

## **Introduzione**

A seguito dell'aggiudicazione dell'Opera in oggetto, la Stazione Appaltante deve approvare il Progetto Definitivo offerto in fase di gara. Ai fini della suddetta approvazione sono stati effettuati diversi incontri con gli Uffici del Comune e degli altri Enti interessati; in particolare, per ciò che concerne il sistema di drenaggio urbano di smaltimento delle acque reflue gli incontri si sono svolti con il servizio fognature, con i responsabili del procedimento e con i tecnici responsabili della progettazione dell'opera inerente il piano di recupero dell'ex Manifattura Tabacchi, in quanto i due progetti risultavano essere interferenti.

Sulla scorta di quanto rilevato in fase istruttoria e dai diversi incontri svolti, nonché del parere espresso dal Servizio fognature del Comune di Napoli, si è adeguato il Progetto presentato in fase di gara così come concordato dai citati incontri e in linea con le prescrizioni impartite.

In considerazione delle interferenze con l'ex Manifattura tabacchi e, in particolare, con le reti impiantistiche in esso previste, al fine di coordinare ed ottimizzare l'esecuzione dei lavori interessanti le medesime strade pubbliche, in modo da evitare sovrapposizioni di cantieri diversi e/o la realizzazione di scavi su strade appena qualificate, si è chiesto di:

- escludere dal progetto il tratto in fognatura in PEad del diametro interno 1000 mm e lunghezza pari a circa 330 m previsto, in sostituzione della condotta fognaria esistente su via Galileo Ferraris nel tratto compreso tra via Brece a Sant'Erasmo e il binario Traccia, al di sotto dell'attuale marciapiede posto sul lato dell'ex Manifattura Tabacchi;
- utilizzare per il recapito delle acque di piattaforma del tratto di via Galileo Ferraris di cui al punto precedente, la condotta fognaria esistente al di sotto del marciapiede sul lato dell'ex Manifattura Tabacchi, consistente in un manufatto rettangolare con copertura piana di dimensioni pari a 60 x 70 cm, provvedendo alla disostruzione del suddetto manufatto esistente;
- realizzare su via Emanuele Gianturco, una condotta di mandata in PEad del diametro DN 630 mm nel tratto di circa 550 m di lunghezza, compreso tra l'innesto della nuova strada pubblica prevista nel piano di recupero di ex Manifattura Tabacchi e il collettore Alto Orientale su via Da Sessa.

Alla luce delle considerazioni testè riportate, e sulla base degli incontri tecnici svoltisi nei giorni 15/09/2014 presso il Servizio Ciclo Integrato delle Acque, 07/10/2014 presso l'Assessorato alle Infrastrutture Lavori Pubblici e Mobilità ed ai numerosi incontri tra i progettisti incaricati di ambo i progetti interferenti sotto la supervisione dei responsabili del Servizio Ciclo Integrato delle Acque, siccome entrambi i progetti si sono posti come obiettivo principale la raccolta separate delle acque, al fine di ridurre il rischio ambientale generato dallo scarico in mare di un sistema misto di reflui non trattati, si deciso altresì che nel Progetto di che trattasi si convogliano

esclusivamente le portate nere provenienti del futuro progetto di riqualificazione dell'ex Manifattura Tabacchi; mentre per ciò che concerne lo smaltimento delle acque bianche, si predispongono opportuni pozzetti di recapito che consentiranno il convogliamento delle suddette acque bianche ai collettori preesistenti atto allo svolgimento di tale funzione; tale scelta progettuale ha influito su un alleggerimento dell'intero sistema di drenaggio proposto nel progetto di che trattasi, infatti è stato possibile ridurre il diametro della condotta da realizzarsi lungo via Brece a Sant'Erasmo, passando da un diametro 2500 a un 1600 mm; il nuovo sistema di captazione delle acque inerenti ambo i progetti è stato dettato anche dalle prescrizioni impartite dal parere dell'Ente autonomo Volturno Srl ex Circumvesuviana Srl per ciò che attiene le interferenze generate dalle condotte fognarie con le fondazioni degli impalcati dei sovrappassi ferroviari.

Per tanto, in ottemperanza a quanto in premessa, si è integrato il Progetto Definitivo con nuovi calcoli idraulici e di dimensionamento e relative tavole grafiche, planimetrie, profili e particolari costruttivi.

Di seguito si illustrano le calcolazioni idrauliche a supporto della progettazione definitiva degli interventi ricadenti nell'ambito del "Grande progetto Riqualificazione Napoli Est", il quale prevede la riqualificazione urbanistica e ambientale di via Galileo Ferraris, via Brece a Sant'Erasmo, via Emanuele Gianturco e via Nuova delle Brece.

## Premesse

L'ambito territoriale su cui si sviluppa il progetto insiste sulle Municipalità 4 e 6. La prima comprende i quartieri di San Lorenzo, Vicaria, Poggioreale e Zona industriale e ha una estensione di 9,27 chilometri quadrati; la seconda comprende, invece, i quartieri di Barra, San Giovanni a Teduccio e Ponticelli e ha una estensione superficiale di 19,28 chilometri quadrati. Gli interventi si focalizzano nei quartieri di Poggioreale, Zona industriale, Barra e Ponticelli e interessano il sistema fognario di via Galileo Ferraris, via Brece a Sant'Erasmo, via Emanuele Gianturco e via Nuova delle Brece.



Il predetto territorio si sviluppa prevalentemente in una zona pianeggiante, un tempo sede di orti al servizio della città di Napoli e poi quasi interamente urbanizzata, diventando sede della zona industriale di Napoli, con un conseguente notevole abbassamento del fattore di permeabilità del terreno e, quindi, un corrispondente aggravio del carico idraulico sopportato dal sistema drenante stradale.

Nel territorio interessato persistono alcune criticità dovute alla sua stessa conformazione morfologica, con riscontri fin dall'antichità. Tali zone, infatti, erano delle paludi coincidenti con la vasta area pianeggiante che nel medioevo si estendeva dalle porte orientali della città fino alle pendici del complesso montuoso Somma-Vesuvio. L'origine di tale zona palustre coincide con quella del fiume Sebeto, reso celebre dai molti scrittori di epoca classica e cantato da un deluso Petrarca che disse: "*Minuit presentia famam*". Le sue sorgenti sono nella *Bolla* nei pressi dell'attuale Comune di Volla; prima di arrivare alla Napoli dentro le mura, si divideva e un suo ramo sfociava nella zona dell'attuale ponte della Maddalena. Una traccia di questo legame è rimasto non a caso nel nome del *Consorzio di Bonifica delle paludi di Napoli e Volla*.

Le paludi, che vi dilagavano fin dall'antichità, si estendevano fino al piede delle mura della città greco-romana, limitandone l'espansione e, nello stesso tempo, difendendola dagli attacchi.

Sono presenti alcuni tratti di alvei, anche a cielo aperto, che occasionalmente danno luogo a esondazione con deposito di materiale fangoso sulle strade adiacenti.

Il territorio di tipo palustre è stato bonificato negli anni con più sistemi di canalizzazioni a cielo aperto, alcuni dei quali sopravvissuti e inseriti nel più vasto sistema fognario, avanzato con l'urbanizzazione. L'ultimo intervento urbanistico importante che ha anche regimentato le acque fognarie è stato quello per la realizzazione del centro direzionale. Tale tipologia territoriale è ancora testimoniata dai toponimi di alcune strade, che richiamano i vari ponticelli che erano presenti per attraversare i canali (ponte dei Francesi, ponte dei Granili, ponte della Maddalena).

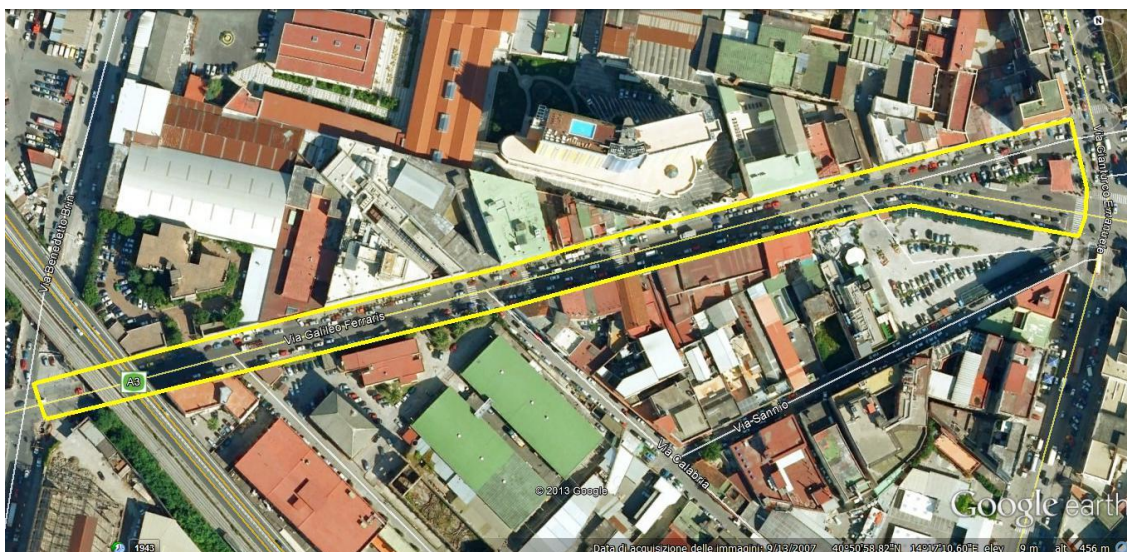
Attualmente, nei tratti di strada interessati dall'intervento di riqualificazione, sono presenti due grossi collettori, uno detto *collettore di via delle Brecce* in direzione est-ovest e uno detto *collettore Gianturco* in direzione nord-sud. Il primo va successivamente a innestarsi nel collettore dello Sperone in direzione nord-sud.

### **Descrizione del sistema fognario esistente**

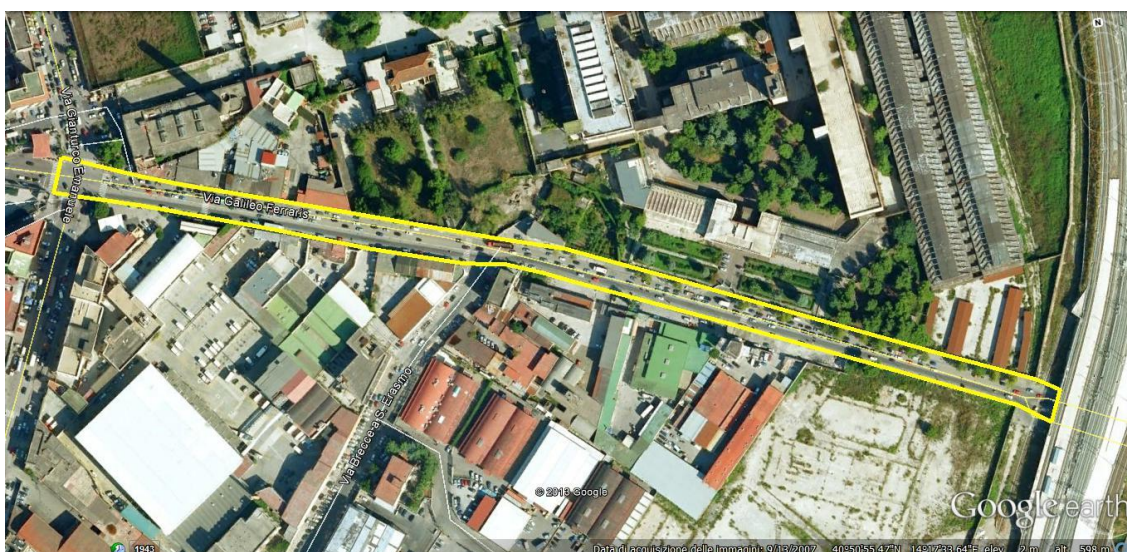
Di seguito si descrivono in maggior dettaglio le caratteristiche dell'impianto di fognario per ciascuno degli assi stradali interessati dal progetto.

**Via Galileo Ferraris.** Il sistema fognario del *primo segmento* di tale strada, compreso tra via Benedetto Brin e via Emanuele Gianturco, è costituito da due condotte fognarie che hanno inizio in corrispondenza dell'incrocio con via Benedetto Brin, sviluppandosi lungo l'asse della strada, e recapitano nelle condotte presenti su via Emanuele Gianturco. Delle due condotte, una è destinata a raccogliere le acque pluviali, l'altra le acque fecali; entrambe sono realizzate in muratura di tufo e hanno forma rettangolare con copertura a volta. La condotta pluviale ha dimensioni iniziali pari a 80x90 centimetri, che aumentano fino a raggiungere, nel tratto finale, una dimensione di 80x120 centimetri. La condotta fecale ha dimensioni pari a 60x135 centimetri.





Il *secondo segmento*, compreso tra via Emanuele Gianturco e il rilevato ferroviario *Fs*, è provvisto di un sistema fognario caratterizzato da quattro manufatti che corrono in prossimità dei marciapiedi esistenti. Percorrendo la strada, da via Emanuele Gianturco fino all'incrocio con via Brece a Sant'Erasmo, sul lato sinistro è presente un manufatto fognario semiovoidale con copertura piana di dimensioni pari a 65x60 centimetri, mentre sul lato destro è presente un manufatto rettangolare con copertura piana di dimensioni pari a 60x100 centimetri. Entrambi i manufatti recapitano in via Brece a Sant'Erasmo. Proseguendo oltre, verso il rilevato *Fs*, sul lato sinistro si trova un manufatto rettangolare con copertura piana di dimensioni 60x70 centimetri, che recapita nel manufatto posto sul lato destro, di tipo rettangolare con copertura piana e dimensioni pari a 60x105 centimetri. Quest'ultimo recapita nei manufatti di via Brece a Sant'Erasmo.





Il *terzo segmento*, compreso tra il rilevato ferroviario *Fs* e via Ferrante Imparato-via delle Repubbliche Marinare, è caratterizzato dalla presenza di un unico manufatto fognario che, partendo da una sezione circolare DN500, raggiunge prima una sezione rettangolare 80x120 centimetri, e successivamente diventa una sezione rettangolare con dimensioni 245x160 centimetri.

Il sistema fognario appena descritto ha carattere essenzialmente locale, poiché raccoglie unicamente le acque della piattaforma stradale e quelle degli edifici prospicienti la strada stessa. Tutti i manufatti sono caratterizzati da pendenze limitate e da profondità di posa variabili tra 1,00 e 2,50 metri dal piano campagna.



