



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Commissario di Governo per le Bonifiche e  
la Tutela delle Acque nella Regione Campania







REGIONE CAMPANIA

### ACCORDO DI PROGRAMMA

Per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese  
nel Sito di Interesse Nazionale di Napoli Orientale



## INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN NAPOLI ORIENTALE E REALIZZAZIONE DELLA PRIMA FASE ATTUATIVA PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato						Tavola		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA						ED 06		
Redatto da				<b>Il Responsabile del Procedimento</b> <b>Ing. Pasquale PARENTE</b>		<b>GRUPPO DI LAVORO</b> <b>Ing. R. GRADO</b> (opere di bonifica, civili, idrauliche, monitoraggio) <b>Ing. M.T. BERNARDO</b> (Interferenze, impianto trattamento, espropri) <b>Geol. P. MARTINES</b> (geologia, sismica) <b>Geol. A. CARLONI</b> (modello idrogeologico) <b>Biol. S. RANIA</b> (analisi contaminazione, studi ambientali, monitoraggio) <b>Arch. E. CONFORTI</b> (studio urbanistico) <b>Ing. G. LA CORTE</b> (strutture, geotecnica) <b>Ing. B. FERRARO</b> (elaborati economici) <b>Ing. L. PERGAMO</b> (rilievo) <b>Ing. F. RIBOLDI</b> (Impianto trattamento) <b>Geom. A. DE AMICIS</b> (sicurezza) <b>Arch. S. CICINELLI - Geom. M. TEMPESTA - Dott.ssa F. MONCADA</b> (elaborati grafici)		
 <b>SOGESID</b> Project Manager : <b>Ing. Rosanna GRADO</b> 		<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> <b>Ing. Carlo MESSINA</b>  						
Cod. Commessa		Codice				Nome file		
CAM 805		PD	ED	0	0	6	rev. 2	
						CAM805_PDED006_2		
						Data : Maggio 2016		
Rev.	Data	Descrizione modifica				verificato		approvato
0	lug/2015	1ª Emissione						
2	mag/2016	3ª Emissione Riunione Tecnica MATTM 8/4/2016						

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Descrizione sintetica delle opere previste in progetto</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Opere di Prima fase</b>	<b>5</b>
<b>2. OPERE DI EMUNGIMENTO E ADDUZIONE DELLE ACQUE DI FALDA</b>	<b>8</b>
<b>2.1. MiSPT della Fase 1</b>	<b>8</b>
<b>2.2. MiSPT delle fasi successive</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Caratteristiche e dimensionamento delle opere di emungimento</b>	<b>15</b>
2.3.1. Pozzi di Fase 1	17
2.3.2. Pozzi e trincee drenanti delle fasi successive	24
<b>2.4. Caratteristiche e dimensionamento delle opere di adduzione</b>	<b>32</b>
2.4.1. Linee di adduzione al TAF della fase 1	38
2.4.2. Linee di adduzione al TAF delle fasi successive	38
<b>3. OPERE DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE NEI CANTIERI</b>	<b>43</b>
<b>3.1. Analisi idrologica</b>	<b>43</b>
3.1.1. Modello probabilistico a doppia componente T.C.E.V.	44
3.1.2. Curva di probabilità pluviometrica per la Regione Campania	45
3.1.3. Scelta del periodo di ritorno	46
3.1.4. Curva di probabilità pluviometrica per la sottozona omogenea A1	46
3.1.5. Valutazione del coefficiente di deflusso	47
<b>3.2. Gestione delle acque meteoriche e di prima pioggia nell'area di cantiere</b>	<b>49</b>
<b>3.3. Verifica dello smaltimento delle acque del TAF</b>	<b>52</b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione è redatta secondo quanto stabilito dall'art. 26, lettera b) del DPR n.207/2010 e inquadra le problematiche idrologiche e idrauliche connesse con la realizzazione delle opere previste in progetto, illustrando i calcoli preliminari relativi al dimensionamento dei manufatti idraulici e indicando sia le fonti dalle quali provengono gli elementi elaborati sia i procedimenti usati per dedurre le grandezze di interesse.

### **1.1. Descrizione sintetica delle opere previste in progetto**

Il Sito di Interesse Nazionale di Napoli Orientale si sviluppa su un'area relativamente omogenea caratterizzata dalla contemporanea presenza di aree industriali dismesse e attive, di attrezzature portuali potenzialmente inquinanti, e di aree residenziali, commerciali e/o terziarie che possono essere bersaglio dell'inquinamento.

L'intera area perimetrata ricade nel territorio amministrativo del Comune di Napoli, interessa i quartieri orientali di Barra, Poggioreale, Ponticelli e San Giovanni, e ha un'estensione complessiva di circa 836 ha (Figura 1.1). Nella perimetrazione è compresa anche l'area marina (entro la batimetrica -50) antistante alle aree industriali fino a circa 3.000 metri dalla linea di costa.

La caratterizzazione fino ad ora effettuata dalle aziende private, anche in ragione dell'elevata presenza di aree residenziali è pari a circa il 43% delle aree a terra del SIN, e risulta effettuata a macchia di leopardo, con aree maggiormente e aree scarsamente caratterizzate, non consentendo di avere un quadro completo dell'intera contaminazione della falda presente nel SIN.

L'obiettivo dell'intervento è la messa in sicurezza e bonifica dell'area del SIN di Napoli Orientale, effettuata impedendo che l'inquinamento si disperda nell'ambiente e si diffonda nell'intera falda arrivando al mare.

Questo obiettivo è stato raggiunto mediante una serie di sistemi (MiSPT) di messa in sicurezza permanente e bonifica della falda mediante Pump & Treat al fine di realizzare un fronte continuo di cattura dei contaminanti presenti nelle acque della falda che attraversano il sito. Infatti la strategia progettuale è stata quella di impedire la diffusione della contaminazione dalle aree sorgenti (tramite MiS) e di promuovere contestualmente la riduzione della massa inquinante presente attraverso un emungimento delle acque di falda e il loro trattamento on site (PT).

Considerate le caratteristiche del sito, in cui è presente una falda estesa e solo localmente semi-confinata dall'esistenza di livelli poco permeabili, l'intervento prevede che la messa in sicurezza si concentri localmente nelle aree in cui la contaminazione è prodotta o è stata maggiormente riscontrata, realizzando in ciascuna di esse delle barriere idrauliche poste a protezione dei corpi idrici recettori (il mare), o poste in modo da impedire l'afflusso della falda contaminata verso aree a maggiore capacità drenante rispetto al resto, bloccando le vie preferenziali di diffusione costituite dai canali tuttora drenanti o i resti della vecchia canalizzazione di bonifica adesso tombata).

Infatti, il presente progetto definitivo presenta una strategia di intervento basata sul marginamento idraulico effettuato con opere localizzate nelle immediate vicinanze delle aree in cui è stata rilevata la contaminazione, con l'obiettivo di contenere le plumes inquinanti prima che queste si diffondano nella falda disperdendosi e determinandone un inquinamento diffuso.



**Figura 1.1** – Perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di Napoli Orientale.

L'intervento di progetto, inoltre, per la tipologia delle opere previste e per la loro localizzazione nelle aree in cui attualmente si ha contezza della maggiore contaminazione, risulta facilmente implementabile con nuove opere da posizionare nelle aree in cui, in seguito a nuove attività di caratterizzazione, dovessero eventualmente emergere nuove necessità d'intervento.

In sintesi, il progetto prevede:

- ✓ **MiSPT (Messa in Sicurezza e Pump & Treat)**, cioè delle barriere idrauliche o campi realizzati con pozzi di emungimento o con trincee drenanti che captano le acque di falda contaminate da portare a trattamento; tali opere sono state localizzate nelle aree maggiormente inquinate e dimensionate secondo le risultanze del modello idrogeologico con cui è stato simulato l'andamento della falda idrica sotterranea.
- ✓ **Opere di adduzione al TAF** delle acque di falda emunte, realizzate mediante condotte in PEad, interrato per la maggior parte del percorso, che funzionano soprattutto mediante sollevamento; il sistema di adduzione sarà completo di tutte le opere di linea necessarie al corretto funzionamento, alla manutenzione e al controllo (stazioni di sollevamento, condotte di mandata, pozzetti di ispezione, apparecchiature idrauliche, etc.), e al superamento delle interferenze determinate dall'incrocio con sottoservizi a rete esistenti incontrati lungo il percorso e di cui è ricca l'area di intervento.
- ✓ **Palancolati metallici**, realizzati mediante vibro-infissione nel terreno di palancole in acciaio dotate di giunti impermeabilizzati con riempimento poliuretano idro-espandente. Le palancole previste non sono finalizzate al marginamento fisico della falda, ma hanno lo scopo di limitare l'afflusso di acqua di mare nella MiSPT F, localizzata nel sito del depuratore di San Giovanni (attualmente dismesso).
- ✓ **Impianto di trattamento delle acque di falda (TAF)**, che tratterà una portata di falda media, in condizioni di morbida, pari a circa 257,58 m<sup>3</sup>/h. L'impianto è localizzato in un'area libera all'interno del sito di Napoli Est in cui, oltre alle opere di adeguamento del depuratore urbano e alle opere del TAF, si prevedeva di realizzare anche il termovalorizzatore di Napoli.
- ✓ **Opere di ripristino della pavimentazione stradale** esistente, di cui in progetto si prevede il taglio e la rimozione per le porzioni interessate dagli scavi necessari alla realizzazione delle opere di captazione e di adduzione al TAF. Il ripristino, effettuato con le stesse caratteristiche della pavimentazione esistente, interesserà generalmente una porzione maggiorata di sede stradale, mentre, per le strade che sono state oggetto di riqualificazione, si prevede il ripristino del mantello di usura per l'intera metà carreggiata.
- ✓ **Approntamento del cantiere** principale e di quelli secondari mobili posizionati lungo il percorso delle tubazioni e delle opere di bonifica, comprese le strutture e le opere provvisorie necessarie allo svolgimento delle attività e all'adempimento degli obblighi derivanti dai piani di sicurezza (baraccamenti, servizi, dispositivi di protezione, impianti di betonaggio, aree gestione materiali e mezzi di cantiere, etc.);
- ✓ **Sistemi di monitoraggio** delle acque di falda, finalizzati sia alla verifica dell'efficacia degli interventi previsti, sia all'approfondimento delle conoscenze dello stato della falda per accertare eventuali fenomeni di inquinamento in aree attualmente non caratterizzate, o per verificare la qualità delle acque di falda in ingresso al SIN e provenienti dal tessuto cittadino di monte, in cui si trovano stazioni ferroviarie nonché quartieri storicamente sede di conierie e industrie di lavorazione delle pelli;
- ✓ **Sistemi di prevenzione e contenimento**, cioè opere di:
  - rilevamento automatizzato delle perdite, integrato nelle tubazioni di adduzione;
  - telerilevamento e controllo da remoto dei parametri di funzionamento delle apparecchiature idrauliche di drenaggio, di quelle di adduzione e di quelle dell'impianto TAF (comprese le opere di scarico).

Il sistema previsto è in grado di interrompere immediatamente l'intero apparato o una sua parte in caso di malfunzionamento o di rilevamento perdite, in modo da salvaguardare l'ambiente; in tale sistema di prevenzione rientrano anche il sistema di rilevazione perdite e

le opere di impermeabilizzazione dei manufatti in calcestruzzo, anche se prefabbricati (stazioni di sollevamento, pozzetti etc.);

- ✓ **Dismissione del cantiere e ripristino** delle aree utilizzate, che saranno riportate allo stato originale.

## 1.1 Opere di Prima fase

In progetto, in particolare, sono previsti sei sistemi di messa in sicurezza e bonifica della falda, localizzati in tre macro-aree del SIN, in particolare:

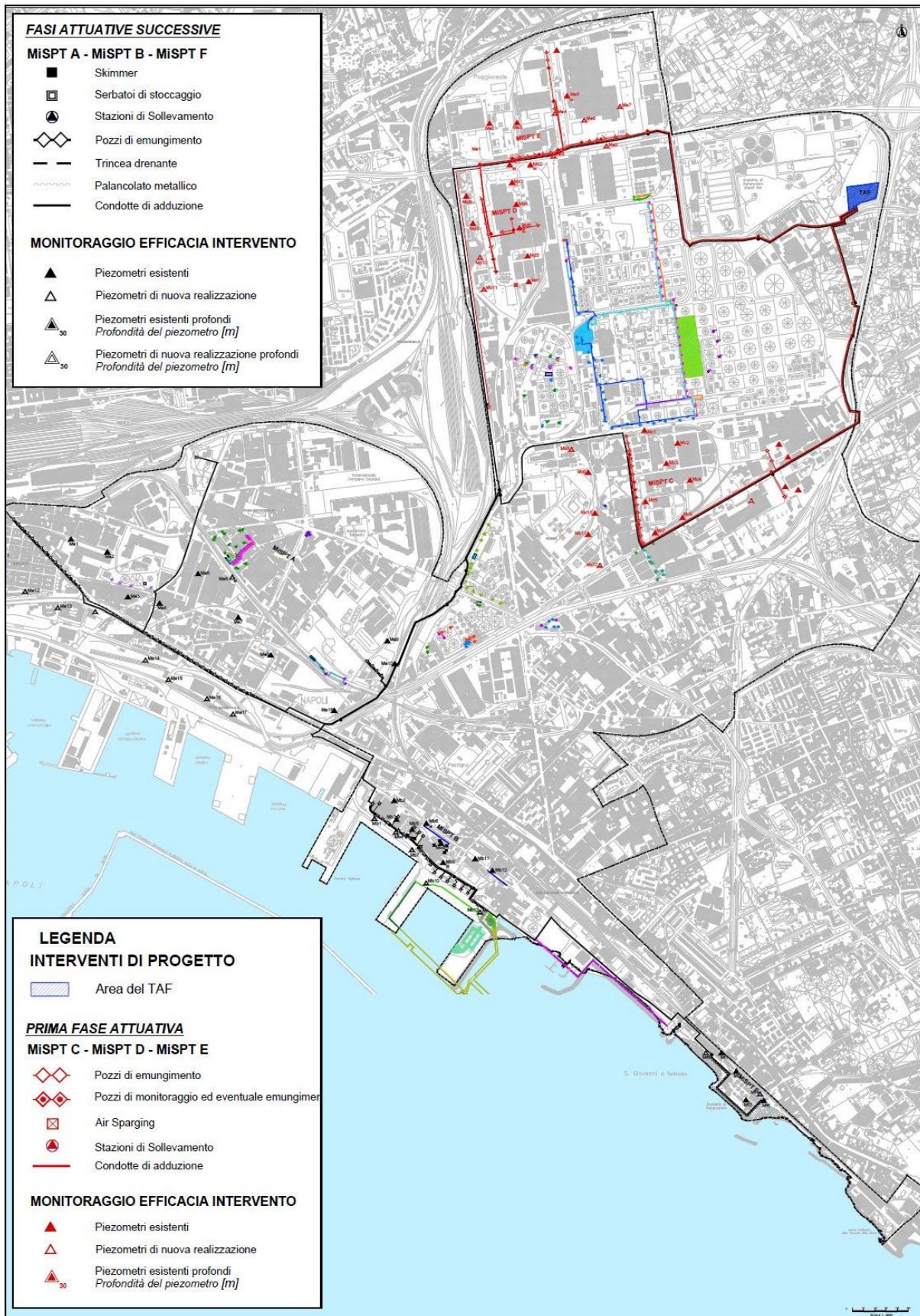
- ✓ la MiSPT A, lungo il confine sud ovest del SIN nei quartieri Mercato e Zona Industriale;
- ✓ la MiSPT B e la MiSPT F, a sud del SIN, nella zona litoranea che va dall'area dell'Autorità Portuale all'ex depuratore di San Giovanni a Teduccio;
- ✓ le MiSPT C, D ed E che si trovano la prima nell'area centrale del SIN e le altre nell'area centro settentrionale del SIN, immediatamente a valle del rione Cesare Battisti.

Poiché tali interventi risultano localizzati in aree molto diverse tra loro per caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, tipologia di tessuto industriale e stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione, nella riunione tecnica del MATTM dell'8 aprile u.s., si è deciso di articolare la realizzazione dell'intervento in tre fasi, dando "priorità ad una prima fase comprendente le aree a monte del SIN (aree di competenza KRC e limitrofe, deposito Esso, Fintecna, ecc.)".

Per tali aree, interessate dalle MiSPT C, D ed E, è stato anche deciso di implementare anche un modello idrogeologico di dettaglio a scala di macro-area e il relativo modello di diffusione della contaminazione, che ha consentito di meglio specificare le opere di progetto di I fase e di simularne il funzionamento per la verifica dell'efficacia.

Le opere di prima fase, riportate nell'elaborato grafico di progetto PDEG007 "Planimetria generale dell'intervento", comprendono:

- ✓ n.3 dei complessivi n.6 sistemi di Messa in Sicurezza e bonifica della falda mediante Pump & Treat, cioè le MiSPT C, D ed E localizzate nell'area centrosettentrionale del SIN;
- ✓ le opere idrauliche, complete di tutte le apparecchiature necessarie al loro funzionamento e controllo, necessarie ad addurre al TAF le acque emunte da tali MiSPT;
- ✓ l'impianto TAF necessario al trattamento delle acque di falda emunte dalle MiSPT di prima fase; in particolare, poiché il TAF previsto in progetto prevede la realizzazione di due linee parallele, in I fase sarà realizzata una delle due linee, sufficiente a trattare la portata prevista in I fase;
- ✓ le opere di ripristino della pavimentazione esistente, relative agli interventi di MiSPT e di adduzione sopra citati e che si sviluppano lungo la viabilità o su piazzali esistenti;
- ✓ l'approntamento del cantiere generale e dei cantieri secondari necessari;
- ✓ i sistemi di monitoraggio dell'efficacia dell'intervento inerenti le MiSPT di prima fase, nonché tutti i piezometri inerenti il monitoraggio conoscitivo, in modo da implementare le conoscenze sull'attuale stato della contaminazione prima di realizzare gli interventi delle fasi successive;
- ✓ i sistemi di prevenzione e contenimento, cioè rilevamento delle perdite e sistema di telecontrollo, inerenti le opere di emungimento e adduzione al TAF dell'area centro settentrionale;
- ✓ dismissione del cantiere e ripristino delle aree utilizzate, che saranno riportate allo stato originale.



**Figura 1.2** – Planimetria degli interventi previsti in progetto.



## 2. OPERE DI EMUNGIMENTO E ADDUZIONE DELLE ACQUE DI FALDA

### 2.1. MiSPT della Fase 1

#### MiSPT C – area centrale del SIN.

Si sviluppa in direzione nord-sud in parte in via delle Industrie (MiSPT C1) ed in parte nella Strada comunale traversa e nella traversa Rondinella (MiSPT C2). Le due zone di intervento distano circa 750. La MiSPT si propone di intercettare la falda proveniente da est contaminata da metalli, fluoruri, composti organici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni e non, alifatici alogenati cancerogeni, clorobenzeni, IPA, idrocarburi e MTBE.

La MiSPT C1 si sviluppa per circa 480 m lungo Via delle Industrie ed è costituita da 15 pozzi di emungimento profondi 15 m, di cui 3 di monitoraggio ma che possono entrare in funzione o meno a seconda delle necessità, in modo da limitare al massimo l'intercettazione di acqua non contaminata e la conseguente diluizione della corrente in ingresso al TAF. Tali pozzi, quindi, sono attrezzati come gli altri, ma generalmente spenti e funzionanti solo in caso di riscontro in falda di sostanze con concentrazioni superiori alle CSC. I pozzi sono posti ad una distanza media (interasse) di circa 35 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze con i servizi a rete e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento.

La MiSPT C2 si sviluppa per circa 245 m lungo la Strada comunale traversa e la traversa Rondinella ed è costituita da 3 pozzi di emungimento profondi 15 m, I pozzi di via Rondinella sono posti ad una distanza di circa 50 m.

I pozzi, fenestrati per tutta la loro lunghezza, sono dotati di elettropompe sommerse atte a sollevare la portata prevista dal modello idrogeologico. Le portate emunte da ciascun pozzo dalla MiSPT C1 sono pari a 0,53 l/s, per una portata complessivamente emunta di circa 6,36 l/s (22,90 m<sup>3</sup>/h) con un valore massimo di circa 7,95 l/s (28,62 m<sup>3</sup>/h) nel caso fossero accesi anche i 3 pozzi monitorati e normalmente spenti.

Le portate emunte da ciascun pozzo dalla MiSPT C2 sono pari a 0,57 l/s, per una portata complessivamente emunta di circa 1,71 l/s (6,16 m<sup>3</sup>/h). Le portate emunte complessivamente dalla MiSPT C sono pari a circa 8,07 l/s (29,05 m<sup>3</sup>/h) con un valore massimo di circa 9,66 l/s (34,78 m<sup>3</sup>/h) nel caso fossero accesi anche i 3 pozzi normalmente spenti.

