

logo

committente

RONDINE SRL

Via Arese n° 85 - 20020 Robecchetto con Induno (MI)

titolo intervento

**PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"
ai sensi art. 16.4 delle NTA del vigente PGT***AMBITO DI INTERVENTO "C5" Mapp.li 731-733-735-737-548 Foglio 3**Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico. Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"***SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE
OPERE DI URBANIZZAZIONE**

fase progettuale

PROGETTO INVARIANZA IDRAULICA

n° elaborato

A

titolo elaborato

RELAZIONE TECNICA

00	Maggio 2020	Emissione progetto di invarianza idraulica	EF	SB	SB
REV	DATA	NOTE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

codice commessa

29S20PII

nome file

29S20PII_RON_A_REL_00 Rel tecnica

scala

data

Maggio 2020

società incaricata

**BMB INGEGNERIA S.R.L.**

Sede Legale: Via Sondrio, 55 - 20835 Muggiò (MB)
Tel. +39 039 2785540 - Fax +39 039 2144493
studio@bmbingegneria.net
www.bmbingegneria.net

Codice Fiscale 04780760965
Partita IVA 04780760965
R.E.A. MB 1886967
Iscriz. C.C.I.A.A. n° 04780760965

Professionista incaricato:

DOTT. ING. SERGIO BAVAGNOLI

timbro

RONDINE Srl

COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.

Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – OPERE DI URBANIZZAZIONE

PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

RONDINE SRL

Via Arese n°85, 20020 Robecchetto con Induno (MI)

RONDINE Srl

PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico. Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

OPERE DI URBANIZZAZIONE

RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. PREMESSE	2
2. PRINCIPI DEL REGOLAMENTO REGIONALE N°7 DEL 2017 E S.M.I – APPLICAZIONE ALL'INTERVENTO IN PROGETTO.....	3
3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	5
3.1 ANALISI DELLE PIOGGE INTENSE	5
3.2 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEI BACINI DI DRENAGGIO	6
3.3 METODO DI CALCOLO DELLE PORTATE	7
3.4 CALCOLO DELLE SEZIONI DEI CONDOTTI.....	8
3.5 TIPOLOGIE DI INTERVENTO PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE	8
3.6 SCELTA E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO	10
4. CALCOLI IDRAULICI.....	12
5. VERIFICA STATICA.....	22

1. PREMESSE

La Società Rondine S.r.l., nell'ambito del "Piano Attuativo Residenziale "VIA DELLE ARTI" - Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico. Tombinatura del tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano", in Comune di Robecchetto con Induno (MI), ha affidato alla Società BMB INGEGNERIA S.r.l. la redazione del progetto di invarianza idraulica relativo al sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche per quanto riguarda le opere di urbanizzazione, al fine di presentare a CAP Holding S.p.A. la richiesta di Parere tecnico preventivo, alla luce dei contenuti del Regolamento Regionale n°8 del 19/04/2019 "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al Regolamento Regionale n°7 del 23/11/2017 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n°12 "Legge per il governo del territorio")" e della Legge Regionale n°4 del 15/03/2016.



Figura 1: Vista aerea dello stato di fatto dell'area oggetto dell'intervento (Google Earth).

2. PRINCIPI DEL REGOLAMENTO REGIONALE n°7 del 2017 e S.M.I – APPLICAZIONE ALL'INTERVENTO IN PROGETTO

Lo scopo del Regolamento Regionale n°7/2017 (di seguito denominato Regolamento) è la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche non esposte ad emissioni e scarichi inquinanti (art.1, comma1).

In ogni **intervento edilizio di nuova costruzione** bisogna applicare il principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (invarianza idraulica – art.2, comma 1, lettera a), verificare che sia le portate che i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (invarianza idrologica – art.2, comma 1, lettera b) e pertanto prevedere un 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 (drenaggio urbano sostenibile – art.2, comma 1, lettera c).

Ai sensi dell'art. 3 comma 2 lettera b e dell'allegato A del Regolamento il Piano Attuativo in oggetto è soggetto ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica in quanto **nuova costruzione**.

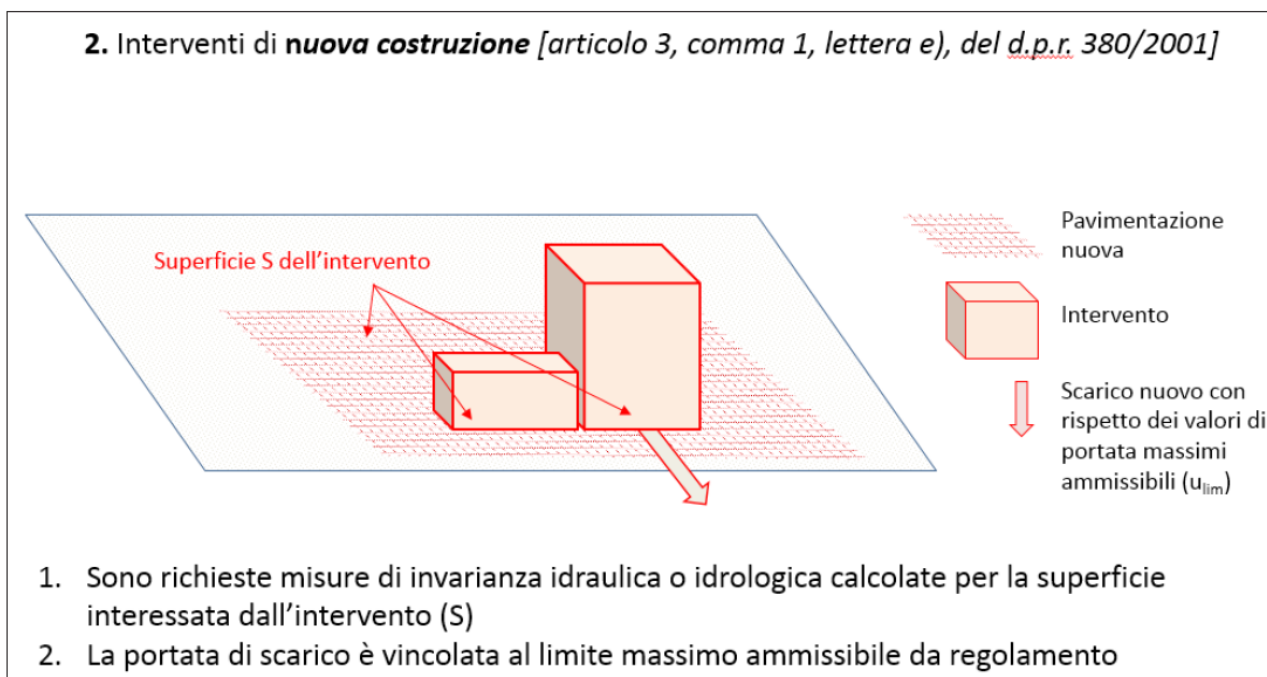


Figura 2: Allegato A – Schema applicazione per interventi di nuova costruzione

RONDINE Srl

COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.

Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – OPERE DI URBANIZZAZIONE

PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

Come risulta dall'allegato C del Regolamento il Comune di Robecchetto con Induno ricade nella tipologia di **area B** ovvero a **media criticità idraulica** (art. 7, comma 2, lettera a).

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
RIPALTA GUERINA	CR	B	
RIVA DI SOLTO	BG	C	
RIVANAZZANO TERME	PV	C	
RIVAROLO DEL RE ED UNITI	CR	B	
RIVAROLO MANTOVANO	MN	B	
RIVOLTA D`ADDA	CR	B	
ROBBIATE	LC	A	1
ROBBIO	PV	B	
ROBECCHETTO CON INDUNO	MI	B	
ROBECCO D`OGLIO	CR	B	
ROBECCO PAVESE	PV	B	
ROBECCO SUL NAVIGLIO	MI	B	
ROCCA DE`GIORGI	PV	C	
ROCCA SUSELLA	PV	C	

Figura 3: Allegato C

Tuttavia, dal momento che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT come piano attuativo previsto nel piano delle regole si applicheranno i limiti delle aree A ad alta criticità.