**Via Brece a Sant'Erasmo.** Il tratto iniziale di via Brece a Sant'Erasmo, partendo da via Galileo Ferraris, è caratterizzato dalla presenza di un sistema fognario costituito da tre manufatti, dei quali due corrono lungo i bordi della strada come prosecuzione dei manufatti di via Galileo Ferraris, con sezione rettangolare, copertura piana e dimensioni pari a 60x100 centimetri, mentre il terzo è ubicato in asse strada, con sezione rettangolare, copertura a volta e dimensioni pari a 260x105 centimetri.

Questi tre manufatti, all'altezza del ponte della ferrovia Circumvesuviana, confluiscono in un unico manufatto di sezione rettangolare, con copertura a volta e dimensioni pari a 260x105 centimetri che, allontanandosi dalla sede stradale, recapita nel sistema fognario di via Emanuele Gianturco, passando al di sotto di alcuni fabbricati.

Tale sistema, oltre a servire la strada stessa e ricevere gli apporti del secondo segmento di via Galileo Ferraris, raccoglie anche le acque di ruscellamento provenienti dalle traverse

limitrofe, tra le quali vi è via Irpinia. Anche in questo caso, le condotte sono dotate di pendenze modeste e profondità di posa comprese tra 1,50 e 2,00 metri.



**Via Emanuele Gianturco.** Il tratto stradale compreso tra via Galileo Ferraris, a sud, e via Taddeo da Sessa, a nord, è caratterizzato dalla presenza di collettori fognari di medie e grosse dimensioni. In particolare, percorrendo la strada da nord a sud, sul lato destro sono presenti due manufatti in muratura di tufo aventi sezione rettangolare, con copertura a volta e dimensioni, rispettivamente, pari a 70x160 e a 200x170 centimetri.

Al centro della carreggiata è presente un grosso manufatto in cemento armato, che prende il nome di *collettore Gianturco*, realizzato in tempi recenti, di forma rettangolare con dimensioni pari a 550x220 centimetri.

Sul lato sinistro, invece, è presente un manufatto fognario di dimensioni variabili da 70x140 a 80x160 centimetri, in muratura di tufo con copertura a volta.

Questo sistema fognario riceve a monte le acque provenienti dall'area urbana compresa tra via Emanuele Gianturco, via del Macello e il rilevato ferroviario *Fs*, mentre lungo il suo sviluppo, limitatamente all'area di intervento, riceve, oltre alle acque della strada stessa e degli edifici prospicienti, quelle provenienti da via Carlo di Tocco e dal primo segmento di via Galileo Ferraris.





**Via Nuova delle Brece.** Sul tratto di strada interessato dall'intervento di riqualificazione è attualmente presente un grosso collettore, detto *collettore di via delle Brece*, in direzione est-ovest, che si va successivamente a innestare nel *collettore dello Sperone* in direzione nord-sud. È inoltre presente una pluviale di forma rettangolare a copertura piana di dimensioni pari a 80x200 centimetri, atta a recepire principalmente le acque di pioggia del bacino imbrifero che può essere individuato nell'area a monte della condotta, costituita in gran parte da insediamenti industriali.





### **Interventi sul sistema fognario previsti nel progetto preliminare**

Ai fini della riqualificazione urbanistica e ambientale dell'area orientale e della sua viabilità, è indispensabile attuare tutti quegli interventi finalizzati al corretto allontanamento delle acque stradali attraverso opere tese, da un lato, a risanare i sistemi esistenti e, dall'altro, a potenziare la rete, in quanto eventuali interventi limitati alle sole opere di captazione superficiale (caditoie) sarebbero insufficienti alla risoluzione della problematica, attese le attuali condizioni dei recapiti fognari.

Infatti, l'analisi dello stato dei luoghi evidenzia criticità omogenee per l'intero ambito di intervento, dovute alle ridotte pendenze longitudinali, alle sezioni spesso inadeguate e ai materiali costruttivi, per lo più muratura, che favoriscono l'accumulo dei depositi solidi trasportati dalle acque reflue.

Per far fronte a tali criticità sono stati individuati i seguenti macro interventi:

- ripristino e disostruzione delle fogne esistenti;
- sostituzione di fogne esistenti con nuovi manufatti;
- realizzazione di manufatti *ex novo*.

Di seguito, per ogni ambito d'intervento, si descrivono le soluzioni previste.

**Via Galileo Ferraris.** Per il *primo segmento*, compreso tra via Benedetto Brin e via Emanuele Gianturco, è prevista la rifunionalizzazione del sistema esistente attraverso la disostruzione di alcuni tratti fognari caratterizzati dalla presenza di materiale costipato che necessita di lavorazioni che esulano dagli interventi ordinari di aggettamento ed espurgo.

Oltre ciò, si prevede un intervento di razionalizzazione dell'attuale schema di recapito attraverso la predisposizione di un impianto di sollevamento in corrispondenza dell'incrocio con via Emanuele Gianturco. Tale intervento è finalizzato a intercettare le acque reflue provenienti da tale segmento di via Galileo Ferraris e da via Emanuele Gianturco per recapitarle nell'impianto di sollevamento da costruirsi nell'ambito delle opere di urbanizzazione connesse al piano urbanistico attuativo relativo all'area dell'*ex Manifattura tabacchi*. Il ricorso a tale impianto di sollevamento è necessario per superare l'ostacolo rappresentato dal nuovo *collettore Gianturco*. Il dimensionamento preliminare dell'impianto prevede un manufatto circolare completamente interrato avente dimensione in pianta pari a circa 3 metri di diametro e profondità di almeno 3,50 metri, in cui verranno alloggiare 3 elettropompe, di cui 2 in funzionamento ordinario e una di riserva, caratterizzate da una prevalenza di circa 4 metri e da una portata di circa 15 litri al secondo.

Per il *secondo segmento*, compreso tra via Emanuele Gianturco e il terrapieno *Fs*, è prevista la sostituzione degli esistenti manufatti fognari con tubazioni circolari in materiale plastico che

assicurano un migliore comportamento nei confronti degli accumuli di materiale sul fondo. È opportuno sottolineare che le tubazioni di questo tipo possono essere soggette a fenomeni di galleggiamento se la loro profondità di posa è tale da interferire con la falda esistente. In tal caso, è necessario prevedere idonei sistemi di appesantimento.

Per i manufatti di dimensioni 65x60 centimetri e 70x60 centimetri, posti lungo il marciapiede sinistro, si prevede la sostituzione con una tubazione circolare DN800 di lunghezza complessiva pari a circa 600 metri, con recapito finale nella fogna centrale di via Breccie a Sant'Erasmo.

Per i manufatti di dimensioni 60x100 centimetri e 60x105 centimetri, posti lungo il marciapiede destro, si prevede la sostituzione con una tubazione circolare DN800 di lunghezza complessiva pari a circa 600 metri, con recapito finale nelle rispettive fogne laterali di via Breccie a Sant'Erasmo.

Nel *terzo segmento*, tra il terrapieno *Fs* e via Ferrante Imparato-via delle Repubbliche marinare, sono previsti unicamente eventuali interventi di disostruzione come per il *primo segmento*.

**Via Breccie a Sant'Erasmo.** Nel tratto iniziale, da via Galileo Ferraris fino al ponte della ferrovia Circumvesuviana, si prevede la riqualificazione dei tratti fognari esistenti, attraverso la disostruzione straordinaria dei manufatti, con particolare riferimento ai due posti sui lati della strada.

A valle della confluenza dei tre manufatti esistenti, si prevede la dismissione dello scatolare di 260x105 centimetri e la sua sostituzione con un nuovo collettore di forma circolare in materiale plastico avente un diametro DN2500 con recapito nel *collettore Gianturco*. Tale nuovo collettore svilupperà il suo tracciato lungo la viabilità esistente.

Si prevede, inoltre, la posa di una nuova tubazione circolare in materiale plastico, con diametro DN600 e lunghezza pari a circa 500 metri, che, percorrendo la strada dal ponte della ferrovia Circumvesuviana fino all'incrocio con via Galileo Ferraris, sarà destinata a recepire gli scarichi reflui attuali e futuri per convogliarli nell'impianto di sollevamento da costruirsi nell'ambito delle opere di urbanizzazione connesse al piano urbanistico attuativo relativo all'area dell'*ex Manifattura Tabacchi*.

Nel tratto tra via Emanuele Gianturco e piazza Sant'Erasmo, sono previste la dismissione del sistema esistente, oramai inadeguato, e la sostituzione con tubazioni DN600, di lunghezza pari a 250 metri cadauna, da posare lungo i lati della strada in corrispondenza delle attuali sedi fognarie. Tali tubazioni recapiteranno in un nuovo collettore DN1000 di lunghezza pari a circa 50 metri, da posare lungo piazza Sant'Erasmo.



**Via Emanuele Gianturco.** Si prevedono interventi di rifunzionalizzazione dei due collettori posti lungo il margine destro della strada, provenendo da via Taddeo da Sessa, mediante disostruzione straordinaria al pari di via Galileo Ferraris.

Tale intervento riguarda l'intera lunghezza dei collettori fino all'immissione nel *collettore Gianturco*, nonché il tratto delle tubazioni che, superata via Galileo Ferraris, fuoriesce per una lunghezza di circa 400 metri dall'area d'intervento riportata sui grafici.

Inoltre, si prevede la sostituzione del collettore di 70x140 centimetri posto lungo il margine sinistro della strada mediante posa di una nuova tubazione in materiale plastico DN1200 per una lunghezza pari a circa 700 metri, con recapito finale in un manufatto di derivazione da realizzare *ex novo* al fine di separare le acque reflue, che troveranno recapito nel sistema di sollevamento da realizzare nell'ambito delle opere di urbanizzazione connesse al piano urbanistico attuativo relativo all'area dell'*ex Manifattura Tabacchi*, dalle acque bianche che verranno immesse nel *collettore Gianturco*.

**Via Nuova delle Brece.** Si prevede un intervento di disostruzione dell'esistente collettore pluviale a sezione rettangolare di copertura piana mediante l'aggottamento con mezzi meccanici appositamente predisposti e con il relativo smaltimento del materiale.

### **Interventi sul sistema fognario previsti in progetto nella proposta migliorativa**

Nelle pagine seguenti vengono illustrate le calcolazioni idrauliche a supporto della progettazione definitiva degli interventi ricadenti nell'ambito del "Grande progetto Riqualificazione Napoli Est", il quale prevede la riqualificazione urbanistica e ambientale di via Galileo Ferraris, via Brece a Sant'Erasmo, via Emanuele Gianturco e via Nuova delle Brece.

#### ***Disostruzione degli spechi esistenti***

Un primo intervento previsto riguarda la disostruzione degli spechi esistenti lungo tutte le strade oggetto di riqualificazione. Trattasi di spechi a sezione variabile costruiti in tufo, che recapitano sia fognature pluviali, che diventano in alcuni casi promiscue, poiché drenano acque nere provenienti da fognature nere o da probabili allacci abusivi, sia fognature fecali.

Tali fognature, ostruendosi nel tempo a causa della sedimentazione e del consolidamento del materiale solido trasportato dai reflui, favorito dalle scarse pendenze di posa e dal fatto che sono costruite in muratura di tufo, hanno oggi sezioni talmente ridotte da convogliare solo un'aliquota modesta della portata teoricamente transitabile.

Tutte le strade interessate dai lavori hanno spechi intasati da disostruire; in particolare, come risulta dalle carte delle fognature del comune di Napoli, esse sono così distribuite:

Via Galileo Ferraris – lungo il primo tratto di via Galileo Ferraris esistono due spechi realizzati in muratura di tufo, che percorrono la strada al centro della sezione stradale da via Brin a via Gianturco. Il primo speco è una fecale rettangolare con copertura a volta di dimensioni interne 60x135 nel primo tratto, lungo circa 155 m, che diventa, successivamente, 60x165, per una lunghezza di circa 306 m, con una lunghezza totale di 461 m. Il secondo speco, parallelo al primo, è una pluviale rettangolare con copertura a volta, la cui sezione iniziale ha dimensioni 80x90 per una lunghezza pari a circa 198 m, per poi diventare di dimensioni 80x120 per una lunghezza di circa 273 m, per finire, prima dell'immissione nello speco proveniente da via Gianturco, con una sezione pari a 70x170; tale speco pluviale, tuttavia, diventa poi promiscuo, dal momento che riceve lungo il suo percorso alcune fognature nere; per il secondo tratto, compreso tra via Brece a Sant'Erasmo e il binario Traccia, si prevede la disostruzione della condotta fognaria esistente costituita da un manufatto rettangolare con copertura piana di dimensioni pari a 60 x70 cm, a seguito delle prescrizioni impartite.

Via Emanuele Gianturco – nel primo tratto di via Emanuele Gianturco esistono, partendo da via T. Da Sessa, sul lato destro della sezione stradale in corrispondenza del marciapiede due spechi realizzati in muratura di tufo, una promiscua rettangolare con copertura a volta ed una pluviale rettangolare con copertura a volta; nel secondo tratto, dopo l'incrocio con via Galileo Ferraris, si passa ad un unico speco (sempre pluviale) con copertura a volta, che però, ricevendo le



acque della fecale precedente, diventa anch'esso promiscuo. La promiscua rettangolare con copertura a volta del primo tratto ha dimensioni interne 70x160 per circa 660 m. Nel secondo tratto, la pluviale rettangolare con copertura a volta ha sezione iniziale di dimensioni 230x185 ed una lunghezza pari a circa 280 m, per diventare poi di dimensioni 200x170 per una lunghezza di circa 800 m prima di immettersi nel collettore Gianturco in corrispondenza del raccordo autostradale A1-A3.

Via Brecce a S. Erasmo – lungo via Brecce a S. Erasmo esistono da disostruire tre diversi specchi fognari, dei quali due corrono lungo i marciapiedi destro e sinistro ed il rimanente ubicato al centro della sezione stradale. Lo speco che corre lungo sotto il marciapiede sinistro, partendo da via Galileo Ferraris in direzione del mare, è una fognatura promiscua rettangolare con copertura piana di dimensioni 60x110 avente una lunghezza di circa 330 m, che diventa poi 60x105 per una lunghezza di circa 130 m. Lo speco che corre lungo il marciapiede destro è sempre una fognatura promiscua rettangolare, con copertura piana di dimensioni 60x100 per tutta la sua lunghezza, pari a circa 460 m. Al centro della sezione stradale, invece, corre uno speco fognario di una promiscua rettangolare con copertura piana di dimensioni 200x110 prima e 220x80 successivamente, le cui rispettive lunghezze sono pari a 68 m e 407 m.