#### MiSPT D – area nord del SIN.

Si sviluppa in direzione nord-sud (MiSPT D1), parallelamente all'alveo del Sebeto, con un ramo centrale in direzione est-ovest (MiSPT D2), all'interno dell'area di proprietà della Fintecna Immobiliare (ex ICMI, adesso in dismissione), allo scopo di intercettare la falda proveniente da est contaminata da metalli, fluoruri, composti organici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni e non, clorobenzeni, IPA e idrocarburi.

L'area di proprietà della Fintecna Immobiliare sarà attrezzata anche con un airsparging per l'estrazione dei vapori di cloroformio nel suolo.

Lungo via Torracchia Poggioreale (MiSPT D3) sarà realizzato un ulteriore pozzo profondo 15 m dotato di elettropompe sommerse atte a sollevare la portata prevista da modello e pari a 0,57 l/s, collegato con il resto della MiSPT D da una tubazione di circa 1,2 km di lunghezza in Pead De 40.

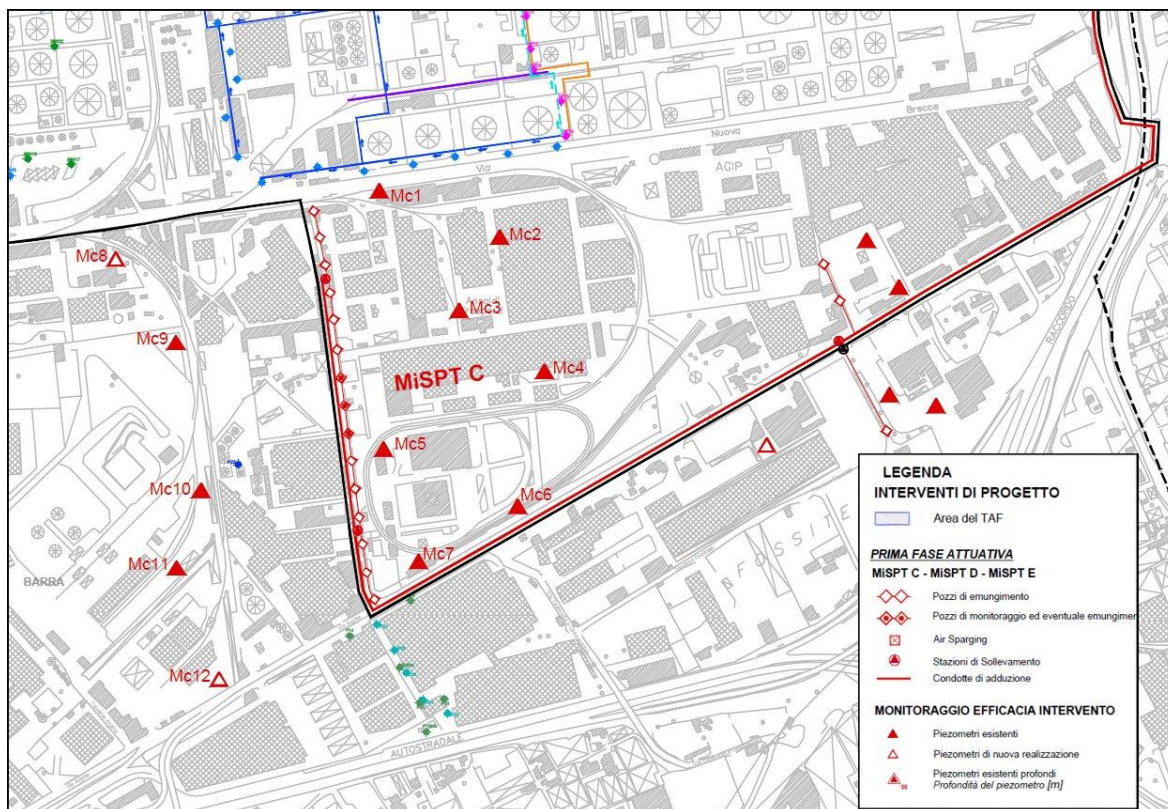


Figura 2.1 - Area meridionale orientale del SIN, interventi di progetto MiSPT C, MiS delle Aziende.

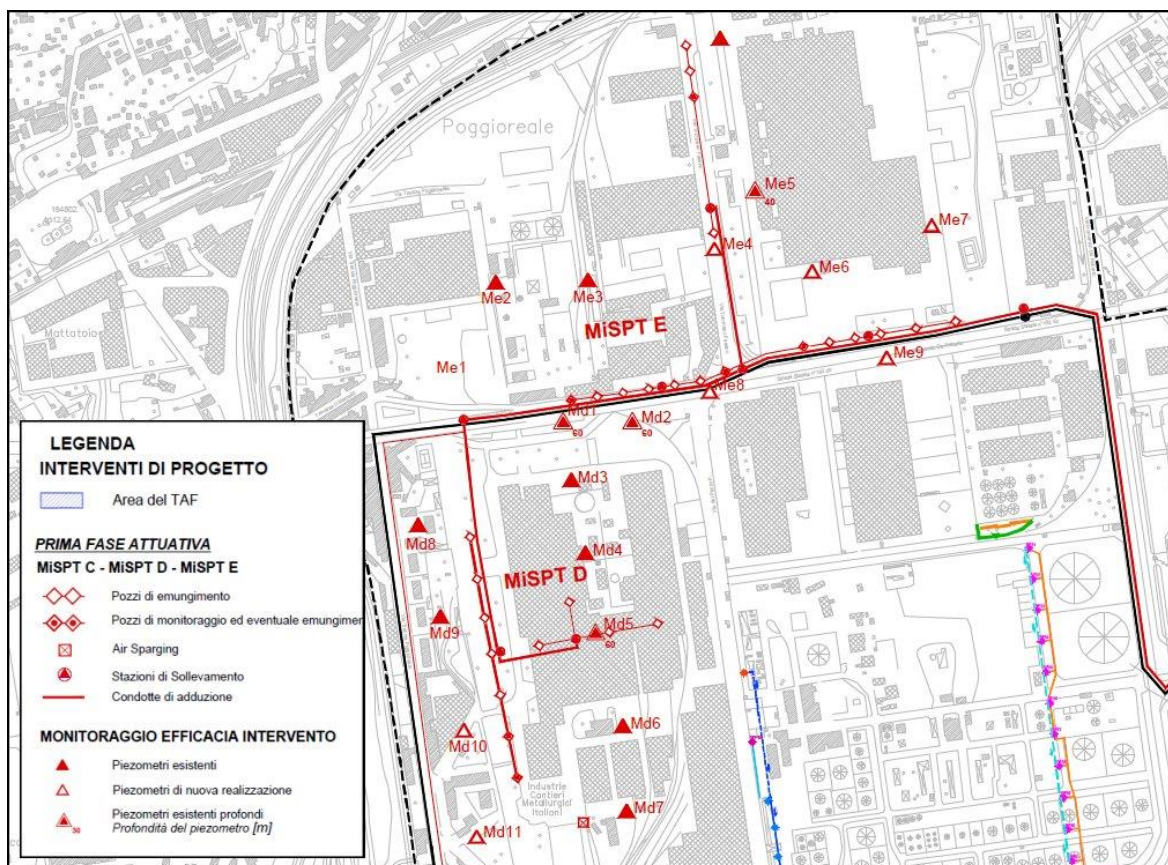


Figura 2.2 - Area meridionale orientale del SIN, interventi di progetto MiSPT D e MiSPT E, MiS delle aziende.

La MiSPT D1 si sviluppa per circa 625 m in direzione nord-sud all'interno dell'area di proprietà della Fintecna Immobiliare ed è costituita da 7 pozzi di emungimento profondi 15 m, di cui 2 di monitoraggio attrezzati come gli altri, ma generalmente spenti e funzionanti solo in caso di riscontro in falda di sostanze con concentrazioni al di sopra della soglia di legge. I pozzi sono posti ad una distanza media (interasse) di circa 50 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze con i servizi a rete e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento.

La MiSPT D2 si sviluppa per circa 200 m in direzione est-ovest all'interno dell'area di proprietà della Fintecna Immobiliare ed è costituita da 5 pozzi di emungimento profondi 15 m, I pozzi sono posti ad una distanza media (interasse) di circa 50 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze con i servizi a rete e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento.

I pozzi, fenestrati per tutta la loro lunghezza, sono dotati di elettropompe sommerse atte a sollevare la portata prevista dal modello idrogeologico. Le portate emunte da ciascun pozzo dalla MiSPT D1 sono pari a 0,51 l/s, per una portata complessivamente emunta di circa 2,55 l/s (9,18 m<sup>3</sup>/h) con un valore massimo di circa 3,57 l/s (12,85 m<sup>3</sup>/h) nel caso fossero accesi anche i 2 pozzi monitorati e normalmente spenti.

Le portate emunte da ciascun pozzo dalla MiSPT D2 sono pari a 0,62 l/s, per una portata complessivamente emunta di circa 2,48 l/s (8,93 m<sup>3</sup>/h).

La portata emunta dal pozzo dalla MiSPT D3 è pari a 0,57 l/s (2,05 m<sup>3</sup>/h).

Le portate emunte complessivamente dalla MiSPT D sono pari a circa 5,60 l/s (20,16 m<sup>3</sup>/h) con un valore massimo di circa 6,62 l/s (25,83 m<sup>3</sup>/h) nel caso fossero accesi anche i 2 pozzi normalmente spenti.

### **MiSPT E – area nord del SIN.**

La MiSPT E si sviluppa in direzione est-ovest nella strada sottostante la statale SS162 dir (MiSPT E1) e nella direzione nord-sud lungo la strada via Tommaso Fassano (MiSPT E2), allo scopo di intercettare la falda proveniente dalla zona posta all'estremo nord-est del SIN in cui sono stati rilevati metalli, fluoruri e nitriti, composti alifatici clorurati cancerogeni e non, IPA e idrocarburi.

La MiSPT E1 si sviluppa per circa 1,0 km in direzione est-ovest lungo la strada sottostante la statale SS162 dir ed è costituita da 13 pozzi di emungimento profondi 15 m, di cui 3 di monitoraggio attrezzati come gli altri, ma generalmente spenti e funzionanti solo in caso di riscontro in falda di sostanze con concentrazioni al di sopra della soglia di legge. I pozzi sono posti ad una distanza media (interasse) di circa 35 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze con i servizi a rete e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento.

La MiSPT E2 si sviluppa per circa 500 m in direzione nord-sud lungo la strada via Tommaso Fassano ed è costituita da 4 pozzi di emungimento profondi 15 m, di cui 1 di monitoraggio attrezzati come gli altri, ma generalmente spento e funzionante solo in caso di riscontro in falda di sostanze con concentrazioni al di sopra della soglia di legge. I pozzi vicini sono posti ad una distanza media (interasse) di circa 35 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze con i servizi a rete e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento.

I pozzi, fenestrati per tutta la loro lunghezza, sono dotati di elettropompe sommerse atte a sollevare la portata prevista dal modello idrogeologico. Le portate emunte da ciascun pozzo dalla MiSPT E1 sono pari a 0,46 l/s, per una portata complessivamente emunta di circa 4,60 l/s (16,56 m<sup>3</sup>/h) con un

valore massimo di circa 5,98 l/s (21,53 m<sup>3</sup>/h) nel caso fossero accesi anche i 3 pozzi monitorati e normalmente spenti.

Le portate emunte da ciascun pozzo dalla MiSPT E2 sono pari a 0,64 l/s, per una portata complessivamente emunta di circa 1,92 l/s (6,91 m<sup>3</sup>/h) con un valore massimo di circa 2,56 l/s (9,22 m<sup>3</sup>/h) nel caso fosse acceso anche il pozzo monitorato e normalmente spento.

Le portate emunte complessivamente dalla MiSPT E sono pari a circa 6,52 l/s (23,47 m<sup>3</sup>/h) con un valore massimo di circa 8,54 l/s (30,74 m<sup>3</sup>/h) nel caso fossero accesi anche i 3 pozzi normalmente spenti.

## **2.2. MiSPT delle fasi successive**

Gli interventi previsti in progetto sono stati dimensionati mediante il modello idrogeologico.

L'obiettivo specifico della modellazione idrogeologica è stato quello di simulare il comportamento integrato dei sistemi MiSPT previsti in progetto, che hanno lo scopo di impedire la diffusione della contaminazione dalle aree sorgenti (MiS) e di promuovere contestualmente la riduzione della massa inquinante presente in falda attraverso un emungimento delle acque e il loro trattamento in apposito impianto (PT). Per la scelta delle caratteristiche delle MiSPT, nel modello idrogeologico si è tenuto conto anche degli interventi effettuati dalle aziende private.

In progetto sono previsti n. 6 interventi di MiSPT da realizzare in fasi successive, di seguito descritti in dettaglio.

### **MiSPT A - area occidentale del SIN.**

La MiSPT si sviluppa per la maggior parte, lungo le vie Armando Lucci, Alessandro Volta e Reggia di Portici, oltre che in una traversa di via Brin (al confine del SIN) e in area ex Feltrinelli, e ha lo scopo di intercettare, prima che arrivi alle aree urbane di valle e al mare, la falda dell'area ovest del SIN, che risulta contaminata da metalli, IPA, composti organici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni e non, alifatici alogenati cancerogeni, clorobenzeni, PCB e idrocarburi.

La MiSPT A è costituita da 39 pozzi di emungimento, di cui:

- ✓ n.15 siti sul Corso Armando Lucci, profondi 30 m e posti ad una distanza media (interasse) di circa 30 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze con i servizi a rete interrati, e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento; la portata emunta, prevista dal modello è di circa 0,96 l/s per ciascun pozzo, per una portata complessiva di 14,36 l/s;
- ✓ n. 19 siti sulla via Alessandro Volta e sulla via Reggia di Portici, profondi 30 m e posti ad una distanza media (interasse) di circa 30 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti determinati dalla presenza di interferenze; la portata emunta, prevista dal modello è di circa 0,90 l/s per ciascun pozzo, per una portata complessiva di 17,15 l/s
- ✓ n. 1 sito sul limite del SIN in una traversa di via Brin, profondo circa 30 m; la portata emunta, prevista dal modello è di circa 0,43 l/s;
- ✓ n.4 siti in area ex Feltrinelli, profondi 25 m e posti ad una distanza media (interasse) di circa 30 m, rispettata a meno di piccoli spostamenti determinati dalla presenza di interferenze; la portata emunta, prevista dal modello è di circa 0,43 l/s per ciascun pozzo, per una portata complessiva di circa 2,15 l/s compreso il pozzo di via Brin.

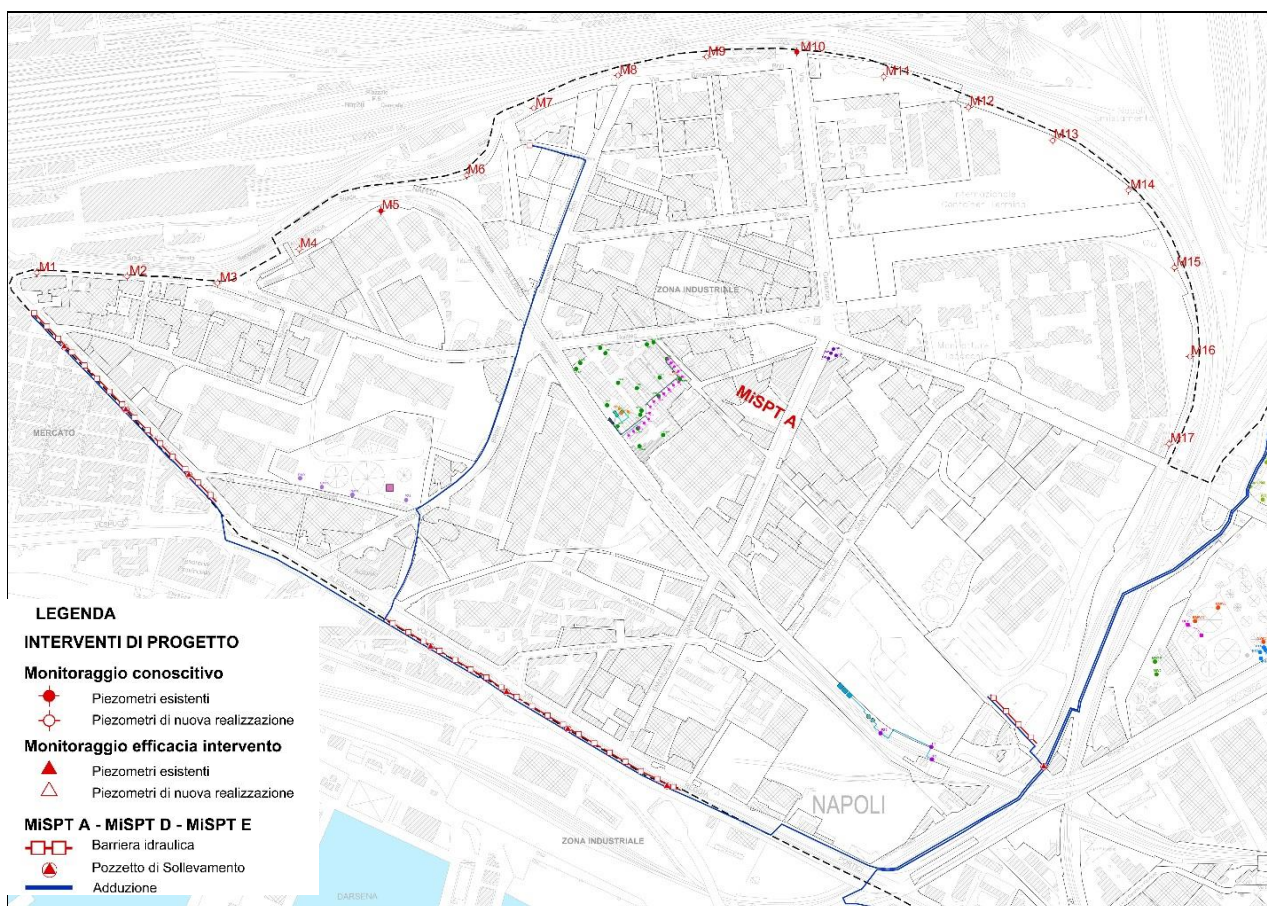


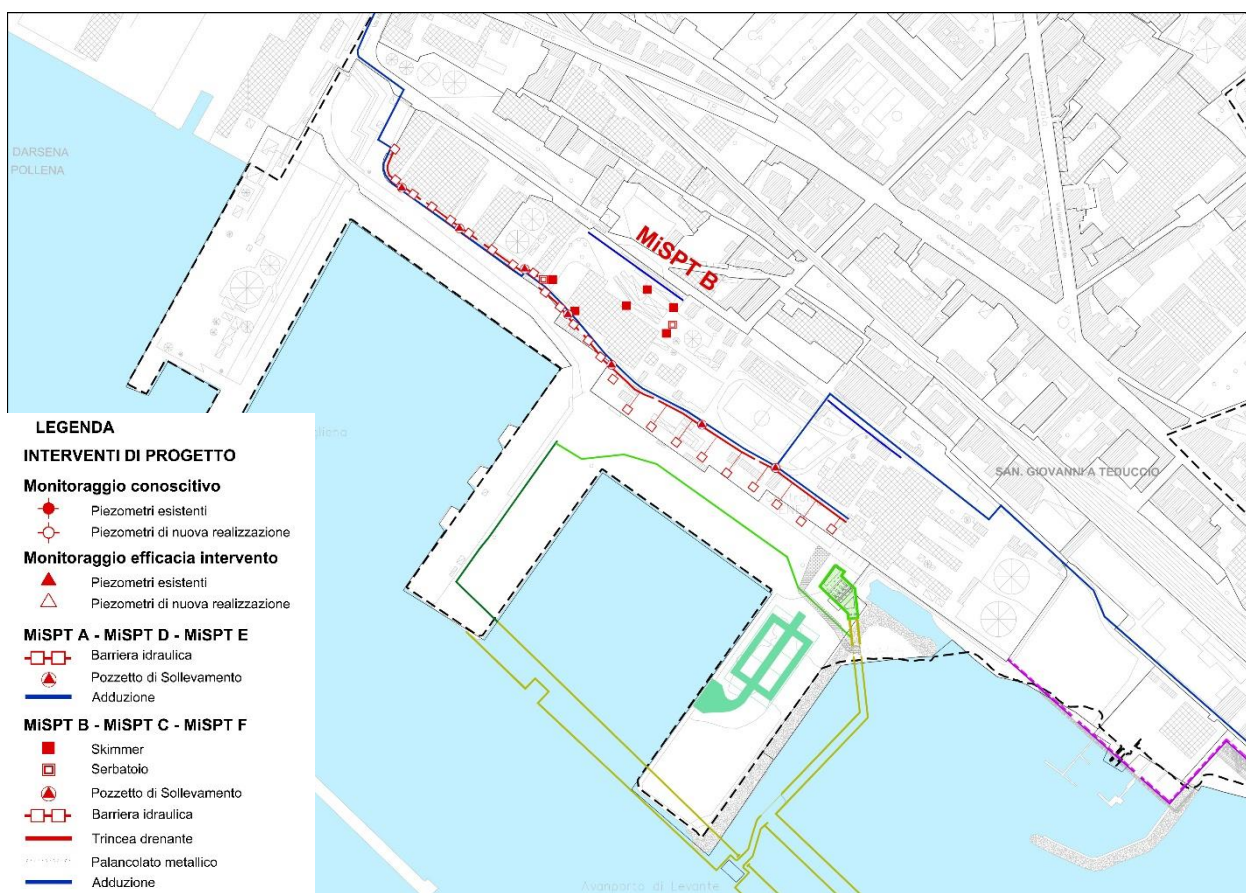
Figura 2.3 – Area occidentale del SIN, interventi di progetto MiSPT A, interventi di MiS delle Aziende.

