica per un determinato tempo di ritorno  $T$  ed i cui parametri  $a > 0$  e  $0 < n < 1$  dipendono dal periodo di ritorno  $T$ .

Le curve di possibilità pluviometrica vengono ricavate elaborando con metodi statistici le serie storiche delle altezze di pioggia massime annuali per varie durate.

Dapprima si elaborano statisticamente i valori delle precipitazioni giornaliere ricavando, per il periodo di osservazione, i valori medi, minimi e

---

<sup>1</sup> pag.233 Valutazione delle Piene in Campania, F. Rossi & P. Villani – Presid.Consiglio dei Ministri, Dipart. Prot. Civile

massimi giornalieri, mensili e annuali nelle stazioni della rete. Successivamente si elaborano probabilisticamente i valori delle precipitazioni di notevole intensità ottenendo le relazioni che permettono di formulare previsioni sui valori particolarmente intensi, in funzione della durata dell'evento e per un prefissato tempo di ritorno.

Diventa così possibile determinare il legame che intercorre tra l'altezza della precipitazione verificatasi in una data stazione pluviometrica, la sua durata e la frequenza probabile con cui tale altezza può verificarsi, ovvero la funzione che è chiamata curva di possibilità pluviometrica.

L'Ufficio, sulla base dei dati relativi alle stazioni pluviografiche presenti sul territorio, forniti dal Cesbim, ha effettuato una computazione in funzione della variabile regolarizzata di Gumbel per periodi di ritorno di T=20 anni, T=50 anni, T=100 anni e T=200 anni, ottenendo quanto riportato nell'allegato B della presente relazione.

Note le serie storiche di pioggia si ricavano i parametri a,n con il metodo dei minimi quadrati come dettagliatamente mostrato nell'**Allegato A**.

La necessità di ricavare le **Curve di Possibilità Pluviometrica** è dettata anche dal fatto che, una volta calcolato il valore medio su base annuale della massima altezza di pioggia, la stima della valutazione dell'intensità di precipitazione deve essere considerata semplicemente un valore medio e caratteristico del sito, non adatto a descrivere e/o a prevedere eventi eccezionali per i quali invece è necessario l'individuazione della CPP, con la scelta della pioggia di progetto ed andando a stabilire la durata della pioggia ed il tempo di ritorno, passando attraverso metodi statistici che assicurano l'utilizzo di un dato rappresentativo e significativo per il tempo di ritorno considerato.

La stessa funzione probabilistica serve anche per la valutazione del volume di invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica unitamente alle caratteristiche di permeabilità della superficie drenante ed alla eventuale portata massima, supposta costante, imposta in uscita dal sistema, sulla base di quello che in letteratura è conosciuto con il nome di "*Metodo delle sole piogge*".

## 5.2 Metodo delle sole piogge

Questo metodo, che generalmente fornisce una valutazione per eccesso, e quindi cautelativa, del volume di invaso, consiste nel confrontare le curve cumulate delle portate entranti ed uscenti dall'invaso ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante (effettivamente è quello che avviene nel caso di piccole superfici impermeabili, dove pioggia lorda e pioggia netta coincidono).

Si parte dal presupposto che contemporaneamente all'inizio dell'evento meteorico si abbia la massima portata di deflusso. Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema di invaso siano sovrastimate, e di conseguenza, qualora si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno cautelativi.

Per la stima di questi ultimi, si effettua un confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante.

Occorre pertanto valutare la pioggia di progetto, intendendo con ciò l'evento di pioggia massimo che il sistema deve sopportare, in corrispondenza del più gravoso eccesso d'acqua che il sistema stesso deve tenere sotto controllo (da qui il nome di Metodo Piogge).

In termini sintetici:

**Valutazione invaso = funzione (curva di possibilità pluviometrica, coefficiente di deflusso, scarico imposto all'uscita)**

A tale scopo è fondamentale la determinazione della precipitazione efficace ottenuta con il metodo del coefficiente di deflusso.

Posta quindi in uscita una portata costante  $Q_{out}$  identificata con la portata di infiltrazione nel suolo oppure con lo scarico udometrico in un recettore oppure con la risultante di entrambi, come di seguito esplicitato (per maggiore chiarimento sul significato dei parametri, cfr. paragrafo Algoritmo di calcolo)

$$Q_{infiltrazione} = k \times j \times S_{infiltrazione};$$

$$Q_{udometrico} = coeff_{udometrico} \times S;$$

per effetto di una pioggia di durata  $t$  si può scrivere

$$V_{in} = S \times \varphi \times a \times t^n$$

$$V_{out} = Q_{out} \times t$$

in cui

$\varphi$  =coefficiente di deflusso, pari a  $\varphi = 0.15$  per i terreni agricoli,  $\varphi = 0.6$  per le superfici semipermeabili e  $\varphi = 1.00$  per le aree impermeabilizzate;

$S$ = area del bacino colante in  $m^2$ ;

$h(t)$  =altezza di pioggia, funzione della durata secondo le leggi di possibilità pluviometriche di parametri  $a, n$  ;

$Q_{out}$ =portata in uscita supposta costante.