Via nuova delle Brecce – lungo via Nuova delle Brecce esiste, da disostruire, un unico grande collettore che, partendo da est, prosegue verso ovest verso via Ferrante Imparato. Le sezioni degli specchi di detto collettore, pluviale/promiscuo a sezione rettangolare a copertura piana, sono variabili: partendo da est verso ovest si trova:

- 250x200 per una lunghezza di circa 590 m;
- 330x200 per una lunghezza di circa 96 m;
- 430x200 per una lunghezza di circa 186 m;
- 330x200 per una lunghezza di circa 265 m.

Tali disostruzioni serviranno quindi, a rimettere in funzione gli specchi e riconnetterle all'interno sistema fognario che, prevede una separazione spinta delle portate nere da quelle bianche con l'inserimento di una serie di partitori e di impianti di sollevamento, da realizzare sia in questo intervento sia in altri interventi programmati dall'Amministrazione appaltante.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi suddivisa per strade degli specchi da disostruire e delle rispettive lunghezze.

TRATTI DI FOGNATURA ESISTENTE DA DISOSTRUIRE					
STRADA	n° DI SPECHI PRESENTI	TIPOLOGIA DI SPECO	DIMENSIONE SEZIONE SPECO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA TOTALE
VIA GALILEO FERRARIS	3	FECALE RETTANGOLARE COPERTURA A VOLTA	60 X 135	155	461
			60 X 165	306	
		PLUVIALE/PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA A VOLTA	80 X 90	198	793
			80 X 120	273	
			70 X 170	5	
		PLUVIALE RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	60 x 70	317	
VIA BRECCIE A SANT'ERASMO	3	PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA A VOLTA	200 X 110	68	475
			220 X 80	407	
		PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	60 X 100	460	460
		PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	60 X 110	333	467
			60 X 105	134	
VIA GIANTURCO	2	PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA A VOLTA	70 X 160	660	660
		PLUVIALE/PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA A VOLTA	230 X 185	280	1080
			200 X 170	800	
VIA NUOVA DELLE BRECCIE	1	PLUVIALE RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	250 X 200	590	1137
			330 X 200	96	
			430 X 200	186	
			330 X 200	265	
LUNGHEZZA TOTALE DA DISOSTRUIRE [ml]					5533

### ***Razionalizzazione dello schema fognario***

Un primo aspetto affrontato nell'ambito della progettazione definitiva riguarda la razionalizzazione dello schema del sistema fognario, in particolare per quanto concerne l'impianto di sollevamento da realizzare in corrispondenza dell'intersezione tra via Galileo Ferraris e via Emanuele Gianturco. Il progetto a base di gara prevede, infatti, la realizzazione di un impianto di sollevamento finalizzato ad intercettare le acque reflue provenienti da tali tratti e convogliarle nell'impianto di sollevamento da costruirsi nell'ambito delle opere di urbanizzazione connesse al piano urbanistico attuativo relativo all'area dell'*ex Manifattura Tabacchi*. In particolare, l'impianto di sollevamento si rende necessario per superare l'ostacolo rappresentato dal nuovo *collettore Gianturco*. Al fine di assicurare il corretto partizionamento



delle portate da inviare al sollevamento, il progetto a base di gara prevede la realizzazione di due partitori, in corrispondenza delle fogne provenienti dai tronchi ubicati lungo via Ferraris e via Gianturco: le portate nere o non sufficientemente diluite vengono quindi inviate al sollevamento, mentre le portate eccedenti il prefissato rapporto di diluizione sono sfiorate nel collettore esistente. Tale soluzione, tuttavia, non sempre garantisce che sia rispettato il grado di diluizione previsto in fase di progetto, sia perché le relazioni utilizzate non sono sempre pienamente attendibili, risultando in tali casi spesso indicato il ricorso a prove su modello, sia perché la necessità di realizzare luci di modeste dimensioni per consentire il deflusso di portate generalmente modeste (come nel caso in esame) comporta costi di manutenzione elevati, stante il rischio di una parziale (o totale) occlusione della luce. Il sistema progettato, inoltre, non sarebbe in grado di modificare il grado di diluizione prefissato, condizione che si potrebbe rendere necessaria in futuro in seguito ad una eventuale trasformazione urbanistica dell'area. Per questa ragione, allo scopo di massimizzare l'efficienza del sistema e garantire una portata sollevata sostanzialmente costante e pari ad un valore assegnato, si prevede di eliminare i due partitori e di convogliare le portate convogliate dagli specchi direttamente all'interno del pozzetto di sollevamento. Tale pozzetto sarà munito di sfiori di adeguate dimensioni, in modo da smaltire le portate che l'impianto di pompaggio non è in grado di sollevare, e quindi fungerà esso stesso da partitore delle portate eccedenti. La presenza del sollevamento garantirà quindi il rapporto di diluizione assegnato, e una valvola disposta a valle delle macchine consentirà una regolazione fine delle portate, in modo da poterne adeguare il valore alle variate condizioni presenti nell'area. Tale regolazione non è invece consentita dai partitori, i quali sono fissi e non consentono, pertanto, variazioni delle modalità di funzionamento dopo essere stati costruiti, se non con interventi sulle strutture murarie di una certa rilevanza. Sempre allo scopo di semplificare il funzionamento del sistema di scarico, si prevede di realizzare la partizione delle portate sul DN 1200 di nuova realizzazione lungo via Gianturco a monte del pozzetto nel quale verrà immessa la condotta di mandata dell'impianto di sollevamento (vedi tavola grafica schema idraulico). Ciò consentirà di evitare la posa di due condotte affiancate (DN 1200 e DN 800), con notevoli vantaggi non solo in fase di realizzazione, ma anche durante le operazioni di manutenzione degli specchi.

### ***Dimensionamento dell'impianto di sollevamento***

Il progetto a base di gara prevede, come visto, la realizzazione di un impianto di sollevamento, destinato al sollevamento delle portate nere o non sufficientemente diluite, stimate in 15 l/s con una prevalenza di 4 m. Dal momento che, tuttavia, non risulta possibile una stima attendibile delle portate da sollevare, anche in considerazione delle future trasformazioni urbanistiche che

l'area potrebbe subire, si è ritenuto opportuno incrementare a 28 l/s la potenzialità dell'impianto di sollevamento. La scelta è ricaduta su una pompa Flygt NP 3085, che garantisce, per una portata di 14 l/s, una prevalenza di poco superiore a 5 m. Le curve caratteristiche della pompa sono riportate nella figura seguente, dalla quale è possibile osservare come si attinga, per la portata di progetto, un rendimento superiore al 60%.

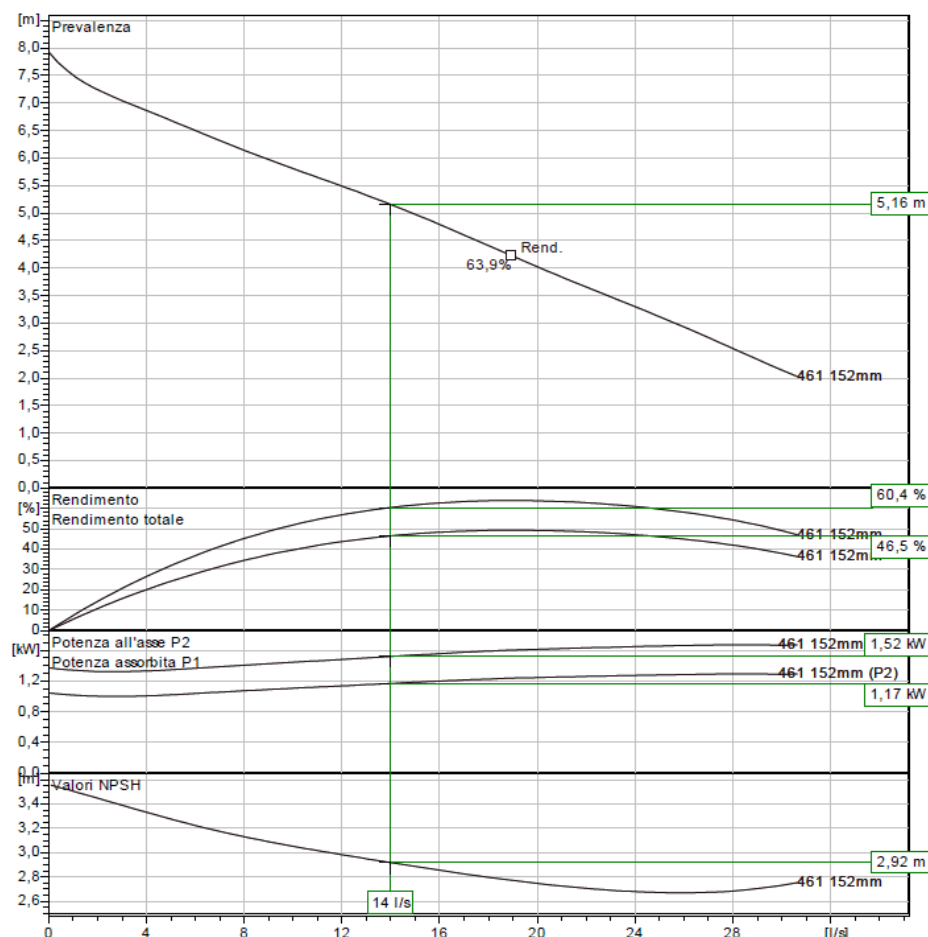


Fig. 1. Curve caratteristiche della pompa utilizzata.

Il diametro della condotta di mandata è stato dimensionato assumendo una velocità della corrente pari a 1 m/s. Ne consegue, per la portata di 28 l/s, un diametro teorico di circa 0.19 m, per cui si utilizzerà una condotta in polietilene ad alta densità PN 16 PE 100 DN 225, che presenta un diametro interno pari a 184 mm. Non si è proceduto in questa fase al calcolo delle perdite di carico concentrate e distribuite, in considerazione della modesta lunghezza della condotta e delle limitate velocità della corrente. Dal momento che la prevalenza fornita dal gruppo di pompaggio risulta



### ***Partitori***

La partizione della portata convogliata nelle fognature ubicate lungo via Galileo Ferraris verrà garantita mediante un apposito manufatto, il quale consentirà l'invio alla vasca ubicata nella ex Manifattura Tabacchi delle sole portate nere e di quelle miste non sufficientemente diluite. In maggior dettaglio, il partitore presenta una luce di fondo di diametro 250 mm, come imposto da prescrizione dal servizio Ciclo Integrato delle Acque, la quale si immette all'interno di uno speco DI 300 mm, mediante il quale verranno convogliate le portate da inviare alla vasca, mentre 40 cm più in alto viene disposta la generatrice inferiore della tubazione di sfioro. In tal modo, le portate inferiori al valore di taglio in ingresso al pozzetto verranno inviate, tramite la luce di fondo, direttamente alla vasca: l'incremento delle portate in ingresso comporta la variazione del funzionamento idraulico della luce, con il rapido incremento dei livelli idrici nel pozzetto al variare della portata, in considerazione dell'innescò di una condizione di efflusso sotto battente. Tale condizione di funzionamento permane fino a che il tirante idrico all'interno della vasca non raggiunge la generatrice inferiore della tubazione di sfioro, a partire dalla quale ha inizio lo scarico delle portate all'interno dell'emissario. Il fondo del pozzetto è infine sagomato con un massetto di pendenza non inferiore al 5% rivolto verso la luce di fondo, in modo da garantire l'allontanamento di tutte le acque ed impedire il ristagno di reflui, che porterebbero a fenomeni di putrefazione e degradazione anaerobica della frazione organica presente.

### ***Calcoli idraulici***

La presenza di specchi fognari caratterizzati da condizioni di generale degrado, con una ridotta capacità di convogliamento delle portate drenate ha suggerito, in accordo con le previsioni elaborate in fase di progettazione preliminare, l'adeguamento di alcuni degli specchi esistenti. Tale soluzione consentirà, grazie all'impiego di materiali caratterizzati da limitata scabrezza, di garantire una maggiore velocità di deflusso delle portate e, conseguentemente, una riduzione dei depositi. In maggior dettaglio, si prevede:

- lungo il secondo segmento di via Galileo Ferraris, la sostituzione del manufatto di dimensione 65x60 centimetri posto lungo il marciapiede sinistro con una tubazione circolare DN 800, per una lunghezza complessiva pari a circa 275 m; e dei manufatti di dimensioni 60x100 centimetri e 60x105 centimetri posti lungo il marciapiede destro rispettivamente con una tubazione circolare DI 800 e DI 1000, di lunghezza complessiva pari a circa 550 m;

- lungo via Brecce a Sant'Erasmo, la dismissione dello scatolare di 260x105 centimetri e la sua sostituzione con un nuovo collettore di forma circolare in materiale PEad avente un diametro DN 1600 con recapito nel *collettore Gianturco*;
- lungo via Emanuele Gianturco, la sostituzione del collettore di 70x140 centimetri posto lungo il margine sinistro della strada mediante posa di una nuova tubazione in materiale plastico DN 1200 per una lunghezza pari a circa 700 m.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei tratti da sostituire con nuove tubazioni in materiale plastico.

TRATTI DI FOGNATURA DA REALIZZARE IN SOSTITUZIONE DI SPECHI ESISTENTI						
STRADA	n° DI SPECHI PRESENTI	TIPOLOGIA DI SPECO DISMETTERE	DIMENSIONE SEZIONE SPECO ESISTENTE DA SOSTITUIRE	DIMENSIONE TUBAZIONE DI PROGETTO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA TOTALE
VIA GALILEO FERRARIS II TRATTO I PARTE	2	PROMISCUA SEMIOVOIDALE	65 X 60 50 X 65	DI 800	275	500
		PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	60 X 100	DI 800	225	
VIA GALILEO FERRARIS II TRATTO II PARTE	1	PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	60 X 105	DI 1000	325	325
VIA BRECCIE A SANT'ERASMO	2	PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA A PIANA	60 X 30	DI 600	255	510
		PROMISCUA RETTANGOLARE COPERTURA PIANA	60 X 40	DI 600	255	
VIA GIANTURCO	1	FECALE RETTANGOLARE COPERTURA A VOLTA	80 X 150	DI 1200	85	684
			80 x 160	DI 1200	200	
			70 x 140	DI 1200	399	
LUNGHEZZA TOTALE FOGNATURA DA SOSTITUIRE [ml]						2019

Nell'ambito della presente progettazione definitiva, si è proceduto a confrontare le portate convogliabili dagli spechi esistenti e da quelli di progetto, verificando che questi ultimi siano in grado di convogliare una portata sufficientemente maggiore rispetto ai primi.