3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

3.1 ANALISI DELLE PIOGGE INTENSE

Una delle ipotesi fondamentali che sta alla base del dimensionamento di opere soggette ad eventi idrologici, è che le portate massime e le onde di piena critiche, aventi un certo tempo di ritorno T, siano originate da una precipitazione con lo stesso tempo di ritorno.

Partendo da questa ipotesi è necessario determinare la curva di possibilità climatica, ovvero l'espressione che, per un pre-assegnato tempo di ritorno T, fornisce, per ogni durata di pioggia, la massima altezza di precipitazione che può verificarsi e che viene superata una volta ogni T anni.

A tale proposito si fa generalmente riferimento ad un'espressione algebrica monomia del tipo:

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

in cui h è l'altezza di pioggia espressa in millimetri, t è la corrispondente durata in ore, a ed n sono due coefficienti che definiscono la curva risultante.

Come indicato nell'allegato G punto 1 del Regolamento, il sito "<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>" di ARPA Lombardia fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia espressa nella forma:

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

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

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 (parametro di scala), α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Il dimensionamento delle opere viene eseguito considerando le curve di possibilità pluviometrica relative ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, mentre la verifica dei franchi di sicurezza per tali opere si esegue considerando la curva relativa ad un tempo di ritorno pari a 100 anni.

Per l'area in oggetto con tempo di ritorno **T = 50 anni** risulta:

$$h = 61,98 \cdot t^{0,5} \quad \text{con } t < 1 \text{ ora}$$

$$h = 61,98 \cdot t^{0,33} \quad \text{con } t > 1 \text{ ora}$$

Con tempo di ritorno pari a **T = 100 anni** si ha:

$$h = 68,81 \cdot t^{0.5} \quad \text{con } t < 1 \text{ ora}$$

$$h = 68,81 \cdot t^{0.33} \quad \text{con } t > 1 \text{ ora}$$

3.2 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEI BACINI DI DRENAGGIO

Non tutto il volume di pioggia che ricade su una certa area affluisce alla rete drenante. Una parte di esso si perde per effetto di una serie di fenomeni idrologici (evaporazione, infiltrazione nel terreno, formazione sul bacino di un velo idrico, immagazzinamento in avvallamenti superficiali) prima di arrivare alla rete di drenaggio.

Per il dimensionamento di quest'ultima sarà quindi rilevante solo la restante parte di pioggia, cioè la cosiddetta pioggia netta o efficace. Tale pioggia può essere valutata attraverso il coefficiente di assorbimento φ che rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume della pioggia totale cioè la frazione di acqua meteorica che scorre fino alla sezione di chiusura del bacino senza infiltrarsi nel terreno. Questo coefficiente varia in funzione dell'intensità della durata della pioggia, ma nella pratica progettuale generalmente viene considerato costante.

Nel caso in cui un bacino è composto da zone con diverse destinazioni d'uso, il coefficiente di deflusso complessivo deve essere calcolato come media pesata, in funzione delle diverse aree, dei coefficienti di deflusso di ogni zona attraverso la relazione:

$$\varphi = \frac{\sum_i S_i \cdot \varphi_i}{\sum_i S_i}$$

Come indicato dall'art. 11, comma 2, lettera d, punto 2 del Regolamento, per il calcolo della superficie scolante impermeabile posso essere adottati i valori standard dei coefficienti di deflusso indicati al punto 1 della stessa lettera d:

- **1** per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- **0,7** tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili, di strade, vialetti, parcheggi;

3.3 METODO DI CALCOLO DELLE PORTATE

Per la determinazione, attraverso un modello afflussi-deflussi, della massima portata al colmo che si verifica all'uscita dalla rete di drenaggio di un bacino idrografico, corrispondente ad un tempo di ritorno prefissato, è necessario costruire uno ietogramma teorico di progetto a partire dalle curve di possibilità pluviometrica.

La forma utilizzata nel presente studio e largamente diffusa in letteratura è lo ietogramma Chicago. Lo ietogramma Chicago presenta un picco di intensità massima i_{max} ed ha il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base. Infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due "code" all'inizio e alla fine dell'evento. Inoltre esso contiene in sé, proprio per il modo con cui è costruito, le piogge critiche per tutte le durate parziali minori della durata complessiva; lo stesso ietogramma pertanto può essere utilizzato come ietogramma di progetto per tutti i sottobacini di un medesimo bacino, senza la necessità di ricerca delle durate critiche di ognuno di essi, purché la durata complessiva dello ietogramma sia sicuramente maggiore del tempo di corrivazione del bacino totale ("Sistemi di fognature e drenaggio" di A. Paoletti).

Il calcolo delle portate critiche può essere effettuato in base alla formula razionale applicando il *metodo della corrivazione*:

$$Q_c = S \cdot 2,78 \cdot \varphi \cdot A \cdot \vartheta_c^{n-1}$$

dove Q_c è la portata critica (l/s), S è l'area del bacino scolante considerato (ha), φ è il coefficiente di afflusso, a e n sono i due coefficienti che definiscono la curva di possibilità climatica, θ_c è la durata critica dell'evento meteorico (ore) pari a:

$$\vartheta_c = T_e + \frac{T_r}{1,5}$$

dove T_e è il tempo di corrivazione sul bacino prima del raggiungimento della rete di drenaggio (tempo di ingresso in rete) e T_r è il tempo di corrivazione in quest'ultima.

Il *tempo di corrivazione* del bacino T_0 è il tempo che intercorre tra la caduta della precipitazione su di un bacino ed il passaggio di questa dalla sezione di chiusura del bacino stesso. T_0 è dato da:

$$T_0 = T_e + T_r$$

Il tempo di ingresso in rete è stato posto pari a 5 minuti, mentre il tempo di corrivazione della rete di drenaggio è stato posto pari a L/V_r dove L (m) è il percorso idraulicamente più lungo della rete mentre V_r (m/s) è la velocità della corrente a tubo pieno.

3.4 CALCOLO DELLE SEZIONI DEI CONDOTTI

Per il calcolo idraulico dei condotti di fognatura si ammette che la portata in essi defluente si muova con moto uniforme.

Questa ipotesi, pur non essendo mai esattamente conforme alle reali condizioni di movimento, viene normalmente accettata per la sua semplicità, anche in conformità delle enormi semplificazioni proprie dello schema di funzionamento idraulico ammesso per la teoria sulla quale poggiano i calcoli di dimensionamento.

La formula più comunemente usata è quella di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove Q è la portata in mc/s, A è l'area della sezione bagnata in m^2 , χ è un coefficiente che tiene conto della scabrezza della condotta, R è il raggio idraulico in metri, i è la pendenza di fondo del condotto.

Per il calcolo del coefficiente χ si è adottata l'espressione di Strickler:

$$\chi = k \cdot R^{1/6}$$

con $k = 90$ per le tubazioni in PVC e PEAD.

3.5 TIPOLOGIE DI INTERVENTO PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Il Regolamento prevede che il controllo e la gestione delle acque pluviali sia effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso (art. 5, comma 1) e che lo smaltimento dei volumi invasati debba avvenire (art.5, comma 3):

- a) mediante il riuso dei volumi stoccati (innaffiamento giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto);
- b) mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
- c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale;
- d) scarico in fognatura.

Al fine di gestire le acque meteoriche si possono prevedere diverse tipologie di intervento tra cui le opere di laminazione e le opere di infiltrazione. Nel caso dell'intervento in oggetto si prevede di utilizzare le opere di infiltrazione.

