



PR CAMPANIA
FESR
2021-2027



**REALIZZAZIONE DI UN COLLETTORE FOGNARIO NELLA LOCALITA' SAN CONO
- COMUNE DI LAUREANA CILENTO (SA)**

CUP: F33H18000010002

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA



Codice elaborato	CV001-PFTE-LAUREANA-RT-ZZ-KK-0009		
Nome Elaborato	RELAZIONE DI CALCOLO E CALCOLI IDRAULICI		
Scala	PROGETTISTA: Ing. Vito Ciantanni GEOLOGO: Dott. Geol. Antonio Senese		
--	RUP: Arch. Maurizio Fierro ARCHEOLOGO: Geomed S.r.l.		
DATA	APRILE 2026		

REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATORE RESP. TECNICO
00	Prima emissione	01/12/2025	
01	Seconda emissione	27/04/2026	
02			



PR CAMPANIA
FESR
2014-2020



Sommario

1.	Premessa	2
2.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA.....	6
	2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
3.	STIMA DELLE PORTATE.....	8
	3.1 STIMA DELLE PORTATE NERE	8
4.	DIMENSIONAMENTO SPECCHI	10
	4.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	12
	4.2 SEZIONE CIRCOLARE.....	13
	4.5 VERIFICHE	17
5.	OPERE D'ARTE.....	20
	5.1 OPERE RICORRENTI.....	20
6.	CONCLUSIONI	22



1. PREMESSA

Il seguente elaborato progettuale illustra le fasi di dimensionamento e verifica della rete fognaria a servizio del Comune di Laureana Cilento.

Per rete fognaria si intende l'insieme delle canalizzazioni e delle opere varie che servono per allontanare da una data area le acque nocive di rifiuto. A seconda della provenienza del liquido da trasportare, si suole distinguere tra fognatura urbana ed industriale, nell'ambito delle prime sussiste la seguente differenziazione:

- *Fognatura mista (o fognatura unitaria)*: quella che trasporta sia acque di provenienza meteorica che acque domestiche usate e liquami fecali;
- *Fognatura nera (o fognatura fecale)*: che trasporta esclusivamente acque di origine domestica usate e liquami fecali;
- *Fognatura bianca (o fognatura meteorica)*: che trasporta acque di origine meteorica.

Quando non si ha una fognatura unitaria il sistema fognario viene detto a reti separati e si parla anche di fognature separate.

Il sistema separato comporta la costruzione di due reti anziché una ed una maggiore profondità complessiva della costruzione, derivante dalla necessità di costruire la rete (generalmente quella nera) a profondità maggiore dell'altra per rendere possibili le intersezioni fra le due reti in corrispondenza degli incroci stradali.

Il sistema misto richiede una minor disponibilità di spazio nel corpo stradale rispetto a quella richiesta dal sistema separato. La realizzazione di una doppia canalizzazione può porre seri problemi nei centri storici degli abitati con strade strette per la presenza nel corpo stradale degli altri servizi: acquedotto, gas, luce e telefoni.

Per le fognature a sistema unitario di smaltimento, cioè miste, in genere non occorre alcun accorgimento cautelativo per lo smaltimento delle portate nere, infatti il dimensionamento degli sprechi è condizionato dalle massime portate bianche. Queste possono oscillare da valori nulli a valori centinaia di volte superiori alle portate nere. Di contro per fognature separate di acque bianche ed acque nere, si deve operare, per il dimensionamento di quest'ultime, una maggiore prudenza al fine di assicurare sempre ed ovunque riempimenti parziali tali da evitare fastidiosi rischi di ostruzione ovvero un'insufficiente ventilazione. È altresì ugualmente importante verificare le fogne fecali per portate medie allo scopo di assicurarsi che le velocità non scendano al di sotto di valori accettabili, sia per il processo di auto pulizia che per evitare che fenomeni di trasformazione biologica del materiale organico abbiano inizio. In effetti nei canali fognari e quindi in presenza di modeste quantità di aria si possono sviluppare processi putrefattivi, che possono poi compromettere i processi aerobici sui quali si basano i depuratori.

In generale il costo di costruzione di un sistema unitario risulta nettamente minore di quello di un sistema separato comportando la costruzione di una sola rete anziché due e una minore profondità complessiva della



costruzione. Tale sistema comporta una notevole semplificazione della rete di scarico privata. Il sistema separato, invece, richiedendo due allacciamenti per ogni edificio, rende l'installazione domestica essenzialmente più costosa, in più comporta anche un notevole aggravio dei costi gestionali dal momento che la rete dei canali da gestire ha uno sviluppo praticamente doppio ed è richiesta una più efficace sorveglianza al fine di garantire che non vengano eseguiti allacciamenti

di pluviali, caditoie stradali e altre acque di drenaggio nei condotti neri, ovvero collegamenti di scarichi neri nella rete delle acque meteoriche. Le due reti, infatti, devono essere separate fin dagli impianti interni alle proprietà private e non è infrequente che, per ridurre i costi, tale separazione tenda a non essere realizzata dal privato che spontaneamente cercherà di allacciarsi al condotto più comodo, per vicinanza o per profondità. Negli ultimi tempi è andato sempre più affermandosi, per le fognature urbane, l'utilizzazione del sistema misto. Le principali motivazioni di tale tendenza risiedono oltre che da quanto detto finora anche dalla notevole presenza dei carichi inquinanti raccolti dalle acque pluviali che le fanno assimilare in larga misura a quelle nere (specie nelle aree dove più intenso è l'insediamento urbano o dove sono concentrati i maggiori complessi produttivi).

Il sistema unitario richiede che l'impianto di trattamento sia dimensionato per una portata alquanto maggiore con conseguente incremento dei costi di costruzione e di gestione.

Da quanto detto possiamo affermare che per i **sistemi unitari** abbiamo:

- dimensionamento basato sulle portate meteoriche (nettamente prevalenti rispetto a quelle reflue in occasione dei massimi eventi di progetto);
- frequenti problemi di velocità troppo esigua;
- frequente lavaggio operato spontaneamente nei periodi piovosi;
- l'impianto di depurazione tratta le portate miste nere e bianche (nere diluite);
- eventuali invasi aggiuntivi per trattenere temporaneamente e poi immettere verso la depurazione l'aliquota più inquinata delle acque meteoriche ("acque di prima pioggia");

mentre per quanto riguarda i **sistemi separati** abbiamo:

- collettori destinati alle sole acque meteoriche hanno dimensioni pressoché identiche a quelle di una corrispondente rete unitaria;
- collettori destinati alle sole acque meteoriche possono essere realizzati con materiali meno pregiati di quelli dei sistemi unitari, e ancor di più di quelli esclusivamente neri;
- la rete nera presenta solitamente significative difficoltà di autopulizia;
- la rete bianca scarica direttamente nei ricettori, senza separare le portate di prima pioggia, che per il dilavamento delle superfici stradali presentano usualmente contenuti inquinanti tutt'altro che trascurabili;
- favorevoli nei confronti dell'impianto di depurazione, poiché le portate ad esso addotte sono solo

quelle nere, con caratteristiche più concentrate e costanti.

Dopo un'accurata valutazione si è scelto di utilizzare per la rete a servizio di Laureana Cilento un sistema separato, ove convogliare le sole acque nere.