All'istante  $t$  il volume accumulato, dato dalla differenza fra il volume idrico entrante e quello uscente, può essere descritto dalla seguente relazione:

$$\Delta V = V_{in} - V_{out} = S \times \varphi \times a \times t^n - Q_{out} \times t$$

la quale deriva dall'equazione di continuità idraulica

$$\frac{\Delta V(t)}{\Delta t} = P(t) - Q(t)$$

ove

- $P(t)$  = pioggia netta all'istante  $t$
- $Q(t)$  = portata uscente, dipendente dal volume invasato  $V(t)$

Per ogni durata di pioggia è possibile determinare per differenza fra le due funzioni quale sia il volume di esubero rispetto alla quantità scaricabile.

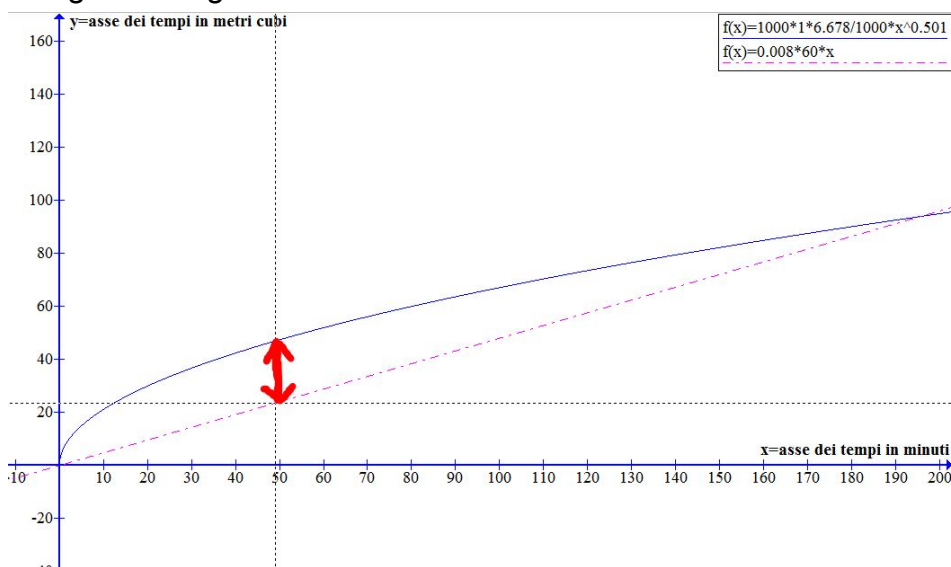
La differenza  $\Delta V$  rappresenta il volume cercato per modulare gli effetti di una precipitazione di durata  $t_{critico}$ , ovvero il massimo volume di invaso per una certa durata.

A titolo di esempio, nel grafico seguente, sono stati diagrammati i grafici di due funzioni, di cui:

- in rosso la pioggia influente data dalla legge di possibilità pluviometrica desunta dai dati del pluviometro di San Mauro in Nocera Inferiore  $a = 6.678 \frac{mm}{min}$  e  $n = 0.501$  relativamente ad un periodo di ritorno  $T=20$  anni e ad una superficie di 1000 metri quadrati completamente impermeabilizzata;
- in grigio tratteggiato una ipotetica portata di uscita supposta costante pari a:

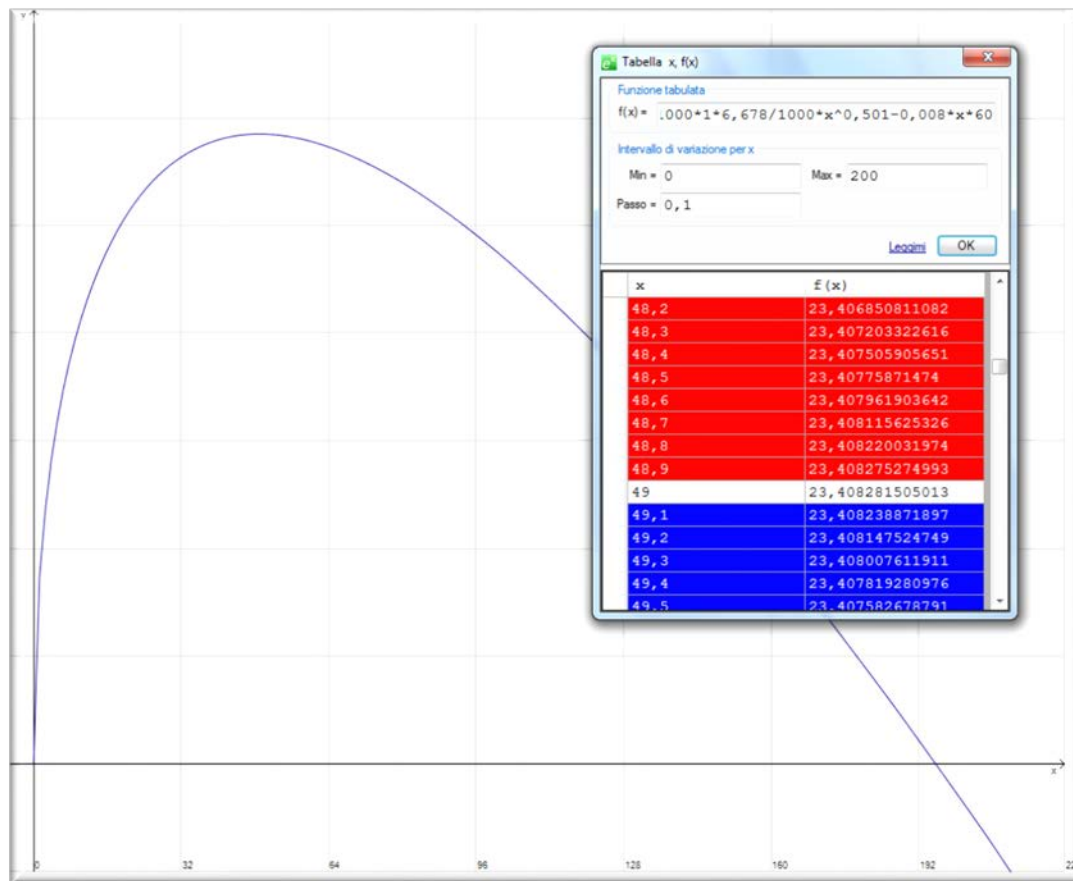
$$Q_{out} = 0.008 \frac{m^3}{s}$$

Il massimo volume di invaso è rappresentato dal modulo della doppia freccia disegnata sul grafico.



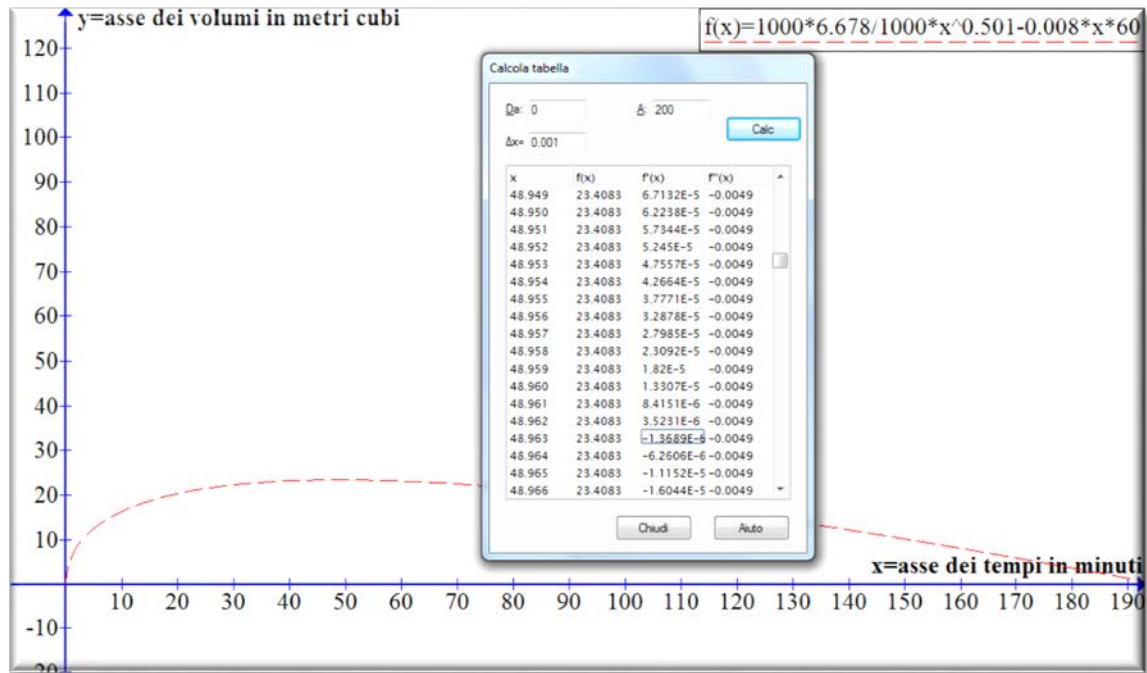
Il problema si riconduce quindi al calcolo del massimo di una funzione, mediante l'uguaglianza a zero della derivata di  $\Delta V$  e risolvendo rispetto a  $t$ , oppure verificando sul grafico della funzione differenza (portata influente-portata defluente) il valore dell'ordinata massima, una volta definiti l'asse delle ascisse