I pozzi, fenestrati per tutta la lunghezza, sono dotati di elettropompe sommerse atte a sollevare la portata prevista da modello, per una portata complessivamente emunta dalla MiSPT pari a 36,66 l/s (121,19 m<sup>3</sup>/h).

### MiSPT B – area Autorità Portuale.

La MiSPT B si sviluppa nell'area dell'Autorità Portuale e della Tirreno Power, e ha lo scopo di intercettare le acque di falda dell'area centrale e più a sud del SIN, contaminate da metalli, fluoruri e nitriti, composti organici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni e non, alifatici alogenati cancerogeni, IPA e idrocarburi.

Per effettuare tale intervento, considerata l'estrema vicinanza al mare, il sistema è stato dimensionato mediante modello matematico in modo da limitare quanto più possibile il richiamo di acqua di mare, mantenendo molto basse sia le portate emunte sia il dislivello piezometrico indotto dall'opera idraulica, oltre che mantenendo la superficie piezometrica della falda nelle aree contaminate pari al livello del mare (e mai al di sotto). L'influenza del mare nella parte ad est della barriera idraulica sarà attenuata dalla presenza della cassa di colmata in corso di realizzazione con diaframmi impermeabili attestati alla formazione tufacea di base.



**Figura 2.4** - Area meridionale centrale del SIN, interventi di progetto MiSPT B, MiS delle Aziende.

La MiSPT B, quindi, è costituita da n.24 pozzi di emungimento profondi al massimo 25 m (e comunque fino al tufo) e posti ad una distanza media (interasse) di:

- ✓ circa 25 m nell'area ovest in cui, considerata la vicinanza del mare, si è scelto di mantenere bassa la portata emunta da ciascun pozzo e diminuire di conseguenza l'interasse per garantire la cattura di tutte le acque contaminate, mantenendo quanto più bassa la captazione di acqua di mare;
- ✓ circa 30 m nell'area est in cui la presenza della cassa di colmata impermeabile in corso di realizzazione impedisce di fatto grossi afflussi di acque saline.

In ogni caso, tali distanze sono state rispettate a meno di piccoli spostamenti, determinati dalla presenza di interferenze e ininfluenti ai fini dell'efficacia dell'intervento.

Tutti i pozzi, fenestrati per tutta la lunghezza, sono dotati di elettropompe sommerse atte a sollevare la portata prevista dal modello idrogeologico e pari a 0,37 l/s per ciascun pozzo, per una portata complessivamente emunta dalla MiSPT pari a 8,81 l/s (circa 31,7 m<sup>3</sup>/h).

**MiSPT F**– area depuratore di San Giovanni a Teduccio.

Nell'area fronte mare più ad est del SIN, le caratterizzazioni e le indagini integrative svolte danno evidenza di contaminazione soltanto nell'area dell'ex depuratore di San Giovanni a Teduccio, a causa della presenza di metalli (As, Cr, Ni, Mn), composti alifatici clorurati cancerogeni e non, idrocarburi.

In tale area, quindi, si prevede la MiSPT F realizzata mediante trincea che, vista l'estrema vicinanza del mare che impedisce di realizzare un'opera idraulica senza drenare grosse quantità di acque saline, è stata circondata da un palancoolato metallico con la sola funzioni di impedire l'afflusso diretto delle acque di mare alla trincea. Per la stessa ragione sono state mantenute molto basse sia le portate emunte, che il dislivello piezometrico indotto dall'opera, il cui funzionamento è stato verificato con il modello idrogeologico. La trincea deve massimizzare gli effetti di contenimento degli innalzamenti del livello piezometrico riducendo al minimo le portate.

La trincea, della lunghezza in proiezione sul fronte mare di circa 310 m, lavora ad una quota di esercizio pari al livello del mare determinando un abbassamento del carico idraulico di soli 10 cm, con una portata unitaria emunta, pari a circa 0.001 l/s per metro, per complessivi 4,2 l/s (15.2 m<sup>3</sup>/h).

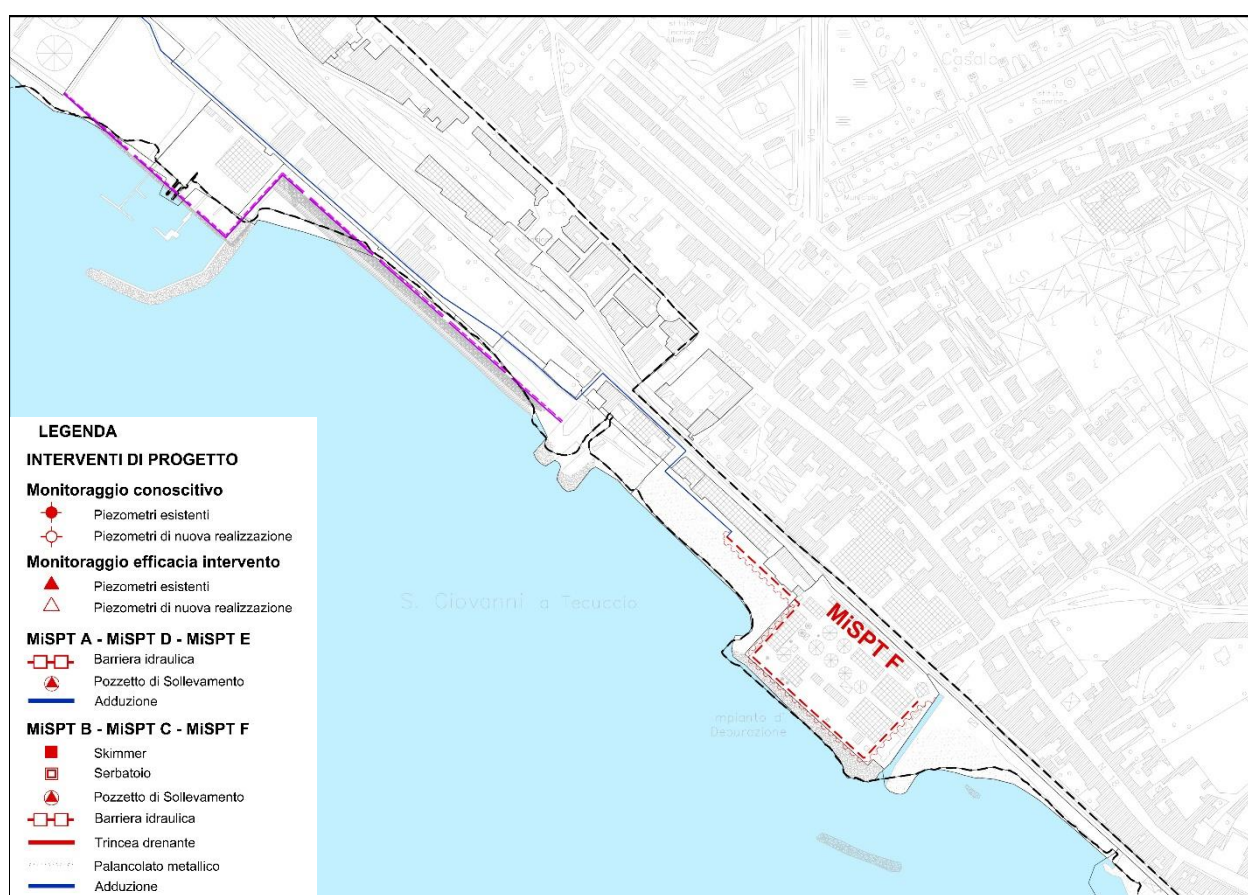


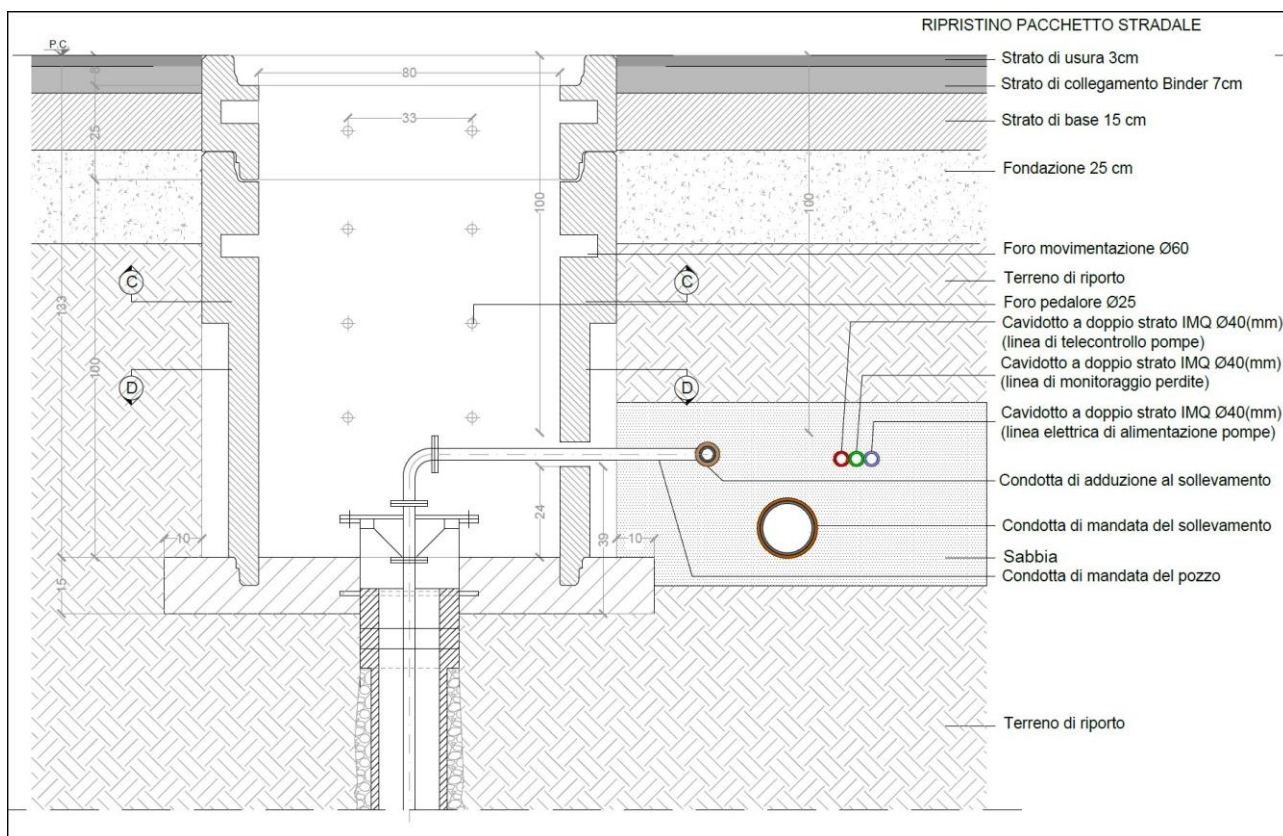
Figura 2.5 - Area meridionale orientale del SIN, interventi di progetto MiSPT F.

### 2.3. Caratteristiche e dimensionamento delle opere di emungimento

Si prevede che i **pozzi di emungimento** (perforati con metodo a rotazione a circolazione inversa, a percussione, a rotoperussione o qualsiasi altro metodo idoneo e compatibile con l'area di intervento) avranno caratteristiche di seguito descritte.

Per la maggior parte dei pozzi saranno utilizzate delle tubazioni in PP con innesti a bicchiere con un diametro esterno minimo pari a 250 mm, classe di spessore minima pari 8,5 mm e classe di rigidità SN minima pari a 8 kN/m<sup>2</sup>. Mentre, per i pozzi realizzati in aree in cui è stata rilevata una consistente presenza in falda di solventi clorurati, che possono risultare aggressivi nei confronti di materiali plastici, si prevede l'utilizzo di tubazioni in acciaio inox AISI 304 e 316, con particolari proprietà di resistenza alla corrosione e meccanica e aventi lo stesso diametro delle precedenti ma classe di spessore minima pari a 6,0 mm.

I pozzi saranno attrezzati con tubazioni finestrate del tipo microfessurato, costituite da un filtro tipo Johnson, con apertura delle fessure di 3 mm (e comunque compatibile con le caratteristiche finali del ghiaietto di prefiltro utilizzato) e con superficie delle aperture non inferiore al 18% della superficie laterale interna della tubazione.



**Figura 2.6** - Pozzo di emungimento con camera di avampozzo e sezione laterale di scavo con tubazioni di mandata dei pozzi alla stazione di sollevamento più vicina e cavidotti impianti.

Il dreno dei pozzi, eseguito in opera, sarà costituito da ghiaietto siliceo con grani arrotondati, presenti in percentuale non inferiore al 90-95%, e dotato di straterello di separazione in bentonite atto a prevenirne l'intasamento a opera della soprastante cementazione di protezione della falda da



infiltrazioni di acque superficiali; dovrà risalire al di sopra del tratto fenestrato per almeno 50 cm ed essere posto in opera mediante immissione direttamente dalla bocca pozzo, alternando l'estrazione della tubazione di rivestimento al pistonaggio, per consentirne l'assestamento.

La cameretta di avampozzo, dotata di targhetta metallica riportante le caratteristiche identificative del pozzo posta all'interno, sarà costituita da un pozzetto in calcestruzzo armato prefabbricato a sezione quadrata, dotato di foro per le tubazioni di mandata, e posto in opera su una soletta in calcestruzzo di altezza non inferiore a 10 cm, da realizzare in opera intorno alla testa del pozzo. La testa del pozzo sarà costituito da un contenitore cilindrico in acciaio del diametro e dell'altezza minime pari a 0,50 m e posto in opera in parte annegato sulla soletta in calcestruzzo. L'altezza del pozzetto deve essere tale da consentire la partenza delle condotte di mandata, verso la stazione di sollevamento, alla quota minima prevista in progetto e pari, all'estradosso delle condotte, a 1,0 m al di sotto del piano di campagna o del piano stradale.

Si prevede di dotare i pozzi con pompe elettrosommerse per pozzi profondi da 4" con camicia esterna in acciaio inossidabile AISI 304 e stadi in policarbonato, tratto iniziale della tubazione di mandata in acciaio zincato flangiate e ancorate alla superficie da una staffa di sostegno zincata posizionata sul tubo cieco di rivestimento del pozzo; la pompa, inoltre, sarà inoltre assicurata da un cavo in acciaio di spessore adeguato per sostenere la pompa in caso di distacco della mandata.

Ogni pozzo sarà dotato di contatore Woltman o contaltri elettronico digitale per il controllo delle portate, che invierà i dati direttamente al sistema centralizzato di telecontrollo atto ad inviare al centro di controllo situato nell'edificio servizi del TAF portata emunta e livello della falda.

All'interno di ciascun pozzo si prevede l'installazione di una elettropompa sommersa centrifuga pluristadio di 4" a giranti flottanti, con camicia esterna, albero e testata interamente in acciaio INOX, motore trifase della potenza compresa tra 0,005-0,4 kW, quadro di comando in cassa metallica protetta IP 54 con dispositivi di protezione e controllo di livello; cavo elettrico per alimentazione motore tipo "H07RN-F" con isolamento in gomma e guaina in policloroprene sezione 4x1,5 mm<sup>2</sup>, per sonde di livello sezione 3x1,5 mm<sup>2</sup>; guaina per varo sonde in Polietilene strutturato diametro interno mm 34; tronchetto sacrificale zincato lunghezza mm 500, raccordi di giunzione al tubo Polietilene in ghisa malleabile zincata con ghiera antisfilamento, tubazione di mandata in Polietilene AD PN 10 con marchio IIP diametro mm 40, treccia di sospensione in Polipropilene, complesso di erogazione con staffa di sostegno, valvola unidirezionale a ogiva, curva di mandata con manometro, valvola parzializzatrice di portata con dispositivo anti "chiusura totale", raccorderia di collegamento.

Per il dimensionamento delle elettropompe sommerse sono state considerati:

- ✓ la portata da sollevare, calcolata secondo quanto previsto dal modello idrogeologico;
- ✓ la prevalenza da superare, calcolato come somma del dislivello geodetico tra la quota della superficie di falda (estrapolata dalla superficie isopiezometrica di modello) e la quota del livello di arrivo della condotta di mandata nell'impianto di sollevamento, delle perdite di carico distribuite lungo la condotta e di quelle concentrate determinate dalle apparecchiature (valvole di ritegno e di sezionamento, curve, etc.), nonché della pressione di esercizio della condotta di mandata.

Per il dimensionamento delle condotte di mandata delle pompe sommerse è stata considerata una velocità dell'acqua compresa tra 0,7 e 2,3 m/s come prescritto dalla UNI EN 12056-4, mentre la cadente piezometrica per il calcolo delle perdite è stata calcolata con la formula di Colebrook-White, considerando una scabrezza assoluta delle tubazioni in PEad previste, pari a 0,02.

Le perdite di carico concentrate, dovute alla presenza di curve a 45° e 90°, saracinesche e valvole di ritegno, sono state trasformate in lunghezza aggiuntiva equivalente della condotta, secondo dati di

letteratura, considerando, a vantaggio di sicurezza, le corrispondenti lunghezze equivalenti di tubazione in acciaio (Tabella 2.1).

DN	CURVE			RACCORDI		SARACINESCA	VALVOLA DI RITEGNO
	45°	90°	90° AMPIO RAGGIO	TES	CROCE		
	LUNGHEZZA DI TUBAZIONE EQUIVALENTE (METRI)						
25	0,3	0,6	0,6	1,5	1,5	-	1,5
32	0,3	0,9	0,6	1,8	1,8	-	2,1
40	0,6	1,2	0,6	2,4	2,4	-	2,7
50	0,6	1,5	0,9	3,0	3,0	0,3	3,3
65	0,9	1,8	1,2	3,6	3,6	0,3	4,2
80	0,9	2,1	1,5	4,5	4,5	0,3	4,8
100	1,2	3,0	1,8	6,0	6,0	0,6	6,6
125	1,5	3,6	2,4	7,5	7,5	0,6	8,3
150	2,1	4,2	2,7	9,0	9,0	0,9	10,4
200	2,7	5,4	3,9	10,5	10,5	1,2	13,5
250	3,3	6,6	4,8	15,0	15,0	1,5	16,5
300	3,9	8,1	5,4	18,0	18,0	1,8	19,5

**Tabella 2.1** - Perdite di carico concentrate (valvole, raccordi, ecc.) per tubazioni in acciaio - fonte www.oppo.it

È stata, quindi, calcolata la potenza delle pompe sommerse, considerando un rendimento =0,9.

Nelle tabelle dei paragrafi seguenti si riportano in dettaglio le caratteristiche e i calcoli idraulici dei pozzi (elettropompe sommerse e condotte di mandata) previsti rispettivamente nella Fase 1 e nelle fasi successive oltre agli schemi idraulici dei MiSTP.

### 2.3.1. Pozzi di Fase 1

Nelle tabelle seguenti si riportano in dettaglio le caratteristiche e i calcoli idraulici dei pozzi (elettropompe sommerse e condotte di mandata) previsti nella Fase 1.

In grigio sono riportate le portate dei pozzi normalmente spenti, ma sottoposti a monitoraggio,

I singoli pozzi sono collegati tra loro da una condotta di mandata a servizio della stazione di sollevamento più vicina per il rilancio verso il TAF. Anche in questo caso, per il dimensionamento delle condotte di collegamento dei pozzi è stata considerata una velocità dell'acqua compresa tra 0,7 e 2,3 m/s come prescritto dalla UNI EN 12056-4.

La lunghezza delle condotte di collegamento dei pozzi della MiSPT C è di 224,5 m, in Pead De 50. La lunghezza delle condotte di collegamento dei pozzi della MiSPT D è di 124 m, in Pead De 50. La lunghezza delle condotte di collegamento dei pozzi della MiSPT E è di 151.5 m, in Pead De 50.