Per la posa in opera va seguito il principio per cui la rete fognaria va disposta al di sotto del piano stradale e più in basso della quota della rete di distribuzione: il collettore principale viene posto almeno 30 cm al di sotto della condotta della rete interna, in modo da preservare quest'ultima dal rischio di contaminazione del refluo, per fenomeni di risalita capillare, a seguito della rottura del collettore stesso. Nel caso specifico in esame, il collettore fognario verrà posto in opera in una zona non urbanizzata, pertanto non si riscontra la necessità di rispettare puntualmente la profondità minima per evitare l'intercettazione o l'inquinamento di altre condotte. Nel caso specifico, la fognatura verrà posta ad una profondità media che varia dai 3 metri (per gran parte del tracciato) ai 5,50 metri (in alcuni tratti) dal piano campagna.

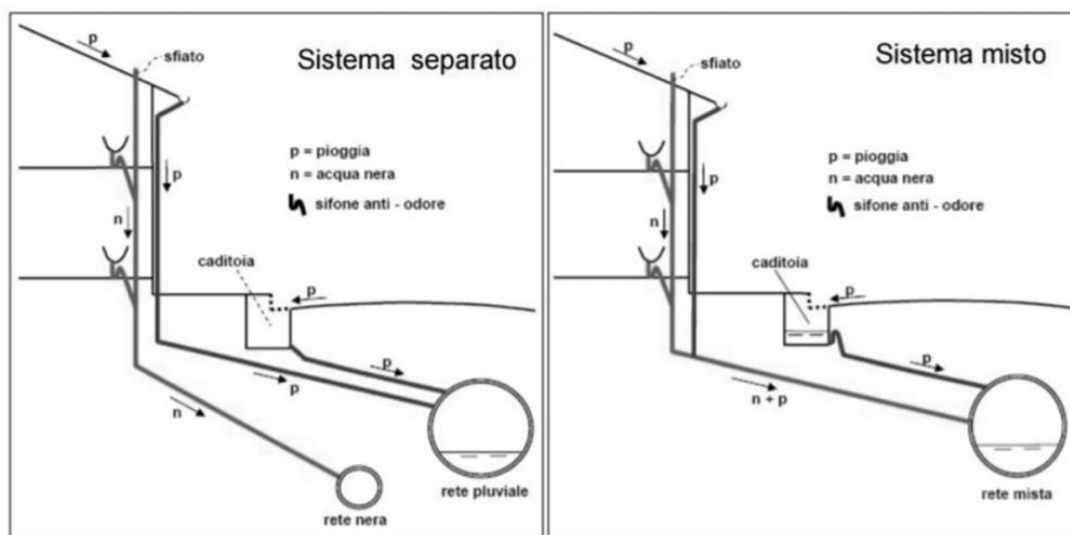


Figura 1 Sistema separato e misto

Le canalizzazioni funzionano in genere a pelo libero; in casi particolari, e sempre per tratti di breve lunghezza, il loro funzionamento può essere in pressione. Le componenti del sistema sono:

- *fogne*: canalizzazioni elementari che raccolgono le acque provenienti da fognoli di allacciamento e/o da caditoie;
- *collettori*: canalizzazioni che costituiscono l'ossatura principale della rete, che raccolgono le acque provenienti dalle fogne e, allorché conveniente, quelle ad essi direttamente addotte da fognoli e/o caditoie;
- *emissario*: il canale che, partendo dal termine della rete vera e propria, adduce le acque raccolte al recapito finale;
- *recapito finale*: il recipiente (fiume, torrente, lago, mare, ecc.) dove le acque vengono definitivamente scaricate.

versate previo adeguato trattamento;

- *impianto di depurazione*: l'insieme delle unità operatrici destinate a trattare le acque.

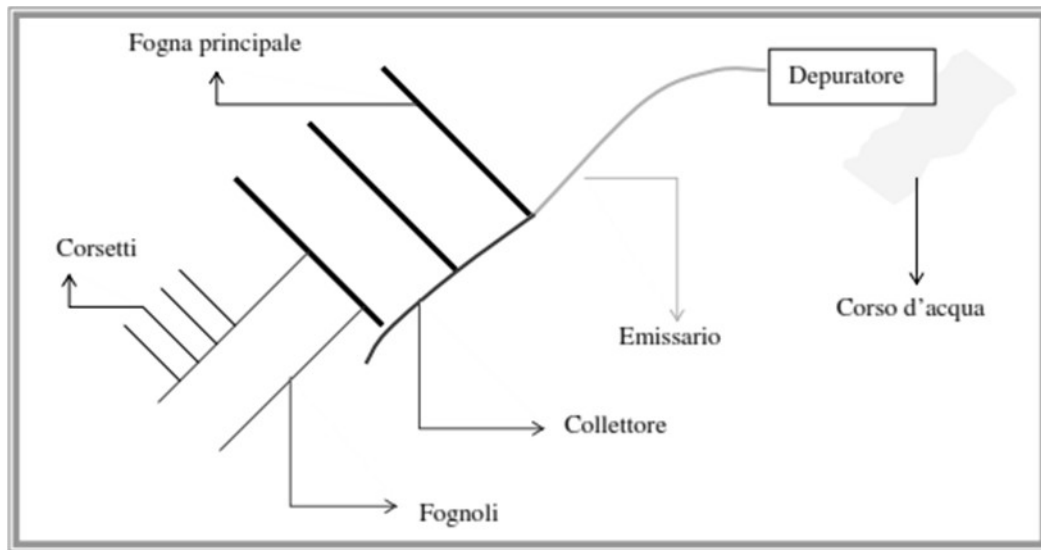


Figura 2 Schema generale di una rete fognaria

Le canalizzazioni di fognatura devono godere delle seguenti caratteristiche:

- Impermeabilità, evitare, da un lato, la fuoriuscita di liquame, potenzialmente pericolosa per motivi igienici, dall'altro, l'ingresso di acque parassite (esempio acque di falda in fognatura fecale)
- resistenza strutturale, sopportare sia il carico del rinterro, sia le sollecitazioni trasmesse dal traffico stradale;
- resistenza all'abrasione, favorita dall'ingresso in fogna di sabbia e altri solidi grossolani trascinati sul fondo ed in sospensione dalla corrente. L'abrasione cresce con la velocità;
- resistenza all'aggressione chimica, immissioni di sostanze aggressive d'origine prevalentemente industriale, o di sviluppo d'acido solforico d'origine biochimica all'interno della fognatura.

Ai fini della resistenza all'abrasione numerosi test hanno evidenziato un ottimo comportamento del GRES. A seguire si hanno le tubazioni in materiale plastico, ghisa, acciaio e per ultimo le tubazioni in cemento.

2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Preliminare ad una buona progettazione fognaria è il rilievo topografico delle aree interessate dalla rete. Il punto di partenza consiste nell'individuazione del recapito finale, in generale coincidente con un corpo idrico ricettore, ma nel caso in esame il recapito finale sarà un pozzetto esistente sito in località San Paolo, nel Comune di Laureana Cilento, il quale risulta già operativo rispetto al recapito finale – impianto di trattamento – sito nella medesima località a poca distanza da esso.