come asse dei tempi e l'asse delle ordinate come asse dei volumi, come nella figura seguente:



Dalla tabella di calcolo si denota immediatamente che il massimo valore di invaso, in questo esempio ipotetico, è dato dal valore  $y = 23.41m^3$  al tempo critico  $x = 49 \text{ min}$ .

Dall'analisi matematica discende che il massimo di una funzione è rappresentata graficamente dal punto di flesso della funzione, punto in cui la derivata della stessa funzione diventa negativa, per cui l'ordinata del punto di flesso rappresenta il volume di accumulo critico, mentre l'ascissa dello stesso punto corrisponde al tempo critico, come mostrato nel grafico seguente ed in accordo con le figure precedenti.



Per via analitica, si impone nulla la *derivata prima* del volume di invaso ottenendo la durata  $t_{critico}$  (=durata critica, indicando con ciò la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile).

$$\frac{\delta V_{invaso}}{\delta t} = \frac{\delta (S \times \varphi \times \frac{a}{1000} \times t^n - Q_{out} \times t)}{\delta t} = 0$$

da cui

$$t_{critico} = \left( \frac{Q_{out}}{S \times \varphi \times \frac{a}{1000} \times n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Successivamente si sostituisce nell'equazione (1) il tempo t con l'istante  $t_{critico}$  ottenendo

$$V_{invaso,t_{critico}} = S \times \varphi \times a \times \left[ \left( \frac{Q_{out}}{S \times \varphi \times \frac{a}{1000} \times n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \right]^n - Q_{out} \times \left[ \left( \frac{Q_{out}}{S \times \varphi \times \frac{a}{1000} \times n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \right]$$

Si precisa che l'ipotesi di pioggia con intensità costante durante tutto l'evento meteorico, può essere ritenuta accettabile in caso di bacini di minima estensione ( $S \ll 10\text{km}^2$ ) in quanto in questo caso le piogge più critiche sono di brevissima durata, così come, per lo stesso motivo, non è necessario procedere al ragguaglio delle piogge areali.

### 5.3 Tempo di corrivazione e Tempo di ritardo

Per la definizione del coefficiente udometrico di un terreno agricolo in situazioni ante-operam e post-operam con assegnato tempo di ritorno, i testi classici di idrologia fanno riferimento, tra l'altro, al *"tempo di corrivazione"*, inteso come il tempo che impiega una goccia d'acqua a raggiungere la sezione di chiusura del bacino dal punto idraulicamente più lontano dello stesso, ed al *"coefficiente di deflusso"*, dato dal rapporto tra il volume (che coincide con la pioggia efficace) defluito dal bacino in un dato intervallo di tempo ed il relativo afflusso costituito dalla precipitazione totale (si veda paragrafo seguente)

Il tempo di corrivazione è però una grandezza caratterizzata da una significativa incertezza nella sua determinazione; infatti le molteplici procedure di stima e definizioni presenti in letteratura mostrano una eccessiva variabilità che ne può pregiudicare un adeguato utilizzo, fornendo *"valori che si differenziano anche del 600% a seconda della formula empirica utilizzata"*<sup>2</sup>, tant'è che è consigliabile calcolarne la stima ricorrendo prevalentemente a formule adatte alle caratteristiche del territorio e mediando poi i risultati ottenuti, in modo da rendere minimi gli scarti tra i risultati delle diverse formule empiriche *"onde poter attenuare la variabilità della stima utilizzando le metodologie più comuni presenti in letteratura per l'elevata incertezza nella stima di tale parametro"*<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>{ANALISI CRITICA DEI METODI DI STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE, XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche Palermo, 14-17 settembre 2010}.