**Tabella 2.2 -** Caratteristiche delle pompe sommerse in dotazione ai pozzi di emungimento della MiSPT C e relative condotte di mandata dei singoli pozzi

Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT C1 (n.15 pozzi - interasse 35 - portata complessiva 7,95-6,36 l/s)															MiSPT C2 ( n. 3 pozzi - interasse 50 - profondità 15 m - portata complessiva 1,71 l/s)			
Caratteristiche condotta di mandata	Portata da emungere	Q	[l/s]	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.57	0.57	0.57	
			[m <sup>3</sup> /h]	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	2.05	2.05	2.05
			[m <sup>3</sup> /d]	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	49.2	49.2	49.2
	Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 12,5)	ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	percorso (da)	Pa n.		Pc1	Pc2	Pc3	Pc4	Pc5	Pc6	Pc7	Pc8	Pc9	Pc10	Pc11	Pc12	Pc13	Pc14	Pc15	Pc16	Pc17	Pc18	
	percorso (a)	Sa n.		Sc 1					Sc 2					Sc 3								
	Lunghezza condotta	Lp	[m]	90.00	55.00	20.00	15.00	50.00	85.00	192.50	157.50	122.50	87.50	52.50	17.50	17.50	52.50	87.50	127.00	67.00	117.00	
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Velocità in condotta	V	[m/s]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.07	1.07	1.07	
Calcolo delle perdite di cariche in condotta	Cadente (Darcy)	j	[m/m]	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.058	0.058	0.058		
	Calcolo lunghezza tubazione equivalente per	DN	[mm]	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
	- lunghezza equivalente per curva a 45°	145°	[m]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
	- lunghezza equivalente per curva a 90°	190°	[m]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
	- lunghezza equivalente per saracinesca	l sar	[m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	- lunghezza equivalente per valvola di ritegno	l rit	[m]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
	- totale lunghezza equivalente totale *	l tot	[m]	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	Perdite di carico localizzate	Jl	[m]	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.262	0.262	0.262	
	Perdite di carico distribuite	Jp	[m]	4.599	2.811	1.022	0.767	2.555	4.344	9.837	8.048	6.260	4.471	2.683	0.894	0.894	2.683	4.471	7.405	3.906	6.822	
Perdite di carico totali	J	[m]	4.829	3.040	1.252	0.996	2.785	4.573	10.067	8.278	6.490	4.701	2.913	1.124	1.124	2.913	4.701	7.667	4.169	7.084		
Calcolo potenza elettropompe sommersa	- quota p.c. pozzo		[m s.l.m.]	4.75	4.70	4.60	4.55	4.60	4.65	4.65	4.65	4.70	4.80	5.00	5.13	6.90	7.95	9.50	9.00	9.00		
	- livello iniziale (falda post operam - pozzo)	h <sub>1</sub>	[m s.l.m.]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.61	0.64	0.67	0.70	0.76	4.50	4.00	4.00		
	- quota p.c. stazione sollevamento		[m s.l.m.]	4.55					4.90					12.90								
	- livello finale (sbocco stazione sollevamento)	h <sub>2</sub>	[m s.l.m.]	3.45					3.80					11.80								
	Prevalenza totale, di cui:	H	[m]	7.68	5.89	4.10	3.85	5.63	7.42	13.27	11.48	9.69	7.89	6.07	4.25	4.22	5.98	7.74	14.97	11.97	14.88	
	- prevalenza geodetica	Hg	[m]	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	3.20	3.20	3.20	3.19	3.16	3.13	3.10	3.07	3.04	7.30	7.80	7.80	
- prevalenza dovuta alle perdite di carico	Hl	[m]	4.83	3.04	1.25	1.00	2.78	4.57	10.07	8.28	6.49	4.70	2.91	1.12	1.12	2.91	4.70	7.67	4.17	7.08		
Rendimento della pompa (ipotizzato)	η		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
Potenza pompa	kW	[kW]	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04	0.09	0.07	0.09		

**Tabella 2.3** - Caratteristiche delle pompe sommerse in dotazione ai pozzi di emungimento della MiSPT D e relative condotte di mandata.

Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT D1 (n.7 pozzi-interasse 50 m-profondità 15 m-portata complessiva 3,57-2,55 l/s)							MiSPT D2 (n.4 pozzi-interasse 50 m-profondità 15 m-portata complessiva 2,48 l/s)				MiSPT D3
Caratteristiche condotta di mandata	Portata da emungere	Q	[l/s]	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,62	0,62	0,62	0,62	0,57
			[m <sup>3</sup> /h]	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	2,23	2,23	2,23	2,23	2,05
			[m <sup>3</sup> /d]	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1	53,6	53,6	53,6	53,6	49,2
	Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 12,5)	e	[mm]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	percorso (da)	Pa n.		Pd1	Pd2	Pd3	Pd4	Pd5	Pd6	Pd7	Pd8	Pd9	Pd10	Pd11	Pd12
	percorso (a)	Sa n.		Sd 1				Sd 2				Sd 3			
	Lunghezza condotta	Lp	[m]	125,00	75,00	25,00	25,00	75,00	125,00	175,00	50,00	100,00	145,00	210,00	1 195,00
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40
	Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	32,6
	Velocità in condotta	V	[m/s]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	1,17	1,17	1,17	1,17	0,68
Calcolo delle perdite di carico in condotta	Cadente (Darcy)	j	[m/m]	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,068	0,068	0,068	0,068	0,019
	Calcolo lunghezza tubazione equivalente per DN	DN	[mm]	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40
	- lunghezza equivalente per curva a 45°	l 45°	[m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	- lunghezza equivalente per curva a 90°	l 90°	[m]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	- lunghezza equivalente per saracinesca	l sar	[m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- lunghezza equivalente per valvola di ritegno	l rit	[m]	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	- totale lunghezza equivalente totale *	l tot	[m]	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Perdite di carico localizzate	Jl	[m]	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,306	0,306	0,306	0,306	0,087
	Perdite di carico distribuite	Jp	[m]	5,958	3,575	1,192	1,192	3,575	5,958	8,341	3,397	6,793	9,850	14,266	23,193
	Perdite di carico totali	J	[m]	6,173	3,789	1,406	1,406	3,789	6,173	8,556	3,702	7,099	10,156	14,571	23,281
Calcolo potenza elettropompe sommersa	- quota p.c. pozzo		[m s.l.m.]	3,9	4	4,2	4,1	4	4	3,8	4	4,2	4,4	4,4	3,6
	- livello iniziale (falda post operam - pozzo)	h <sub>1</sub>	[m s.l.m.]	2,22	2,23	2,26	2,27	2,29	2,3	2,33	3	3,2	3,4	3,4	2,6
	- quota p.c. stazione sollevamento		[m s.l.m.]	4,10				4,20				3,80			
	- livello finale (sbocco stazione sollevamento)	h <sub>2</sub>	[m s.l.m.]	3,00				3,10				2,70			
	Prevalenza totale, di cui:	H	[m]	6,95	4,56	2,15	2,14	4,50	6,87	9,23	4,90	8,10	10,96	15,37	24,48
	- prevalenza geodetica	Hg	[m]	0,78	0,77	0,74	0,73	0,71	0,7	0,67	1,20	1,00	0,80	0,80	1,20
	- prevalenza dovuta alle perdite di carico	Hj	[m]	6,17	3,79	1,41	1,41	3,79	6,17	8,56	3,70	7,10	10,16	14,57	23,28
	Rendimento della pompa (ipotizzato)	η		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Potenza pompa	kW	[kW]	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,05	0,07	0,10	0,15

**Tabella 2.4 -** Caratteristiche delle pompe sommerse in dotazione ai pozzi di emungimento della MiSPT E e relative condotte di mandata.

Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT E1 (n.17 pozzi - interasse 35 m - profondità 15 m - portata complessiva 5,98-4,60 l/s)													MiSPT E2 (n.3 pozzi interasse 35 m - profondità 15 m - portata complessiva 2,56-1,92 l/s)						
Caratteristiche condotta di mandata	Portata da emungere	Q	[l/s]	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,64	0,64	0,64	0,64		
			[m <sup>3</sup> /h]	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	2,30	2,30	2,30	2,30	
			[m <sup>3</sup> /d]	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	55,3	55,3	55,3	55,3	
	Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 12,5)	e	[mm]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	percorso (da)	Pa n.		Pe1	Pe2	Pe3	Pe4	Pe5	Pe6	Pe7	Pe8	Pe9	Pe10	Pe11	Pe12	Pe13	Pe14	Pe15	Pe16	Pe17			
	percorso (a)	Sa n.		Se 2				Sd 4				Se 3				Se 1							
	Lunghezza condotta	Lp	[m]	122,50	87,50	52,50	17,50	90,00	55,00	20,00	90,00	125,00	160,00	17,50	62,50	117,50	35,00	151,00	186,00	221,00			
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
	Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26		
	Velocità in condotta	V	[m/s]	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,21	1,21	1,21	1,21		
Calcolo delle perdite di carico in condotta	Cadente (Darcy)	j	[m/m]	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040			
	Calcolo lunghezza tubazione equivalente per DN	DN	[mm]	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32			
	- lunghezza equivalente per curva a 45°	l 45°	[m]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	- lunghezza equivalente per curva a 90°	l 90°	[m]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9			
	- lunghezza equivalente per saracinesca	l sar	[m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	- lunghezza equivalente per valvola di ritegno	l rit	[m]	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1			
	- totale lunghezza equivalente totale *	l tot	[m]	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5			
	Perdite di carico localizzate	Jl	[m]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18			
	Perdite di carico distribuite	Jp	[m]	4,85	3,46	2,08	0,69	3,56	2,18	0,79	3,56	4,95	6,33	0,69	2,47	4,65	1,38	5,97	7,36	8,74			
	Perdite di carico totali	J	[m]	5,02	3,64	2,25	0,87	3,74	2,35	0,97	3,74	5,12	6,51	0,87	2,65	4,83	1,56	6,15	7,54	8,92			
Calcolo potenza elettropompa sommersa	- quota p.c. pozzo		[m s.l.m.]	4,10	4,25	4,40	4,50	4,00	4,75	1,90	6,00	5,90	6,10	6,15	6,20	6,20	6,20	7,60	7,00	7,50			
	- livello iniziale (falda post operam - pozzo)	h <sub>1</sub>	[m s.l.m.]	2,73	2,89	3,03	3,18	3,31	3,47	3,61	3,78	3,86	3,93	4,02	4,12	4,25	4,70	5,10	4,50	5,00			
	- quota p.c. stazione sollevamento		[m s.l.m.]	4,60				5,60				6,10				6,40							
	- livello finale (sbocco stazione sollevamento)	h <sub>2</sub>	[m s.l.m.]	3,50				4,50				5,00				5,30							
	Prevalenza totale, di cui:	H	[m]	5,79	4,25	2,72	1,19	4,93	3,38	1,86	4,46	5,76	7,08	1,85	3,53	5,58	2,16	6,35	8,34	9,22			
	- prevalenza geodetica	Hg	[m]	0,77	0,61	0,47	0,32	1,19	1,03	0,89	0,72	0,64	0,57	0,98	0,88	0,75	0,60	0,20	0,80	0,30			
	- prevalenza dovuta alle perdite di carico	Hj	[m]	5,02	3,64	2,25	0,87	3,74	2,35	0,97	3,74	5,12	6,51	0,87	2,65	4,83	1,56	6,15	7,54	8,92			
	Rendimento della pompa (ipofizzato)	η		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9			
	Potenza pompa	kW	[kW]	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,06	0,06			

Nelle tabelle seguenti sono riportate le caratteristiche delle tubazioni di collegamento dei pozzi per la MiSPT C, MiSPT D e MiSPT E.

**Tabella 2.5 -** Caratteristiche delle condotte di collegamento dei pozzi della MiSPT C

Messa in Sicurezza e Pump & Treat			MiSPT C					
pozzo (da)	Pa n.		Pe1	Pe4	Pe7	Pe10	Pe13	Pe18
pozzo (a)	Sa n.		Pe3	Pe6	Pe9	Pe12	Pe15	Pe17
Portata	Q	[l/s]	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.14
Lunghezza condotta	Lp	[m]	94	15	15	15	13	73.0
Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 16)	ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	50	50	50	50	50	50
Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8
Velocità in condotta	V	[m/s]	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	0.87

**Tabella 2.6 -** Caratteristiche delle condotte di collegamento dei pozzi della MiSPT D

Messa in Sicurezza e Pump & Treat			MiSPT D		
pozzo (da)	Pa n.		Pd1	Pd7	Pd11
pozzo (a)	Sa n.		Pd3	Pd4	Pd10
Portata	Q	[l/s]	1.53	2.04	1.24
Lunghezza condotta	Lp	[m]	94	15	15
Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 16)	ε	[mm]	0.02	0.02	0.02
Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	50	50	50
Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	40.8	40.8	40.8
Velocità in condotta	V	[m/s]	1.17	1.56	0.95

**Tabella 2.7 -** Caratteristiche delle condotte di collegamento dei pozzi della MiSPT E

Messa in Sicurezza e Pump & Treat			MiSPT E				
pozzo (da)	Pa n.		Pe1	Pe5	Pe10	Pe13	Pe17
pozzo (a)	Sa n.		Pe4	Pe7	Pe8	Pe11	Pe15
Portata	Q	[l/s]	1.84	1.38	1.38	1.38	1.92
Lunghezza condotta	Lp	[m]	94	15	15	15	13
Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 16)	ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	50	50	50	50	50
Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8
Velocità in condotta	V	[m/s]	1.41	1.06	1.06	1.06	1.47

Nelle figure seguenti sono riportati gli schemi idraulici rispettivamente della MiSPT C e della MiSPT D e MiSPT E.

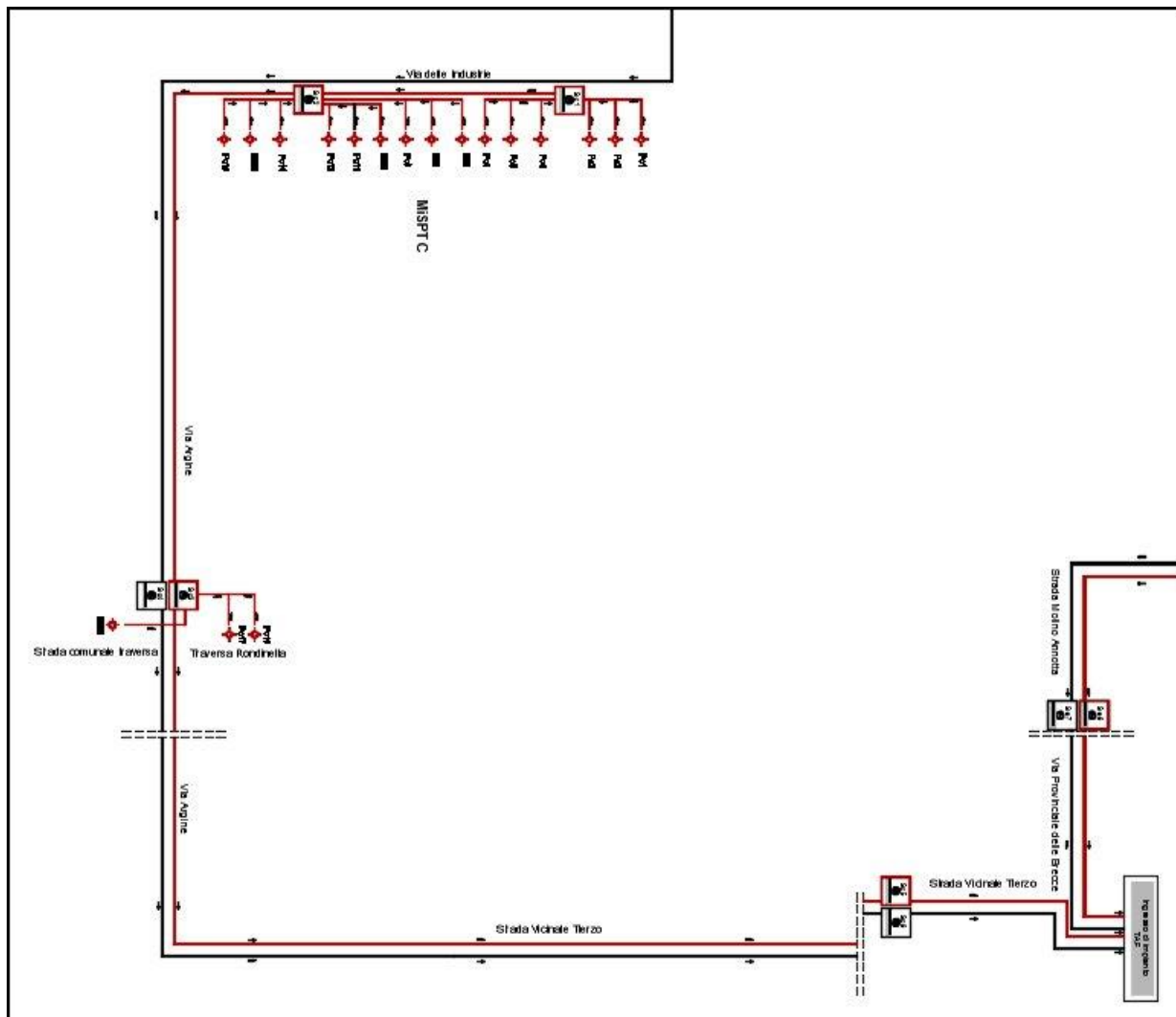


Figura 2.7 – Schema idraulico di emungimento e adduzione delle acque di falda della MiSPT C.

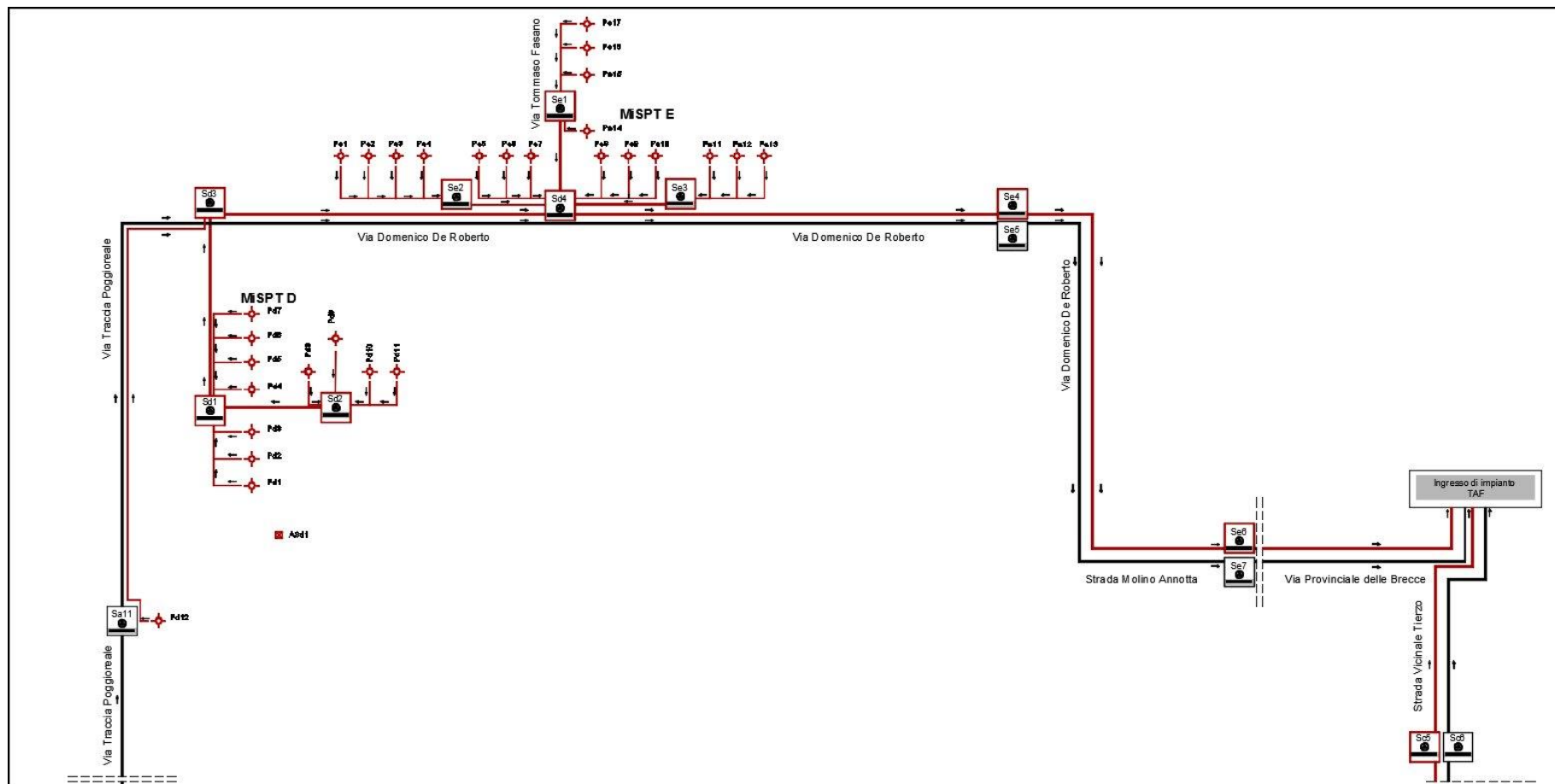


Figura 2.8 – Schema idraulico di emungimento e adduzione delle acque di falda della MiSPT D e della MiSPT E.



### 2.3.2. Pozzi e trincee drenanti delle fasi successive

**Tabella 2.8 -** Caratteristiche delle pompe sommerse in dotazione ai pozzi di emungimento della MiSPT A e relative condotte di mandata (parte 1).