Le opere più diffuse che incentivano lo smaltimento per infiltrazione nel terreno di una parte dei deflussi meteorici sono le seguenti:

- trincea d'infiltrazione: scavo lungo e profondo riempito con materiale ad alta conduttività idraulica (ghiaia o ghiaietto); il deflusso superficiale si accumula temporaneamente all'interno della trincea e gradualmente si infiltrarsi nel terreno. Le trincee possono essere allocate in superficie o nel sottosuolo: quelle in superficie ricevono il deflusso superficiale direttamente dalle aree adiacenti mentre quelle nel

sottosuolo possono ricevere il deflusso da altre reti drenanti, ma richiedono l'utilizzo di ulteriori trattamenti per impedire che particolato grossolano, terreno e foglie occludano la struttura;

- pozzi drenanti: strutture sotterranee localizzate, utilizzate principalmente per raccogliere ed infiltrare le acque di pioggia provenienti da tetti e/o piazzali; la struttura esterna è generalmente prevista in materiale rigido (per esempio in cemento, elementi prefabbricati), mentre l'interno viene riempito con materiale inerte (ghiaia) con una porosità di almeno il 30%. I pozzi perdenti sono preferibilmente dotati di accesso ispezionabile al fine di garantirne la manutenzione e le prestazioni nel tempo. Sempre a tal fine, per le reti provenienti da strade e piazzali è consigliabile prevedere dei pre-trattamenti per l'intercettazione di sedimenti ed oli che possono ostruire la struttura (disoleatori);
- vasche e bacini di infiltrazione: invasi a fondo permeabile che consentano una capacità di accumulo, come volano tra l'idrogramma di piena in arrivo e il regime delle portate infiltrate; le vasche hanno generalmente i muri di contenimento in calcestruzzo e possono essere strutture anche sotterranee, mentre i bacini sono a cielo aperto e sono ricavati da depressioni naturali o artificiali nel terreno, le pareti e il fondo sono generalmente ricoperte da un tappeto erboso, al fine di stabilizzare ed esercitare un'azione filtrante per rimuovere le sostanze inquinanti presenti nelle acque di pioggia. La profondità del bacino viene calcolata tenendo conto di un tempo massimo di ritenzione dell'acqua nel bacino stesso, usualmente posto inferiore alle 48 ore;
- pavimentazioni permeabili: possono essere continue (pavimentazioni stradali realizzate con conglomerati bituminosi o calcestruzzi permeabili, ottenuti eliminando dalla miscela la sabbia e gli altri inerti di granulometria fine) o discontinue (elementi prefabbricati in cls, perforati e autobloccanti che permettono l'immediata infiltrazione di acqua di pioggia nella struttura sottostante la superficie). In entrambi i casi al disotto della pavimentazione si realizza un sottofondo filtrante, composto da strati di granulometria crescente. Lo strato filtrante sottostante può anche essere isolato con una guaina impermeabile, trasformandosi in una specie di vasca di laminazione;
- caditoie filtranti: consentono di facilitare l'infiltrazione nel suolo delle acque di origine meteorica; sono munite di una prima camera finalizzata alla separazione dei solidi grossolani e di una seconda camera, munita di fondo drenante, da cui si diparte la trincea drenante.

3.6 SCELTA E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO

Viene scelto come sistema di smaltimento delle acque meteoriche negli strati superficiali del terreno un **sistema di dispersione costituito da pozzi perdenti**.

Il dimensionamento dei pozzi perdenti va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con il volume immagazzinato dal sistema; tale confronto può essere espresso con la seguente equazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

dove: Q_p è la portata influente (idrogramma di piena di progetto) in m^3/s ; Q_f è la portata infiltrata in m^3/s ; Δt è l'intervallo di tempo in secondi e ΔW è la variazione del volume infiltrato nel mezzo filtrante nell'intervallo Δt in m^3 .

La portata infiltrata Q_f di ogni singolo pozzo può essere calcolata con la seguente espressione:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_f = \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f$$

dove K è permeabilità del terreno in m/s , J è la cadente piezometrica, z lo strato drenante del pozzo in metri, L il dislivello tra il fondo del pozzo e il sottostante livello di falda in metri, A_f la superficie orizzontale drenante effettiva calcolabile come quella di un anello di larghezza $z/2$ attorno al pozzo (non si tiene conto della capacità drenante del fondo del pozzo per via della sua possibile occlusione). Poiché il terreno si trova generalmente in condizioni insature, si riduce il valore della permeabilità a $K/2$.

Considerando la cadente pari a 1 (può essere posta pari a 1 qualora il tirante idrico della superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente), lo strato drenante z pari all'altezza utile del pozzo H e D il diametro del pozzo, l'espressione precedente risulta essere:

$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot [(D+H)^2 - D^2] \cdot \frac{\pi}{4}$$

Pertanto il volume immagazzinato ΔW dovrà essere minore o uguale a zero e sarà pari alla somma del volume delle piogge W_{PC} (pari a $Q_p \times t$), del volume disperso totale dai pozzi perdenti W_{FT} (pari a $Q_f \times t \times n^{\circ}$ pozzi) e dal volume accumulato all'interno dei pozzi W_{FC} (pari al volume del manufatto in calcestruzzo armato e del rinfiacco in ghiaia).

A monte del sistema di dispersione negli strati superficiali del suolo delle acque meteoriche è opportuno prevedere dei pre-trattamenti per l'intercettazione di sedimenti ed oli che possono ostruire la struttura (**trattamento di disoleatura e dissabbiatura**).

In conformità al Regolamento Regionale 24 marzo 2006 – n°4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lett. a) della L.R. n°12-12-

RONDINE Srl*COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"**Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.**Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"**SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – OPERE DI URBANIZZAZIONE**PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA*

2006 n°26", per l'intervento in questione è stato previsto un trattamento di disoleatura delle acque di prima pioggia per il rispetto dei limiti allo scarico di oli minerali ed idrocarburi ai sensi del D.Lgs. n°152/2006.

Tale trattamento permette la separazione degli oli minerali e degli idrocarburi, contenuti nelle acque meteoriche raccolte, sfruttando la loro minor densità rispetto a quella dell'acqua e favorendone quindi la risalita in superficie. Le particelle di maggiori dimensioni salgono in superficie più rapidamente, quelle più piccole richiedono un tempo maggiore.

Tramite opportuni sistemi di rimozione o direttamente tramite auto spurgo, tali sostanze vengono successivamente raccolte e smaltite.

Il rendimento di un separatore di oli dipende essenzialmente dal rapporto tra la superficie dello stesso e la portata in ingresso.

Per il dimensionamento di un disoleatore si assume una portata in ingresso pari a quella definita di prima pioggia dal Regolamento Regionale n°4 del 24 marzo 2006 (corrispondente ad una precipitazione di 5 mm nei primi 15 minuti):

$$Q_{dis} = S \cdot \varphi \cdot \frac{5}{15 \cdot 60}$$

dove Q_{dis} è la portata in ingresso al disoleatore in l/s, S è l'area del bacino scolante considerato in m^2 e φ è il coefficiente di afflusso.

4. CALCOLI IDRAULICI

Il presente progetto prevede la realizzazione delle reti fognarie per lo smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento del tratto stradale in progetto, con relativi marciapiedi, parcheggi e aiuole.

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche è costituito da una rete con smaltimento negli strati superficiali del suolo.