Per tale motivo, come da indicazioni sulla base del Rapporto sviluppato nell'ambito della metodologia Va.Pi. Campania, viene utilizzato il tempo di ritardo, definito come l'intervallo temporale che separa il baricentro della distribuzione della pioggia di progetto dal baricentro dell'idrogramma del deflusso superficiale. In diverse applicazioni ingegneristiche, e in vari modelli di trasformazione afflussi – deflussi, si ritiene che esso sia un valore caratteristico del bacino che non dipende dal particolare evento, ragion per cui ben si presta ad essere associato a bacini di limitata estensione quali sono quelli di cui trattasi.

Dal momento che le condizioni di deflusso più critiche si verificano per piogge di durata pari al tempo di ritardo, per il calcolo di quest'ultima grandezza si è tenuto conto del valore di celerità dell'onda cinematica nel reticolo scolante di 0.23 m/s per il terreno permeabile e di 1.87 m/s per le aree impermeabilizzate. Si è quindi calcolato il valore della portata uscente dal fondo in condizione ante-operam e post-operam, con il coefficiente di deflusso posto pari a 0,15 per il terreno permeabile in assenza di insulti antropici e pari ad 1 per le aree impermeabilizzate, come da letteratura consolidata.

Infatti, nel caso di bacini non antropizzati, solo una parte della precipitazione si trasforma in deflusso superficiale e finisce nella rete di drenaggio: questa parte viene chiamata precipitazione netta e lo ietogramma corrispondente ietogramma netto. La parte restante non produce deflusso a causa delle perdite idrologiche dovuti a fenomeni quali l'evaporazione, l'intercettazione vegetale, ma soprattutto per la formazione sulla superficie del bacino di un velo idrico e l'immagazzinamento in avvallamenti superficiali isolati che non producono deflusso successivamente. Ovviamente per superfici impermeabilizzate di minima estensione, come già ribadito, tali fenomeni risultano trascurabili, per cui si ritiene che tutta la pioggia influente si trasforma in deflusso ( $\varphi = 1$ ).

#### 5.4 Il Coefficiente Udometrico

Diventa così possibile calcolare il coefficiente udometrico, inteso come la portata massima che defluisce dall'unità di superficie di un comprensorio generalmente espressa in  $\frac{\text{litri}}{\text{secondo*ettaro}}$ .

Tale grandezza derivata è funzione del coefficiente di deflusso dell'area colante, per cui è possibile distinguere un coefficiente udometrico ante e post trasformazione d'uso del suolo.

In caso di variazione della destinazione d'uso del suolo, il concetto dell'invarianza idraulica prevede proprio il mantenimento del valore del coefficiente udometrico dell'area post operam allo stesso valore ex ante, ovvero in termini equivalenti l'invarianza della portata defluente ante trasformazione.

## 6 Algoritmo di calcolo

Si riporta di seguito l'algoritmo utilizzato nel foglio di calcolo predisposto da questo Ufficio, ed implementato altresì nel software con licenza GNU-GPL disponibile a breve, al fine di agevolare la procedura di calcolo per la richiesta di concessione di scarico in corpo idrico superficiale e/o di Autorizzazione Idraulica, con il quale è possibile dimensionare i dispositivi atti a garantire il mantenimento dell'invarianza idraulica (trincea disperdente, pozzo perdente etc.).

1. calcolo media dei massimi annuali dell'altezza di pioggia

$$m_{hd} = \frac{m_{i0}}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^{(C-D \times z)}} \times t_r$$

2. calcolo tempo di ritardo dell' area colante

$$t_r = \frac{1.25 \times \sqrt{S}}{3.6 \times c};$$

3. calcolo media del massimo annuale dell'intensità di pioggia areale di durata pari al tempo di ritardo

$$m_{i_{tr}} = \frac{m_{hd}}{t_r}$$

4. determinazione massima portata scaricata dal fondo ante trasformazione con periodo di ritorno  $T=20$  anni

$$Q_{udometrico} \times k_{T20} = Q_{max\_ante} \times k_{T20} = \frac{\varphi_{ante} \times S \times m_{itr}}{3.6} \times 2.03$$

5. calcolo massima portata scaricabile dal fondo in condizioni post operam (formula razionale) con periodo di ritorno  $T=20$  anni

$$Q_{max\_post} \times k_{T20} = \frac{\varphi_{post} \times S \times m_{itr}}{3.6} \times 2.03$$