Messa in Sicurezza e Pump & Treat			MiSPT A 1 (n.15 pozzi - interasse 30 - profondità 30 m - portata complessiva 14,36 l/s)													MiSPT A3			MiSPT A2						
Caratteristiche condotta di mandata	Portata da emungere	Q	[l/s]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,43	0,90	0,90	0,90	0,90		
			[m <sup>3</sup> /h]	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	1,55	3,25	3,25	3,25	3,25
			[m <sup>3</sup> /d]	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	82,7	37,2	78,0	78,0	78,0	78,0
Caratteristiche condotta di mandata	Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 12,5)	e	[mm]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	percorso (da)	Pa n.		Pa1	Pa2	Pa3	Pa4	Pa5	Pa6	Pa7	Pa8	Pa9	Pa10	Pa11	Pa12	Pa13	Pa14	Pa15	Pa16	Pa17	Pa18	Pa19	Pa20		
	percorso (a)	Sa n.		Sa 1					Sa 2					Sa 3					Sa 4						
Caratteristiche condotta di mandata	Lunghezza condotta	Lp	[m]	77,30	47,30	17,30	14,70	44,60	69,10	38,80	9,00	21,00	50,75	63,62	32,47	2,47	27,53	57,53	1,045,0	72,84	42,84	12,84	17,02		
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	25	40	40	40	40		
	Diámetro interno (di calcolo)	Di	[mm]	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	21,0	34,0	34,0	34,0	34,0		
Caratteristiche condotta di mandata	Velocità in condotta	V	[m/s]	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,243	0,994	0,994	0,994	0,994		
	Cadente (Darcy)	j	[m/m]	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,100	0,036	0,036	0,036	0,036	
	Calcolo lunghezza tubazione equivalente per	DN	[mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	25	40	40	40	40	
Calcolo delle perdite di carico in condotta	- lunghezza equivalente per curva a 45°	l 45°	[m]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6		
	- lunghezza equivalente per curva a 90°	l 90°	[m]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,6	1,2	1,2	1,2	1,2		
	- lunghezza equivalente per saracinesca	l sar	[m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	- lunghezza equivalente per valvola di ritegno	l rit	[m]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1,5	2,7	2,7	2,7	2,7		
	- totale lunghezza equivalente totale *	l tot	[m]	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6	6,3	6,3	6,3	6,3		
	Perdite di carico localizzate	Jl	[m]	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,597	0,229	0,229	0,229	0,229		
	Perdite di carico distribuite	Jp	[m]	3,119	1,908	0,698	0,593	1,800	2,788	1,566	0,363	0,847	2,048	2,567	1,310	0,100	1,111	2,321	104,000	2,643	1,554	0,466	0,617		
	Perdite di carico totali	J	[m]	3,373	2,163	0,952	0,847	2,054	3,042	1,820	0,617	1,102	2,302	2,821	1,564	0,354	1,365	2,575	104,597	2,871	1,783	0,694	0,846		
	Calcolo potenza elettropompa sommersa	- quota p.c. pozzo		[m s.l.m.]	8,90	8,45	7,90	7,70	7,45	7,05	6,65	6,10	5,75	5,55	5,30	5,05	4,85	4,75	4,65	4,50	2,80	2,60	2,45	2,25	
		- livello iniziale (falda post operam - pozzo)	h <sub>1</sub>	[m s.l.m.]	0,52	0,31	0,16	0,06	0,00	0,00	-0,04	-0,04	-0,05	-0,07	-0,08	-0,09	-0,11	-0,12	-0,16	2,65	-0,19	-0,19	-0,19	-0,19	
- quota p.c. stazione sollevamento			[m s.l.m.]	7,85					6,00					4,85					2,35						
- livello finale (sbocco stazione sollevamento)		h <sub>2</sub>	[m s.l.m.]	6,75					4,90					3,75					1,25						
Prevalenza totale, di cui:		H	[m]	9,60	8,60	7,54	7,54	8,80	7,94	6,76	5,56	6,05	7,27	6,65	5,40	4,21	5,23	6,49	103,20	4,31	3,22	2,13	2,29		
- prevalenza geodetica		Hg	[m]	6,23	6,44	6,59	6,69	6,75	4,90	4,94	4,94	4,95	4,97	3,83	3,84	3,86	3,87	3,91	-1,40	1,44	1,44	1,44	1,44		
- prevalenza dovuta alle perdite di carico	Hj	[m]	3,37	2,16	0,95	0,85	2,05	3,04	1,82	0,62	1,10	2,30	2,82	1,56	0,35	1,36	2,58	104,60	2,87	1,78	0,69	0,85			
Rendimento della pompa (ipotizzato)	η			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9			
Potenza pompa	kW	[kW]	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,04	0,05	0,07	0,48	0,04	0,03	0,02	0,02		

**Tabella 2.9 -** Caratteristiche delle pompe sommerse in dotazione ai pozzi di emungimento della MiSPT A e relative condotte di mandata (parte 2).

Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT A2 (n.19 pozzi - interasse 30 - profondità 30 m - portata complessiva 17,15 l/s)														MiSPT A3 (n.5 pozzi - int. 30 m - prof. 25 m - Qtot=2,15 l/s)				
Caratteristiche condotta di mandata	Portata da emungere	Q	[l/s] [m³/h] [m³/d]	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,43	0,43	0,43	0,43
	Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 12,5)	e	[mm]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	percorso (da)	Pa n.		Pa21	Pa22	Pa23	Pa24	Pa25	Pa26	Pa27	Pa28	Pa29	Pa30	Pa31	Pa32	Pa33	Pa34	Pa35	Pa36	Pa37	Pa38	Pa39
	percorso (a)	Sa n.		Sa 5					Sa 6					Sa 7				Sa 8				
	Lunghezza condotta	Lp	[m]	95,87	65,87	34,87	4,97	24,98	65,17	35,17	5,17	24,83	54,83	90,00	60,00	30,00	23,60	6,40	157,07	127,07	97,07	67,07
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	25	25	25	25
	Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Velocità in condotta	V	[m/s]	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	1,243	1,243	1,243	1,243	
Calcolo delle perdite di carico in condotta	Cadente (Darcy)	j	[m/m]	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,100	0,100	0,100	0,100	
	Calcolo lunghezza tubazione equivalente per	DN	[mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	25	25	25	25	
	- lunghezza equivalente per curva a 45°	l 45°	[m]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	
	- lunghezza equivalente per curva a 90°	l 90°	[m]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	
	- lunghezza equivalente per saracinesca	l sar	[m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	- lunghezza equivalente per valvola di ritegno	l rit	[m]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1,5	1,5	1,5	1,5	
	- totale lunghezza equivalente totale *	l tot	[m]	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6	6	6	6	
	Perdite di carico localizzate	Jl	[m]	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,229	0,597	0,597	0,597	0,597
Perdite di carico distribuite	Jp	[m]	3,478	2,390	1,265	0,180	0,906	2,364	1,276	0,188	0,901	1,989	3,265	2,177	1,088	0,856	0,232	15,633	12,647	9,661	6,675	
Perdite di carico totali	J	[m]	3,707	2,618	1,494	0,409	1,135	2,593	1,505	0,416	1,129	2,218	3,494	2,405	1,317	1,085	0,461	16,230	13,244	10,258	7,272	
Calcolo potenza elettropompa sommersa	- quota p.c. pozzo		[m s.l.m.]	2,20	2,25	2,20	2,40	2,75	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	3,25	3,20	3,50	3,90	2,50	2,75	3,80	4,30	
	- livello iniziale (falda post operam - pozzo)	h <sub>1</sub>	[m s.l.m.]	-0,19	-0,18	-0,16	-0,15	-0,13	-0,12	-0,10	-0,09	-0,07	-0,05	-0,04	-0,03	-0,01	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	- quota p.c. stazione sollevamento		[m s.l.m.]	2,4					3,05					3,90				4,70				
	- livello finale (sbocco stazione sollevamento)	h <sub>2</sub>	[m s.l.m.]	1,30					1,95					2,80				3,60				
	Prevalenza totale, di cui:	H	[m]	5,20	4,10	2,95	1,86	2,56	4,66	3,55	2,46	3,15	4,22	6,33	5,24	4,13	3,88	3,26	18,83	15,84	12,86	9,87
	- prevalenza geodetica	Hg	[m]	1,49	1,48	1,46	1,45	1,43	2,07	2,05	2,04	2,02	2,00	2,84	2,83	2,81	2,80	2,80	2,60	2,60	2,60	2,60
	- prevalenza dovuta alle perdite di carico	Hj	[m]	3,71	2,62	1,49	0,41	1,13	2,59	1,50	0,42	1,13	2,22	3,49	2,41	1,32	1,08	0,46	16,23	13,24	10,26	7,27
Rendimento della pompa (ipotizzato)	η		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
Potenza pompa	kW	[kW]	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,05	0,03	0,02	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,09	0,07	0,06	0,05	



**Tabella 2.11** - Caratteristiche delle Tubazioni di collegamento dei pozzi della MiSPT A.

Messa in Sicurezza e Pump & Treat			MiSPT A1							MiSPT A2				MiSPT A3
pozzo (da)	Pa n.		Pa1	Pa4	Pa6	Pa9	Pa11	Pa14	Pa16	Pa21	Pa26	Pa29	Pa31	Pa36
pozzo (a)	Sa n.		Pa3	Pa5	Pa8	Pa10	Pa13	Pa15	Pa19	Pa24	Pa28	Pa30	Pa34	Pa39
Portata	Q	[l/s]	2,87	2,82	2,87	1,91	2,87	1,91	3,14	3,61	2,71	1,81	3,61	1,72
Lunghezza condotta	Lp	[m]	45	15	45	15	45	15	75	75	45	15	75	127
Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 16)	ε	[mm]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	63	63	63	50	63	50	63	63	63	50	75	50
Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	61,4	61,4	61,4	40,8	61,4	40,8	61,4	61,4	61,4	40,8	61,4	40,8
Velocità in condotta	V	[m/s]	0,970	0,951	0,970	1,464	0,970	1,464	1,060	1,220	0,915	1,381	1,220	1,317

**Tabella 2.12** - Caratteristiche delle Tubazioni di collegamento dei pozzi della MiSPT B.

Messa in Sicurezza e Pump & Treat			MiSPT B								
pozzo (da)	Pa n.		Pb1	Pb5	Pb7	Pb9	Pb11	Pb14	Pb17	Pb20	Pb23
pozzo (a)	Sa n.		Pb3	Pb6	Pb8	Pb10	Pb12	Pb15	Pb18	Pb21	Pb24
Portata	Q	[l/s]	1,10	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Lunghezza condotta	Lp	[m]	94	15	15	15	12,5	12,5	12,50	12,50	12,50
Scabrezza assoluta (Pead PE100TS PFA 16)	ε	[mm]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	40	40	32	32	32	32	32	32	32
Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	32,6	26	26	26	26	26	26	26	26
Velocità in condotta	V	[m/s]	1,319	1,382	1,382	1,382	1,382	1,382	1,382	1,382	1,382

Nelle figure seguenti sono riportati gli schemi idraulici rispettivamente della MiSPT A, della MiSPT B e della MiSPT F.

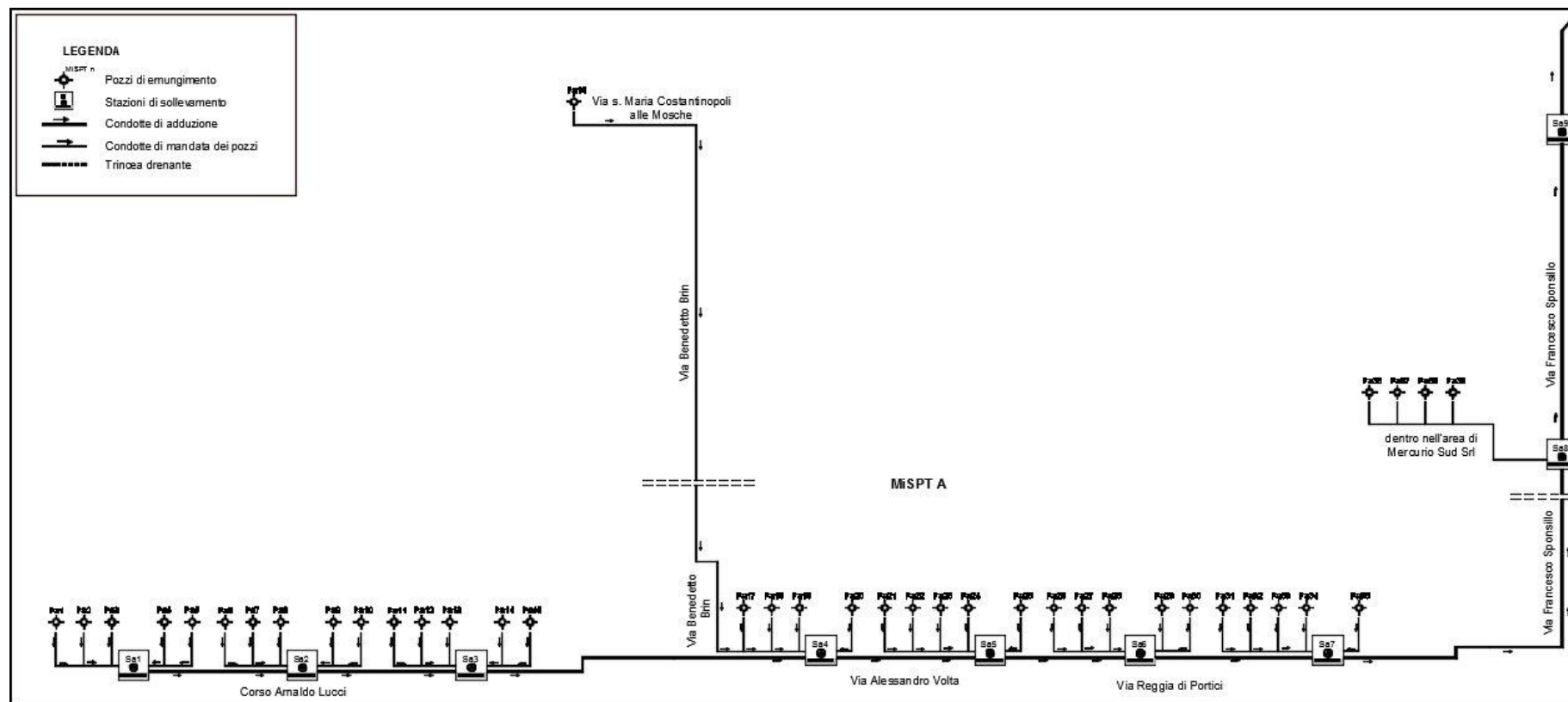


Figura 2.9 – Schema idraulico di emungimento e adduzione delle acque di falda della MiSPT A

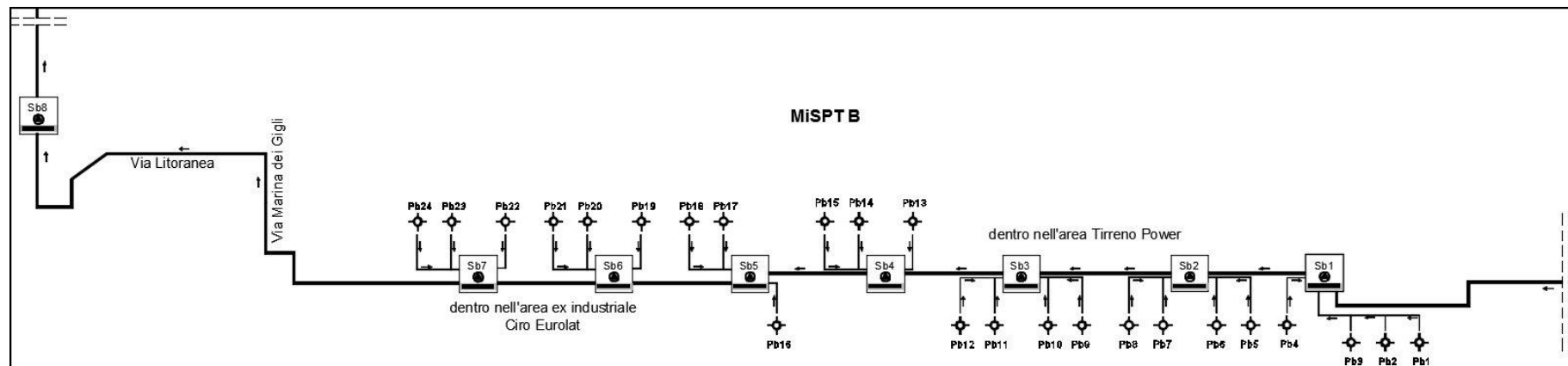


Figura 2.10 – Schema idraulico di emungimento e adduzione delle acque di falda della MiSPT B

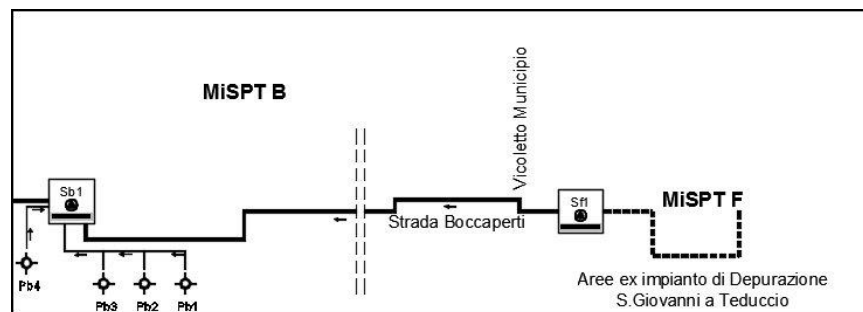
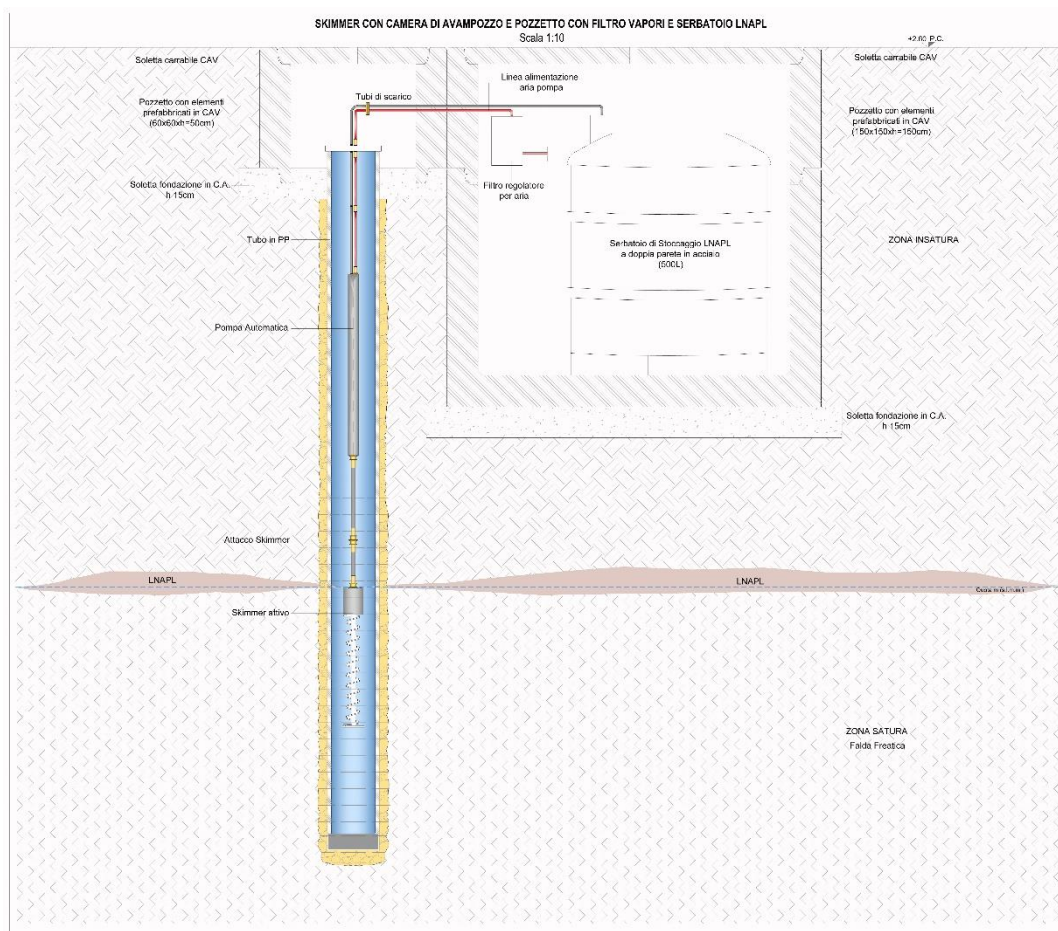


Figura 2.11 – Schema idraulico di emungimento e adduzione delle acque di falda della MiSPT F

Nell'area dell'Autorità portuale, in cui si hanno informazioni circa la presenza di uno strato separato di idrocarburi, si è previsto di realizzare alcuni pozzi e attrezzarli con **skimmer**, per il recupero di LNAPL.