Nella seguente figura viene mostrato il percorso del collettore fognario e l'ubicazione del recapito finale, in particolare si evidenzia il pozzetto iniziale, punto di partenza della nuova fognatura, ove convoglieranno le acque reflue provenienti da ulteriori zone già provviste da rete fognaria ma non in funzione, inoltre, in ottica futura, nel medesimo pozzetto verranno convogliate le acque reflue provenienti dalla frazione di San Cono.

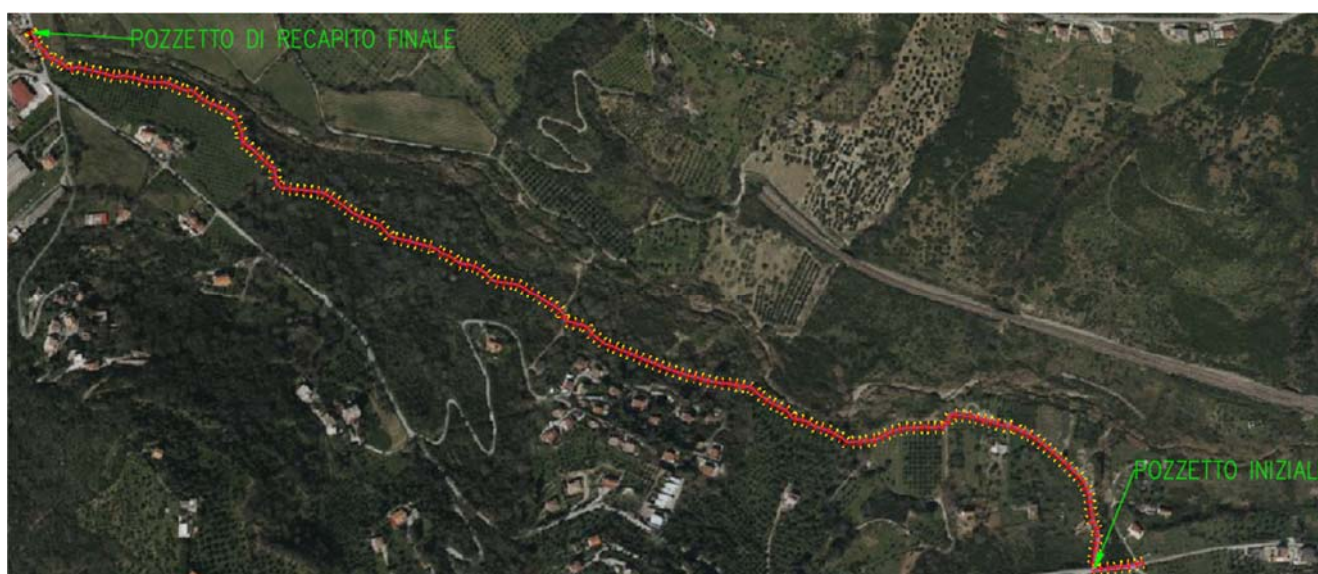


Figura 3. Tracciato rete fognaria

Ulteriore passo della progettazione è la delimitazione del cosiddetto bacino d'utenza

Per realizzare la fognatura si è pensato ad una rete che seguisse l'intero sviluppo del centro abitato. In generale il tracciato è stato pensato tenendo conto delle regole base per la loro costruzione, ovvero:

- a. la rete fognaria deve percorrere tutte le strade per consentire l'allaccio dei frontisti; anche se non sempre è stata rispettata questa scelta, a causa della presenza di zone non antropizzate, soprattutto nel tratto finale del collettore principale;
- b. la rete pubblica deve essere ubicata preferibilmente in suolo pubblico per evitare, quanto possibile, servitù o espropri;
- c. la rete fognaria risulta più economica se segue quelle che sarebbero le direzioni naturali di scolo della zona urbanizzata, evitando, per quanto possibile, terreni in contropendenza rispetto alla direzione di scolo, purché, ovviamente, ciò sia compatibile con la giacitura e le caratteristiche delle strade;



- d. è in genere opportuno che i collettori più grandi, che richiedono anche scavi più profondi, siano inseriti in strade larghe, in modo da poter scavare a distanza dagli edifici;
- e. Contenere le pendenze intorno al 2-3%;
- f. Minimizzare i percorsi dell'acqua dentro e fuori la rete;

Quanto appena detto è stato studiato sul territorio del Comune di Laureana Cilento, nella zona servità che andrà dalla frazione Acqua Santa alla frazione San Paolo, convogliando in ottica futura anche le acque provenienti dalla località San Cono, per la quale si è riscontrato che:

- a. il primo punto (a) non ha trovato riscontro nella zona da servire in quanto richiederebbe l'utilizzo di diversi impianti di sollevamento, inoltre non intercetterebbe le concentrazioni abitative presenti lungo il percorso scelto.
- b. La zona da servire risulta non urbanizzata, per cui si è fatto obbligatoriamente ricorso a servitù permanenti e occupazioni temporanee ai fini dell'esecuzione delle lavorazioni a farsi;
- c. L'andamento della condotta, in quanto a gravità, è stata progettata in modo da seguire un andamento topografico quanto più naturale possibile, a meno del punto finale, ove il pozzetto di recapito è posto a una quota maggiore rispetto all'ultimo punto utile, pertanto verrà installato un piccolo impianto di sollevamento che permetterà di superare questa differenza di quota dell'ordine del metro;
- d. Il 95% della condotta è posto all'interno di terreni e non strade;
- e. Le pendenze sono state mantenute per la maggior parte tra il 2 e 4 %, a meno di casi particolari ove si è fatto ricorso ad una pendenza del 7% laddove l'andamento del terreno risultava eccessivamente acclive, e all'1% soprattutto nella parte finale, allo scopo di ridurre la profondità di arrivo nella vasca di sollevamento;
- f. La rete fognaria trasporterà solo acque nere;

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La scelta dei materiali da poter impiegare per la realizzazione di una rete di fognatura urbana risulta essere piuttosto ampia. Si possono infatti adottare:

- tubazioni in materiale lapideo come gres ceramico;
- canali realizzati in opera in conglomerato cementizio armato o non armato;
- tubazioni in materiale di sintesi chimica quali il cloruro di polivinile (PVC), il polietilene ad alta densità (PEAD), il poliestere rinforzato con fibra di vetro (PRFV).

Uno dei materiali più utilizzati, sebbene abbastanza costoso, è il gres ceramico in quanto molto resistente agli attacchi chimici del liquame in fogna. Inoltre, la superficie vitrea, essendo molto levigata, facilita il cammino dei depositi e limita le incrostazioni che si formano per effetto delle sostanze organiche, le quali aderiscono alle pareti per spessori notevoli.



Altro materiale che trova largo impiego, a causa della sua elevata competitività da un punto di vista economico, è il calcestruzzo ordinario o leggermente armato. Generalmente si realizzano canali gettati in opera in conglomerato cementizio armato, le cui giunzioni possono essere realizzate mediante l'uso di malta cementizia, mentre la superficie interna può essere parzialmente o totalmente rivestita o con piastrelle di gres ceramico o con miscele bituminose.

I materiali plastici, infine, diventano sempre più competitivi in quanto hanno rilevante capacità di resistere alle aggressioni chimiche e notevole levigatezza delle pareti interne, hanno peso modesto e sono, quindi, di facile posa in opera, possono inoltre essere di notevole lunghezza consentendo quindi di limitare il numero di giunzioni da realizzare.