6. Individuazione della Curva di Possibilità Pluviometrica locale, con  $T=20$  anni e relativi parametri

$$h(t) = a \times t^n$$

7. calcolo portata eccedente, data dalla differenza tra la portata post trasformazione e la portata udometrica ante trasformazione

$$\Delta Q = Q_{max\_post} - Q_{max\_ante}$$

8. siccome l'invarianza idraulica impone l'uso di opere di infiltrazione, occorre calcolare la portata di infiltrazione nel terreno, con l'applicazione della legge di Darcy:

$$Q_{infiltrazione} = \frac{k}{2} * j * A_{infiltraz.}$$

ove  $j$  è la cadente piezometrica, mentre con  $k$  si è indicato il coefficiente di infiltrazione, posto uguale alla conduzione idraulica a saturazione e dimezzato in via cautelativa per tener conto della possibile insaturità degli strati superficiali del sottosuolo;

9. in considerazione della natura litologica dello stesso, si adotta per il terreno piroclastico sciolto (lapillare) o sabbia ghiaiosa un valore del

coefficiente di conduzione idraulica pari a  $k = 10^{-2} \text{ m/s}$ , per il terreno vegetale o agricolo (sabbioso-limoso)  $k = 10^{-4} \text{ m/s}$ , e  $k = 10^{-6} \text{ m/s}$  per i terreni di tipo limoso-argilloso;

10. la cadente piezometrica  $j$  è posta pari a 1 m/m;
11. applicazione del modello delle piogge che equipara il sistema di regimentazione pluviale ad un serbatoio, con una portata entrante, una portata uscente ed un volume di invaso, il tutto governato dalla equazione di continuità idraulica

$$\Delta V = V_{in} - V_{out} = S \times \varphi \times a \times t^n - Q_{out} \times t$$

12. determinazione del volume critico di invaso dato dal valore della derivata prima della funzione di continuità rispetto al tempo

$$V_{critico} = S \times \varphi \times a \times \left( \frac{Q_{out}}{S \times \varphi \times a \times n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{out} \times \left( \frac{Q_{out}}{S \times \varphi \times a \times n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

13. confronto con il volume disponibile di accumulo temporaneo: se il volume di accumulo temporaneo è non minore del massimo volume di invaso al tempo critico, allora il dimensionamento è verificato.

(1) Comune			(3) stato ante - operam (VAPI)		LEGENDA	
San Valentino Torio			Superficie mq	1.400,00	phi	0,15
<b>Stazione pluviometrica</b>					<b>input dati</b>	
Sarno loc. Foce					<b>elaborazioni</b>	
(2) Periodo di ritorno					scarico in corpo idrico superficiale (litro)?	
T=20					no	
C.P.P.					scarico max imposto (l/s)	
a(mm/min)	n		tempo di ritardo (sec)	225,67	0,00	
6,461	0,548		mhd in mm	4,68		
			mitr in mm/h	74,88		
			fattore di crescita	2,03		
					è già presente una vasca di laminazione (SINCI)?	
					no	
					volume vasca (mc)	
					0	
(4) stato post - operam			tubazione di convogliamento			
Superficie IMPERM. mq	1.400,00	eff. deflusso φ	1,00	lunghezza (m)		0
Superficie SEMIPERM. Mq	0,00	eff. deflusso φ	0,4	inserire nei calcoli (litro)?		no
Superficie PERM. mq	0,00	eff. deflusso φ	0,3	diametro (m)		0
Totale Superficie mq	1.400,00	φ medio	1,000	volume acc. (mc)		0
smaltimento per infiltrazione tramite trincea disperdente						
è previsto l'uso di una trincea disperdente (litro)?						
si						
quota soggiacenza falda (m)	-3,00	Af fondo mq	25,00	V lordo mc	50,00	
lunghezza m	5	Af pareti mq	40,00	ghiaia	0,25	
larghezza m	5	Qf fondo mc/s	0,1250	V netto mc	12,50	
prof. scavo m	2	Qf pareti mc/s	0,0020			
prof. utile m	2	Qf trincea mc/s	0,1270			
k pareti (m/s)	0,0001					
k fondo (m/s) sabbiosa-pirola	0,01					
SMALTIMENTO PER INFILTRAZIONE TRAMITE POZZI						
è previsto l'uso di pozzi pendente (litro)?						
si						
sono previsti anelli pendenti (litro)?						
no						
quota soggiacenza falda (m)	-3,00	Af mq	0,00			
numero pozzi	0	Qf mc/s	0,0000			
diametro m	0	V mc	0,00			
profondità m	0					
k fondo (mc/s) sabbiosa-pirola	0,01					
VERIFICA DIMENSIONAMENTO						
Qout_infiltr. (mc/s)	0,1270	tempo critico (minuti)	0,366			
Qout_udometrico (mc/s)	0,0000	volume al tempo critico (mc)	2,43			
Qinfiltrazione + Qudometrico	0,1270	V disponibile totale (mc)	12,50			
		tirante idrico in trincea (m)	0,39			
margine di sicurezza (mc)		<b>DIMENSIONAMENTO CORRETTO</b>				
		10,07				
FIRMA DEL TECNICO ABILITATO						
Nome						
Cognome						
Data Compilazione						
Timbro e Firma						