Per il tracciamento delle scale di deflusso, si è fatto riferimento alla formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = k\sigma R^{2/3} i^{1/2}$$

nella quale  $\sigma$  rappresenta la sezione idrica della corrente,  $R$  il raggio idraulico, calcolato come rapporto tra la sezione idrica e il perimetro bagnato,  $i$  la pendenza dello speco e  $k$  un coefficiente che tiene conto della scabrezza delle pareti. Per quest'ultimo, in particolare, si è assunto, in relazione alle caratteristiche dei materiali e al relativo grado di deterioramento, un valore pari a  $55 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per quanto concerne gli spechi esistenti, e a  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per gli spechi in materiale plastico. Relativamente a questi ultimi, inoltre, si sono considerate tubazioni caratterizzate da diametri interni coincidenti con il diametro nominale, in modo da assicurare la massima capacità idrovettrice degli spechi. Infine, allo scopo di assicurare la più ampia generalità al confronto, si

è fatto riferimento alle scale di deflusso specifiche degli specchi, ovvero considerando una pendenza unitaria. Ovviamente, l'effettiva portata che le sezioni sono in grado di convogliare per una generica pendenza potrà essere calcolata moltiplicando il valore desunto dai grafici di Figg. 2-7 per la radice quadrata della pendenza dello speco.

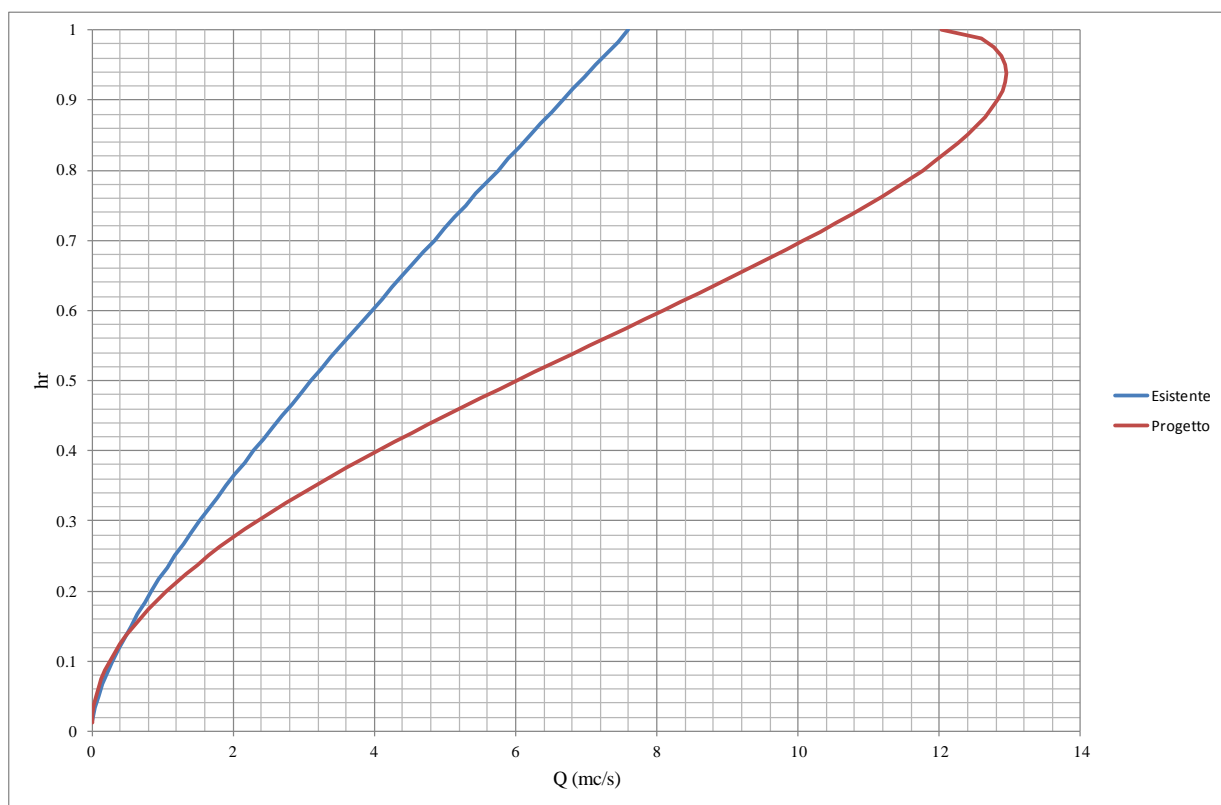


Fig. 2. Scale di deflusso degli specchi 65x70 e DN 800.

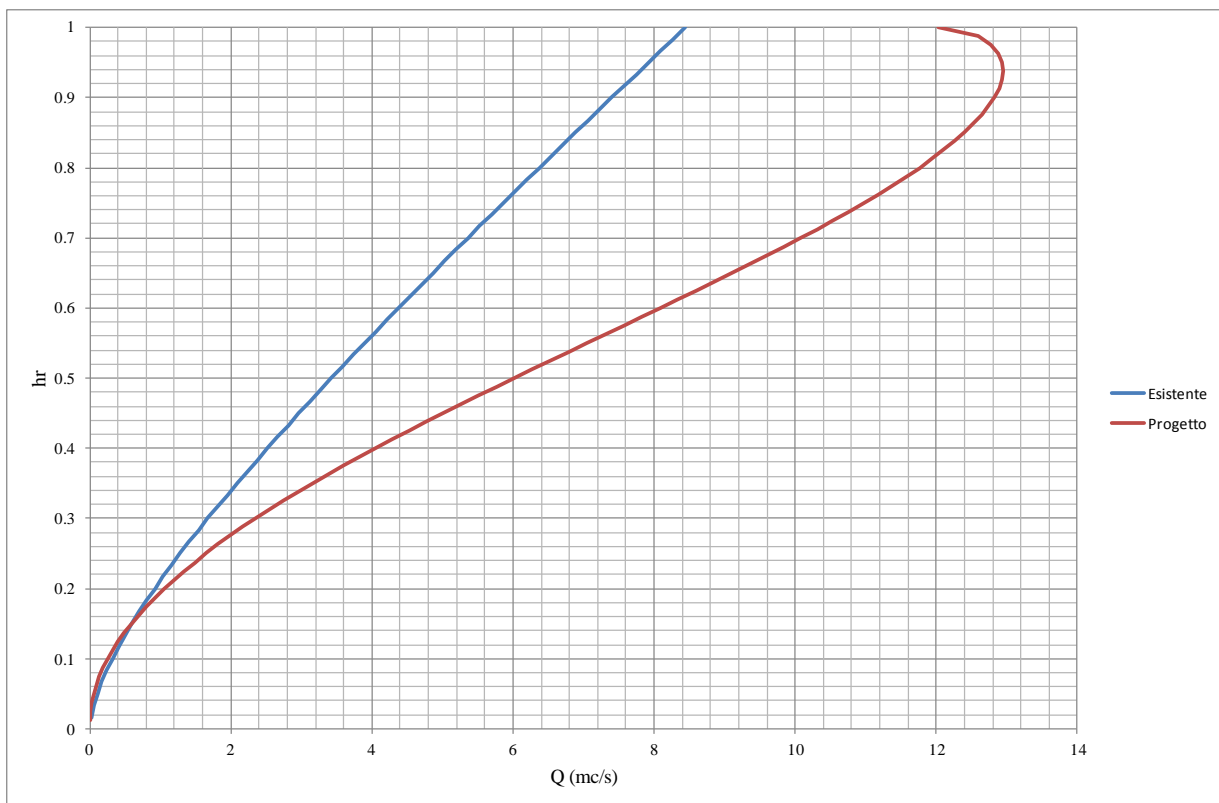


Fig. 3. Scale di deflusso degli specchi 70x60 e DN 800.

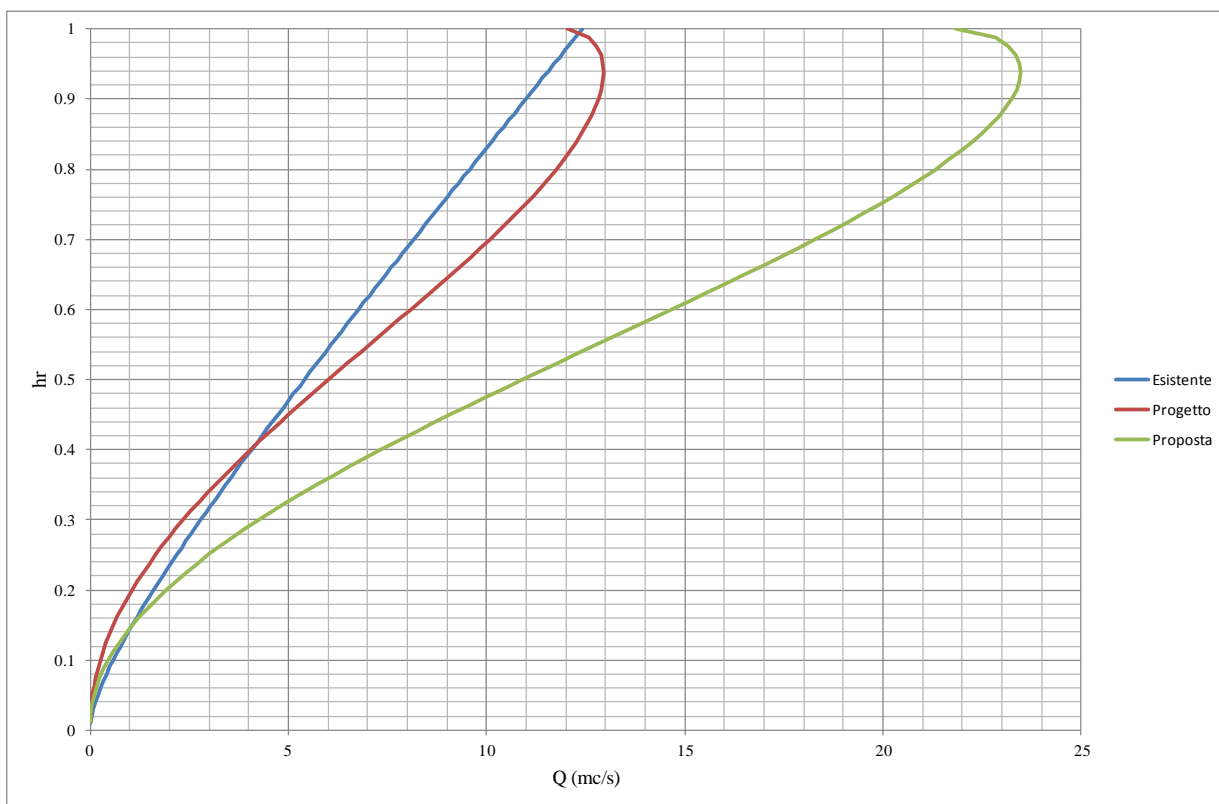


Fig. 4. Scale di deflusso degli specchi 60x100, DN 800 e DN 1000.



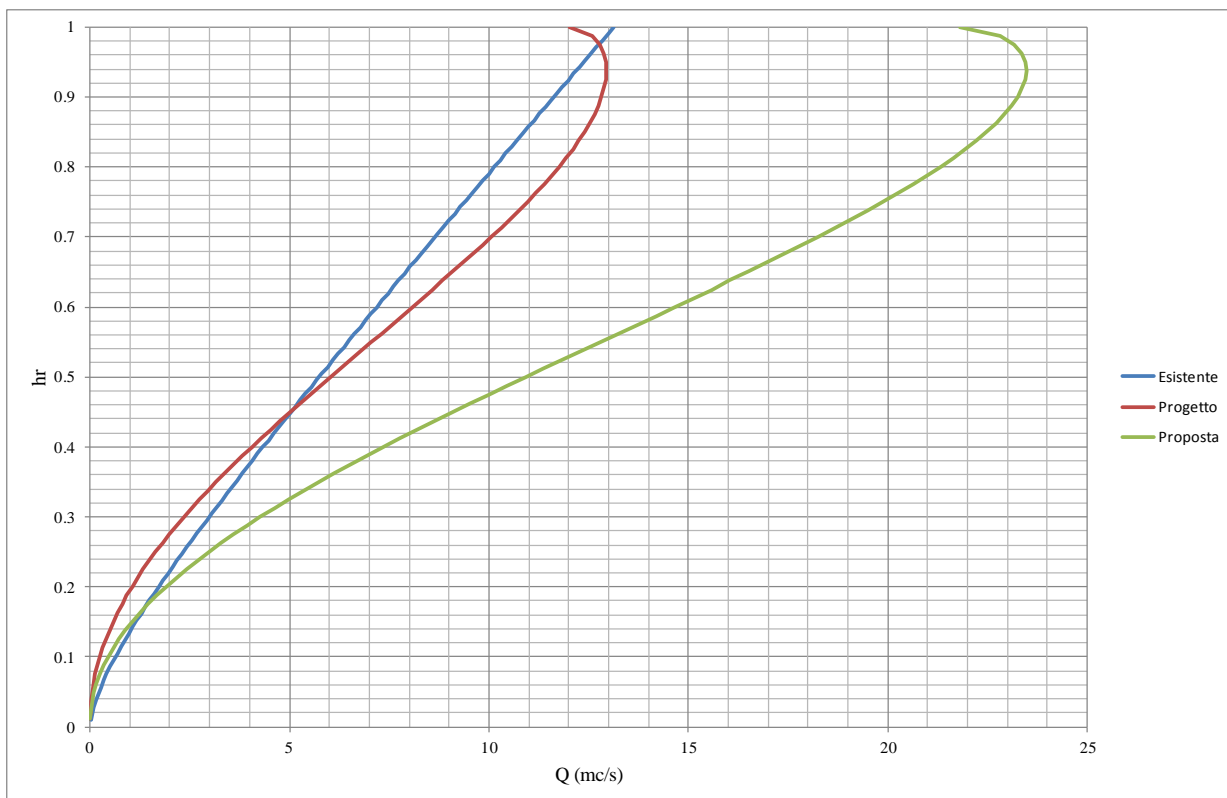


Fig. 5. Scale di deflusso degli specchi 60x105, DN 800 e DN 1000.