Nel caso in esame, come si vedrà in seguito, le sezioni progettate sono:

1. circolari, in cui la sezione è in PEAD.

3. STIMA DELLE PORTATE

3.1 STIMA DELLE PORTATE NERE

Il dimensionamento del collettore fognario delle acque nere è stato fatto sulla base della stima delle portate derivanti dalle utenze previste. Per la stima della portata nera è stato necessario conoscere preliminarmente il numero di abitanti che scaricano a monte delle varie sezioni considerate e naturalmente la dotazione idrica per abitante, nonché le singole aree di influenza. Si può stimare, però, che la frazione d'acqua che giunge alla rete fognaria sia un'aliquota di quella erogata dall'acquedotto, e tale percentuale oscilla intorno al 70-90% della portata erogata. Da queste considerazioni emerge, quindi, che per sistemi fognari separati la portata reflua $Q_{m,n}$ è pari a:

$$Q_{m,n} = C \frac{N_{ab} \cdot d.i.p.}{86400}$$

dove:

- $N_{ab} = \delta \cdot A_{inf}$, Numero di abitanti per ogni area di influenza con densità abitativa supposta costante:

$$\delta = \frac{N_{ab}}{A_{tot}} = \frac{4516.5}{0.5172} = 0.0087 \frac{ab}{m^2}$$

Nel caso particolare, data la presenza puntuale di centri abitati piuttosto che nelle città ove è possibile parlare di densità abitativa a m^2 , si è partiti dal definire, anche nell'ottica futura di aumento dell'abitato presente lungo la zona da servire, di prendere come numero di abitanti un valore pari a 1000; logicamente il numero di mille abitanti è da considerarsi come somma delle varie affluenze che perverranno lungo il tracciato della condotta.

Si specifica che tale numero di abitanti è stato determinata cautelativamente considerando la saturazione dei lotti edificabili previsti dal piano regolatore e un indice di affollamento stagionale basato sulla ricettività



potenziale delle case vacanza (stimata in una media di 4-5 posti letto per unità abitativa).

Partendo dal suddetto numero di abitanti, si è proceduto come segue:

- d.i.p. (=300 l/ab•d) Dotazione idrica procapite;
- C (= 0,80) Coefficiente di afflusso in fogna che tiene conto del fatto che non tutta la portata distribuita della rete interna sarà convogliata in fognatura.

La portata nera di punta, invece, è data dalla relazione:

$$Q_{p,n} = C \cdot N_{ab} \cdot \delta \cdot k_p$$

in cui:

- k_p è il coefficiente di punta: $k_p = 20 \cdot (N_{ab})^{(-0.2)} = 20 \cdot (1000)^{(-0.2)} = 5,02$
(Per la sua determinazione si è fatto riferimento alle indicazioni del "Committee of the American Society of Civil Engineers" e dalla "Water Pollution Control Federation" che suggeriscono l'espressione empirica:
 $k_p = 20 \cdot (N_{ab})^{(-0.2)}$);
- C coefficiente di deflusso che in questo caso ha valore unitario.

In tab.1 si riportano le portate calcolate per ogni tratto.

TRATTI (DA SEZ. A SEZ.)	L (m)	N° abitanti	Q _{mg} (l/s)	Q _{mn} (l/s)	Q _{np} (l/s)	Q _{np} (m³/s)
8-10	20	200	0,694444	0,555556	2,790985	0,002791
10-13	30	220	0,763889	0,611111	3,070083	0,00307
13-16	30	220	0,763889	0,611111	3,070083	0,00307
16-21	50	250	0,868056	0,694444	3,488731	0,003489
21-33	120	250	0,868056	0,694444	3,488731	0,003489
33-39	60	250	0,868056	0,694444	3,488731	0,003489
39-44	50	300	1,041667	0,833333	4,186477	0,004186
44-46	20	300	1,041667	0,833333	4,186477	0,004186
46-55	90	300	1,041667	0,833333	4,186477	0,004186
55-58	30	350	1,215278	0,972222	4,884224	0,004884
58-70	120	350	1,215278	0,972222	4,884224	0,004884
70-81	110	400	1,388889	1,111111	5,58197	0,005582
81-84	30	600	2,083333	1,666667	8,372955	0,008373
84-90	60	600	2,083333	1,666667	8,372955	0,008373
90-119	290	700	2,430556	1,944444	9,768447	0,009768
119-160	410	700	2,430556	1,944444	9,768447	0,009768
160-161	10	800	2,777778	2,222222	11,16394	0,011164
161-164	30	850	2,951389	2,361111	11,86169	0,011862
164-168	40	900	3,125	2,5	12,55943	0,012559



168-174	60	900	3,125	2,5	12,55943	0,012559
174-177	30	1000	3,472222	2,777778	13,95492	0,013955
177-180	30	1000	3,472222	2,777778	13,95492	0,013955
180-182	20	1000	3,472222	2,777778	13,95492	0,013955
182-188	60	1000	3,472222	2,777778	13,95492	0,013955

Tabella 1 Calcolo delle portate nere

Essendo in presente di sole portate nere, si utilizzerà il valore di Q_{np} quale portata di progetto lungo il collettore fognario.

4. DIMENSIONAMENTO SPECHI

Di norma tutti i canali di fognatura nera, o comunque convoglianti acque con presenza di liquami domestici e/o industriali, vanno realizzati con sezioni chiuse. I collettori fognari sono realizzati con tubazioni di forma e dimensioni diverse a seconda delle necessità.

Le sezioni della rete fognaria possono avere forma:

- *Circolare*, che consente di costruire le fogne utilizzando dei tubi;
- *Ovoidale*, generata dall'involuppo di due profili circolari, uno superiore più grande ed uno inferiore più piccolo;
- *Mistilinea*, costituita da uno scavo rettangolare sul cui fondo è posta una piccola cunetta di forma semi-circolare.

La scelta di utilizzare tubazioni circolari, ovoidali, scatolari, policentriche ecc., dipende sia dal valore della portata di dimensionamento che dalle varie condizioni di verifica e funzionamento nell'arco della vita utile del sistema. Opportune considerazioni sulla tipologia delle sezioni sono doverose quando si verificano le velocità in corrispondenza del deflusso delle portate nere medie e di punta. Velocità troppo basse comportano l'innescarsi di fenomeni di deposito del materiale solido trasportato. Nella scelta delle sezioni bisogna tenere conto di alcuni aspetti fondamentali:

- La sezione deve crescere verso valle;
- Non si devono realizzare restringimenti o riduzioni di altezza degli specchi.

In genere per le piccole fogne si adottano profili circolari, che consentono di costruire le fogne per mezzo di tubi, oppure dei tipi semi-ovoidali così detti a cunetta, allo scopo già detto di assicurare una buona velocità alle acque anche con portate molto piccole. Per le fogne maggiori, oltre alle sezioni circolari, si adottano sezioni rettangolari, mai a fondo piano. Allo scopo, il fondo viene sagomato a triangolo isoscele con due falde più o meno inclinate, in funzione della scala di deflusso che si vuole conseguire. Sempre per lo stesso scopo, per fogne di tipo misto, possono essere adottate sezioni mistilinee, vale a dire con sagoma rettangolare e con

inserita sul fondo una cunetta semi-ovoidale o semicircolare.