## 7 Istruzioni per l'infiltrazione e la ritenzione delle acque chiare e meteoriche dei fondi.

Generalmente lo sversamento delle acque meteoriche sul suolo non necessita di autorizzazioni. Se esse provengono però da superfici impermeabili scoperte per le quali vi sia il rischio di dilavamento di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, nelle more dell'emanazione della disciplina regionale di cui all'art. 113 del D.Lgs 152/2006, le stesse sono sottoposte alla disciplina degli scarichi industriali.

Resta comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

Più precisamente, in linea generale le acque meteoriche di dilavamento, se liberamente e naturalmente smaltite da una superficie scolante, non sono considerate “scarico” ai sensi della normativa vigente in materia.

Tuttavia, nel momento in cui vengono incanalate, si configurano come scarico, normato dalla 152/2006. Esse non possono disperdere direttamente nelle acque sotterranee, non perché siano inquinate, ma perché il legislatore ha voluto evitare un loro uso (anche inconsapevole) come potenziale vettore di sostanze inquinanti nelle acque di falda.

Al riguardo si fa presente che l'articolo 29 del decreto legislativo 152/99 vieta lo scarico su suolo o strati superficiali del sottosuolo fatta eccezione per i casi previsti al comma 1 del medesimo articolo (ovvero per gli scarichi di acque meteoriche convogliate in reti fognarie separate).

Per scarico negli strati superficiali del sottosuolo e nel suolo, facendo riferimento a quanto riportato nell'Allegato 5 della Deliberazione del C.I. del 1977 avente ad oggetto “*Norme tecniche generali per la regolamentazione dello smaltimento dei liquami sul suolo e nel sottosuolo...*”, si può altresì considerare a riferimento il parere del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio, Parere Prot. N. 69/TAI/DI/PRO del 7 agosto 2002, laddove si intende: “lo scarico che avviene in un corpo naturale, situato al di sotto del piano campagna, composto da sostanze minerali ed organiche, generalmente suddiviso in orizzonti, di profondità variabile che differisce dalla roccia madre disgregata sottostante per morfologia, per le proprietà, per la composizione chimico-fisica e per i caratteri biologici...”. Lo spessore di tale corpo naturale, compreso tra 1,5 metri e 4,0 metri, deve trovarsi, comunque al di sopra della massima escursione del livello di falda di 1,5 metri, in modo tale da consentire i fenomeni di auto depurazione (garantendo un ulteriore trattamento) e l'installazione dei dispositivi di scarico nonché impedire che le acque sotterranee subiscano degradazione o danno”.

Si precisa che questa direttiva vale per le acque reflue civile (liquami), tant'è che molti Regolamenti Regionali e Comunali, visti i vari riferimenti sopra enunciati ed attualmente disponibili in merito, limitatamente alle sole acque

meteoriche scaricate sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, commisurano in 1 metro lo spessore dello strato di terreno al di sopra della massima escursione del livello di falda.

## 8 Dimensionamento condotte di scarico

Nelle sezioni chiuse di qualsiasi forma la portata massima si raggiunge con il tubo parzialmente riempito; è dimostrato che per una sezione circolare la massima portata a pelo libero si ha in corrispondenza di un grado di riempimento pari a  $0.94 * \emptyset$  ove  $\emptyset = \text{diametro della tubazione}$ , in quanto è evidente che con riempimenti molto spinti bastano piccole onde per occludere la sezione e rinserrare quindi sacche d'aria tra il pelo libero e la volta, le quali rappresentano un grave ostacolo al regolare svolgimento del moto; tale proprietà fisico-idraulica viene utilizzata per limitare la portata uscente al valore udometrico ante operam. Invero, è dimostrato che la portata ottimale in regime di moto uniforme a pelo libero si ha per un grado di riempimento pari a  $0.80 * \emptyset$  ove  $\emptyset = \text{diametro della tubazione}$ , Tale grado di riempimento (80%) viene utilizzato nel dimensionamento della condotta adducente al sistema di infiltrazione.