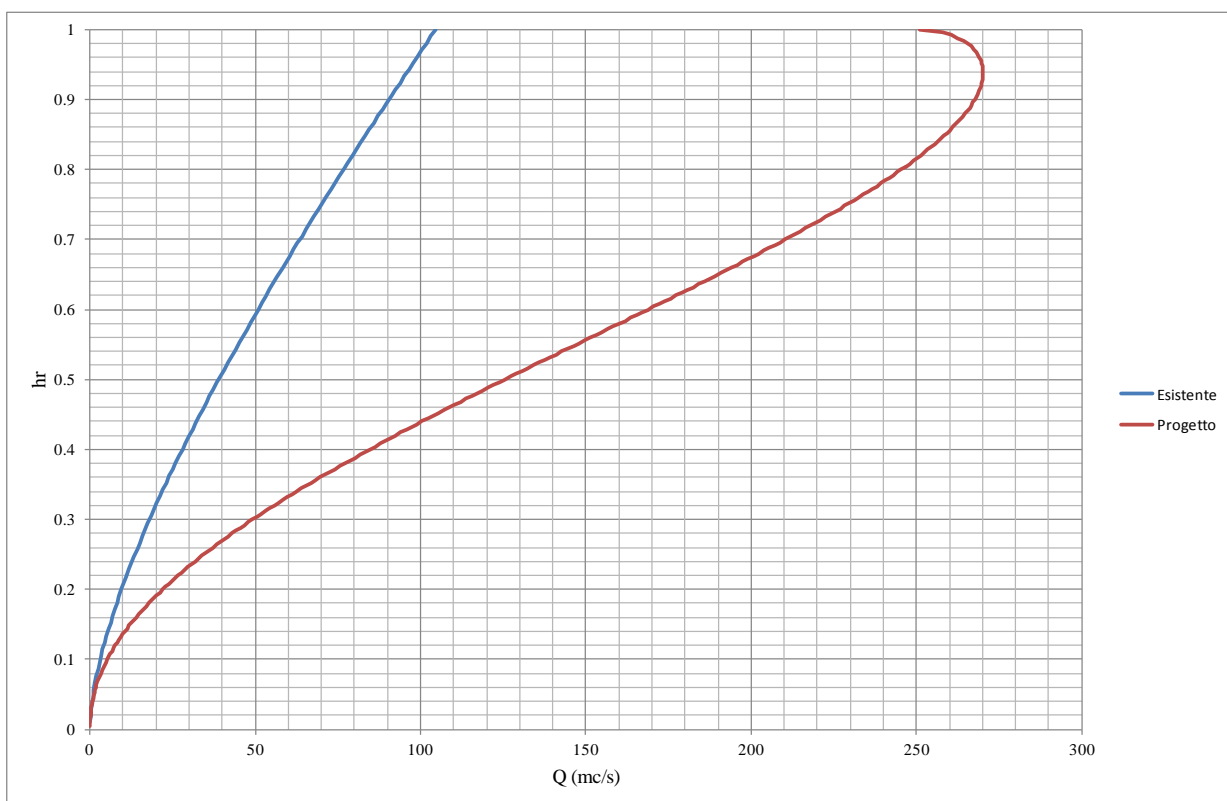


Fig. 6. Scale di deflusso degli specchi 260x105 e DN 1600.

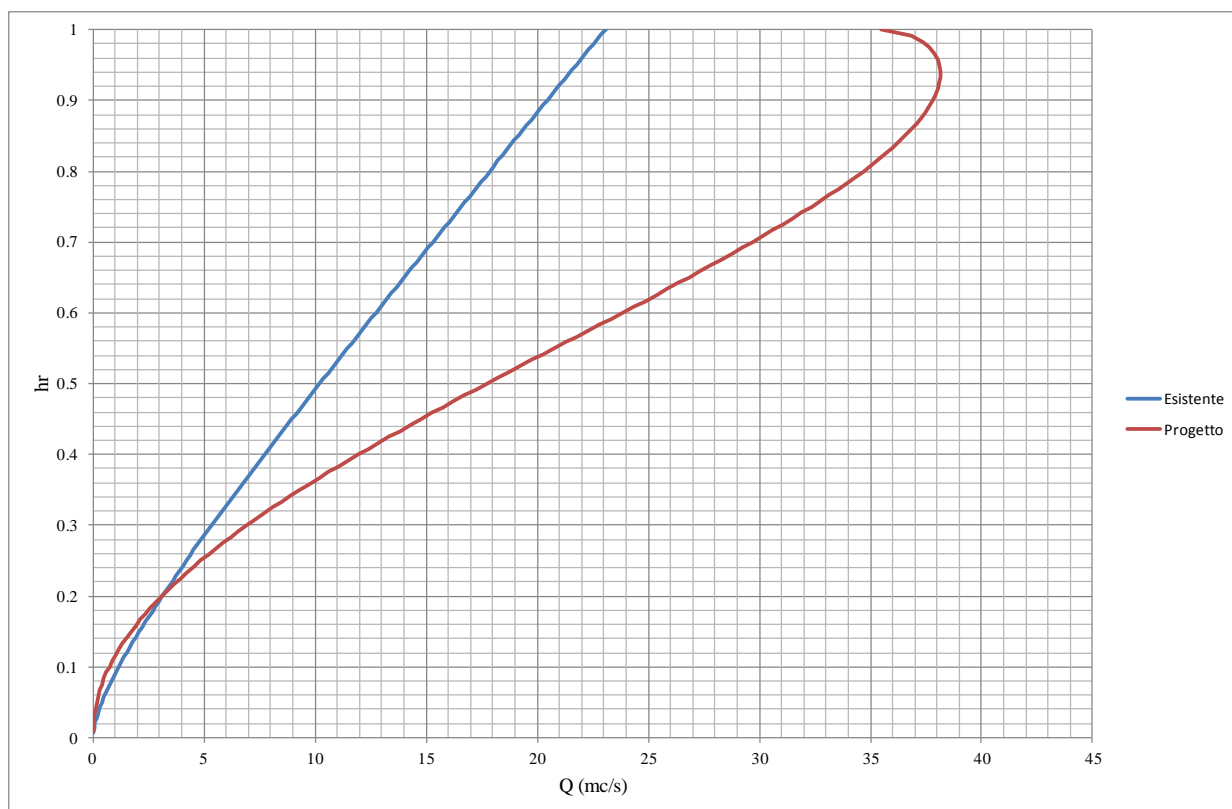


Fig. 7. Scale di deflusso degli specchi 70x140 e DN 1200.

Dall'analisi di tali Figure è possibile osservare come i nuovi specchi garantiscano, in linea generale, un incremento delle portate convogliabili rispetto a quelli esistenti, anche in considerazione della minore scabrezza delle pareti. Tale condizione non viene tuttavia rispettata per gli specchi 60x100 e 60x105, che il progetto preliminare prevede di sostituire con specchi DN 800, i quali presentano una scala di deflusso sostanzialmente coincidente.

Pertanto, allo scopo di garantire anche per questi tronchi un analogo incremento della portata convogliabile, si prevede l'adeguamento di tali specchi, con l'impiego di una tubazione DN 1000 in luogo della sezione DN 800 prevista.

L'analisi delle Figure 4 e 5, su cui è stata riportata anche la scala di deflusso dello specchio proposto, consente di evidenziare come tale accorgimento garantisce, per tali tratti, un incremento della capacità idrovettrice delle sezioni analogo a quello ottenuto per le rimanenti sezioni. Si ribadisce infine come anche per questi tronchi si sono considerate, allo scopo di massimizzare la portata convogliabile, tubazioni caratterizzate da diametri nominali coincidenti con quelli interni.

Si è poi proceduto a calcolare le velocità corrispondenti al deflusso delle portate massime negli specchi, allo scopo di verificare il rispetto dei limiti di velocità previsti dalla Circolare del Ministero dei LL. PP. n. 11633 del 07/01/1974 "Istruzioni per la progettazione delle fognature e

degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto”, che prevede che per le portate pluviali la velocità massima non dovrà superare di norma i 5 m/s.

### ***Condotte di nuova realizzazione***

Lo stesso principio è stato utilizzato per le condotte di nuova realizzazione lungo via Brece a S. Erasmo. Infatti, lungo questo tratto di strada sono previste alcune condotte in materiale plastico da realizzare ex novo. Una prima condotta parte nei pressi del raccordo autostradale A1-A3 in direzione di via Galileo Ferraris per immettersi, in corrispondenza dell’incrocio, all’interno di un partitore per la separazione delle portate. Tale tubazione ha diametro interno pari a 600 mm ed una lunghezza di circa 430 m.

Continuando verso piazza S. Erasmo, si prevede la posa di un tratto di fognatura con una tubazione DN 1600 in PEad, che raccoglie le acque provenienti dagli specchi esistenti su via Brece a S. Erasmo e le convoglia nel collettore denominato Gianturco, tale tratto anche se in posa ex novo in realtà serve a dismettere un tratto di scatolare esistente che però è obsoleto e transita al di sotto di fabbricati esistenti e non lungo via Brece, di tale tubazione già si è detto nel paragrafo calcoli idraulici. Per tale tubazione dove lo spessore del ricoprimento è inferiore a 80 cm si prevede la costruzione di una soletta di ricoprimento per la ripartizione dei carichi sul terreno e la limitazione dell’ovalizzazione della condotta, conseguente al traffico stradale.

Nei pressi di piazza S. Erasmo, invece, è prevista la posa di un tronco di fognatura del diametro interno 1000 mm, che convoglia i reflui ad un partitore per la separazione delle portate. Tale speco raccoglie le acque provenienti dalle due tubazione di diametro 600 mm, posate sotto i marciapiedi lungo il tratto di strada compreso tra via Gianturco e la piazza, in sostituzione degli specchi esistenti.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa dei tratti di fognatura da realizzare ex novo, in corrispondenza degli incroci di via G.Ferraris e via Gianturco, dove è prevista la realizzazione sia di un impianto di sollevamento che funge anche da partitore, sia di un partitore, ed in corrispondenza dell’incrocio di via G. Ferraris con via Brece (in corrispondenza dell’impianto di sollevamento ex manifattura tabacchi di futura realizzazione), dove sono previsti 4 partitori per la separazione di tutte le acque da convogliare al detto impianto di sollevamento di futura realizzazione.

Infine, lungo via Emanuele Gianturco, in accordo con i tecnici del Servizio Ciclo integrato delle acque, come già ampiamente descritto nell’introduzione, si realizza una nuova tubazione premente di diametro DN 630 in PEad per il convogliamento delle acque nere provenienti dall’impianto di sollevamento da realizzare nell’ex Manifattura Tabacchi.

TRATTI DI FOGNATURA DA REALIZZARE EX NOVO				
STRADA	n° DI SPECHI	DIMENSIONE SEZIONE SPECO DI PROGETTO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA TOTALE
VIA GIANTURCO	1	DN 630	559	559
VIA GALILEO FERRARIS IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INCROCIO CON VIA GIANTURCO	5	DI 300	12	50
		DI 180	38	
		DI 1200	15	40
		DI 800	15	
		DI 1200	10	
VIA GALILEO FERRARIS INCROCIO CON VIA BRECCIE (IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO EX MANIFATTURA TABACCHI)	5	DI 300	15	75
		DI 300	15	
		DI 300	15	
		DI 800	15	
		DI 1000	15	
VIA BRECCIE A SANT'ERASMO	3	DI 600	436	682
		DI 1600	205	
		DI 1000	41	
TOTALE FOGNATURA DI NUOVA COSTRUZIONE [ml]				1406

### ***Analisi idrologica***

#### ***Premesse***

Obiettivo dell'analisi idrologica di seguito illustrata è la stima della curva di possibilità pluviometrica, in corrispondenza dei periodi di ritorno  $T=10$  anni e  $T=30$  anni assunti a base delle calcolazioni per la stima delle portate pluviali relative al sistema di smaltimento delle acque bianche a servizio dell'area di interesse. Infatti, allo scopo di dimensionare correttamente le sezioni degli specchi in occasione degli eventi meteorici di maggiore intensità, occorre



determinare i valori delle portate che possono essere superati, mediamente, una sola volta ogni  $T$  anni, essendo  $T$  il *periodo di ritorno* preso a riferimento ( $T$ : numero di anni che mediamente bisogna attendere prima che si verifichi un insuccesso).

Tali valori della portata, di norma indicati in letteratura tecnica come *valori della portata corrispondente al periodo di ritorno  $T$* , e riportati col simbolo  $Q_T$ , possono essere stimati a partire da una relazione del tipo:

$$Q_T = \xi_Q K_T \quad (1)$$

essendo  $\xi_Q$  un parametro centrale della distribuzione di probabilità della variabile idrologica  $Q$ , *massimo annuale della portata istantanea* (ad esempio: la media, la mediana, il valore modale, etc.) e  $K_T$  un coefficiente amplificativo, di norma indicato come *coefficiente di crescita col periodo di ritorno  $T$* .

La forma del legame:

$$K_T = K_T(T) \quad (2)$$

dipende, per una data *regione omogenea rispetto alle portate al colmo di piena*, solo dal particolare modello probabilistico adottato e dallo specifico parametro  $\xi_Q$  preso a riferimento.

Una stima sufficientemente attendibile del parametro  $\xi_Q$  può essere effettuata, a causa della sua scarsa variabilità campionaria, già in base a pochi dati. Viceversa, l'affidabilità della stima dei parametri contenuti nell'espressione di  $K_T$  e, quindi, l'attendibilità della stima di  $K_T$ , risulta fortemente influenzata dal ridotto numero di dati di norma a disposizione.

Di conseguenza, mentre la valutazione di  $K_T$  può essere di norma effettuata solo in base ad un'analisi regionale, condotta su due distinti livelli (*I e II livello di analisi regionale*), la valutazione del parametro  $\xi_Q$  va effettuata tenendo conto, soprattutto, delle peculiarità proprie dello specifico bacino preso in esame.

In pratica, però, per la scarsità dei dati di portata di norma disponibili e per la molteplicità dei parametri da introdurre in eventuali legami di regressione tra il valore di  $\xi_Q$  e le caratteristiche climatiche e fisiografiche dei bacini, risulta in genere praticamente impossibile procedere ad un'analisi regionale di *III Livello*.

Pertanto, le alternative tecnicamente possibili risultano essere due:

- nel caso in cui sia disponibile un congruo numero di dati, dedotti da misure più o meno dirette dei massimi annuali delle portate istantanee, è possibile effettuare la stima di  $\xi_Q$  a partire direttamente dai dati;

- nei casi in cui non esistono misure dirette di portata al colmo, si può ricorrere ad una tecnica basata sull'accoppiamento di un processo di massimizzazione (*approccio variazionale*) con un adeguato modello di trasformazione afflussi/deflussi.

Nello specifico caso preso a riferimento, mancando del tutto misure di portata sistematiche anche nei periodi di piena, non risulta possibile procedere ad una valutazione diretta, sufficientemente attendibile, del parametro  $\xi_Q$ . Di conseguenza, non potrà che ricorrersi alla seconda metodologia indicata, cercando di sfruttare al meglio le informazioni disponibili in merito alle caratteristiche di piovosità della zona, alle caratteristiche di permeabilità delle aree colanti ed alle caratteristiche fisiografiche sia dei tronchi fognari che dei bacini sottesi dalle sezioni prese a riferimento nelle valutazioni.