Le fogne circolari sono usate quasi esclusivamente per fognature a sistema separato e si proporzionano in modo che con le portate massime previste la fogna si riempia solo parzialmente. Per lo più quindi le fogne circolari più piccole (diametro fino a 500-600 mm) si proporzionano in modo che con la massima portata prevista esse si trovino riempite solo a metà. Superata questa altezza conviene adottare un profilo ovoidale coperto a volta, che si può considerare praticabile se la sua larghezza è almeno di 105 cm. Il tipo di sezione ovoidale comunemente usato è il così detto profilo vecchio inglese (fig.8), che nasce dalla sovrapposizione di due circonferenze tangenti fra di loro e di cui quella inferiore ha il diametro metà di quella superiore. I due archi di raccordo hanno diametro triplo del diametro del cerchio inferiore.

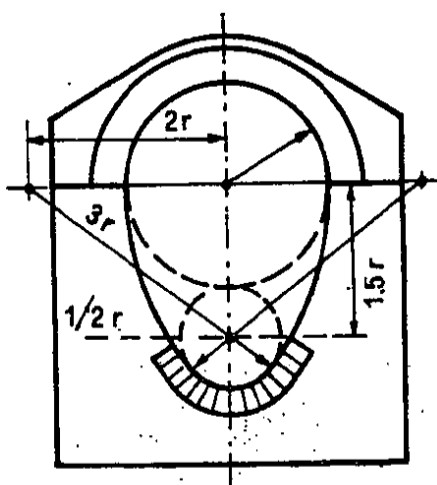


Figura 4. sezione ovoidale (profilo vecchio inglese)

Per i grandi collettori e per gli emissari, quando le portate sono quindi molto forti, e specie per le fognature pluviali, un tipo di sezione che abbia l'altezza sensibilmente superiore alla larghezza potrebbe essere poco pratico dal punto di vista costruttivo, anche per non aumentare troppo la profondità di scavo. Si preferiscono allora spechi molto più allargati, mai però con fondo piano, ma sempre sensibilmente arcuato con angoli fortemente arrotondati.

Per dare un'idea dell'ordine di grandezza delle pendenze che in pratica si danno alle fogne, diremo che per le fogne domestiche (corsetti di allacciamento) e per le fogne tubolari più piccole occorrono per un buon funzionamento pendenze di almeno l'uno per cento, che per fogne ovoidali di media grandezza sono desiderabili pendenze di almeno il 3-4 per mille, mentre per i grandi emissari si può scendere a valori anche inferiori all'uno per mille. Fermo restando che più che parlare di pendenze minime e massime nella progettazione occorre valutare le velocità che si ottengono con le portate in gioco e intervenire sulla sagoma degli spechi e sulla scabrezza dei materiali oltre che sulla pendenza, per cercare di riportare detti valori entro limiti accettabili.

Ogni tipo di fogna è adatto a portate diverse, a seconda della pendenza. Occorrerà, quindi, costruire, mediante uno studio idraulico, appositi diagrammi delle portate (*scale di deflusso*) e delle velocità in corrispondenza di



diversi gradi di riempimento dello speco.

Di queste curve, però, occorrerebbe averne tante quante sono le pendenze di ogni singolo tipo di fogna. Conviene, allora, svincolarsi da questo problema costruendo dei diagrammi di portate e velocità calcolate per un determinato valore della pendenza. Generalmente la pendenza i si sceglie in base a criteri di carattere economico (in genere, il più economico è che $i_{\text{canale}} = i_{\text{terreno}}$).

4.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Assegnata la portata, ossia assegnato il moto permanente nel quale il tirante idrico varia, bisogna scegliere il profilo longitudinale di corrente più conveniente, tenendo conto che, nel progetto (e anche nella verifica) della rete fognaria devono essere rispettati i seguenti vincoli:

- il grado di riempimento (h/d), corrispondente alla massima portata di piena (Q_T), sia minore di 0,7-0,8:

$$\frac{h}{D} \leq \left(\frac{h}{D} \right)_{\max} = 0,7 \div 0,8$$

- la velocità corrispondente alla massima portata di piena (tempo bagnato) non sia superiore ai 5 m/sec ($v_{\max} \leq 5$ m/sec);
- la velocità di tempo asciutto non sia inferiore a 0,5 m/sec ($v_{\min} \geq 0,5$ m/sec), questo per permettere l'autopulizia; in altri termini, in questo terzo vincolo, non si fa riferimento alla portata max, ma si deve imporre che durante la giornata si abbia, almeno una volta, una portata capace di ripulire il condotto fognario.

Inizialmente, non si sa se il canale è a debole o a forte pendenza, né se la corrente è lenta, veloce, accelerata o ritardata. Per questo motivo si deve, per ogni sezione e per ogni diametro di prova, calcolare l'altezza di stato critico (h_c , che dipende da Q) e quella di moto uniforme (h_u , che dipende da V , ε , ecc) e verificare se si è nell'uno o nell'altro caso. Per rendere il progetto più cautelativo possibile bisogna, tramite dei pozzetti di caduta aventi funzione di "sconnettere idraulicamente" i vari tratti, rendere ciascun tratto indipendente da quelli che si trovano a monte e a valle allo scopo di rendere più flessibile la rete.

Si può notare che la sconnessione idraulica suddetta e il rispetto dei vincoli sul grado di riempimento e sulle velocità sono assicurabili solo se si considera che nell'alveo a forte pendenza il profilo di corrente ammissibile sia quello di corrente veloce accelerata, mentre, nell'alveo a debole pendenza, quello ammissibile sia quello di una corrente lenta accelerata.

In linea teorica, nel progetto di uno speco, si dovrebbe iterare su ogni diametro commerciale compreso nel range ipotizzato. In realtà, nota la portata Q e fissato il grado di riempimento, si può risalire alla velocità tramite le scale di deflusso e verificare che, per ogni diametro e per ogni speco scelto, sia soddisfatta la condizione:



$$v_{\max} \leq 5 \text{ m/sec}$$

Le scale di deflusso, utilizzate per evitare eccessivi calcoli geometrici, vengono costruite mediante la formula di Gauckler–Strickler, in stato uniforme:

$$Q_r = K_{ST,r} A_r R_r^{\frac{2}{3}} \sqrt{i_r}$$

Mentre in condizioni di stato critico viene utilizzato la seguente relazione:

$$Q_r = \sqrt{\frac{g A_r^3}{L}}$$

considerando una fogna di riferimento di diametro unitario ($D_r = 1$); ciò permette di ottenere una portata di riferimento. Per la determinazione della forma dello speco e delle sue dimensioni si adotta una tecnica che fa riferimento al concetto di similitudine idraulica: due sezioni sono simili dal punto di vista:

1. geometrico (stessa forma);
2. cinematico (stessa velocità);
3. dinamico (stesso rapporto preferenziale tra le forze);
4. idraulico (stessa forma e stesso grado di riempimento).

La similitudine idraulica si esprime tramite la relazione seguente:

$$\frac{h}{D} = \frac{h_r}{D_r}$$

dove i valori con pedice r si riferiscono ad una sezione di riferimento con diametro D_r e K_r predefiniti. In particolare, utilizzando una sezione di riferimento tale che: $D_r = 1$, $i_r = 1$, $K_r = K$, otteniamo scale di deflusso riferite a moto uniforme e stato critico.