**Figura 2.12** – Skimmer con stazione di trattamento vapori e serbatoio di stoccaggio idrocarburi.

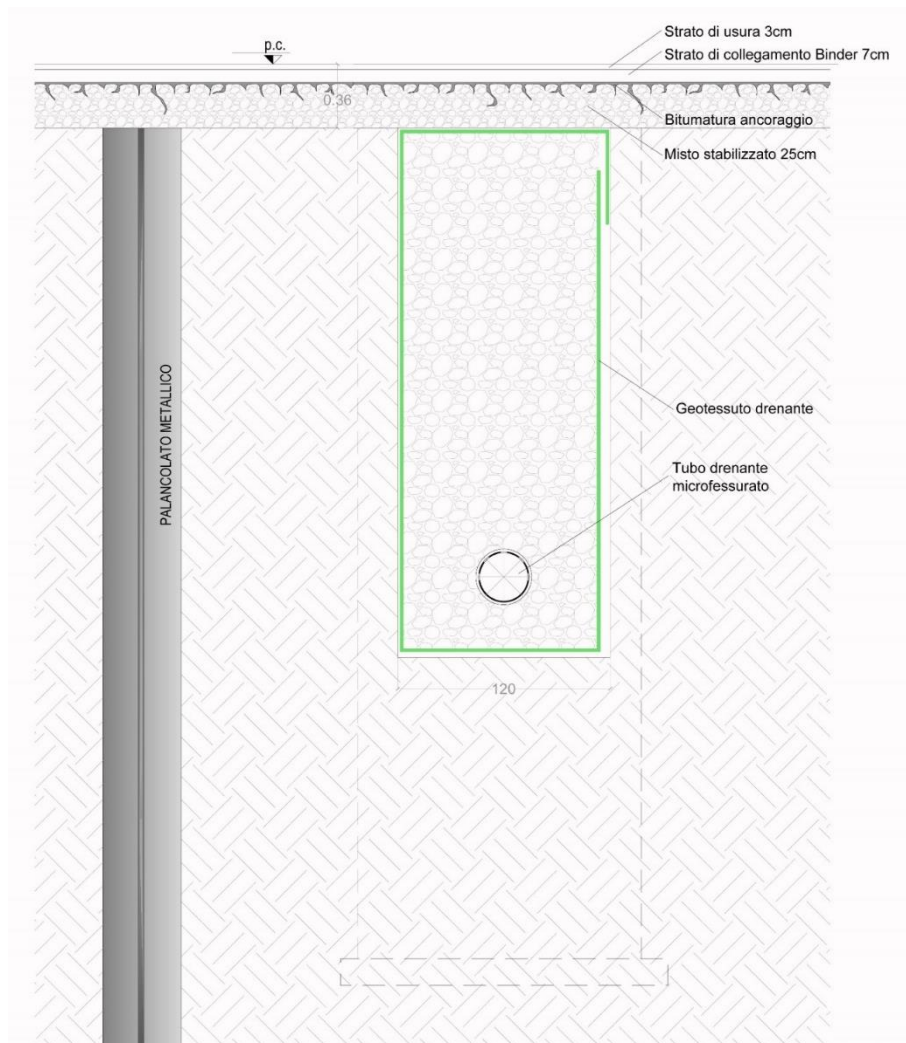
Il sistema di recupero per il prodotto surnatante da installare all'interno del pozzo sarà costituito dai seguenti componenti:

- ✓ skimmer attivi di diametro esterno 3.8" cm a recupero selettivo di prodotto, dotato di galleggiante per seguire i movimenti della falda (effettiva escursione galleggiante 61 cm) e di membrana selettiva idrofobica per permettere il passaggio del solo prodotto, riducendo lo strato di galleggiamento a solo un velo;
- ✓ unità pompante, preposta a mandare il prodotto in superficie con corpo in acciaio e raccorderia in ottone in grado di estrarre 110 cc di prodotto durante ogni ciclo e munita di valvola di non ritorno. Tale tipologia di pompa non necessita di centralina di controllo esterna e dovrà consentire l'impostazione dei tempi di ciclo tramite una vite in testa;
- ✓ filtro regolatore per aria, con scaricatore automatico di condensa integrato d'aria completo di manometro 0 – 10 bar;

- ✓ serbatoio di accumulo di acciaio (idoneo al contenimento del prodotto prelevato), dotato di doppia camera di sicurezza che in caso di foratura, contiene il 100% della camera interna, Il serbatoio di accumulo dovrà essere munito di livellostato pneumatico di “troppo pieno” per l’eventuale blocco automatico del sistema.
- ✓ pozzetto di alloggiamento del serbatoio realizzata con elementi prefabbricati portanti in calcestruzzo vibrocompresso.

All’estremo sud orientale del SIN, nell’area del depuratore dismesso di San Giovanni a Teduccio, si prevede di realizzare una **trincea drenante** che consenta di emungere le acque di falda contaminate.

La trincea, vista la vicinanza al mare sarà circondata, fronte mare, da un palancolato metallico realizzato unicamente allo scopo di evitare un eccessivo aggotamento delle acque saline. Allo stesso scopo, la tubazione drenante della trincea sarà posizionata in modo determinare un abbassamento minimo del livello piezometrico di falda, che non dovrà mai essere inferiore al livello medio del mare, ma la parte fessurata (metà superiore della tubazione) avrà il livello minimo di circa 10 cm superiore allo zero medio marino.



**Figura 2.13** - Trincea drenante e palancolato metallico in area ex depuratore di San Giovanni a Teduccio.



La trincea drenante, realizzata a ridosso del palancoato, sarà riempita con scampoli di pietrame calcareo di cava in pezzatura media assestati a mano, compresa la cernita del materiale e la sistemazione anche a sezione variabile in rapporto all'altezza.



**Figura 2.14** - Tubazioni microfessurate drenanti

Si prevede di utilizzare una tubazione drenante in PEAD (polietilene alta densità) di tipo corrugato a doppia parete, con fessurazioni poste nella sola metà superiore sulle gole fra costole successive, con classe di rigidità SN8 e Diametro esterno pari a mm 315.

Lo strato drenante o di separazione di strati a diversa granulometria, sarà composto da geotessile non tessuto costituito da polipropilene a filo continuo, agglomerato mediante sistema d'agglutitura meccanica, stabilizzato ai raggi UV, con esclusione di collanti, resine e altri additivi chimici, resistente a trazione longitudinale e trasversale e al punzonamento.

#### **2.4. Caratteristiche e dimensionamento delle opere di adduzione**

Le acque di falda drenate dai pozzi, sono raccolte nelle **stazioni di sollevamento** prefabbricate e rilanciate con condotte di mandata, verso l'impianto di trattamento (TAF) ubicato nell'area del depuratore di Napoli Est. Lungo la linea di adduzione sono previste ulteriori stazioni di rilancio in funzione dei tratti di condotte monitorate dal sistema di controllo perdite.

Nella figura seguente si riporta lo schema idraulico del sistema di adduzione al TAF.

In generale il sistema di adduzione si compone:

1. di una linea a servizio del MiSPT C in Pead De 140;
2. di una linea a servizio dei MiSPT D e MiSPT E in Pead De 160;
3. di una linea a servizio del MiSPT A in Pead De 225;
4. di una linea a servizio dei MiSPT B e MiSPT F in Pead De 140

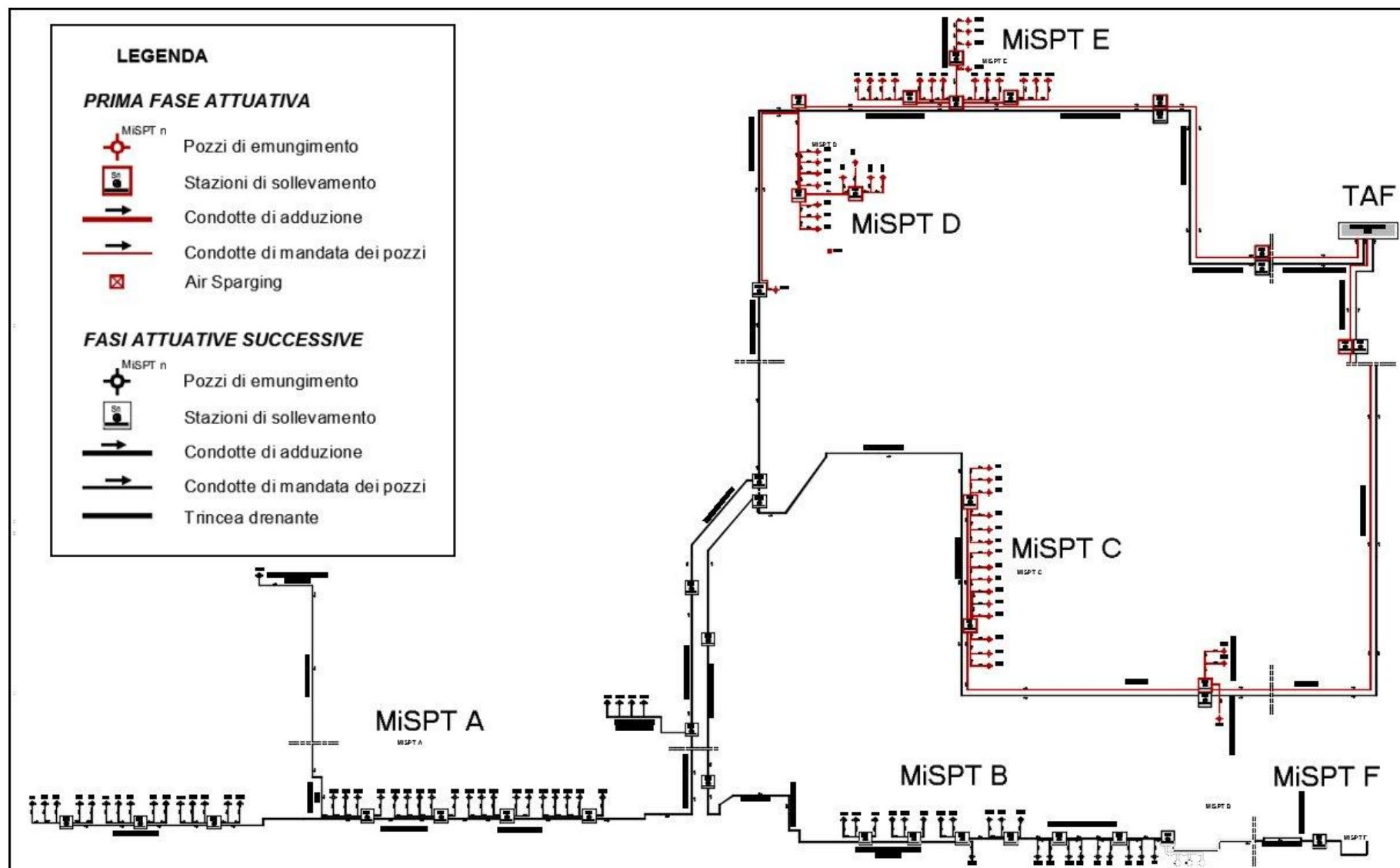
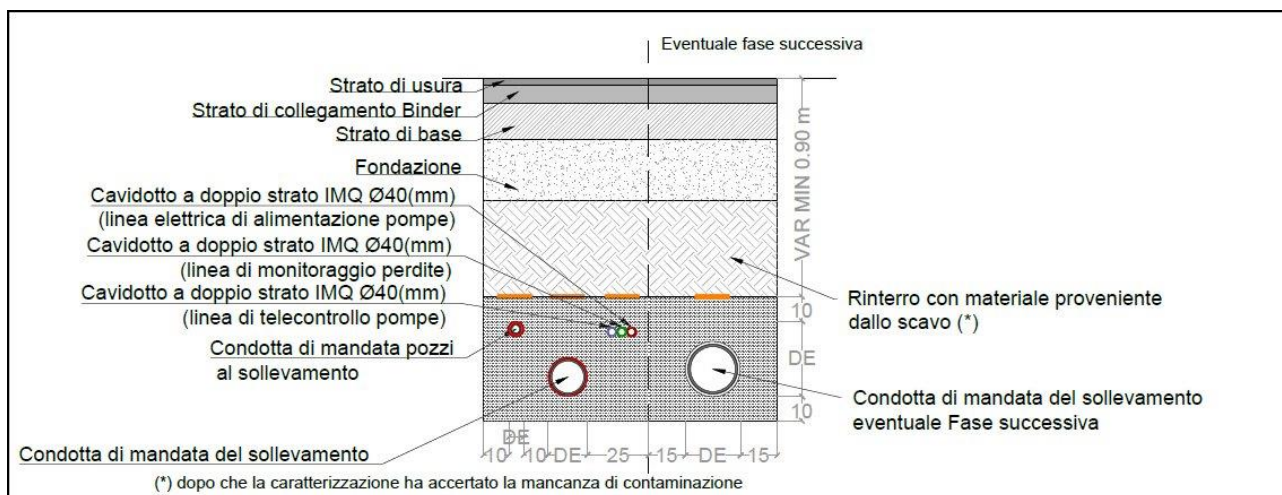


Figura 2.15 – Schema idraulico complessivo del sistema di adduzione delle acque di falda al TAF.

Le condotte di adduzione, sono previste in PEAD per acquedotti (UNI-EN 12201), con giunti elettrosaldati, saranno generalmente interrati secondo la sezione di posa riportata nella Figura 2.16 seguente, si sviluppano procedendo inizialmente lungo il percorso delle barriere idrauliche, per poi avanzare in direzione del TAF seguendo quelle strade che consentono di trovare il minor numero possibile di interferenze con gli altri servizi a rete.



**Figura 2.16** – Sezione di posa tipo delle condotte di adduzione al TAF, poste in opera su di un letto di sabbia di rinfianco, rinterro con materiale di risulta dagli stessi scavi, utilizzato solo dopo apposita caratterizzazione.

Anche in questo caso, per il dimensionamento delle **condotte di mandata** di adduzione al TAF è stata considerata una velocità dell'acqua compresa tra 0,7 e 2,3 m/s come prescritto dalla UNI EN 12056-4. La cadente piezometrica per il calcolo delle perdite è stata calcolata con la formula di Colebrook-White, considerando una scabrezza assoluta delle tubazioni in PEad pari a 0,02, mentre le perdite di carico concentrate sono state trasformate, anche in questo caso, in lunghezza equivalente.

Sia per le condotte di mandata delle pompe sommerse dei pozzi, che per quelle delle stazioni di sollevamento, si è scelto di utilizzare tubazione in PEad PE100TS PFA 10÷16, dotate di sistema di rilevamento automatizzato delle perdite grazie alla presenza di strato di rivestimento conduttore e apposito sistema di rilevamento ed allarme al sistema centralizzato. Il sistema, inoltre, è organizzato in modo da spegnere tutte le apparecchiature poste a monte idraulico della perdita, minimizzando i danni.



Figura 2.17 – Tubazioni dotate di sistema automatico di rilevamento perdite.

Le **stazioni di sollevamento** saranno in calcestruzzo armato vibrocompresso prefabbricate, dotate di due elettropompe sommergibili collegate in parallelo, una di riserva all'altra, e funzionanti alternativamente per le quali si è previsto un numero di attacchi/ora pari a 7, inferiore a quanto previsto dalla norma UNI EN 12056-4 che suggerisce (non prescrive) una durata minima di funzionamento di:

- ✓ 2,2 sec. per pompe fino a 2,5 kW
- ✓ 5,5 sec. per pompe da 2,5 a 7,5 kW
- ✓ 5,5 sec. per pompe oltre 7,5 kW

ed un pompaggio minimo di 20 litri (in modo più restrittivo i costruttori di pompe suggeriscono massimo 12 avviamenti/ora per pompe fino a 5 kW e massimo 8 avviamenti/ora per pompe oltre 50 kW). Calcolato così il volume necessario della stazione di sollevamento è stata scelta la dimensione commerciale più vicina.

Le opere civili delle stazioni di sollevamento sono previste interrato e realizzate in calcestruzzo armato prefabbricato. La struttura è suddivisa in una camera di alloggiamento delle pompe e un pozzetto di alloggiamento delle apparecchiature, chiusi a livello del piano di campagna tramite chiusino in ghisa.

Il calcolo della prevalenza delle pompe sommergibili delle stazioni di pompaggio è stato effettuato tenendo conto della portata, del dislivello geodetico, delle perdite di carico distribuite lungo la condotta e di quelle concentrate determinate dalle apparecchiature (valvole di ritegno e di sezionamento, curve, etc.).

Le perdite di carico concentrate sono state trasformate in lunghezza aggiuntiva equivalente della condotta, secondo letteratura, mentre quelle lineari sono state calcolate con la formula di Darcy:

$$J = \frac{Av^2}{2g D}$$

dove:

$v$  è la velocità della portata

$D$  è il diametro interno della condotta

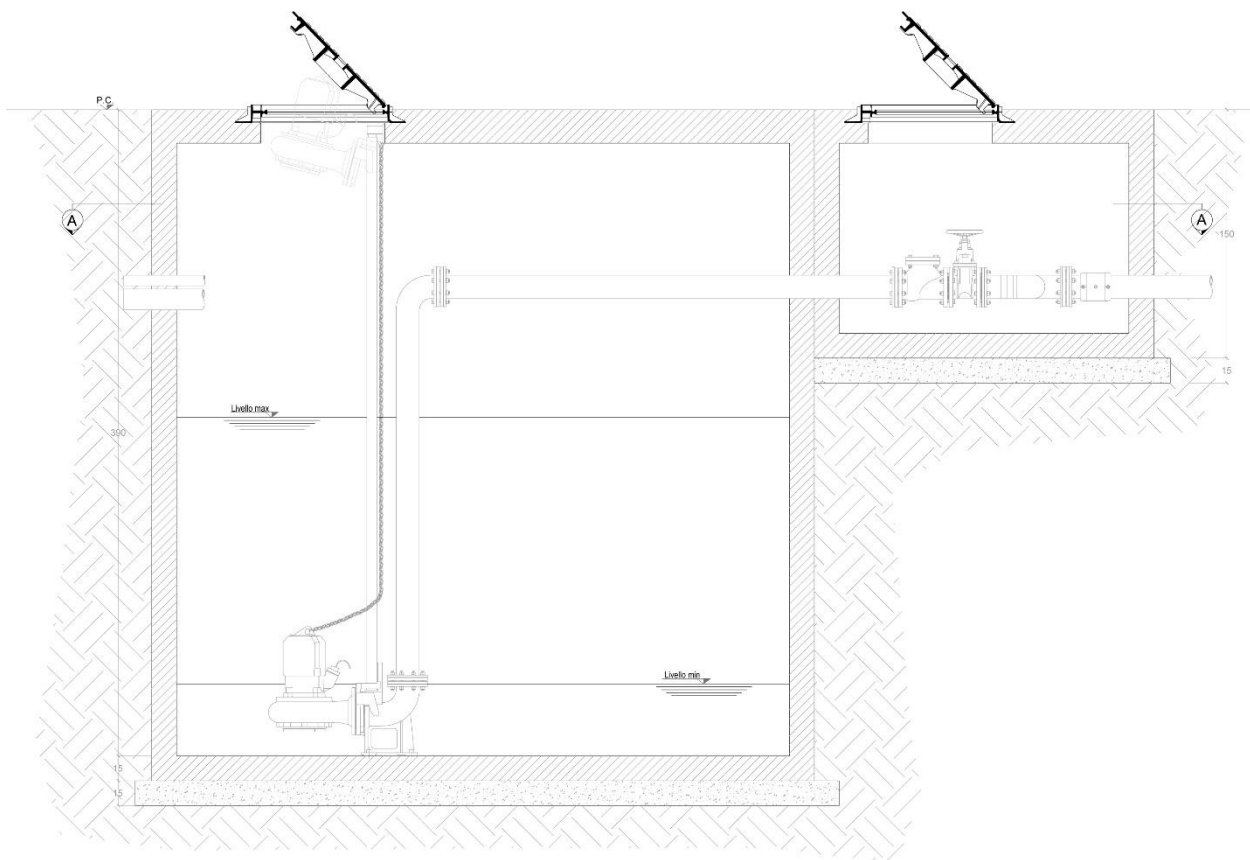
$g$  è l'accelerazione di gravità

$\lambda$  coeff. di resistenza calcolato con la formula di Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right)$$

$Re$  è il numero di Reynolds

$\varepsilon$  è la scabrezza



**Figura 2.18** – Stazioni di sollevamento con pozzetto contenente le apparecchiature idrauliche e di controllo.

Le condotte di adduzione al TAF saranno corredate di tutte le apparecchiature elettromeccaniche atte a garantirne il buon funzionamento, tra cui pozzetti di ispezione, apparecchiature di scarico e di sfiato (queste ultime dotate di filtri a carboni attivi atti a trattare e depurare l'aria di cavitazione prima del rilascio in atmosfera) e polmoni contro il colpo d'ariete.