Tanto premesso, nel seguito viene dapprima brevemente illustrata la metodologia utilizzata per la valutazione del parametro  $\xi_Q$  a partire da dati pluviometrici, di permeabilità e fisiografici caratteristici del bacino. Successivamente vengono descritte le tecniche utilizzate per la valutazione delle diverse componenti del modello di trasformazione afflussi/deflussi preso a riferimento, e riportati i risultati ottenuti, per ciascuna delle sezioni relativamente ai diversi valori del periodo di ritorno  $T$  presi in esame.

#### *Scelta del modello probabilistico e del parametro $\xi_Q$*

La stima dei massimi istantanei della portata di piena corrispondenti ad assegnati valori del periodo di ritorno  $T$  può essere effettuata con diversi tipi di approcci. Tra questi, vengono spesso utilizzati il modello di Gumbel e il modello *T.C.E.V.*

Il primo (*modello di Gumbel*), molto diffuso in campo tecnico per la sua capacità di prestarsi abbastanza efficacemente all'analisi dei massimi di una qualsiasi grandezza, quando applicato all'analisi dei massimi annuali delle altezze di pioggia e delle portate al colmo di piena tende, di norma, a sottostimare i valori più elevati osservati nel passato (valori corrispondenti ai periodi di ritorno più elevati). Pertanto, la sua utilizzazione può dare luogo ad insuccessi allorquando sono da stimare valori di  $Q_T$  corrispondenti a periodi di ritorno di gran lunga superiori al periodo di osservazione.

Il *modello T.C.E.V.* (Two Components Extreme Value), adottato ormai quasi a livello istituzionale dal Dipartimento di Protezione Civile e dagli organi di consulenza del Consiglio Nazionale delle Ricerche, risolve, di fatto, una serie di inconvenienti resisi evidenti nell'utilizzazione del modello di Gumbel e, pertanto, risulta maggiormente rispondente alle esigenze di un'attenta valutazione delle portate al colmo di piena che possono defluire nei tronchi di un corso d'acqua.

Il modello *T.C.E.V.* costituisce, di fatto, una generalizzazione del modello di Gumbel. Esso risulta, infatti, costituito dal prodotto di due leggi di Gumbel, la prima delle quali destinata ad interpretare e descrivere, in chiave probabilistica, i massimi valori *ordinari* di piena (vale a dire: tecnicamente possibili allorquando valutati alla luce di un normale modello di Gumbel) e, la seconda, quelli *straordinari* (aventi, secondo il classico modello di Gumbel., una probabilità di superamento inferiore del 5% e, quindi, talmente scarsa dal punto di vista tecnico da potersi ritenere *eccezionali*).

La funzione di distribuzione di probabilità cumulata  $F\{k\}$  del modello TCEV è fornita dalla relazione:

$$T = \frac{1}{1 - F\{k\}} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k / \theta_*})} \quad (3)$$

in cui  $\Lambda_1$ ,  $\eta$ ,  $\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\theta_*}}$  e  $\theta_* = \frac{\theta_2}{\theta_1}$  sono i parametri della distribuzione aventi il seguente significato fisico:

$\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  rappresentano il numero medio annuo di eventi pluviometrici indipendenti appartenenti, rispettivamente, alla componente base ed alla componente straordinaria;

$\theta_1$  e  $\theta_2$  rappresentano il valore medio della altezza di pioggia di durata  $d$ , rispettivamente, per la componente base e per la componente straordinaria;

$\eta$  dipende dai parametri precedentemente indicati.

ed avendo indicato con:

$k = \frac{h_d}{\mu_d}$  la variabile standardizzata, definita come rapporto tra il massimo annuale della altezza di pioggia  $h_d$ , di durata  $d$ , e il suo valore medio  $\mu_d$ ;

$T$  il periodo di ritorno espresso in anni;

$K_T$  il valore assunto dalla variabile standardizzata  $k$  per assegnato periodo di ritorno  $T$ , indicato come *fattore di crescita*.

Una volta definiti i valori dei parametri  $\Lambda_1$ ,  $\eta$ ,  $\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\theta_*}}$  e  $\theta_* = \frac{\theta_2}{\theta_1}$ , il fattore di crescita  $K_T$

risulta univocamente determinato ed il valore della massima altezza di pioggia di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T$ , esprimibile dalla relazione  $h_{d,T} = \mu_d \cdot K_T$ , dipende dalla conoscenza del valore medio delle massime altezze di pioggia  $\mu_d$ .

Per l'intera regione Campania il Progetto VA.PI. (Rossi e Villani, 1994) ha definito i valori dei suddetti parametri, che sono riportati per comodità di lettura nella Tabella I.

$\theta^*$	$\Lambda_*$	$\Lambda_1$	$\eta$
2.136	0.224	41	4.688

**Tabella I.** Parametri del modello TCEV per l'intera regione Campania (Rossi e Villani, 1994).

Per un periodo di ritorno  $T=10$  dalla (3) risulta quindi un coefficiente di crescita pari a 1.43, mentre per valori di  $T$  maggiori di 25 anni il Rapporto VA.PI. suggerisce l'impiego della relazione semplificata:

$$K_T = 0.110 + 0.456 \cdot \ln T \quad (4)$$

da adottare in luogo della (3), che garantisce scostamenti non superiori al 10%. Nel caso in esame, assumendo  $T=30$  anni, risulta un valore di  $K_T$  pari a 1.66.

Per la valutazione della portata corrispondente alla media dei massimi annuali dell'altezza di pioggia è possibile far riferimento all'informazione pluviografica disponibile.

Come è noto, infatti, le informazioni normalmente disponibili per l'analisi delle massime precipitazioni fanno riferimento alle osservazioni sistematicamente effettuate dal *S.I.M.N.* (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale), costituito a partire dall'ex *S.I.I.* (Servizio Idrografico Italiano) ed, eventualmente, ad osservazioni effettuate mediante strumenti di misura installati da Consorzi, Comunità Montane, ecc.. In particolare, le osservazioni di norma disponibili sono di due tipi:

1. osservazioni pluviometriche, effettuate mediante apparecchi di misura molto semplici, definiti *pluviometri*, capaci unicamente di fornire il valore cumulato di acqua affluito, in un determinato periodo di tempo, ad una superficie di raccolta di area nota. Tale periodo di tempo viene assunto, convenzionalmente, pari ad un giorno, con osservazioni ripetute alle ore 9.00 di ogni giorno;
2. osservazioni pluviografiche, effettuate mediante apparecchi di misura più complessi dei precedenti (*pluviografi*), in grado di rilevare e di registrare i volumi di acqua complessivamente precipitati, su un'area di dimensioni note, in prefissati intervalli di tempo (tipicamente, ogni 2 o 5 minuti, a seconda del tipo di strumento).

I volumi cumulati di acqua misurati in tali durate, rapportati all'area della superficie superiore dello strumento, danno luogo ad una nuova grandezza idrologica avente le dimensioni di una lunghezza e normalmente definita *altezza di pioggia nella durata d*, essendo  $d$  la durata presa a riferimento per la valutazione del volume accumulatosi nell'apparecchiatura di misura. A partire da tali valori, per ogni fissata durata  $d$ , si potrà senz'altro calcolare il *massimo annuale dell'altezza di pioggia nella durata d*.



Sulla base di tali osservazioni, il Servizio Idrografico elabora e pubblica, anno per anno, sui cosiddetti *Annali Idrologici*, le seguenti informazioni:

1. altezze di pioggia relative a piogge di breve durata e notevole intensità,  $h_d^*$ . Tali valori, di norma disponibili con riferimento a durate dell'ordine di minuti o poche decine di minuti (al più, pari a 55 minuti), non costituiscono dei veri e propri massimi annuali nella durata specificata, ma solo valori che, a parere del tecnico incaricato di effettuare le elaborazioni dei dati registrati, sono tanto elevati da meritare, comunque, l'annotazione in un'apposita tabella;
2. massimi annuali  $h_d$  delle altezze di pioggia nelle durate  $d = 1$  ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore. Tali valori, a meno di errori (tra cui, non infrequenti, anche quelli di stampa), costituiscono veri e propri massimi, già certificati come tali da parte del Servizio Idrografico e direttamente utilizzabili per le successive elaborazioni statistiche, previa una preliminare analisi di congruenza con gli altri valori disponibili;
3. massimi annuali  $h_d^{**}$  delle altezze di pioggia cumulate in durate da uno a cinque giorni consecutivi, ottenute mediante un processo di massimizzazione della somma delle altezze di pioggia registrate dalle ore 9.00 di un giorno alle ore 9.00 del giorno successivo.

Alla luce di tali dati, indipendentemente dal tipo di approccio o di tecnica utilizzata, risulta possibile fare previsioni soltanto con riferimento ai valori cumulati di pioggia che si possono verificare in assegnate durate.

Rapportando le altezze di pioggia di assegnata durata alla durata stessa, si potrà ottenere l'intensità media di pioggia in quella stessa durata presa a riferimento, e il massimo annuale

$$i_d = \frac{h_d}{d} \text{ di tale grandezza.}$$

A proposito del significato dell'ultima grandezza introdotta, è da osservare che, poiché

$$\frac{\partial h_d(t)}{\partial t} \neq \frac{h_d}{d} \text{ (cioè, i valori istantanei dell'intensità di pioggia risultano differenti dall'intensità}$$

media di pioggia in una assegnata durata), dalle informazioni di norma disponibili non risulta in alcun modo possibile descrivere un presumibile andamento dello scroscio di pioggia all'interno della prefissata durata.

Anche in questo caso, tuttavia, la media dei massimi annuali dell'altezza di pioggia è stata calcolata con riferimento ai risultati desunti dal Progetto V.A.P.I., che consente la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua monitorati dal Compartimento di Napoli del Servizio Idrografico e Mareografico

Nazionale (SIMN). In maggior dettaglio, l'area interessata dallo studio riguarda i bacini del versante Tirrenico che vanno dal F. Liri-Garigliano al F. Bussento. I dati idropluviometrici relativi sono gestiti dalla sezione di Napoli del SIMN, che al 1980 risultava composta da 319 stazioni di misura delle piogge con almeno 10 anni di osservazione, di cui 227 ricadono all'interno dell'area di studio; in particolare, 44 di esse posseggono anche 10 o più anni di osservazioni pluviografiche relative ai massimi annuali delle altezze di pioggia di durata inferiore al giorno.

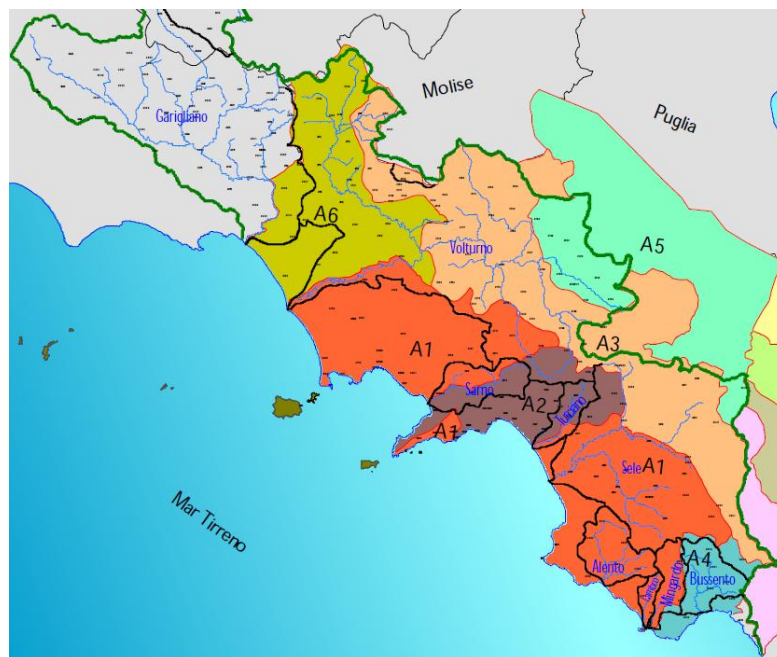
Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata  $d$ ,  $\mu[I(d)]$ , con la durata stessa. Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per  $d$  che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea.

Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$h(d) = \frac{I_0 \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot Z}} \quad (5)$$

in cui  $d$  e  $d_c$  vanno espressi in ore,  $h$  è espressa in mm,  $I_0$  in mm/ora, mentre  $Z$  rappresenta la quota media del bacino, in m s.l.m..

Le grandezze che compaiono nella (5) sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee, e variano nel passare dall'una all'altra. Per identificare in quale area omogenea rientra il bacino in studio, si può fare riferimento alla corografia in Fig. 1, mentre i parametri della (5) sono forniti in Tab. II.



**Figura 1.** Corografia per l'individuazione delle aree pluviometriche omogenee.

Area omogenea	n. staz.	$I_0$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	$C$	$D \cdot 10^5$	$\rho$
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

**Tabella II.** Parametri delle leggi di probabilità pluviometrica per ogni area pluviometrica omogenea.

L'analisi dell'area di interesse consente di evidenziare preliminarmente come i bacini ricadano all'interno della area pluviometrica omogenea n. 1. Inoltre, sulla scorta delle caratteristiche dei bacini, è possibile assumere un valore costante della quota media, anche in considerazione del modesto valore di  $D$  (cfr. Tab. IV), assunto per semplicità pari a 2 m s.l.m.. Risultano quindi le seguenti curve di possibilità pluviometrica, corrispondenti ad un periodo di ritorno di 10 e 30 anni:

$$h_{d,T=10} = \frac{110.22 \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{0.3661}\right)^{0.80}} \quad (6)$$

$$h_{d,T=30} = \frac{128.03 \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{0.3661}\right)^{0.80}} \quad (7)$$

### ***Analisi idraulica***

#### ***Premesse***

Prima di descrivere nel dettaglio le calcolazioni sviluppate per la stima delle portate di piena che, con assegnato periodo di ritorno, defluiscono negli specchi di progetto, si ritiene opportuno evidenziare le razionalizzazioni e le ottimizzazioni messe a punto nell'ambito della presente progettazione definitiva:

- con riferimento allo speco di via Gianturco (Tratto A-B), si prevede a monte la posa di un pozzetto scolmatore, mediante il quale vengono convogliate a valle le sole portate nere e quelle bianche non sufficientemente diluite (ad esempio, in occasione degli eventi meteorici di modesta entità). Il surplus delle portate miste sufficientemente diluite verrà invece inviato all'adiacente collettore Gianturco. Tale intervento garantisce un migliore dimensionamento dello speco, poiché consente di trascurare la gran parte delle portate meteoriche convogliate da monte, limitando i contributi in ingresso alle sole portate derivate dallo scaricatore di piena. Tali portate sono state cautelativamente stimate in 100 l/s, ammettendo la presenza di una luce di fondo sufficientemente ampia da impedirne l'ostruzione causata dal convogliamento di corpi solidi grossolani nella corrente.
- con riferimento allo speco B\*-C lungo via Galileo Ferraris (lato Manifattura Tabacchi), il dimensionamento è stato condotto considerando i contributi: dello scolmatore ubicato in corrispondenza del nodo B; delle portate provenienti dall'impianto di sollevamento; delle acque di pioggia drenate dalla metà della carreggiata stradale. In considerazione della natura di tali portate, e della modesta aliquota delle portate bianche rispetto a quelle nere, si ritiene opportuno inviare tutti i reflui convogliati al sollevamento da realizzare, con altro intervento, all'interno della Manifattura Tabacchi.
- Con riferimento allo speco G-H, da realizzarsi lungo via Brecce a Sant'Erasmo, l'ottimizzazione progettuale ha riguardato il nuovo dimensionamento del diametro, alla

luce della riduzione dei contributi delle acque meteoriche provenienti dalla Manifattura Tabacchi, ora limitati alle sole aliquote scaricate lungo via Ferraris ed assommanti a circa 160 l/s.