La raccolta delle acque ricadenti sulla superficie stradale e dei marciapiedi, e a servizio dei parcheggi, avverrà con:

- n°17 caditoie stradali prefabbricate monoblocco in calcestruzzo con sifone incorporato e griglie in ghisa sferoidale classe D400;
- n°3 canali in calcestruzzo RCK 300, dim. est. (HxLa) 370x310 mm, altezza interna 250 mm con griglia in ghisa sferoidale classe D400;
- tubazioni in PVC SN 8 De 400/200/160 mm, con pendenza minima 5 m/km, posate con sottofondo e rinfianco in sabbia;
- tubazioni in PEAD De 250 mm corrugate fessurate, di collegamento tra i pozzi perdenti;
- n°8 pozzetti di ispezione realizzati con elementi prefabbricati in calcestruzzo a base quadrata dim. int. 100x100 cm con chiusino in ghisa sferoidale classe D400;
- n°1 pozzetto ripartitore delle portate in calcestruzzo armato, dim. int. 100x100 cm, con chiusino in ghisa sferoidale classe D400;

Il sistema di raccolta convoglierà le acque nel sistema di dispersione nel suolo (costituito da n° 4 pozzi perdenti) previo passaggio in un disoleatore e in un pozzetto campionatore.

Qualora le tubazioni posate sotto un'area carrabile avessero un ricoprimento sopra estradosso inferiore a 50 cm è necessario prevedere una soletta in calcestruzzo armato di spessore 25 cm e larghezza 80 cm.

Sulla base dei criteri indicati nei paragrafi precedenti si riportano nelle tabelle seguenti i calcoli idraulici relativi alla rete di raccolta delle acque meteoriche (calcolo portate critiche) da realizzare.

TIPOLOGIA	SUPERFICIE [mq]	SUPERFICIE [ha]	COEFF. DEFLUSSO
Aree a verde	0	0	0
Pavimentazione semi-permeabile (aiuole in autobloccanti)	135	0,0135	0,7
strade, parcheggi(pavimentazione in conglomerato bituminoso)	2059	0,206	1
TOTALE	2194	0,2194	0,98

Tabella 1: Suddivisione area intervento in funzione della tipologia della superficie

Ai sensi dell'art. 9 del Regolamento, l'intervento rientra nella classe di intervento 2: Impermeabilizzazione potenziale media.

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

Tabella 2 – R.R. 7/2017 - Articolo 9, tabella 1.

tratto	sotto bacino	area	coeff.	i	L	V _r	T _r	θ _c	D _i	D _e	Q _c	Q _c	Q _c
		[ha]	assorb. [-]	[m/m]	[m]	[m/s]	[min]	[min]	[cm]	[mm]	[m ³ /s]	[l/s]	[m ³ /ora]
tratto A-B	1	0,0195	0,96	0,0050	22,00	1,32	0,28	5,19	37,66	400	0,0109	10,91	39,29
tratto B-C	2*=2+1	0,0364	0,93	0,0050	24,00	1,32	0,58	5,39	37,66	400	0,0195	19,53	70,31
tratto C-D	3*=3+2*	0,0795	0,97	0,0050	29,00	1,32	0,95	5,63	37,66	400	0,0432	43,20	155,51
tratto D-H	4*=4+3*	0,1112	0,97	0,0050	28,00	1,32	1,30	5,87	37,66	400	0,0596	59,65	214,72
tratto E-F	5	0,0268	1,00	0,0080	28,00	1,67	0,28	5,19	37,66	400	0,0157	15,71	56,54
tratto F-G	6*=6+5	0,0737	0,99	0,0080	25,50	1,67	0,54	5,36	37,66	400	0,0422	42,20	151,93
tratto G-H	7*=7+6*	0,0977	0,99	0,0080	19,50	1,67	0,73	5,49	37,66	400	0,0549	54,93	197,75
tratto H-Rp	8*=8+7*+4*	0,2194	0,98	0,0200	2,00	2,63	1,32	5,88	37,66	400	0,1185	118,48	426,52

Tabella 3: Dati idraulici tubazione per tratto di competenza – Tr=50 anni

tratto	sotto bacino	area	coeff.	i	L	V _r	T _r	θ _c	D _i	D _e	Q _c	Q _c	Q _c
		[ha]	assorb. [-]	[m/m]	[m]	[m/s]	[min]	[min]	[cm]	[mm]	[m ³ /s]	[l/s]	[m ³ /ora]
tratto A-B	1	0,0195	0,96	0,0050	22,00	1,32	0,28	5,19	37,66	400	0,0121	12,10	43,58
tratto B-C	2*=2+1	0,0364	0,93	0,0050	24,00	1,32	0,58	5,39	37,66	400	0,0217	21,67	78,01
tratto C-D	3*=3+2*	0,0795	0,97	0,0050	29,00	1,32	0,95	5,63	37,66	400	0,0479	47,95	172,61
tratto D-H	4*=4+3*	0,1111	0,97	0,0050	28,00	1,32	1,30	5,87	37,66	400	0,0662	66,21	238,34
tratto E-F	5	0,0268	1,00	0,0080	28,00	1,67	0,28	5,19	37,66	400	0,0174	17,44	62,78
tratto F-G	6*=6+5	0,0737	0,99	0,0080	25,50	1,67	0,54	5,36	37,66	400	0,0469	46,85	168,67
tratto G-H	7*=7+6*	0,0977	0,99	0,0080	19,50	1,67	0,73	5,49	37,66	400	0,0610	60,98	219,54
tratto H-Rp	8*=8+7*+4*	0,2194	0,98	0,0200	2,00	2,63	1,32	5,88	37,66	400	0,1315	131,52	473,48

Tabella 4: Dati idraulici tubazione per tratto di competenza – Tr=100 anni

dove:

area superficie del bacino scolante considerato;

i pendenza di fondo del tubazione;

L lunghezza della tubazione;

V_r velocità all'interno della tubazione a tubo pieno;

T_r tempo di corrivazione della tubazione;

θ_c durata critica;

D_i diametro interno della tubazione;

D_e diametro esterno della tubazione;

Q_c portata critica.

Nelle tabelle seguenti si riportano le verifiche idrauliche relative alle tubazioni in PVC SN8 De400 mm, con pendenza minima 5,00 m/km e 8 m/km.

D_i [mm]	376,60
D_e [mm]	400
KST	90
J [m/Km]	5,00

D_i [mm]	376,60
D_e [mm]	400
KST	90
J [m/Km]	8,00

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
15,0	0,29	0,43
33,0	0,49	2,32
51,0	0,64	5,77
69,0	0,77	10,75
87,0	0,88	17,17
105,0	0,98	24,91
123,0	1,07	33,83
141,0	1,15	43,76
159,0	1,22	54,53
177,0	1,28	65,95
195,0	1,34	77,80
213,0	1,38	89,87
231,0	1,42	101,92
249,0	1,45	113,68
267,0	1,48	124,87
285,0	1,49	135,17
303,0	1,50	144,20
321,0	1,50	151,49
339,0	1,48	156,37
357,0	1,44	157,70
376,6	1,32	146,71

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
15,0	0,37	0,55
33,0	0,61	2,93
51,0	0,81	7,30
69,0	0,97	13,60
87,0	1,12	21,72
105,0	1,24	31,51
123,0	1,35	42,79
141,0	1,45	55,36
159,0	1,54	68,98
177,0	1,62	83,42
195,0	1,69	98,42
213,0	1,75	113,68
231,0	1,80	128,92
249,0	1,84	143,80
267,0	1,87	157,95
285,0	1,89	170,98
303,0	1,90	182,40
321,0	1,89	191,62
339,0	1,87	197,80
357,0	1,83	199,47
376,6	1,67	185,57

Tabella 5 -Verifica idraulica tubazione in PVC SN8 De 400 mm con pendenza 5,00 m/km

Tabella 6 -Verifica idraulica tubazione in PVC SN8 De 400 mm con pendenza 5,00 m/km

RONDINE Srl

COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.

Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – OPERE DI URBANIZZAZIONE

PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

D_i [mm]	376,60
D_e [mm]	400
KST	90
J [m/Km]	20,00

ALTEZZA	VELOCITA'	PORTATA
mm	m/s	l/s
15,0	0,58	0,87
33,0	0,97	4,64
51,0	1,28	11,54
69,0	1,54	21,50
87,0	1,76	34,34
105,0	1,96	49,83
123,0	2,14	67,66
141,0	2,30	87,53
159,0	2,44	109,07
177,0	2,56	131,90
195,0	2,67	155,61
213,0	2,77	179,75
231,0	2,85	203,84
249,0	2,91	227,37
267,0	2,96	249,75
285,0	2,99	270,34
303,0	3,00	288,40
321,0	3,00	302,97
339,0	2,96	312,75
357,0	2,89	315,40
376,6	2,63	293,42

Tabella 7- Verifica idraulica tubazione in PVC SN8 De 400 mm con pendenza 20,00 m/km

Alla cameretta H, prima dell'ingresso nel sistema Ripartitore-Desoleatore-Campionatore, arrivano le acque raccolte dai due rami della nuova rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche: uno proveniente da Via Giosuè Carducci e l'altro proveniente dal prolungamento di Via S. Vittore.

I due rami della rete sono caratterizzati da tubazioni in PVC De 400 mm con rispettivamente pendenza pari a 5,00 m/km e 8,00 m/km. Infine, il tratto di rete dalla cameretta H alla cameretta Ripartitore, il quale deve raccogliere le acque provenienti dall'intera area scolante, è caratterizzato da una tubazione in PVC De 400 mm con pendenza pari a 15 m/km.

La tubazione in PVC De 400 mm SN8 con pendenza 5,00 m/km è in grado di smaltire una portata massima pari a 157,79 l/s (velocità: 1,45 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 355 mm, riempimento 94%); e pertanto con un ampio margine rispetto alla portata meteorica in progetto da raccogliere dal ramo della rete proveniente da via Giosuè Carducci, pari a 59,65 l/s (vd. Tab.3). Il requisito richiesto inoltre è che la portata di progetto passi nelle tubazioni con un riempimento al massimo pari al 50%. In questo caso, per tale riempimento la portata che è in grado di transitare nelle tubazioni risulta essere pari a 73,35 l/s e, pertanto, tale requisito risulta rispettato.

La tubazione in PVC De 400 mm SN8 con pendenza 8,00 m/km è in grado di smaltire una portata massima pari a 199,62 l/s (velocità: 1,84 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 354 mm, riempimento 94%); e pertanto con un ampio margine rispetto alla portata meteorica in progetto raccolta dal ramo della rete lungo il prolungamento di via S. Vittore, pari a 54,93 l/s (vd. Tab.3). Il requisito richiesto inoltre è che la portata di progetto passi nelle tubazioni con un riempimento al massimo pari al 50%. In questo caso, per tale riempimento la portata che è in grado di transitare nelle tubazioni risulta essere pari a 92,79 l/s e, pertanto, tale requisito risulta rispettato.

La tubazione in PVC De 400 mm SN8 con pendenza 15,00 m/km è in grado di smaltire una portata massima pari a 315,58 l/s (velocità: 2,90 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 355 mm, riempimento 94%); e pertanto con un ampio margine rispetto alla portata meteorica totale in progetto da raccogliere e smaltire, che risulta essere pari a 118,5 l/s (vd. Tab.3). Il requisito richiesto inoltre è che la portata di progetto passi nelle tubazioni con un riempimento al massimo pari al 50%. In questo caso, per tale riempimento la portata che è in grado di transitare nelle tubazioni risulta essere pari a 146,7 l/s e, pertanto, tale requisito risulta rispettato.

RONDINE Srl*COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"**Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.**Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"**SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – OPERE DI URBANIZZAZIONE**PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA*

Inoltre, come è possibile osservare dalla tabella 4, si verifica che tutte le tubazioni siano in grado di smaltire la anche la portata risultante da un tempo di ritorno pari a 100 anni (131,5 l/s).

Il **disoleatore** sarà del tipo a coalescenza a norma UNI EN 858-1:2005, classe I (punto 4.1 della norma), dimensionato come previsto al punto 4.4 prospetto 5 della norma (aree di parcheggio veicoli - quantità di fango media), in grado di trattare una portata pari a 16 l/s con le seguenti caratteristiche:

$$S = 2194 \text{ m}^2 \rightarrow Q_{dis} = 11,97 \text{ l/s}$$

Grandezza Nominale (NS)	16 l/s
Contenuto utile sfangazione	2,50 m ³
Contenuto sedimentatore	2,50 m ³
Capacità accumulo oli	0,54 m ³

Tabella 8: Dati caratteristiche disoleatore

Nella tabella seguente si riporta la verifica idraulica relativa alla tubazione in PVC De 200 mm SN 8 con pendenza 10 m/km di collegamento tra il pozzetto ripartitore delle portate, il disoleatore ed il pozzetto campionatore.

D_i [mm]	188,20
D_e [mm]	200
KST	90
J [m/Km]	10,00

ALTEZZA	VELOCITA'	PORTATA
mm	m/s	l/s
10,0	0,31	0,18
19,0	0,47	0,69
28,0	0,60	1,56
37,0	0,71	2,76
46,0	0,81	4,27
55,0	0,90	6,07
64,0	0,97	8,13
73,0	1,04	10,39
82,0	1,10	12,83
91,0	1,16	15,41
100,0	1,20	18,06
109,0	1,24	20,75
118,0	1,28	23,42
127,0	1,30	26,01
136,0	1,32	28,45
145,0	1,33	30,67
154,0	1,34	32,58
163,0	1,33	34,07
172,0	1,31	34,96
181,0	1,27	34,93
188,2	1,17	32,63

Tabella 9: Verifica idraulica tubazione in PVC SN8 De 200 mm, pendenza minima 10,00 m/km

La portata massima che la tubazione in PVC De 200 mm SN 8 con pendenza pari a 5,00 m/km è in grado di smaltire è pari a 35,10 l/s (velocità: 1,29 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 177 mm, riempimento 94%) e pertanto con un ampio margine rispetto alla portata da disoleare/disoleata pari a 11,97 l/s. Tale portata

inoltre, transita nella tubazione con una velocità pari a 1,08 m/s, un'altezza nel tubo di 79 mm e con grado di riempimento pari al 42%. Pertanto risulta verificato anche in questo caso il requisito richiesto sul grado di riempimento (al più pari al 50%).

Le acque meteoriche verranno smaltite negli strati superficiali del terreno mediante un sistema di dispersione costituito da **pozzi perdenti**.

Ciascun pozzo sarà realizzato con anelli perdenti prefabbricati in calcestruzzo, diametro interno 200 cm, diametro esterno 224 cm e altezza 50 cm con sottofondo (20 cm) e rinfiango (spessore medio 75 cm) in ghiaia (porosità 0,4).

Determinazione del coefficiente di permeabilità

Nel mese di Maggio 2019 il Dott. Geologo Fabio Baio ha eseguito due prove di permeabilità in pozzetto con metodo a “carico variabile” (assimilabile alle prove Lefranc), a profondità di 1,20 m e 2,20, ed inoltre, è stata eseguita anche una prova a carico costante, alla profondità di 2,20 m. Da tali indagini risulta un valore di permeabilità medio $K = 5,6 \times 10^{-4}$ m/s.