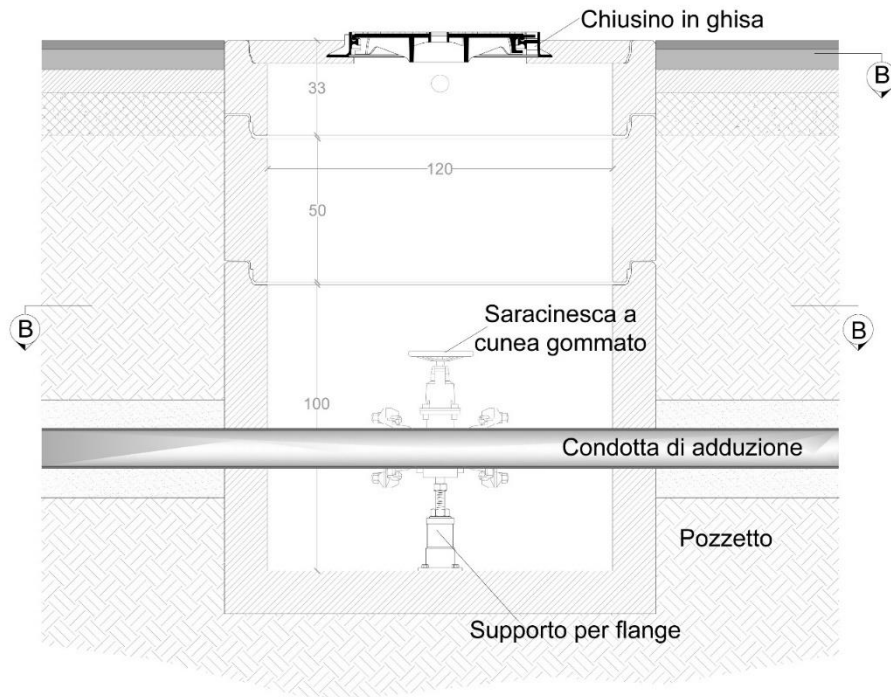


Figura 2.19 - Pozzetto con attrezzatura di scarico (punto di minimo altimetrico).

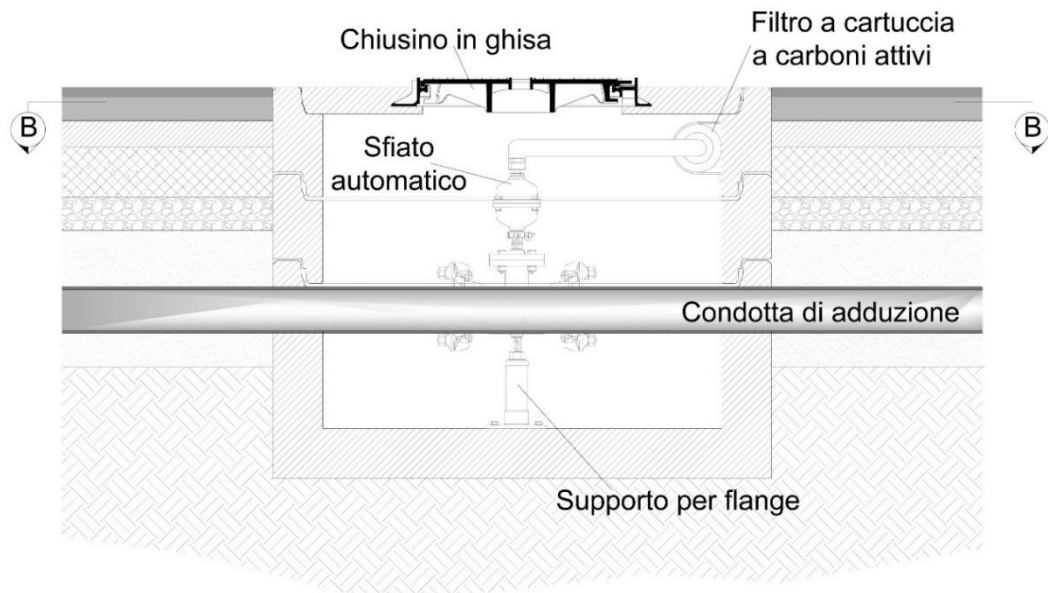


Figura 2.20 - Pozzetto con attrezzatura di sfiato e filtro a carboni attivi (punto di massimo altimetrico).

Chiusini e griglie sferoidale sono previsti con classe di carrabilità per mezzi pesanti e prodotti da aziende certificate ISO 9001 conformi alle norme tecniche vigenti.

Nei paragrafi seguenti si riportano in dettaglio le caratteristiche e i calcoli idraulici delle linee di adduzione al TAF e relative stazioni di sollevamento.

#### **2.4.1. Linee di adduzione al TAF della fase 1**

La condotta di adduzione al TAF della **MiSPT C** è in Pead PFA 16, ha una lunghezza di 2698 m, di cui: **1.316 m De 160**, 768 m De 110 e 315 m De 75.

La condotta di adduzione al TAF della **MiSPT D** è in Pead PFA 16, ha una lunghezza di 3167 m di cui: **1.614 m De 160**, 701 m De 110 e 615 m De 50÷63÷75.

La potenza delle pompe della MiSPT C è compresa tra 0,44 e 3,24 kW per un totale complessivo di **9,37 kW** teoricamente funzionanti (potenza totale installata pari a  $2 \times 9,37 = 18,74$  kW), come si evince dalla tabella riportata nelle pagine seguenti.

La potenza delle pompe della MiSPT D e MiSPT E è compresa tra 0,19 e 4,43 kW per un totale complessivo di **13,67 kW** teoricamente funzionanti (potenza totale installata pari a  $2 \times 13,67 = 27,34$  kW), come si evince dalla tabella riportata nelle pagine seguenti.

La potenza delle pompe della fase 1 è pertanto compresa tra 0,19 e 4,43 kW per un totale complessivo di **23,04 kW** teoricamente funzionanti (potenza totale installata pari a  $2 \times 23,04 = 46,08$  kW), come si evince dalla tabella riportata nelle pagine seguenti.

#### **2.4.2. Linee di adduzione al TAF delle fasi successive**

La condotta di adduzione al TAF della **MiSPT A** è in Pead PFA 10 ha una lunghezza di 6876,7 m, di cui: **5.805 m De 200÷225**, 783,9 m De 140÷180 e 287,8 m De 90÷125.

La condotta di adduzione al TAF della **MiSPT F** e della **MiSPT B** ha una lunghezza di 6363,3 m di cui: **5.733,8 m De 140**, 251 m De 110÷125 e 378,6 m De 75÷90.

La potenza delle pompe della MiSPT A è compresa tra 0,13 e 9,33 kW per un totale complessivo di **44,16 kW** teoricamente funzionanti (potenza totale installata pari a  $2 \times 44,16 = 88,32$  kW), come si evince dalla tabella riportata nei paragrafi seguenti.

La potenza delle pompe della MiSPT F e MiSPT B è compresa tra 0,68 e 5,90 kW per un totale complessivo di **23,21 kW** teoricamente funzionanti (potenza totale installata pari a  $2 \times 23,21 = 46,42$  kW), come si evince dalla tabella riportata nei paragrafi seguenti.

La potenza delle pompe delle fasi successive è pertanto compresa tra 0,13 e 9,33 kW per un totale complessivo di **67,37 kW** teoricamente funzionanti (potenza totale installata pari a  $2 \times 67,37 = 134,74$  kW), come si evince dalla tabella riportata nelle pagine seguenti.

**Tabella 2.13** – Calcoli idraulici (dimensioni stazioni di sollevamento, potenza delle pompe, dimensioni e caratteristiche delle condotte di mandata). MiSPT C

Sistema di Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT C					
Dimensionamento della stazione di sollevamento	Stazione di sollevamento			Sc1	Sc2	Sc3	Sc5		
	Portata in arrivo	Q	[l/s]	3.18	7.95	9.66	9.66		
			[m <sup>3</sup> /h]	11.45	28.62	34.78	34.78		
	Numero di attacchi della pompa (massimo 8)			7	7	7	7		
	Volume della stazione di sollevamento (di calcolo)			1.64	4.09	4.97	4.97		
	<b>Volume della stazione di sollevamento (prefabbricata)</b>			<b>2.0</b>	<b>4.5</b>	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>		
	- larghezza			1.25	1.75	1.75	1.75		
	- lunghezza			1.3	1.8	1.8	1.8		
	- altezza *(altezza utile, a meno delle prolunghie per tot 1,5 m)			2.0	2.0	2.0	2.0		
	Portata da sollevare (per ciascuna pompa)	Q	[l/s]	4.77	11.93	14.49	14.49		
[m <sup>3</sup> /h]			17.17	42.93	52.16	52.16			
Tempo effettivo di svuotamento della stazione			Tf	[min]	8.58	7.72	8.47	8.47	
Dimensionamento condotte mandata	Materiale della condotta			* Pead PE100TS PFA16					
	Scabrezza assoluta			ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02
	Stazione di sollevamento di partenza			S n.		Sc1	Sc2	Sc3	Sc4
	Stazione di sollevamento di arrivo			S n.		Sc2	Sc3	Sc4	TAF
	Lunghezza condotta			L <sub>mandata</sub>	[m]	316.0	768.0	1052.0	562.0
	Diametro esterno (nominale)			De	[mm]	75	110	140	140
	Diametro interno (di calcolo)			Di	[mm]	61.4	90	114.6	114.6
	Velocità in condotta (0,7-2,3 m/s da UNI EN 12056-4)			V	[m/s]	1.07	1.25	0.94	0.94
Calcolo delle perdite di carico in condotta:	<b>Cadente (formula di Darcy)</b>			J	[m/m]	0.020	0.017	0.007	0.007
	<b>Calcolo lunghezza tubazione equivalente per DN</b>			DN	[mm]	80	100	125	125
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 45°			L <sub>45</sub>	[m]	0.9	1.2	1.5	1.5
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 90°			L <sub>90</sub>	[m]	2.1	3	3.6	3.6
	- lunghezza tubazione equivalente per saracinesca			L <sub>SAR</sub>	[m]	0.3	0.6	0.3	0.3
	- lunghezza tubazione equivalente per valvola di ritegno			L <sub>VALV</sub>	[m]	4.8	6.6	8.3	8.3
	- totale lunghezza tubazione equivalente x percorso			L <sub>TOT</sub>	[m]	11.1	15.6	18.8	18.8
	<b>Perdite di carico localizzate</b>			J <sub>LOC</sub>	[m]	0.22	0.26	0.14	0.14
	<b>Perdite di carico distribuite</b>			J <sub>DIST</sub>	[m]	6.35	12.75	7.67	4.09
	<b>Perdite di carico totali</b>			J	[m]	6.57	13.01	7.80	4.23
Calcolo potenza elettropompa sommergibile	quota terreno stazione di partenza			Qpc p	[m s.l.m.]	4.55	4.90	12.90	12.00
	quota terreno stazione di arrivo			Qpc a	[m s.l.m.]	4.90	12.90	12.00	14.00
	livello iniziale (stazione di partenza)			H p	[m s.l.m.]	1.55	1.90	9.90	9.00
	livello finale (stazione di arrivo)			H a	[m s.l.m.]	3.50	11.50	10.60	12.60
	<b>Prevalenza totale, di cui:</b>			H	[m]	8.52	24.91	18.80	17.23
	- prevalenza geometrica			Hg	[m]	1.95	11.90	11.00	13.00
	- perdite carico totali			Hp	[m]	6.57	13.01	7.80	4.23
	tipo di condotta (g=gravità; s=sollevamento)					s	s	s	s
	<b>Rendimento della pompa (ipotizzato)</b>			η	---	0.9	0.9	0.9	0.9
	<b>Potenza della pompa</b>			kW	[kW]	0.44	3.24	2.97	2.72



Tabella 2.14 – Calcoli idraulici (dimensioni stazioni di sollevamento, potenza delle pompe, dimensioni e caratteristiche delle condotte di mandata). MiSPT D e MiSPT E

Sistema di Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT D			MiSPT E			MiSPT D+E		
Dimensionamento della stazione di sollevamento	Stazione di sollevamento			Sd2	Sd1	Sd3	Se1	Se2	Se3	Sd4	Se4	Se6
	Portata in arrivo	Q	[l/s]	2.48	6.05	6.62	2.56	1.84	1.38	15.16	15.16	15.16
			[m <sup>3</sup> /h]	8.93	21.78	23.83	9.22	6.62	4.97	54.58	54.58	54.58
	Numero di attacchi della pompa (massimo 8)		---	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Volume della stazione di sollevamento (di calcolo)	Vol <sub>calcolo</sub>	[m <sup>3</sup> ]	1.28	3.11	3.40	1.32	0.95	0.71	7.80	7.80	7.80
	<b>Volume della stazione di sollevamento (prefabbricata)</b>	<b>Vol</b>	<b>[m<sup>3</sup>]</b>	<b>2.0</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>11.0</b>	<b>11.0</b>	<b>11.0</b>
	- larghezza	a	[m]	1.25	1.75	1.75	1.25	1.25	1.25	1.80	1.80	1.80
	- lunghezza	b	[m]	1.3	1.8	1.8	1.3	1.3	1.3	3.2	3.2	3.2
	- altezza *(altezza utile, a meno delle prolunghie per tot 1,5 m)	h	[m]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5
	Portata da sollevare (per ciascuna pompa)	Q	[l/s]	3.72	9.08	9.93	3.84	2.76	2.07	22.74	22.74	22.74
	[m <sup>3</sup> /h]		13.39	32.67	35.75	13.82	9.94	7.45	81.86	81.86	81.86	
Tempo effettivo di svuotamento della stazione	Tf	[min]	11.00	10.14	9.27	10.65	14.82	19.76	9.89	9.89	9.89	
Dimensionamento condotte mandata	Materiale della condotta			Pead PE100TS PFA16			Pead PE100TS PFA16			Pead PE100TS PFA16		
	Scabrezza assoluta	ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Stazione di sollevamento di partenza	S n.		Sd2	Sd1	Sd3	Se1	Se2	Se3	Sd4	Se4	Se6
	Stazione di sollevamento di arrivo	S n.		Sd1	Sd3	Sd4	Sd4	Sd4	Sd4	Se4	Se6	TAF
	Lunghezza condotta	L <sub>mandata</sub>	[m]	105.0	316.0	385.0	224.0	115.0	171.0	387.0	928.0	536.0
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	75	110	110	75	63	50	160	160	160
	Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	61.4	90	90	61.4	51.4	40.8	130.8	130.8	130.8
	Velocità in condotta (0,7-2,3 m/s da UNI EN 12056-4)	V	[m/s]	0.84	0.95	1.04	0.86	0.89	1.06	1.13	1.13	1.13
Calcolo delle perdite di carico in condotta:	<b>Cadente (formula di Darcy)</b>	J	[m/m]	0.013	0.010	0.012	0.014	0.018	0.032	0.009	0.009	0.009
	<b>Calcolo lunghezza tubazione equivalente per DN</b>	DN	[mm]	80	100	100	80	65	50	150	150	150
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 45°	L <sub>45</sub>	[m]	0.9	1.2	1.2	0.9	0.9	0.6	2.1	2.1	2.1
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 90°	L <sub>90</sub>	[m]	2.1	3	3	2.1	1.8	1.5	4.2	4.2	4.2
	- lunghezza tubazione equivalente per saracinesca	L <sub>SAR</sub>	[m]	0.3	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9
	- lunghezza tubazione equivalente per valvola di ritegno	L <sub>VALV</sub>	[m]	4.8	6.6	6.6	4.8	4.2	3.3	10.4	10.4	10.4
	- totale lunghezza tubazione equivalente x percorso	L <sub>TOT</sub>	[m]	11.1	15.6	15.6	11.1	9.9	7.8	23.9	23.9	23.9
	<b>Perdite di carico localizzate</b>	J <sub>LOC</sub>	[m]	0.14	0.16	0.19	0.15	0.17	0.25	0.21	0.21	0.21
<b>Perdite di carico distribuite</b>	J <sub>DIST</sub>	[m]	1.34	3.18	4.57	3.03	2.03	5.51	3.38	8.10	4.68	
<b>Perdite di carico totali</b>	J	[m]	1.48	3.34	4.75	3.18	2.20	5.76	3.59	8.31	4.89	
Calcolo potenza elettropompa sommergibile	quota terreno stazione di partenza	Qpc p	[m s.l.m.]	4.20	4.10	3.80	6.40	4.60	6.10	5.60	8.00	9.00
	quota terreno stazione di arrivo	Qpc a	[m s.l.m.]	4.10	3.80	5.60	5.60	5.60	5.60	8.00	9.00	14.00
	livello iniziale (stazione di partenza)	H p	[m s.l.m.]	1.20	1.10	0.80	3.40	1.60	3.10	2.10	4.50	5.50
	livello finale (stazione di arrivo)	H a	[m s.l.m.]	2.70	2.40	4.20	4.20	4.20	4.20	6.60	7.60	12.60
	<b>Prevalenza totale, di cui:</b>	H	[m]	4.58	6.14	9.35	7.78	6.80	10.36	10.59	16.31	17.89
	- prevalenza geometrica	Hg	[m]	3.10	2.80	4.60	4.60	4.60	4.60	7.00	8.00	13.00
	- perdite carico totali	Hp	[m]	1.48	3.34	4.75	3.18	2.20	5.76	3.59	8.31	4.89
	tipo di condotta (g=gravità; s=sollevamento)			s	s	s	s	s	s	s	s	s
	<b>Rendimento della pompa (ipotizzato)</b>	η	---	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	<b>Potenza della pompa</b>	kW	[kW]	0.19	0.61	1.01	0.33	0.20	0.23	2.62	4.04	4.43

Tabella 2.15 – Calcoli idraulici (dimensioni stazioni di sollevamento, potenza delle pompe, dimensioni e caratteristiche delle condotte di mandata). MiSPT A

Sistema di Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT A													
Dimensionamento della stazione di sollevamento	Stazione di sollevamento			Sa1	Sa2	Sa3	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	Sa9	Sa10	Sa11	Se5	Se7	
	Portata in arrivo	Q	[l/s]	4.79	9.57	14.36	18.40	22.91	27.43	31.94	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66
			[m <sup>3</sup> /h]	17.23	34.46	51.69	66.24	82.49	98.74	114.99	121.19	121.19	121.19	121.19	121.19	121.19	121.19
	Numero di attacchi della pompa (massimo 8)			---	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Tempo di accumulo nella stazione di sollevamento			T	[min]	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57
	Volume della stazione di sollevamento (di calcolo)			Vol <sub>calcolo</sub>	[m <sup>3</sup> ]	2.46	4.92	7.38	9.46	11.78	14.11	16.43	17.31	17.31	17.31	17.31	17.31
	Volume della stazione di sollevamento (prefabbricata)			Vol	[m <sup>3</sup> ]	3.0	6.0	7.5	11.0	13.0	15.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	- larghezza			a	[m]	1.25	1.75	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
	- lunghezza			b	[m]	1.8	1.8	2.2	3.2	3.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
	- altezza *(altezza utile, a meno delle prolunghe per tot 1,5 m)			h	[m]	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Portata da sollevare (per ciascuna pompa)	Q	[l/s]	7.18	14.36	21.54	27.60	34.37	41.14	47.91	50.49	50.49	50.49	50.49	50.49	50.49	50.49	
		[m <sup>3</sup> /h]	25.84	51.69	77.53	99.36	123.73	148.11	172.48	181.78	181.78	181.78	181.78	181.78	181.78	181.78	
Tempo effettivo di svuotamento della stazione			Tf	[min]	8.55	8.55	7.12	8.15	7.74	7.46	7.71	7.31	7.31	7.31	7.31	7.31	
Dimensionamento condotte mandata	Materiale della condotta			* Pead PE100TS PFA10													
	Scabrezza assoluta			ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Stazione di sollevamento di partenza			S n.		Sa1	Sa2	Sa3	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	Sa9	Sa10	Sa11	Se5
	Stazione di sollevamento di arrivo			S n.		Sa2	Sa3	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	Sa9	Sa10	Sa11	Se5	Se7
	Lunghezza condotta			L <sub>mandata</sub>	[m]	138.8	149.0	514.5	145.7	123.7	197.0	722.0	660.0	405.0	389.0	1968.0	928.0
	Diametro esterno (nominale)			De	[mm]	90	125	140	160	180	200	225	225	225	225	225	225
	Diametro interno (di calcolo)			Di	[mm]	79.2	110.2	123.4	141	158.6	176.2	198.2	198.2	198.2	198.2	198.2	198.2
	Velocità in condotta (0,7-2,3 m/s da UNI EN 12056-4)			V	[m/s]	0.97	0.00	1.20	1.18	1.16	1.12	1.04	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Calcolo delle perdite di carico in condotta:	Cadente (formula di Darcy)			J	[m/m]	0.012	0.009	0.011	0.009	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
	Calcolo lunghezza tubazione equivalente per DN			DN	[mm]	100	125	150	150	200	200	225	225	225	225	225	
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 45°			L <sub>45</sub>	[m]	1.2	1.5	2.1	2.1	2.7	2.7	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 90°			L <sub>90</sub>	[m]	3	3.6	4.2	4.2	5.4	5.4	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	
	- lunghezza tubazione equivalente per saracinesca			L <sub>SAR</sub>	[m]	0.6	0.3	0.9	0.9	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	- lunghezza tubazione equivalente per valvola di ritegno			L <sub>VALV</sub>	[m]	6.6	8.3	10.4	10.4	13.5	13.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	
	- totale lunghezza tubazione equivalente x percorso			L <sub>TOT</sub>	[m]	15.6	18.8	23.9	23.9	30.9	30.9	57.6	37.8	37.8	37.8	37.8	
	Perdite di carico localizzate			J <sub>LOC</sub>	[m]	0.19	0.16	0.25	0.21	0.22	0.19	0.26	0.19	0.19	0.19	0.19	
	Perdite di carico distribuite			J <sub>DIST</sub>	[m]	1.70	1.29	5.41	1.26	0.90	1.19	3.26	3.28	2.01	1.93	9.78	
	Perdite di carico totali			J	[m]	1.89	1.46	5.66	1.47	1.12	1.38	3.52	3.47	2.20	2.12	9.97	
Calcolo potenza elettropompa sommergibile	quota terreno stazione di partenza			Qpc p	[m s.l.m.]	7.85	6.05	4.85	4.85	3.55	2.40	2.45	4.70	2.80	4.00		
	quota terreno stazione di arrivo			Qpc a	[m s.l.m.]	6.05	4.85	4.85	3.55	2.40	2.45	4.70	2.80	4.00	4.20		
	livello iniziale (stazione di partenza)			H p	[m s.l.m.]	4.85	2.55	1.35	1.35	0.05	-1.10	-1.55	0.70	-1.20	0.00		
	livello finale (stazione di arrivo)			H a	[m s.l.m.]	4.65	3.45	3.45	2.15	1.00	1.05	3.30	1.40	2.60	2.80		
	Prevalenza totale, di cui:			H	[m]	1.69	5.31	9.51	4.02	2.52	2.83	7.22	5.27	5.20	5.32		
	- prevalenza geometrica			Hg	[m]	-0.20	3.85	3.85	2.55	1.40	1.45	3.70	1.80	3.00	3.20		
	- perdite carico totali			Hp	[m]	1.89	1.46	5.66	1.47	1.12	1.38	3.52	3.47	2.20	2.12		
	tipo di condotta (g=gravità; s=sollevamento)					s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	
	Rendimento della pompa (ipotizzato)			η	---	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9		
	Potenza della pompa			kW	[kW]	0.13	0.83	2.23	1.21	0.94	1.27	3.77	2.90	2.86	2.93		