In generale, gli spechi vengono dimensionati in modo tale che la fognatura smaltisca le piogge durante gli eventi estremi. Più precisamente, per il progetto di uno speco bisogna considerare la massima portata di piena Q corrispondente al periodo di ritorno T . La sezione è stata progettata studiando in primis il comportamento della sezione circolare, la quale ha dato risultati soddisfacenti, evitanto quindi lo studio di sezioni ovoidali o mistilinee. Inoltre, poiché è stato considerato che il collettore principale abbia delle confluenze e piccoli allacci è stato utile considerare per ogni sottotratto il rispettivo incremento di portata dato da ogni allaccio, andando ad incrementare lungo lo sviluppo longitudinale della condotta il numero di abitanti servito, partendo da 200 abitanti fino ad arrivare a 1000.

4.2 SEZIONE CIRCOLARE

Come evidenziato nel paragrafo precedente, partendo da scale di deflusso adimensionalizzate e sfruttando il metodo della similitudine idraulica è stato effettuato il progetto della sezione circolare. In tab. 12 sono riportati

i parametri della sezione circolare di riferimento.

D_r	1	
i_r	1	
A_r	0,785	m^2
K_{st}	100	$m^{1/3}/s$
Δh	0,01	m

Tabella 2 Parametri sezione circolare di riferimento

Partendo da questi parametri è stato possibile costruire le scale di deflusso sfruttando le formule matematiche riportate in fig.9 :

Caratteristiche geometriche in funzione del raggio

$$\text{Grado di riempimento } g = \frac{h}{2r} = \frac{1}{2}(1 - \cos \varphi)$$

$$\text{Angolo } \varphi = \cos^{-1} \left(1 - 2 \frac{h}{2r} \right)$$

$$\text{Area della sezione } A = \pi r^2$$

$$\text{Area bagnata } A_b = r^2 (\varphi - \sin \varphi \cos \varphi)$$

$$\text{Contorno bagnato } C = 2\varphi r$$

$$\text{Raggio idraulico } R_h = \frac{r}{2} \left(1 - \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\varphi} \right)$$

$$\text{Larghezza in superficie } L = 2r \cdot \sin \varphi$$

$$\text{Freccia o tirante idrico } h = r(1 - \cos \varphi)$$

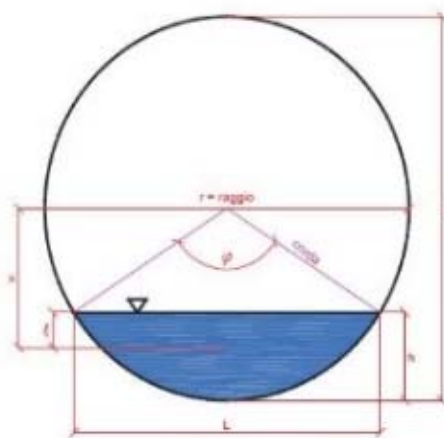


Figura 5 Caratteristiche geometriche sezione circolare

h_r/D_r	φ [rad]	A_r [m ²]	C_r [m]	R_r [m]	L_r [m]	Q_{ru} [m ³ /s]	h_{ru}	V_{ru} [m/s]	Q_{rc} [m ³ /s]	h_{rc}	V_{rc} [m/s]
0,75	2,094	0,632	2,094	0,302	0,866	19,895	0,750	31,487	1,690	0,750	2,675
0,76	2,118	0,640	2,118	0,302	0,854	20,200	0,760	31,539	1,737	0,760	2,712
0,77	2,141	0,649	2,141	0,303	0,842	20,495	0,770	31,583	1,785	0,770	2,750
0,78	2,165	0,657	2,165	0,304	0,828	20,782	0,780	31,618	1,834	0,780	2,790
0,79	2,190	0,666	2,190	0,304	0,815	21,059	0,790	31,644	1,884	0,790	2,831
0,80	2,214	0,674	2,214	0,304	0,800	21,326	0,800	31,661	1,936	0,800	2,874
0,81	2,240	0,681	2,240	0,304	0,785	21,582	0,810	31,669	1,989	0,810	2,919
0,82	2,265	0,689	2,265	0,304	0,768	21,827	0,820	31,667	2,045	0,820	2,966
0,83	2,292	0,697	2,292	0,304	0,751	22,059	0,830	31,654	2,102	0,830	3,017
0,84	2,319	0,704	2,319	0,304	0,733	22,278	0,840	31,631	2,162	0,840	3,070
0,85	2,346	0,712	2,346	0,303	0,714	22,482	0,850	31,597	2,224	0,850	3,126
0,86	2,375	0,719	2,375	0,303	0,694	22,672	0,860	31,551	2,290	0,860	3,187

Tabella 3 sezione circolare di riferimento

Definiti i valori al variare del grado di riempimento, è stato possibile determinare graficamente la scala di deflusso in condizioni di moto uniforme e stato critico:

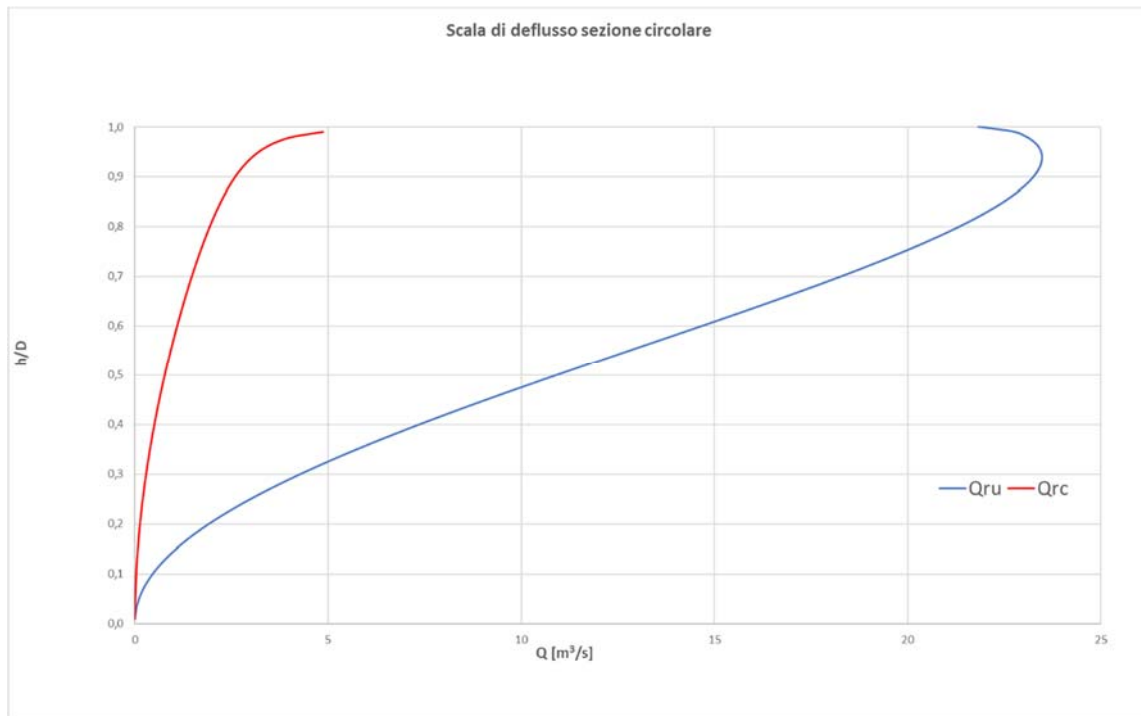


Figura 6 scala di deflusso sezione circolare

Partendo dalla scala di deflusso è possibile progettare le dimensioni della sezione dello speco utilizzando il concetto di similitudine idraulica, riassunto dalle seguenti equazioni:

$$\frac{h_r}{D_r} = \frac{h}{D}$$

$$\frac{Q_u}{Q_{u,r}} = \frac{A}{A_r} \cdot \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{R_i}{R_{i,r}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{D}{D_r} \right]^{\frac{8}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}}$$

$$\frac{Q_c}{Q_{c,r}} = \frac{\sqrt{\frac{g \cdot A^3}{L}}}{\sqrt{\frac{g \cdot A_r^3}{L_r}}} = \sqrt{\left[\frac{A}{A_r} \right]^3 \cdot \frac{L_r}{L}} = \left[\frac{D}{D_r} \right]^{\frac{5}{2}}$$

Inizialmente il problema dell'utilizzo della similitudine idraulica risulta essere indeterminato poiché non si conosce la natura dell'alveo, ovvero se esso è a debole o a forte pendenza. Inoltre, risultano indeterminate la forma dello speco e le sue dimensioni reali. Imponendo una forma circolare e un **grado di riempimento** pari a **0.80** si ottengono dalla scala di deflusso i seguenti parametri di riferimento:



PR CAMPANIA
FESR
2021-2027



(h_r/D_r)	$Q_{ru}[m^3/s]$	$Q_{rc}[m^3/s]$	$K_{st,r}[m^{1/3}/s]$
0.8	21.33	1.94	100

Tabella 4 Dati di riferimento

Con l'utilizzo di un foglio di calcolo e le formule sopra citate si è proseguito con il dimensionamento e la caratterizzazione dell'alveo, in particolare nel caso in cui:

- $D_c > D_u$ l'alveo è a debole pendenza;
- $D_u > D_c$ l'alveo è a forte pendenza.

Progetto sezione circolare										
Tratto	L _{tratto} m	Pendenza	Scabrezza	Portate		Diametro		D _{comm} m	Verifica alveo	Tipo di sezione
		i %	K _{St} m ^{1/3} /s	Q _{m,n} m ³ /s	Q _t m ³ /s	D _u m	D _c m			
8-10	20	7,00	100	0,000555556	0,002791	0,05	0,07	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
10-13	30	7,00	100	0,000611111	0,003070	0,05	0,08	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
13-16	30	7,00	100	0,000611111	0,003070	0,05	0,08	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
16-21	50	4,00	100	0,000694444	0,003489	0,06	0,08	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
21-33	120	7,00	100	0,000694444	0,003489	0,05	0,08	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
33-39	60	4,00	100	0,000694444	0,003489	0,06	0,08	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
39-44	50	2,00	100	0,000833333	0,004186	0,07	0,09	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
44-46	20	7,00	100	0,000833333	0,004186	0,06	0,09	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
46-55	90	2,00	100	0,000833333	0,004186	0,07	0,09	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
55-58	30	2,00	100	0,000972222	0,004884	0,08	0,09	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
58-70	120	1,00	100	0,000972222	0,004884	0,09	0,09	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
70-81	110	2,00	100	0,001111111	0,005582	0,08	0,10	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare



81-84	30	4,00	100	0,001666667	0,008373	0,08	0,11	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
84-90	60	2,00	100	0,001666667	0,008373	0,10	0,11	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
90-119	290	1,00	100	0,001944444	0,009768	0,12	0,12	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
119-160	410	1,00	100	0,001944444	0,009768	0,12	0,12	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
160-161	10	7,00	100	0,002222222	0,011164	0,08	0,13	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
161-164	30	7,00	100	0,002361111	0,011862	0,09	0,13	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
164-168	40	2,00	100	0,0025	0,012559	0,11	0,13	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
168-174	60	2,00	100	0,0025	0,012559	0,11	0,13	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
174-177	30	1,00	100	0,002777778	0,013955	0,13	0,14	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
177-180	30	2,00	100	0,002777778	0,013955	0,12	0,14	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
180-182	20	4,00	100	0,002777778	0,013955	0,10	0,14	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare
182-188	60	1,00	100	0,002777778	0,013955	0,13	0,14	0,25	Alveo a forte pendenza	circolare

Tabella 5 Progetto sezione circolare

Dai calcoli è possibile osservare come per l'intera estensione del collettore fognario, il Diametro utilizzato è sempre lo stesso.

Si specifica che, la scelta del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler $K_{st} = 100$ scaturisce dalla tipologia di materiale utilizzato, in particolare per il PEAD, data la sua bassa scabrezza ed in linea con la letteratura tecnica, si è optato per tale valore.

4.5 VERIFICHE

Dopo aver dimensionato il collettore fognario, si procede con la verifica degli stessi. In particolare, bisogna

effettuare le seguenti verifiche:

- Verifica del grado di riempimento
- Verifica della velocità massima
- Verifica della velocità minima (di tempo asciutto)

Per il calcolo delle velocità a debole e forte pendenza sono state utilizzate le seguenti formule:

- a debole pendenza

$$V_c = V_{c,r} \cdot \left(\frac{D}{D_r} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- a forte pendenza

$$V = \left(\frac{D}{D_r} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{k}{k_r} \cdot \left(\frac{i}{i_r} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot V_r$$

Verifica sezione circolare								
Tratto	V, debole	V, forte	V _{MAX}	Vmax < 5 m/s	V _{min}	Vmin > 0.5 m/s	h/D	h/D < 0.8
	m/s	m/s	m/s		m/s			
8-10	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,16	Verificato
10-13	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,17	Verificato
13-16	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,17	Verificato
16-21	1,44	3,59	3,59	Verificato	1,44	Verificato	0,18	Verificato
21-33	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,18	Verificato
33-39	1,44	3,59	3,59	Verificato	1,44	Verificato	0,18	Verificato
39-44	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,2	Verificato
44-46	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,2	Verificato
46-55	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,2	Verificato
55-58	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,21	Verificato
58-70	1,44	1,79	1,79	Verificato	1,44	Verificato	0,21	Verificato
70-81	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,23	Verificato
81-84	1,44	3,59	3,59	Verificato	1,44	Verificato	0,28	Verificato
84-90	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,28	Verificato
90-119	1,44	1,79	1,79	Verificato	1,44	Verificato	0,31	Verificato
119-160	1,44	1,79	1,79	Verificato	1,44	Verificato	0,31	Verificato
160-161	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,33	Verificato
161-164	1,44	4,75	4,75	Verificato	1,44	Verificato	0,34	Verificato
164-168	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,35	Verificato
168-174	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,35	Verificato
174-177	1,44	1,79	1,79	Verificato	1,44	Verificato	0,37	Verificato
177-180	1,44	2,54	2,54	Verificato	1,44	Verificato	0,37	Verificato
180-182	1,44	3,59	3,59	Verificato	1,44	Verificato	0,37	Verificato
182-188	1,44	1,79	1,79	Verificato	1,44	Verificato	0,37	Verificato

Tabella 6 verifica sezione circolare



PR CAMPANIA
FESR
2014-2020





5. OPERE D'ARTE

La rete dei collettori di fognatura è completata da un insieme di manufatti, quali caditoie, pozzetti, stazioni di sollevamento, scolmatori, ecc. La circolare del Ministero dei LL.PP. del 7 gennaio 1974, trattando dei Disegni delle opere d'arte tipo e di quelle particolari più importanti, suddivide le opere stesse in due categorie: ricorrenti e particolari.