Sulla base dei criteri indicati si riportano nelle tabelle seguenti i calcoli idraulici relativi al dimensionamento dei pozzi perdenti da realizzare (con tempo di ritorno pari a 50 anni) e relativi alla verifica dei franchi di sicurezza (considerando un tempo di ritorno di 100 anni).

tempo	tempo	portata pioggia	capacità dispersa da ogni pozzo	volume disperso da ogni pozzo nell'intervallo di tempo	volume disperso dagli n pozzi nell'intervallo di tempo	volume piogge	volume disperso dagli n pozzi	volume cumulato dagli n pozzi	volume immagazzinato dal sistema pozzi+terreno
t	t	Q _p	Q _f	W _f	W _{POZZI}	W _{PC}	W _{FT}	W _{FC}	ΔW
[min]	[s]	[l/s]	[mc/s]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	300	16,40	0,00647	1,9405	7,7618	4,92	7,76	120,60	-123,45
10	600	22,18	0,00647	1,9405	7,7618	11,57	15,52	120,60	-124,55
15	900	26,51	0,00647	1,9405	7,7618	19,53	23,29	120,60	-124,36
20	1200	35,29	0,00647	1,9405	7,7618	30,11	31,05	120,60	-121,54
25	1500	89,36	0,00647	1,9405	7,7618	56,92	38,81	120,60	-102,49
28	1680	117,31	0,00647	1,9405	7,7618	92,11	46,57	120,60	-75,06
30	1800	91,09	0,00647	1,9405	7,7618	119,44	54,33	120,60	-55,50
35	2100	40,18	0,00647	1,9405	7,7618	131,50	62,09	120,60	-51,20
40	2400	31,15	0,00647	1,9405	7,7618	140,84	69,86	120,60	-49,62
45	2700	26,39	0,00647	1,9405	7,7618	148,76	77,62	120,60	-49,46
50	3000	23,31	0,00647	1,9405	7,7618	155,75	85,38	120,60	-50,23
55	3300	21,11	0,00647	1,9405	7,7618	162,09	93,14	120,60	-51,66
60	3600	19,44	0,00647	1,9405	7,7618	167,92	100,90	120,60	-53,59

Tabella 10: Dati idraulici di dimensionamento dei pozzi perdenti Tr=50 anni.

tempo	tempo	portata pioggia	capacità dispersa da ogni pozzo	volume disperso da ogni pozzo nell'intervallo di tempo	volume disperso dagli n pozzi nell'intervallo di tempo	volume piogge	volume disperso dagli n pozzi	volume cumulato dagli n pozzi	volume immagazzinato dal sistema pozzi+terreno
t	t	Q _p	Q _f	W _f	W _{POZZI}	W _{PC}	W _{FT}	W _{FC}	Δ W
[min]	[s]	[l/s]	[mc/s]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	[mc]	
0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	300	18,21	0,00647	1,9405	7,7618	5,46	7,76	120,60	-122,90
10	600	24,62	0,00647	1,9405	7,7618	12,85	15,52	120,60	-123,28
15	900	29,43	0,00647	1,9405	7,7618	21,68	23,29	120,60	-122,21
20	1200	39,18	0,00647	1,9405	7,7618	33,43	31,05	120,60	-118,22
25	1500	99,21	0,00647	1,9405	7,7618	63,19	38,81	120,60	-96,22
27	1620	130,24	0,00647	1,9405	7,7618	102,27	46,57	120,60	-64,91
30	1800	101,13	0,00647	1,9405	7,7618	132,60	54,33	120,60	-42,33
35	2100	44,61	0,00647	1,9405	7,7618	145,99	62,09	120,60	-36,71
40	2400	34,58	0,00647	1,9405	7,7618	156,36	69,86	120,60	-34,10
45	2700	29,30	0,00647	1,9405	7,7618	165,15	77,62	120,60	-33,07
50	3000	25,88	0,00647	1,9405	7,7618	172,91	85,38	120,60	-33,07
55	3300	23,44	0,00647	1,9405	7,7618	179,95	93,14	120,60	-33,80
60	3600	21,58	0,00647	1,9405	7,7618	186,42	100,90	120,60	-35,09

Tabella 11: Dati idraulici di dimensionamento dei pozzi perdenti Tr=100 anni.

Ai sensi del Regolamento Regionale n°7/2017 e s.m.i, il requisito minimo di cui all’art. 12, in questo caso pari a 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell’intervento, può essere ridotto del 30% dal momento che i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione si basano su prove di permeabilità. Il volume di accumulo minimo da garantire, risulta quindi pari a 800 m³ * (0,2194 ha * 0,98) * 0,7 = 120,5 m³, e pertanto si prevede la realizzazione di n°4 pozzi perdenti di diametro interno 2,00 m e altezza utile pari a 2,56 m (ai fini del calcolo del volume di accumulo si considera un’altezza interna del manufatto pari a 4,5 m ed uno spessore medio della ghiaia pari ad 1 m). Come si osserva dalla Tabella 8, inoltre, è verificato che le opere, così dimensionate, siano in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno pari a Tr= 100 anni.

Infine, considerando il volume accumulato dai pozzi e la capacità di dispersione (ricavata come mostrato in precedenza in funzione del coefficiente di permeabilità), si calcola il tempo di svuotamento, mostrato nella seguente tabella. Si verifica che tale tempo non è superiore alle 48 ore (Art. 8, comma 4 del Regolamento).

TEMPO DI SVUOTAMENTO	
120,60	Volume cumulato dai 4 pozzi
0,0065	capacità dispersa dal singolo pozzi
1,29	Tempo svuotamento sistema in ore

Tabella 12: Tempo di svuotamento.

5. VERIFICA STATICA

La condotta interrata ed il suolo in cui essa è immersa costituiscono una struttura che, sotto l'azione dei carichi e dei sovraccarichi, deve risultare stabile nel tempo. Per tale motivo si deve procedere alla verifica statica della condotta nella sua condizione di esercizio, protratta negli anni secondo un orizzonte temporale congruente con la durata ipotizzata della rete fognaria.

Nel presente progetto è previsto l'impiego di tubazioni in PVC SN 8.

Le tubazioni in PVC sono tubazioni flessibili e pertanto la sollecitazione esterna può causare mutamenti di forma della sezione circonferenziale (cioè si può deformare) senza causare danni. La deformazione, a breve o lungo termine, può raggiungere valori anche elevati, non compatibili con il corretto funzionamento della canalizzazione, senza che il tubo presenti danni alla struttura o sintomi di collasso.

La flessibilità (o meglio la deformabilità) in senso circonferenziale dipende dal valore della rigidità circonferenziale.

La rigidità circonferenziale è il parametro che caratterizza i tubi flessibili e, in relazione alla sua dipendenza sia dai dati geometrici (momento d'inerzia di parete) che dalle caratteristiche del materiale (modulo di elasticità), si definisce geometricamente per i tubi a parete piena e con valori ben definiti del modulo di elasticità e sperimentalmente per altro tipo di tubo con parete complessa o materiali compositi.

In termini tecnici, la rigidità è definita come:

$$SR = E I / rm^3$$

espressa in kN/m² (norme DIN)

in cui:

- o E = modulo elastico circonferenziale del materiale
- o $I = s^3/12$ = momento di inerzia di parete
- o s = spessore della parete
- o rm = raggio sull'asse neutro.

oppure secondo la notazione adottata da ISO ed EN basata sul diametro medio:

$$SN = E I / Dm^3$$

espressa ancora in kN/m².

Ne consegue un rapporto $SR = 8SN$.

Nel contesto delle condotte, "flessibile" significa deformabile nella direzione del diametro verticale.

Nella valutazione del concetto di "flessibilità", il modulo di elasticità del materiale riveste una particolare importanza.

Tutti i tubi flessibili soggetti a carico esterno interagiscono con il sistema "terreno di riempimento - pareti della trincea" (o pressione del terreno circostante nel caso di trincea larga o terrapieno), che si oppongono alla deformazione. I tubi flessibili, proprio grazie alla loro deformabilità, sono in grado di trasmettere i carichi lateralmente sul terreno.

Il comportamento di una tubazione flessibile qualsiasi soggetta a carico può essere ricondotta a quella delle strutture ad arco, in cui i carichi si scaricano sugli estremi.

Nelle teorie comunemente utilizzate per il calcolo della deformazione, l'analisi della struttura tubo - terreno si semplifica assumendo che le deformazioni nel tubo siano piane ed il tubo sia equivalente ad un cilindro di lunghezza infinita e di piccolo spessore, e considerando inoltre che il terreno reagisca elasticamente.