L'Ufficio ha attuato una semplificazione delle formule alla base dei fenomeni idraulici sopra descritti, utilizzando il software di calcolo numerico Matlab ottenendo:

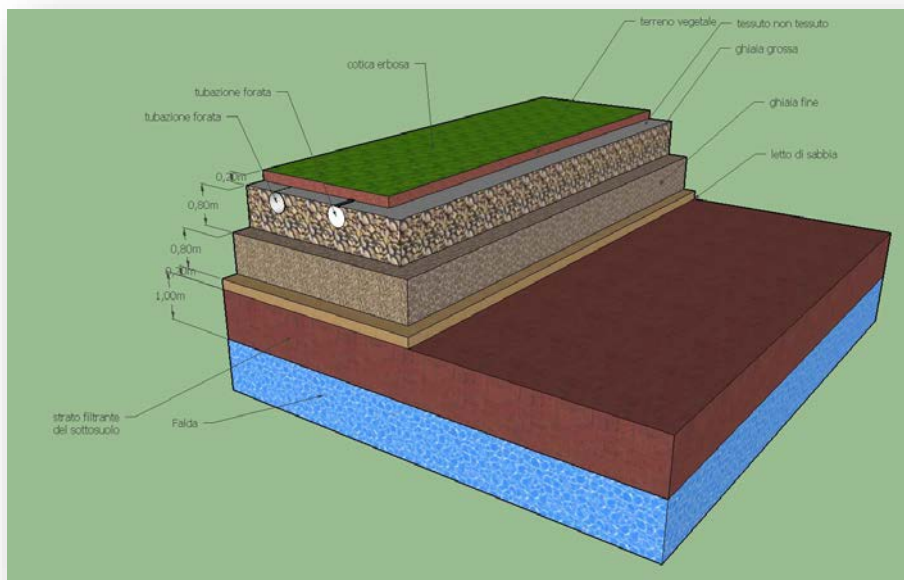
- diametro tubazione per massima portata transitante, in funzione della pendenza e del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, con grado di riempimento pari a  $0.94 * \emptyset$

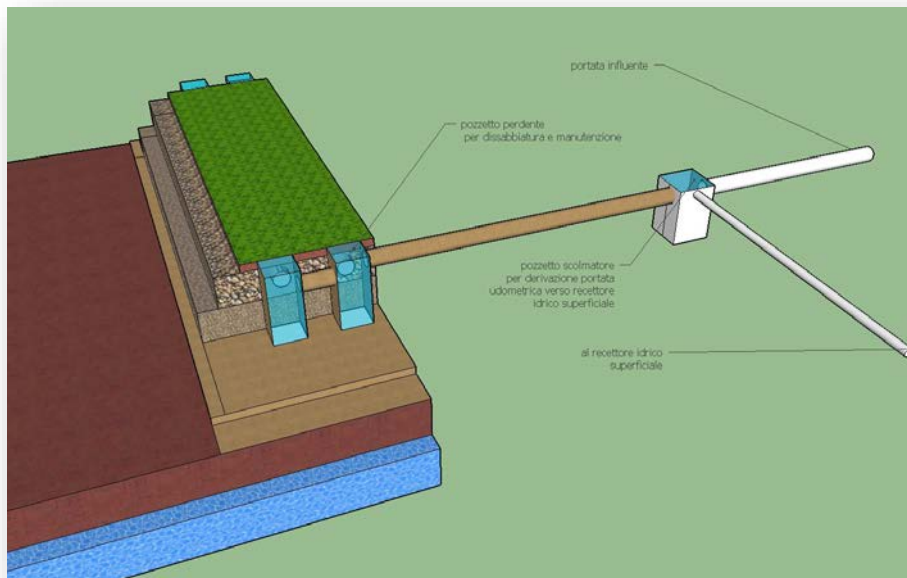
$$\emptyset = \left[ \frac{Q * 4^{\frac{5}{3}} * (\pi - 0.494934)^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{\pi}{2} + 1.493839\right)^{\frac{5}{3}} * i^{0.5} * k_s} \right]^{\frac{3}{8}}$$

- diametro della tubazione per portata transitante in regime di moto uniforme, in funzione della pendenza e del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, con grado di riempimento pari a  $0.80 * \emptyset$

$$\phi = \left[ \frac{Q * 4^{\frac{5}{3}} * (\pi - 0.9272952)^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{\pi}{2} + 1.1235\right)^{\frac{5}{3}} * i^{0.5} * k_s} \right]^{\frac{3}{8}}$$

## 9 Schema costruttivo di trincea disperdente





Si precisa che i pozzetti di ispezione, anch'essi perdenti e disposti ai lati del sistema disperdente, devono essere previsti in funzione di dissabbiatura e sedimentazione, oltre che di accesso facilitato per eventuale pulizia delle condotte infiltranti.