Sulla scorta di tale impostazione progettuale, nel seguito si riporta il dettaglio delle calcolazioni effettuate. Il dimensionamento delle sezioni fognarie è stato effettuato con il metodo della corrivazione, mentre per quanto concerne il materiale degli spechi è stato scelto il Polietilene ad alta densità (PEad); si sono adottate, in dettaglio, tubazioni a parete strutturata SN 8, in modo da garantire una sufficiente rigidità condotta alle sollecitazioni dovute al terreno di ricoprimento ed ai carichi mobili in superficie. Per la posa in opera si prevede la realizzazione di un letto di sabbia, con rinfiando in materiale sciolto, vagliato e compattato, la cui buona esecuzione risulta importante per evitare l'ovalizzazione o, al limite, lo schiacciamento della tubazione quando questa viene sottoposta a carichi rilevanti.

Gli spechi questi sono stati dimensionati in modo da garantire un adeguato grado di riempimento nelle diverse condizioni di funzionamento. Con riferimento alle condizioni di moto uniforme, si è garantito un grado di riempimento non superiore al 50% per gli spechi di minore dimensione ( $D < 500$  mm), mentre si sono accettati a valori fino al 70÷80% per i canali di maggiore dimensione. In ogni caso, si è garantito un franco generalmente non inferiore a circa 20 cm.

Tuttavia, le sole verifiche in condizioni di moto uniforme non sempre risultano cautelative in presenza di correnti veloci, dal momento che la presenza di eventuali ostacoli lungo il percorso della corrente e, soprattutto, le caratteristiche idriche che si possono stabilire a valle dei salti, possono comportare il deflusso in condizioni di stato critico. Se la corrente è veloce, il deflusso in condizioni di stato critico comporta tiranti idrici maggiori rispetto a quelli di moto uniforme, con il rischio che si possano verificare pericolose riduzioni del franco. Perché la verifica si possa ritenere soddisfatta, si è garantito che il grado di riempimento in condizioni di stato critico risulti, salvo casi particolari, inferiore a 0.75÷0.80.

Nella successiva Tabella V sono riportati, per ciascun bacino, le caratteristiche in termini di superficie, coefficiente di afflusso, portate nere medie e di punta. Va all'uopo evidenziato come il calcolo delle portate nere è stato effettuato considerando le relazioni:

$$Q_{m,n} = \varepsilon \frac{N_{ab} \cdot Dot}{86400}$$

$$Q_{p,n} = C_p \cdot Q_{m,n}$$

in cui  $Q_{m,n}$  e  $Q_{p,n}$  rappresentano, rispettivamente, la portata media e di punta nera e sono espresse in l/s, mentre  $\varepsilon$  è un coefficiente di dispersione, legato al fatto che non tutta l'acqua derivata dall'acquedotto viene restituita in fognatura, assunto pari a 0.8,  $N_{ab}$  il numero di abitanti



gravanti su ciascun tratto, stimato a partire dalla densità di urbanizzazione di ciascun bacino,  $Dot$  la dotazione idrica giornaliera, assunta pari a 200 l/ab/g,  $C_p$  il coefficiente di punta, assunto nel caso in esame pari a 3.

In Tabella vengono anche riportate le portate immesse negli specchi provenienti da scaricatori di piena o altri scarichi eventualmente presenti. In particolare, per il tratto B\*-C si è tenuto conto del contributo proveniente dallo scolmatore ubicato lungo il tratto A-B, delle portate nere scaricate dalla Manifattura Tabacchi e delle portate sollevate dal nuovo impianto di pompaggio da ubicare lungo via Gianturco.

Bacino	Confluenti	Elementi del tratto					Elementi progressivi					
		A (ha)	$\varphi$	Ab.	$Q_{m,n}$ (l/s)	$Q_{p,n}$ (l/s)	A (ha)	$\varphi$	Ab.	$Q_{m,n}$ (l/s)	$Q_{p,n}$ (l/s)	$Q_{monte}$ (l/s)
A-B	-	9.34	0.70	1000	1.9	5.6	9.34	0.70	1000	1.9	5.6	100
B*-C	-	0.18	0.90	0	0.0	0.0	0.18	0.90	0	0.0	0.0	190
B1-C1	-	0.97	0.70	500	0.9	2.8	0.97	0.70	500	0.9	2.8	0
D1-E1	-	3.66	0.70	500	0.9	2.8	3.66	0.70	500	0.9	2.8	0
I-L	-	0.71	0.80	300	0.6	1.7	0.71	0.80	300	0.6	1.7	0
I1-L	-	0.87	0.80	350	0.6	1.9	0.87	0.80	350	0.6	1.9	0
L-M	I-L; I1-L	1.05	0.80	400	0.7	2.2	2.63	0.80	1050	1.9	5.8	0
G-H	-	3.42	0.80	2000	3.7	11.1	19.52	0.72	2000	3.7	11.1	162

**Tabella III.** Caratteristiche dei bacini del sistema fognario.

Le caratteristiche dei tratti, in termini di lunghezza e pendenza delle livellette, sono invece state riportate nella successiva Tabella IV. Nel caso di tratti caratterizzati da più livellette, si è proceduto al calcolo della pendenza media  $i_m$  mediante la relazione di Taylor e Schwarz:

$$i_m = \left[ \frac{L_{tot}}{\sum L_i / \sqrt{i_i}} \right]^2 \quad (8)$$

essendo  $L_{tot}$  la lunghezza complessiva del tratto ed  $L_i$  e  $i_i$ , rispettivamente, la lunghezza e la pendenza della singola livelletta.

Tratto	$L$ (m)	$i_m$	$i_{max}$	$i_{min}$
A-B	649.29	0.001	0.001	0.001
B*-C	221.77	0.001	0.001	0.001
B1-C1	221.77	0.001	0.001	0.001
D1-E1	323.27	0.001	0.001	0.001
I-L	254.64	0.004	0.004	0.004
I1-L	254.63	0.004	0.004	0.004
L-M	41.18	0.002	0.002	0.002

Tratto	$L$ (m)	$i_m$	$i_{max}$	$i_{min}$
G-H	204.93	0.002	0.002	0.002

**Tabella IV.** Caratteristiche dei tratti del sistema fognario.

Il metodo della corrivazione (o modello cinematico) si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile, che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- la velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce;
- la portata defluente è data dalla somma delle portate elementari provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura.

Nell'ulteriore ipotesi di pluviogramma rettangolare, si può poi dimostrare che la portata massima in una generica sezione di una rete si ottiene per una pioggia di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino sotteso ed è ancora fornita dalla seguente relazione:

$$Q = \varphi \cdot i \cdot A \quad (9)$$

dove  $\varphi$  rappresenta il coefficiente di afflusso,  $i$  l'intensità media di pioggia ed  $A$  la superficie drenata da ciascun tronco. Per la stima dell'intensità di pioggia si è fatto riferimento all'analisi idrologica di riportata in precedenza.

Nel caso di fognature, avendosi una conoscenza della rete più dettagliata di quella dei bacini naturali, è possibile determinare il tempo di corrivazione per ogni singola sezione di progetto in base a considerazioni di tipo idraulico, evitando così il ricorso a formulazioni empiriche. Per i tratti iniziali, in cui non vi sono fogne confluenti, il valore del tempo di corrivazione  $t_c$  si assume pari a:

$$t_c = t_r + L/V$$

in cui  $t_r$ , definito tempo di ruscellamento, è il tempo massimo che impiegano le particelle di pioggia per raggiungere il canale fognario a partire dal punto di caduta, mentre  $L/V$  indica il tempo di percorrenza del tratto in condizioni di moto uniforme. Nel caso di bacini urbani, al tempo di ruscellamento si assegnano normalmente valori compresi tra i 5 e i 15 minuti, a seconda che l'area sottesa sia più o meno urbanizzata e più o meno pendente. Nel caso in esame, invece, si sono assunti anche valori più elevati, nel caso di bacini caratterizzati da estensioni rilevanti e modesti coefficienti di afflusso, indice di scarsa urbanizzazione.

Nel caso di un tratto a valle di una generica confluenza, il tempo di corrivazione si assume invece pari a:

$$t_c = t_c' + L/V$$

dove  $t_c'$  è il più grande tra i tempi di corrivazione dei tratti confluenti a monte e del tempo di ruscellamento proprio. Noto il tempo di corrivazione si può quindi determinare la relativa intensità media di pioggia dall'espressione  $i = a \cdot t^{n-1}$ .

Il coefficiente di afflusso  $\phi$  dipende da numerosi fattori, sia intrinseci del bacino (tipo di pavimentazione, pendenza, ecc.) che altri variabili da evento a evento (umidità iniziale del suolo, altezza totale di precipitazione, ecc.). Per i tratti iniziali si assumerà un coefficiente di afflusso dipendente dalle variabili suddette, mentre nei tratti a valle delle confluenze il valore sarà calcolato come la media pesata dei coefficienti dei tratti confluenti e del tratto stesso. Nel caso in esame, in considerazione della elevata antropizzazione dell'area, si sono assunti coefficiente di afflusso variabili tra 0.7 e 0.9, in relazione alle pendenze dei bacini e alla percentuale di impermeabilizzazione delle aree.

La determinazione delle portate pluviali si effettua partendo da monte verso valle con un procedimento di calcolo iterativo: si fissa una velocità  $V$  e, calcolato il tempo di corrivazione, si ricava l'intensità di pioggia  $i$ ; assegnati  $\phi$  e  $A$ , si può quindi determinare, tramite la (9), la massima portata pluviale  $Q$ . Fissato un diametro dello speco, si calcola la portata specifica dalla relazione:

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{Q_r}{\sqrt{i_r}} \cdot \left( \frac{D}{D_r} \right)^{\frac{8}{3}} \cdot \frac{K}{K_r}$$

e, dal valore  $\frac{Q_r}{\sqrt{i_r}}$ , si ricava dalle scale di deflusso specifiche il corrispondente grado di

riempimento, nonché la velocità specifica  $V_r$ . Tramite la relazione:

$$\frac{V}{\sqrt{i}} = \frac{V_r}{\sqrt{i_r}} \cdot \left( \frac{D}{D_r} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{K}{K_r}$$

è quindi possibile calcolare la velocità  $V$ ; se tale valore coincide con la velocità di partenza, si può interrompere l'iterazione poiché si è determinato l'effettivo valore della portata pluviale, altrimenti si procederà ad un nuovo tentativo, ripetendo le operazioni descritte. Nel calcolo si è fatto riferimento ad un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a  $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  e si è considerato, come ribadito nella Relazione Idrologica, un periodo di ritorno pari a 10 anni.

Si precisa inoltre che nelle verifiche si è assicurato il rispetto di adeguati limiti di velocità della corrente, secondo quanto previsto dalla Circolare del Ministero dei LL. PP. n. 11633 del 07/01/1974 "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto", che prevede che per le portate pluviali la velocità massima non dovrà superare di norma i 5 m/s. Infine, per il tratto G-H, in assenza di una conoscenza dettagliata delle

caratteristiche del tronco a monte lungo via Brece a Sant’Erasmus, che avrebbe consentito il calcolo dei tempi di percorrenza del tronco, si è proceduto con un approccio ampiamente cautelativo, assumendo un tempo di corrivazione del bacino pari a 20 minuti.

I risultati del dimensionamento e le caratteristiche idrauliche della corrente in condizioni di moto uniforme per il periodo di ritorno  $T=10$  anni sono riportati nell’allegata Tabella V, mentre le calcolazioni relative alle condizioni di stato critico sono riportate in Tabella VI.

Tratto	Elementi del tratto				Risultati dell’iterazione			Speco		Caratteristiche idriche		
	$A_{prog}$	$L$	$i$	$t_r$	$t_c$	$i_{ic}$	$Q$	$DN$	$Di$	$h$	$h_r$	$V$
	(ha)	(m)	(-)	(min)	(min)	(mm/h)	(m <sup>3</sup> /s)	(mm)	(mm)	(m)	(-)	(m/s)
A-B	9.34	649.29	0.001	20.0	28.4	56.7	1.14	1200	1200	0.88	0.73	1.28
B*-C	0.18	221.77	0.001	10.0	14.2	73.9	0.22	800	800	0.41	0.51	0.87
B1-C1	0.97	221.77	0.001	15.0	19.9	65.8	0.13	800	800	0.30	0.37	0.75
D1-E1	3.66	323.27	0.001	20.0	25.3	59.8	0.43	1000	1000	0.53	0.53	1.03
I-L	0.71	254.64	0.004	15.0	18.5	67.6	0.11	600	600	0.21	0.35	1.21
II-L	0.87	254.63	0.004	15.0	18.3	67.9	0.13	600	600	0.24	0.40	1.28
L-M	2.63	41.18	0.002	15.0	19.0	66.9	0.40	1000	1000	0.41	0.41	1.30
G-H	19.52	204.93	0.002	-	20.0	65.7	2.75	1600	1600	0.99	0.62	2.11

**Tabella V.** Dimensionamento del sistema fognario e verifiche in condizioni di moto uniforme ( $T=10$  anni).

Tratto	Elementi del tratto				Speco		Caratteristiche idriche		
	$A_{prog}$	$L$	$i$	$t_r$	$DN$	$Di$	$Q$	$h_c$	$h_r$
	(ha)	(m)	(-)	(min)	(mm)	(mm)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(-)
A-B	9.34	649.29	0.001	20.0	1200	1200	1.14	0.58	0.48
B*-C	0.18	221.77	0.001	10.0	800	800	0.22	0.28	0.35
B1-C1	0.97	221.77	0.001	15.0	800	800	0.13	0.21	0.26
D1-E1	3.66	323.27	0.001	20.0	1000	1000	0.43	0.37	0.37
I-L	0.71	254.64	0.004	15.0	600	600	0.11	0.21	0.35
II-L	0.87	254.63	0.004	15.0	600	600	0.13	0.23	0.39
L-M	2.63	41.18	0.002	15.0	1000	1000	0.40	0.35	0.35
G-H	19.52	204.93	0.002	-	1600	1600	2.75	0.84	0.53

**Tabella VI.** Dimensionamento del sistema fognario e verifiche in condizioni di stato critico ( $T=10$  anni).

Si è anche proceduto alla verifica degli specchi nel caso di un evento avente periodo di ritorno pari a  $T=30$  anni. Sulla scorta della curva di possibilità pluviometrica ricavata nella Relazione

Idrologica e riportata nell'Eq. (7), si sono ottenuti i risultati sintetizzati nelle successive Tabelle VII e VIII.