L'analisi del sistema strutturale tubo flessibile - terreno è stata sviluppata nell'Università dello Iowa da Spangler e Marston. L'equazione di Spangler è stata poi modificata, sulla base degli studi di Barnard ed altri, nella forma comunemente accettata per il calcolo della deformazione dei tubi flessibili.

Tale formula si presenta come:

$$\text{deformazione} = (\text{carico sul tubo}) / (\text{rigidezza del tubo} + \text{rigidezza del terreno})$$

Nella formula non compaiono direttamente i dati relativi alla trincea, che influiscono invece sul calcolo del carico.

Interazione tubo-terreno

In tutte le tubazioni posate in scavo e soggette a carichi esterni si verifica un'interazione tra tubo, materiale di riempimento e parete dello scavo.

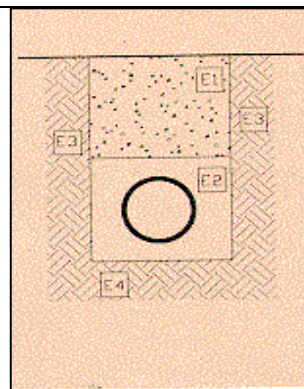
In termini pratici il complesso "materiale di riempimento-pareti dello scavo" si oppone alla deformazione ed alla rottura della tubazione. Maggiore è la "rigidezza" del materiale di riempimento e della struttura intorno alla tubazione, maggiore è la resistenza della canalizzazione alle sollecitazioni esterne.

La reazione del complesso "riempimento-terreno" è da porsi in relazione al modulo di elasticità "E" del terreno di riempimento, che a sua volta dipende fortemente dal grado di compattazione, ed a quello, inalterato, delle pareti dello scavo.

In genere si utilizzano metodi di calcolo (derivanti dagli studi di Spangler, Watkins, Barnard) che tengono in considerazione il fatto che il valore di "E" (modulo elastico o modulo di resistenza passiva del terreno di riempimento) non è costante, mentre invece risulta costante, ai fini pratici, il fattore $E' = E \cdot r$ (ove r è il raggio della condotta), chiamato "modulo di deformazione" o "modulo elastico" (espresso in N/mm²).

Sono definiti come:

- o E1 modulo elastico del terreno sovrastante la tubazione (riempimento);
- o E2 modulo elastico del rinfianco (terreno che circonda il tubo);
- o E3 modulo elastico del terreno in sito (ai fianchi dello scavo);
- o E4 modulo elastico del terreno in sito (fondo scavo senza letto di posa).



Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di E' , dell'angolo di attrito interno del terreno " ϕ " ed il peso specifico del terreno " γ " in funzione del tipo di materiale e della percentuale di compattazione.

VALORI DI E1 ED E2 in N/mm ²	CLASSE DI RINFIANCO O DI REINTERRO			
	1	2	3	4
Argilla e terreni a grana molto fine	0,6	1,5	2	5
Limi e terreni a grana fine	0,8	2	3	7
Sabbia e terreni a grana media	1,2	3	4	10
Ghiaia e terreni a grana grossa	2	6	9	20

Tabella 13: Valori del modulo elastico del terreno di riempimento e del rinfianco in funzione del materiale e della percentuale di compattazione

Classe del terreno di rinterro e rinfianco:

- o 1 rinterro o rinfianco senza compattazione (terreno scaricato alla rinfusa);
- o 2 rinterro o rinfianco con livello scarso di compattazione;
- o 3 rinterro o rinfianco con livello medio di costipamento;
- o 4 rinterro o rinfianco con ottimo livello di compattazione (ripristino condizioni in sito).

TIPO DI TERRENO IN SITO	ϕ (°)	γ (KN/M ³)	E3-E4 (MPa)
Argilla e terreni a grana molto fine	20	20	5
Limi e terreni a grana fine	25	20	7
Sabbia e terreni a grana media	30	20	10
Ghiaia e terreni a grana grossa	35	20	20

Tabella 14: Valori del modulo elastico del terreno in sito, dell'angolo di attrito interno e del peso specifico del terreno in funzione del materiale e della percentuale di compattazione

dove:

ϕ = angolo di attrito interno del terreno in gradi

γ = peso specifico del terreno in kN/m³

Calcolo dei carichi gravanti sulla condotta

Qualsiasi tubazione posata in scavo o in terrapieno è soggetta a carichi esterni, dovuti al peso del materiale di ricoprimento ed agli eventuali manufatti gravanti sullo stesso, definiti carichi statici, ed ai carichi dinamici dovuti al passaggio di mezzi terrestri sulla verticale o in prossimità della condotta.

Nella seguente tabella sono riportati i dati utilizzati per la verifica statica della tubazione in analisi.

Dati di progetto	U.M.	Tubazione
Materiale tubazione		PVC
Comportamento della tubazione		flessibile
De Diametro esterno	mm	200
Di Diametro interno	mm	188,2
Sp Spessore	mm	5,9
Br Larghezza scavo	m	0,80
H Altezza ricoprimento max	m	1,87
H Altezza ricoprimento min	m	1,77
H _f Altezza del sottofondo	m	0,15
β Angolo formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale	gradi	90
Rinterro		Sabbia e terreni a grana media
Classe del terreno di rinfianco		3
Classe di rinterro		3
Tipo sezione di scavo		Rilevato
Condizioni di traffico		Pesante

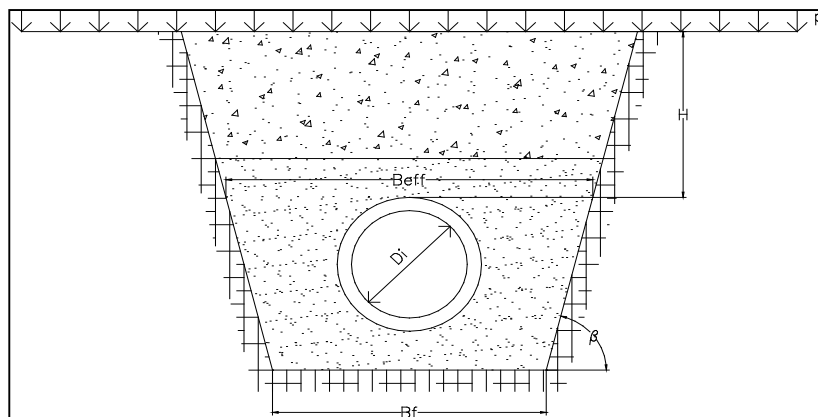
Tabella 15: Dati necessari per la verifica statica della tubazione in PVC SN 8 De 200 mm

Dati di progetto	U.M.	Tubazione
Materiale tubazione		PVC
Comportamento della tubazione		flessibile
De Diametro esterno	mm	400
Di Diametro interno	mm	376,6
Sp Spessore	mm	11,7
Br Larghezza scavo	m	0,80
H Altezza ricoprimento max	m	1,87
H Altezza ricoprimento min	m	0,81
H _f Altezza del sottofondo	m	0,15
β Angolo formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale	gradi	90
Rinterro		Sabbia e terreni a grana media
Classe del terreno di rinfianco		3
Classe di rinterro		3
Tipo sezione di scavo		Rilevato
Condizioni di traffico		Pesante

Tabella 16: dati necessari per la verifica statica della tubazione in PVC SN 8 De 400 mm

Dati di progetto	U.M.	Tubazione
Materiale tubazione		PEAD corrugato fessurato
Comportamento della tubazione		flessibile
De Diametro esterno	mm	250
Di Diametro interno	mm	218
Sp Spessore	mm	16
B _f Larghezza scavo	m	0,80
H Altezza ricoprimento max	m	2,18
H Altezza ricoprimento min	m	1,98
H _f Altezza del sottofondo	m	0,15
β Angolo formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale	gradi	90
Rinterro		Sabbia e terreni a grana media
Classe del terreno di rinfianco		3
Classe di rinterro		3
Tipo sezione di scavo		Rilevato
Condizioni di traffico		Pesante