5.1 OPERE RICORRENTI

I manufatti ricorrenti sono quasi esclusivamente prefabbricati e, nella quasi totalità, di conglomerato cementizio. Il vantaggio nell'andare ad utilizzare opere prefabbricate è sia da un punto di vista economico che nella limitazione dei tempi di posa in opera. Tra le opere ricorrenti si distinguono i pozzetti, etc. Nel paragrafo successivo ci si soffermerà ad analizzare i vari tipi di pozzetti presenti in una rete di drenaggio.

5.1.1 Pozzetti d'ispezione

Nei punti del sistema fognario in cui interviene la variazione di anche un solo parametro idraulico o geometrico è opportuno prevedere la realizzazione di un apposito manufatto. Peraltro, anche in assenza di qualsivoglia variazione, è comunque buona norma prevedere la realizzazione di un manufatto di accesso; infatti, la normativa italiana vigente e le Direttive Comunitarie raccomandano che ogni canalizzazione sia opportunamente corredata da un sufficiente numero di pozzetti di ispezione, ubicati a distanze tali da agevolare le attività di manutenzione ordinaria.

Il pozzetto di ispezione standard si caratterizza per la presenza di *rinfianchi* che possono giungere fino alla quota del cielo fogna, in modo da accompagnare la corrente idrica attraverso il manufatto. Le operazioni di pulizia degli spechi sono rese possibili dalla presenza, lungo il tracciato delle canalizzazioni, di *pozzetti di ispezione*.

Tali pozzetti, oltre che in corrispondenza delle curve, delle variazioni di speco, delle confluenze, ecc. devono essere disposti a non più di 30 m di distanza l'uno dall'altro ed in modo che il tratto di canale compreso tra due pozzetti successivi sia ad asse rettilineo. Tale prescrizione (Circolare 11633 Ministero LL.PP.) si adotta per le fognature il cui speco abbia altezza inferiore a 1.05 m (*fognature non praticabili*). In questo caso, infatti, le operazioni di pulizia vengono svolte mediante apposite aste giuntabili che vengono sospinte all'interno della canalizzazione da un pozzetto, a partire dal quale deve essere possibile traguardare il tratto di fognatura da pulire sino al pozzetto successivo.

La dimensione dei pozzetti deve essere in ogni caso sufficientemente ampia da consentire l'agevole introduzione e la manovrabilità degli strumenti di pulitura.

Nel caso di *fognature praticabili* (altezza dello speco maggiore di 1.05 m) la pulizia può essere eseguita percorrendo la canalizzazione fognaria e, pertanto, la distanza tra pozzetti consecutivi può essere assunta

congruamente maggiore (sino a 50 metri). La discesa nel pozzetto si fa per mezzo di grappe di ferro e il pozzetto stesso è accessibile dalla strada mediante un chiusino.

In conclusione, tale manufatto viene utilizzato per consentire le seguenti attività:

- Manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Ricostruzione di collettori danneggiati;
- Ventilazione delle canalizzazioni fognarie;
- Punto di fuoriuscita delle portate, in casi eccezionali di occlusione del sistema.

5.1.2 Pozzetti di confluenza

La confluenza tra più tratti di fognatura deve essere sempre realizzata in modo tale da garantire che la corrente che si stabilisce nel tratto posto a valle della confluenza non determini fenomeni di rigurgito sui tratti posti a monte. A tal fine è obbligatorio che i tratti posti a valle abbiano sezione almeno pari a quella del più grande dei tratti confluenti da monte e che tra il fondo delle sezioni che confluiscono da monte e quello del tratto di valle sia realizzato un salto di fondo (o vengano allineati i cieli delle sezioni che convergono nella confluenza). La loro forma dipende dalle dimensioni e dal numero dei condotti da collegare: ciò comporta la realizzazione di complesse sagome di raccordo atte a rendere minimo il disturbo alla corrente. Situazione idraulica complessa per il gran numero di variabili in gioco:

- numero dei condotti confluenti
- angolo di intersezione
- forma
- pendenza

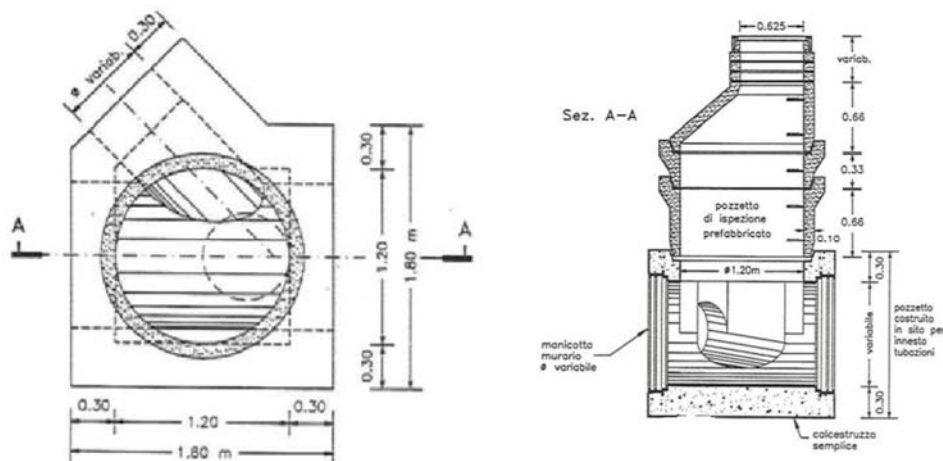


Figura 7 pozzetto di confluenza



6. CONCLUSIONI

Nel seguente capitolo si procede nell'andare a riassumere i passi salienti del progetto, in particolare, le scelte progettuali effettuate, i problemi incontrati e risolti e le opere installate.

L'obiettivo prefissato è rappresentato dal progetto di un collettore fognario a servizio del territorio di Laureana Cilento. Il primo passo è stato quello di lavorare sulla topografia del terreno, individuando il percorso più consono al nostro obiettivo, in particolare trattandosi di una rete di drenaggio è stato necessario individuare un sistema ramificato che funzionasse a gravità. Definito il tracciato, si è passato al calcolo della portata di progetto, ovvero quella nera (proveniente dai reflui civili). Progettata la portata si è proceduto al dimensionamento degli specchi, questo passaggio prevede una serie di discussioni e ragionamenti in riguardo alla topografia del terreno e alla portata di progetto strettamente legati ai vincoli sulla velocità massima e minima in condotta. Infine, ruolo fondamentale nel completare la realizzazione di una rete di drenaggio lo assumono anche le opere d'arte ricorrenti e particolari che sono state menzionate nel capitolo precedente.