Tratto	Elementi del tratto				Risultati dell'iterazione			Speco		Caratteristiche idriche		
	$A_{prog}$	$L$	$i$	$t_r$	$t_c$	$i_{ic}$	$Q$	$DN$	$Di$	$h$	$h_r$	$V$
	(ha)	(m)	(-)	(min)	(min)	(mm/h)	(m <sup>3</sup> /s)	(mm)	(mm)	(m)	(-)	(m/s)
A-B	9.34	649.29	0.001	20.0	28.4	66.0	1.30	1200	1200	1.00	0.84	1.29
B*-C	0.18	221.77	0.001	10.0	14.2	85.9	0.23	800	800	0.42	0.52	0.88
B1-C1	0.97	221.77	0.001	15.0	19.7	76.7	0.15	800	800	0.32	0.40	0.78
D1-E1	3.66	323.27	0.001	20.0	25.1	69.6	0.50	1000	1000	0.58	0.58	1.06
I-L	0.71	254.64	0.004	15.0	18.4	78.8	0.13	600	600	0.23	0.38	1.26
II-L	0.87	254.63	0.004	15.0	18.2	79.1	0.15	600	600	0.26	0.43	1.34
L-M	2.63	41.18	0.002	15.0	18.9	78.0	0.46	1000	1000	0.45	0.45	1.35
G-H	19.52	204.93	0.002	-	20.0	76.3	3.17	1600	1600	1.09	0.68	2.16

**Tabella VII.** Verifiche in condizioni di moto uniforme ( $T=30$  anni).

Tratto	Elementi del tratto				Speco		Caratteristiche idriche		
	$A_{prog}$	$L$	$i$	$t_r$	$DN$	$Di$	$Q$	$h_c$	$h_r$
	(ha)	(m)	(-)	(min)	(mm)	(mm)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(-)
A-B	9.34	649.29	0.001	20.0	1200	1200	1.30	0.62	0.52
B*-C	0.18	221.77	0.001	10.0	800	800	0.23	0.29	0.36
B1-C1	0.97	221.77	0.001	15.0	800	800	0.15	0.23	0.28
D1-E1	3.66	323.27	0.001	20.0	1000	1000	0.50	0.40	0.40
I-L	0.71	254.64	0.004	15.0	600	600	0.13	0.23	0.38
II-L	0.87	254.63	0.004	15.0	600	600	0.15	0.25	0.42
L-M	2.63	41.18	0.002	15.0	1000	1000	0.46	0.38	0.38
G-H	19.52	204.93	0.002	-	1600	1600	3.17	0.91	0.57

**Tabella VIII.** Verifiche in condizioni di stato critico ( $T=30$  anni).

I risultati riportati nelle pagine precedenti evidenziano dunque il corretto dimensionamento degli specchi, che risultano in grado di convogliare le portate di piena anche nel caso di eventi meteorici caratterizzati da periodi di ritorno più elevati di quello di progetto.

#### *Scolmatori*

Nell'ambito della progettazione definitiva si è anche proceduto al dimensionamento degli scolmatori di piena da installare in corrispondenza dei tronchi A-B, B1-C1, D1-E1, L-M. In particolare, trattandosi di correnti lente (con pendenze dell'ordine dell'1÷2 per mille) si è preferita l'adozione di sfioratori laterali, muniti di luce di fondo. A tale luce è stato assegnato un diametro  $D$  pari a 200 mm, in modo da limitare il rischio di ostruzione e/o intasamento conseguente al trasporto nella corrente di materiale grossolano. Il dimensionamento dell'altezza

della soglia è stato condotto imponendo che lungo di essa il tirante idrico sia sempre di corrente lenta, assicurando in tal modo un efflusso molto regolare e perfettamente controllabile.

La portata massima uscente è stata invece calcolata imponendo che, in corrispondenza della luce, si stabilisca un tirante idrico coincidente con il carico totale di moto uniforme della corrente in arrivo da monte (carico che, per l'ipotesi di De Marchi, si mantiene costante lungo tutta la soglia).

Il dettaglio delle calcolazioni è riportato nella successiva Tabella IX, nella quale sono riportati, per ciascun manufatto, il tirante idrico di moto uniforme della portata massima, la corrispondente velocità e carico totale, la portata massima defluente a valle e l'altezza della soglia di sfioro.

	$h$ (m)	$V$ (m/s)	$H$ (m)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$H_{soglia}$ (m)
A-B	0.88	1.28	0.96	0.078	0.58
B1-C1	0.30	0.75	0.32	0.040	0.21
D1-E1	0.53	1.03	0.58	0.058	0.37
D-E	0.41	1.30	0.50	0.053	0.52

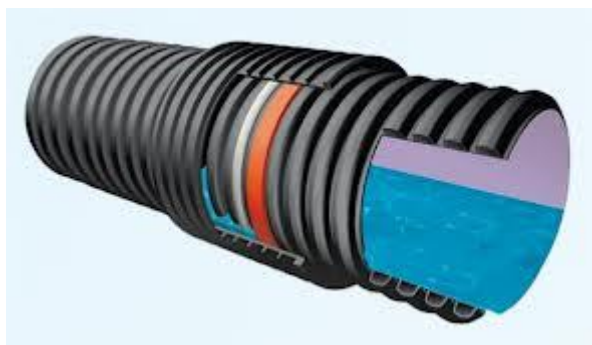
**Tabella IX.** Dimensionamento scaricatori di piena.

### ***Materiale e opere d'arte***

In accordo con le indicazioni del progetto a base di gara, gli specchi saranno realizzati in materiale plastico, in modo da assicurare facilità di trasporto e movimentazione durante le operazioni di posa e una limitata scabrezza idraulica, in modo da contenere i fenomeni di deposito dei sedimenti trasportati dalla corrente. Tra i diversi materiali plastici disponibili in commercio, per i DN fino al 1200 la scelta è ricaduta su condotte in PEad a parete strutturata o spiralata, in funzione dei diametri, le quali garantiscono un range di dimensioni che condotte in PVC non sono in grado di assicurare. Per quanto concerne la rigidità delle condotte, si farà riferimento a tubazioni di classe SN 8, anche in relazione alle profondità di scavo relativamente modeste.

Particolare attenzione è stata posta nella scelta di un adeguato sistema di giunzione delle tubazioni, allo scopo di impedire il passaggio di fluido dall'interno verso l'esterno e viceversa. In particolare, la scelta è ricaduta su una giunzione del tipo "no loss", la quale garantisce la totale tenuta idraulica della giunzione, incrementando la funzionalità della fognatura e garantendo una maggiore tutela ambientale.

E' importante evidenziare come questa caratteristica risulti particolarmente nel caso in esame, con la presenza di una falda molto superficiale. La guarnizione "no-loss" possiede la capacità, a contatto con l'acqua, di espandere il proprio volume di oltre tre volte; grazie a questa proprietà, in presenza di acqua occupa tutto lo spazio presente tra le corrugazioni del tubo e la parete interna del manicotto. La guarnizione "no-loss" viene utilizzata in aggiunta al normale sistema costituito da guarnizione in EPDM e manicotto e viene posizionata nello spazio tra la seconda e la terza corrugazione. La presenza di perdite nei giunti causa una serie di problematiche dal punto di vista ambientale. La guarnizione "no-loss" funge da barriera impermeabile per impedire il passaggio di fluido dall'intero verso l'esterno e viceversa, impedendo quindi che avvengano i fenomeni dell'infiltrazione di acqua di falda all'interno delle tubazioni e della perdita di refluo verso l'ambiente esterno. Per quanto attiene il montaggio e l'installazione, la guarnizione "no-loss" viene montata nella sede opportuna tra le corrugazioni direttamente in stabilimento; viene inoltre opportunamente protetta in modo tale che durante il trasporto il rigonfiamento non si attivi a contatto con l'acqua o l'umidità esterna. In cantiere l'impresa deve unicamente togliere la protezione posta sulla guarnizione "no-loss", montare la guarnizione in EPDM nell'ultima gola della tubazione e procedere al montaggio del manicotto.



Per quanto concerne invece la tubazione di diametro DN 2500, in considerazione delle rilevanti dimensioni si è considerato l'impiego del Poliestere Rinforzato con Fibre di Vetro (PRFV), che consente di accoppiare ai vantaggi tipici delle tubazioni in materiale plastico (leggerezza e facilità di posa, limitata scabrezza, comportamento inerte nei confronti dell'aggressione chimica da parte delle sostanze convogliate nelle fognature urbane e dei terreni di posa) la maggiore rigidità dei materiali lapidei (con moduli elastici dell'ordine di 10.000÷20.000 MPa) e, quindi, il più affidabile comportamento statico.

Relativamente ai manufatti di ispezione, se ne prevede l'ubicazione in accordo alla già citata Circolare del Ministero dei LL. PP. n. 11633 del 07/01/1974, che prevede una distanza massima tra i pozzetti di ispezione pari a 25 m per specchi non praticabili, ovvero di altezza inferiore a



1.05 m, e di 50 m per specchi praticabili. I pozzetti saranno in PEad, in modo da garantire da un lato l'omogeneità del materiale con gli specchi fognari, evitando le discontinuità descritte in precedenza, e dall'altro la significativa riduzione dei tempi di posa grazie alla maggiore leggerezza.

Tale scelta, pertanto, consente di superare le criticità derivanti dall'impiego di pozzetti in calcestruzzo, dal momento che la rigidità di quest'ultimo risulta significativamente maggiore rispetto a quella del PEad impiegato per le tubazioni, con il rischio che nei punti di collegamento si possano presentare concentrazioni di tensioni nelle condotte, che potrebbero condurre a deformazioni eccessive o, al limite, anche alla rottura. Va inoltre evidenziata la maggiore difficoltà di trasporto e di posa di manufatti in ca, specie lungo alcune delle strade oggetto di intervento, caratterizzate da volumi di traffico rilevanti e difficoltà di manovra. Infine, si osservi il rischio di corrosione del calcestruzzo e delle armature in presenza di un ambiente particolarmente aggressivo quale quello fognario, nel quale la decomposizione delle sostanze organiche potrebbe portare alla formazione di idrogeno solforato, la cui pericolosità nei confronti dei manufatti in ca è ben nota nella letteratura tecnica. Tali perplessità sono viepiù giustificate, nel caso in esame, dal fatto che tali pozzetti si troverebbero ad essere posati in falda, con il rischio di ulteriori fenomeni di aggressione nei confronti delle armature.

### ***Ancoraggio delle condotte***

Un ultimo aspetto preso in esame in sede di progettazione definitiva riguarda il problema dell'ancoraggio e/o appesantimento della tubazione, dal momento che la posa avviene in terreni caratterizzati da una falda superficiale, e quindi risulta concreto il rischio che la sottospinta dell'acqua possa creare deformazioni non previste alla condotta, con conseguente riduzione della capacità di tenuta delle giunzioni, ovvero tensioni eccessive del materiale. Allo scopo di limitare la massima deformazione della tubazione, è possibile schematizzare il tratto posato in falda come una trave vincolata alle estremità (ubicate in corrispondenza dei margini dell'area) e sottoposta alla spinta di galleggiamento, che risulta pari, per unità di lunghezza, a:

$$p_u = \frac{\pi D^2}{4} \gamma_w - \pi D t \gamma_c \quad (1)$$

in cui  $\gamma_w$  e  $\gamma_c$  rappresentano, rispettivamente, il peso specifico dell'acqua e del materiale di cui è costituita la condotta, mentre  $D$  e  $t$  indicano il diametro e lo spessore della tubazione.

Ammettendo che la tubazione sia fissa alle estremità e trascurando quindi ogni spostamento in direzione assiale, è possibile osservare come la massima deformazione della condotta si incrementi all'aumentare dell'estensione dell'area in falda, per poi progressivamente ridursi dopo aver raggiunto un massimo. La dimensione critica dell'area soggetta a liquefazione  $W_{cr}$

può essere calcolata uguagliando la massima deformazione flessionale della condotta (soggetta ad uno spostamento pari a  $\delta$ ):

$$\varepsilon_b = \frac{\pi^2 \delta D}{W^2} \quad (2)$$

alla deformazione conseguente ad una forza  $p_u$  per unità di lunghezza:

$$\varepsilon_b = \frac{p_u W^2}{3\pi E t D^2} \quad (3)$$

Risulta quindi:

$$W_{cr} = \sqrt[4]{\frac{3\pi^3 E t \delta D^3}{p_u}} \quad (4)$$

in cui si è posto  $\delta$ , che rappresenta il massimo sollevamento consentito della tubazione, assunto cautelativamente pari a 10 cm. Per il diametro DN 800, che rappresenta la condizione più gravosa, risulta un interasse degli ancoraggi pari a 16.2 m. Per semplicità costruttiva, ed operando a vantaggio di sicurezza, si prevede pertanto di realizzare appesantimenti con interasse non superiore a 12 m. Il peso degli elementi di appesantimento verrà determinato per ciascun tratto sulla scorta dell'effettiva profondità della falda, in modo da garantire un adeguato coefficiente di sollevamento nei confronti del galleggiamento delle tubazioni. Detti appesantimenti verranno realizzati in cls a forma di “cavallotto” e posizionati lungo la condotta tra i due pozzetti (quindi per tronchi di 25 m).