Tabella 17: Dati necessari per la verifica statica della tubazione in PEAD corrugato fessurato De 250 mm



Analisi del carico dovuto al terreno

Il carico dovuto al peso del terreno sulla generatrice superiore del tubo, per unità di lunghezza, è dato dalla seguente formula:

$$Q_1 = C_e \cdot De^2 \cdot \gamma$$

con:

$$C_e = 0,1 + 0,85 \cdot (H/De) + 0,33 \cdot (H/De)^2 \text{ per } H/De \leq 2,66$$

$$C_e = 0,1 + 1,68 \cdot (H/De) \text{ per } H/De > 2,66$$

Analisi del carico stradale

La pressione esercitata sul condotto dal carico stradale è calcolata in base alla teoria di Boussinesq (diffusione di un carico circolare in un semispazio omogeneo e isotopo ed elastico) ed è determinata dalla seguente equazione:

$$q_2 = a_F \cdot p_F \cdot \phi$$

dove:

$$p_F = \frac{F_A}{r_A^2 \cdot \pi} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_A}{H}\right)^2} \right)^{3/2} \right] + \frac{3 \cdot F_E}{2 \cdot H^2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_E}{H}\right)^2} \right)^{5/2}$$

$$a_F = 1 - \frac{0,9}{0,9 + \frac{4 \cdot H^2 + H^6}{1,1 \cdot \left(\frac{(De + Di)}{2}\right)^{2/3}}}$$

F_A è il carico sulla superficie considerata, F_E è il carico sulle superfici circostante a quella considerata, r_E è la distanza del baricentro della superficie considerata dal baricentro dei carichi circostanti, r_A è il raggio medio equivalente della superficie con carico F_A e φ è il coefficiente di incremento dinamico. Nella tabella seguente sono riportati i valori di F_A, F_E, r_A, r_E e φ in funzione della classe della strada (grande, medio, leggero traffico) a norma DIN 1072.

Classe Strada	Veicolo	Peso tot.	Fa (KN)	Fe (KN)	ra (m)	re (m)	Φ
Grande traffico	HLC 60	600 KN	100	500	0,25	1,82	1,2
Medio traffico	HLC 30	300 KN	50	250	0,18	1,82	1,4
Traffico leggero	HGV 12	120 KN	40	80	0,15	2,26	1,5

Dalla pressione sull'estradosso della tubazione dovuta al carico stradale q₂ è possibile risalire al carico per unità di lunghezza del tubo:

$$Q_2 = q_2 \cdot De$$

Carico agente sulla tubazione

Il carico totale agente sulla tubazione per unità di lunghezza Q_{tot} è dato dalla somma dei carichi Q₁ e Q₂.

Q_{tot} è la forza sollecitante la condotta immersa nel terreno e sottoposta ai vari carichi statici e dinamici definiti nei paragrafi precedenti. Questa forza moltiplicata per un fattore di sicurezza posto pari a 1,5, permette di determinare il grado di deformazione del tubo, che deve risultare inferiore al 5% del diametro della condotta stessa (secondo quanto stabilito dalle norme UNI).

Nelle reali condizioni di impiego la forza sollecitante la condotta diminuisce per effetto delle azioni di supporto del terreno.

Nelle tubazioni flessibili la sollecitazione definitiva (F_s) della condotta posata nello scavo si ottiene, pertanto, dividendo la forza ottenuta in precedenza (moltiplicata per il coefficiente di sicurezza 1,5) per un coefficiente di posa E_z , funzione delle modalità di allettamento del condotto.

I valori di E_z sono:

- o $E_z = 1,59 \rightarrow$ Solo sottofondo in sabbia o ghiaietto;
- o $E_z = 1,80 \rightarrow$ Sottofondo , rinfianco e ricoprimento in sabbia o ghiaietto;
- o $E_z = 2,80 \rightarrow$ Sottofondo in sabbia o ghiaietto e rinfianco in calcestruzzo;
- o $E_z = 3,69 \rightarrow$ Totale annegamento in calcestruzzo.

Calcolo deformazione condotta

La deformazione di una condotta flessibile soggetta a una forza sollecitante F_s risulta:

$$\Delta X = \frac{0,125 \cdot T \cdot F_s \cdot 1000}{(E_t / T \cdot (\text{spessore} / De)^3) \cdot 10^6 + 0,0915 \cdot E_i}$$

dove T tiene conto della variazione nel tempo delle caratteristiche del materiale costituente il tubo (per tubazioni in PVC T è posto pari a 1), E_t è il modulo di elasticità del tubo (1500 MPa per tubazioni in PVC) ed E_i risulta:

$$E_i = \frac{9 \cdot 10^4 (H + 4)}{\alpha}$$

Il condotto è staticamente verificato se risulta:

$$\frac{\Delta X}{De} \cdot 100 \leq 5$$

Calcoli statici

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati dei calcoli del carico statico, del carico stradale (caso peggiore,) e la verifica di stabilità relativi alle tubazioni in progetto.

Tubazione in PVC SN 8 De 200 mm

Carico dovuto al terreno

De (mm)	H (m)	C _e (-)	Q ₁ (kN/m)
200	1,77	14,93	11,95
	1,87	15,77	12,62

Carico stradale

De (mm)	H (m)	p _F (-)	a _F (-)	q ₂ (kN/m ²)	Q ₂ (kN/m)
200	1,77	27,49	0,99	32,73	6,55

	1,87	26,32	0,99	31,39	6,28
--	------	-------	------	-------	------

Verifica a deformazione

De (mm)	H (m)	Qt (kN/m)	EZ (-)	Fs (kN/m)	$\Delta X/De$ (%)	Verifica
200	1,77	18,49	1,8	15,41	2,71	< 5 %
	1,87	18,90	1,8	15,75	2,73	< 5 %

La deformazione elastica è inferiore al 5% e pertanto le tubazioni in PVC De 200 mm risultano idonee in ogni condizione.

Tubazione in PVC SN 8 De 400 mm

Carico dovuto al terreno

De (mm)	H (m)	C _e (-)	Q ₁ (kN/m)
400	0,81	3,18	10,19
	1,87	7,96	25,48

Carico stradale

De (mm)	H (m)	p _F (-)	a _F (-)	q ₂ (kN/m ²)	Q ₂ (kN/m)
400	0,81	68,83	0,85	69,91	27,96
	1,87	26,25	0,99	31,21	12,49

Verifica a deformazione

De (mm)	H (m)	Qt (kN/m)	EZ (-)	Fs (kN/m)	$\Delta X/De$ (%)	Verifica
400	0,81	38,15	1,8	31,79	3,29	< 5 %
	1,87	37,96	1,8	31,63	2,75	< 5 %

La deformazione elastica è inferiore al 5% e pertanto le tubazioni in PVC De 400 mm risultano idonee in ogni condizione.

Tubazione in PEAD corrugato fessurato De 250 mm

Carico dovuto al terreno

De (mm)	H (m)	C _e (-)	Q ₁ (kN/m)
250	1,98	13,38	16,72
	2,18	14,72	18,40

RONDINE Srl

COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.

Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE – OPERE DI URBANIZZAZIONE

PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA

Carico stradale

De (mm)	H (m)	p _F (-)	a _F (-)	q ₂ (kN/m ²)	Q ₂ (kN/m)
250	1,98	25,16	0,99	30,04	7,51
	2,18	23,32	1,00	27,9	6,98

Verifica a deformazione

De (mm)	H (m)	Q _t (kN/m)	EZ (-)	F _s (kN/m)	ΔX/De (%)	Verifica
250	1,98	24,23	1,8	20,20	2,61	< 5 %
	2,18	25,38	1,8	21,15	2,66	< 5 %

La deformazione elastica è inferiore al 5% e pertanto le tubazioni in PEAD CORRUGATO FESSURATO De 250 mm risultano idonee in ogni condizione.