Tabella 2.16 – Calcoli idraulici (dimensioni stazioni di sollevamento, potenza delle pompe, dimensioni e caratteristiche delle condotte di mandata). MiSPT F e MiSPT B

Sistema di Messa in Sicurezza e Pump & Treat				MiSPT F	MiSPT B+F											
Dimensionamento della stazione di sollevamento	Stazione di sollevamento			Sf1	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	Sb8	Sb9	Sb10	Sc4	Sc6
	Portata in arrivo	Q	[l/s]	4.20	5.67	7.14	8.60	9.70	10.80	11.90	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01	13.01
			[m³/h]	15.12	20.40	25.69	30.97	34.93	38.90	42.86	46.82	46.82	46.82	46.82	46.82	46.82
	Numero di attacchi della pompa (massimo 8)		---	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Tempo di accumulo nella stazione di sollevamento	T	[min]	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
	Volume della stazione di sollevamento (di calcolo)	Vol <sub>calcolo</sub>	[m³]	2.16	2.91	3.67	4.42	4.99	5.56	6.12	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69
	<b>Volume della stazione di sollevamento (prefabbricata)</b>	<b>Vol</b>	<b>[m³]</b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>	<b>7.5</b>	<b>7.5</b>	<b>7.5</b>	<b>7.5</b>	<b>7.5</b>	<b>7.5</b>
	- larghezza	a	[m]	1.25	1.25	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
	- lunghezza	b	[m]	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	- altezza *(altezza utile, a meno delle prolunghe per tot 1,5 m)	h	[m]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Portata da sollevare (per ciascuna pompa)	Q	[l/s]	6.30	8.50	10.70	12.90	14.56	16.21	17.86	19.51	19.51	19.51	19.51	19.51	19.51	
		[m³/h]	22.68	30.61	38.53	46.46	52.40	58.34	64.29	70.23	70.23	70.23	70.23	70.23	70.23	
Tempo effettivo di svuotamento della stazione	Tf	[min]	6.49	7.22	8.60	7.13	8.43	7.57	6.87	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	
Dimensionamento condotte mandata	Materiale della condotta		*	Pead PE100TS PFA10												
	Scabrezza assoluta	ε	[mm]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Stazione di sollevamento di partenza	S n.		Sf1	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	Sb8	Sb9	Sb10	Sb10	Sb10
	Stazione di sollevamento di arrivo	S n.		Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	Sb8	Sb9	Sb10	Sc4	Sc6	TAF
	Lunghezza condotta	L <sub>mandata</sub>	[m]	153.1	99.0	126.5	80.0	78.5	92.5	86.8	738.0	738.0	589.0	1968.0	1052.0	562.0
	Diametro esterno (nominale)	De	[mm]	75	90	90	110	125	125	140	140	140	140	140	140	140
	Diametro interno (di calcolo)	Di	[mm]	66	79.2	79.2	96.8	110.2	110.2	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4
	Velocità in condotta (0,7-2,3 m/s da UNI EN 12056-4)	V	[m/s]	1.04	1.02	1.31	1.08	0.95	1.06	0.94	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
Calcolo delle perdite di carico in condotta:	<b>Cadente (formula di Darcy)</b>	J	[m/m]	0.017	0.013	0.021	0.012	0.008	0.010	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
	<b>Calcolo lunghezza tubazione equivalente per DN</b>	DN	[mm]	80	100	100	100	125	125	150	150	150	150	150	150	150
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 45°	L <sub>45</sub>	[m]	0.9	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
	- lunghezza tubazione equivalente per curva a 90°	L <sub>90</sub>	[m]	2.1	3	3	3	3.6	3.6	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
	- lunghezza tubazione equivalente per saracinesca	L <sub>SAR</sub>	[m]	0.3	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	- lunghezza tubazione equivalente per valvola di ritegno	L <sub>VALV</sub>	[m]	4.8	6.6	6.6	6.6	8.3	8.3	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
	- totale lunghezza tubazione equivalente x percorso	L <sub>TOT</sub>	[m]	11.1	15.6	15.6	15.6	18.8	18.8	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
	<b>Perdite di carico localizzate</b>	J <sub>LOC</sub>	[m]	0.19	0.21	0.33	0.18	0.15	0.18	0.16	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
	<b>Perdite di carico distribuite</b>	J <sub>DIST</sub>	[m]	2.63	1.32	2.69	0.93	0.61	0.89	0.58	5.88	5.88	4.69	15.67	8.38	4.47
	<b>Perdite di carico totali</b>	J	[m]	2.82	1.52	3.03	1.11	0.76	1.07	0.74	6.07	6.07	4.88	15.86	8.57	4.66
Calcolo potenza elettropompa sommergibile	quota terreno stazione di partenza	Qpc p	[m s.l.m.]	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	4.00	12.90	12.00
	quota terreno stazione di arrivo	Qpc a	[m s.l.m.]	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	4.00	12.90	12.00	14.00
	livello iniziale (stazione di partenza)	H p	[m s.l.m.]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	9.40	8.50
	livello finale (stazione di arrivo)	H a	[m s.l.m.]	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.60	11.50	10.60	12.60
	<b>Prevalenza totale, di cui:</b>	H	[m]	5.62	4.32	5.83	3.91	3.56	3.87	3.54	8.87	8.87	7.88	27.76	19.57	17.66
	- prevalenza geometrica	Hg	[m]	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	3.00	11.90	11.00	13.00
	- perdite carico totali	Hp	[m]	2.82	1.52	3.03	1.11	0.76	1.07	0.74	6.07	6.07	4.88	15.86	8.57	4.66
	tipo di condotta (g=gravità; s=sollevamento)			s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
	<b>Rendimento della pompa (ipotizzato)</b>	η	---	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	<b>Potenza della pompa</b>	kW	[kW]	0.39	0.40	0.68	0.55	0.56	0.68	0.69	1.88	1.88	1.67	5.90	4.16	3.75

### 3. OPERE DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE NEI CANTIERI

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche nelle aree di cantiere sarà realizzato mediante canalette prefabbricati di sezione trapezoidale scelti in relazione alle precipitazioni prevedibili in area.

#### 3.1. Analisi idrologica

Con riferimento alle norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico dell'Autorità Bacino Regionale della Campania Centrale, che indicano specificamente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle opere ricadenti nelle aree perimetrare dalla stessa autorità, si è sviluppata l'analisi idrologica in conformità a quella prevista nello stesso PSAI.

Essa consiste nella valutazione delle portate al colmo di piena  $Q_T$  che possono defluire, nella rete di drenaggio in esame, in seguito ad eventi meteorici caratterizzati da un determinato periodo di ritorno  $T$ , è possibile stimare il valore di  $Q_T$  attraverso la relazione:

$$Q_T = \xi_Q \cdot K_T$$

dove:

- $\xi_Q$  è un parametro centrale della distribuzione di probabilità della variabile idrologica  $Q_T$  (ad esempio: la media, la mediana, il valore modale, ecc.);
- $K_T$  è un coefficiente amplificativo, denominato coefficiente di crescita col periodo di ritorno  $T$ , espresso dalla relazione:

$$K_T = K_T(T)$$

che 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.

Per il calcolo di  $K_T$  si fa riferimento alla metodologia utilizzata su scala nazionale dal progetto VAPI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), dove è stato adottato un modello probabilistico a doppia componente (T.C.E.V.) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari).

Con specifico riferimento al parametro  $\xi_Q$  viene descritta la metodologia utilizzata per la valutazione del parametro centrale della distribuzione di probabilità ricavata a partire da dati pluviometrici e fisiografici caratteristici dei bacini presi in esame, non avendo dati misurati di portata, vengono utilizzati dati di altezze di pioggia  $h_t$  misurati in funzione del tempo. Si provvede poi alla descrizione delle tecniche di valutazione dei diversi componenti del modello di trasformazione afflussi/deflussi di progetto, cioè è stato scelto un metodo capace di trasformare gli afflussi  $h_t$  nei deflussi  $\xi_Q$ , in modo da determinare i massimi valori di  $Q_T$ .

### 3.1.1. Modello probabilistico a doppia componente T.C.E.V.

Recentemente è stato sviluppato un modello che si basa sull'ipotesi di doppia componente dei valori estremi T.C.E.V. (Two Components Extreme Value) che è stato testato su quasi tutto il territorio nazionale, per il quale sono stati anche indicati i valori dei parametri della distribuzione.

L'adozione della distribuzione T.C.E.V. è fondata sull'ipotesi che agiscano due meccanismi differenti che generano eventi pluviometrici tra loro indipendenti:

- i primi, definiti appartenenti alla componente ordinaria o di base, risultano più frequenti, ma con valori delle altezze di pioggia mediamente meno elevati;
- i secondi, appartenenti alla componente straordinaria, risultano meno frequenti, ma con valori delle altezze di pioggia mediamente più elevati.

Senza entrare nel merito degli sviluppi procedurali che conducono alla distribuzione di probabilità del modello T.C.E.V., si riportano nel seguito gli aspetti applicativi da seguire per determinare la legge di crescita.

Indicati con:

$k_t = h_t/\mu_t$  la variabile standardizzata, definita come rapporto tra il massimo annuale dell'altezza di pioggia  $h_t$ , di durata  $t$ , e il suo valore medio  $\mu_t$ ;

$T$  il periodo di ritorno espresso in anni;

$K_T$  il valore assunto dalla variabile standardizzata  $k_t$  per assegnato periodo di ritorno  $T$ , indicato come fattore di crescita;

la funzione di distribuzione di probabilità cumulata  $F\{K_T\}$  del modello T.C.E.V. risulta:

$$T = \frac{1}{1 - F\{K_T\}} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \cdot \Lambda_1^{1/\vartheta^*} \cdot e^{-\eta K_T/\vartheta^*})} \quad \text{Eq. 1-1}$$

in cui  $\Lambda_1, \eta, \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta^*}}$  e  $\vartheta^* = \vartheta_2/\vartheta_1$  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;

$\vartheta_1$  e  $\vartheta_2$  rappresentano il valore medio dell'altezza di pioggia di durata  $t$ , rispettivamente, per la componente base e per la componente straordinaria;

$\eta$  dipende dai parametri precedentemente indicati.

In tale ottica, i parametri  $\Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\vartheta^*}}$  e  $\vartheta^* = \vartheta_2/\vartheta_1$ , sono parametri adimensionali dipendenti solo dai coefficienti di asimmetria e, pertanto, stimabili solo sulla base di indagini regionali ad amplissima scala (*Analisi Regionale di I° livello*).

### 3.1.2. Curva di probabilità pluviometrica per la Regione Campania

Il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica è stato condotto con riferimento alla relazione idrologica del PSAI dell’Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale nata dall’accoppiamento delle ex Autorità di Bacino Regionali Nord-Occidentale Campania e Sarno.

Con riferimento al territorio di competenza dell'Ex Autorità di Bacino Nord della Campania si sono sostanzialmente confermate le modellazioni idrologiche definite in sede di redazione del PSAI 2002, opportunamente modificate con gli aggiornamenti del PSAI del 2010.

Per detto territorio è stata eseguita una nuova modellazione delle curve di probabilità pluviometriche partendo dalle risultanze del progetto VAPI Campania ed individuando tre aree omogenee definite come: "litoranea", "pedemontana" ed "entroterra".

Per la valutazione dei parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{S}^*$ , il metodo di regionalizzazione proposto dall'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, considera tre livelli individuando:

- al primo livello, regioni omogenee rispetto ai parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{S}^*$ ;
- al secondo livello, zone omogenee anche rispetto al parametro  $\Lambda_1$ ;
- al terzo livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza della media  $\mu_t$  da alcuni fattori locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti, ecc.).

Al primo livello di regionalizzazione i parametri ottenuti per l’intera Regione Campania sono riportati nella tabella seguente:

**Tabella 1-I – Parametri del modello T.C.E.V. per la Regione Campania**

$\mathcal{S}^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$	$\eta$
2,536	0,224	37	4,909

Nella tabella seguente si riportano i corrispondenti valori del fattore di crescita  $K_T$ , ottenuti numericamente dall’Eq. 3-1, in funzione del periodo di ritorno  $T$ , per i valori dei parametri sopra riportati:

**Tabella 1-II – Valori del coefficiente di crescita  $K_T$  con il periodo di ritorno per la Regione Campania**

T (anni)	2	5	10	20	30	50	100	200	300	500
$K_T$	0,87	1,16	1,38	1,64	1,80	2,03	2,36	2,71	2,90	3,17

Nel caso specifico, come già detto, la variabile aleatoria presa in esame è il massimo annuale dell’altezza di pioggia  $h_a$  che, messa in funzione anche del suddetto periodo di ritorno  $T$ , è esprimibile attraverso la:

$$h_{(d,T)} = h_{(d,T)}(d,T)$$

nota come curva di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno  $T$ .

La stessa assume l’espressione:

$$h_{(d,T)} = \zeta_{hd} \cdot K_T$$

dove:

- $\zeta_{hd}$  è il parametro centrale della distribuzione di probabilità del massimo annuale della altezza di pioggia in assegnata durata, assunto comunemente, come detto, corrispondente al valore della media  $\mu_d$  dei massimi annuali di pioggia di durata  $d$ ;
- $K_T$  è il coefficiente di crescita col periodo di ritorno  $T$ , di cui in precedenza.

Pertanto, noti i valori dei parametri della *Tabella 1-I* e il fattore di crescita  $K_T$  dalla *Tabella 1-II*, risulta univocamente determinato il valore della massima altezza di pioggia di assegnata durata  $d$  e periodo di ritorno  $T$ , esprimibile funzionalmente dalla relazione  $h(d,T) = \mu \cdot d \cdot K_T$  che dipenderà, quindi, dalla conoscenza del valore medio delle massime altezze di pioggia  $\mu_d$  di durata  $d$ .

Per quanto riguarda la forma del legame di regressione si è fatto riferimento alla seguente espressione triparametrica, adottata per la Campania (nell'ambito dello studio: "Valutazione delle piene in Campania", sviluppato a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche):

$$\mu_t = \frac{\mu_{10}}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta} [mm] \quad \text{Eq. 1-2}$$

in cui  $d$  è la durata della pioggia espressa in ore,  $d_c=1/B$  e  $\mu_{10}$  sono coefficienti positivi espressi, rispettivamente, in ore e mm/ora.

La grandezza geografica che, nell'ambito delle varie sottozone omogenee in cui è stata suddivisa la Campania, ha mostrato di avere maggiore influenza sulle precipitazioni medie è la quota  $z$  sul mare (in metri) della stazione di rilevamento. L'esponente  $\beta$  risulta, infatti, variabile con la quota secondo la seguente espressione lineare:

$$\beta = C + D * Z \quad \text{Eq. 1-3}$$

### 3.1.3. Scelta del periodo di ritorno

Dal punto di vista progettuale, per il dimensionamento e la verifica dei collettori fognari e del drenaggio della piattaforma stradale previsti dal presente progetto è stato considerato un periodo di ritorno  $T$  pari a 20 anni a cui corrisponde il seguente coefficiente di crescita:

- $T = 20 \text{ anni} \Rightarrow K_T = 1,64$ ;

### 3.1.4. Curva di probabilità pluviometrica per la sottozona omogenea A1

Nell'ambito dello studio precedentemente citato il territorio regionale è stato suddiviso in 6 distinte aree pluviometriche omogenee (vedi figura 2), di cui 3 per il territorio del bacino nord occidentale della Campania in cui ricade Mugnano (A1 - litoranea, A2 - entroterra, A3 - pedemontana,) e 3 per quello del Sarno. L'area di cantiere del presente progetto ricade nella sottozona omogenea A2, quindi nell'ambito di un'analisi di terzo livello, i parametri delle Eq.1-2 ed Eq. 1-3, indicati nella relazione idrologica del PAI, sono riportati nella seguente tabella:

**Tabella 1-III – Valori dei parametri delle Eq. 1-2 ed Eq. 1-3**

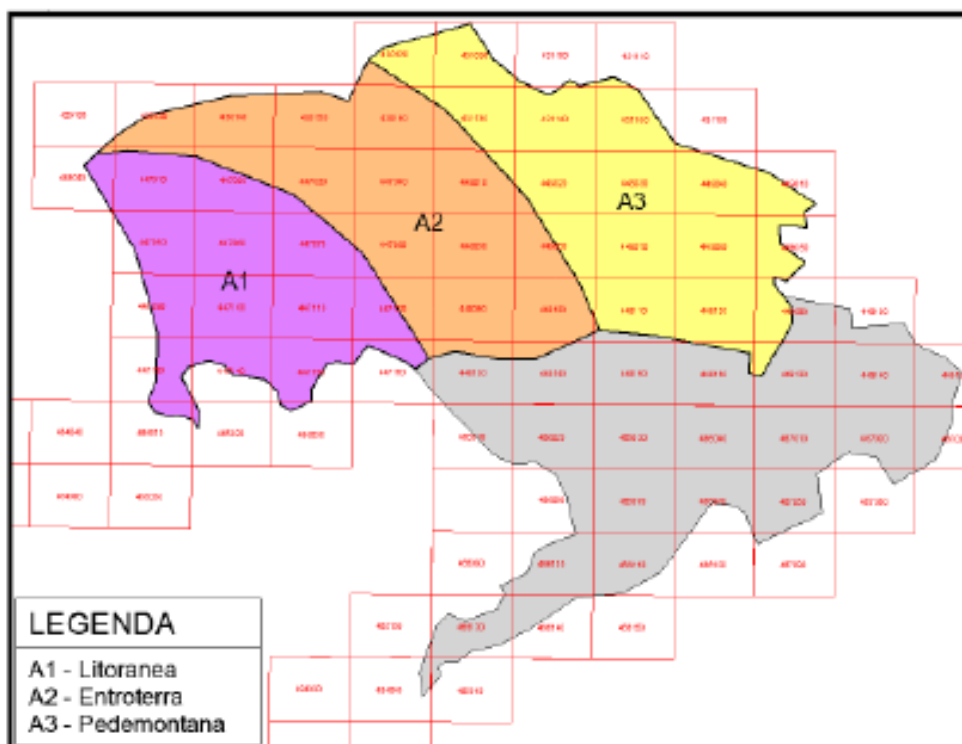
$\mu_0$ [mm/ora]	B [1/ora]	C	D
161,147	10,4545	0,731	$1,44 \cdot 10^{-4}$

Quindi la relazione Eq. 1-2 assumerà la seguente formulazione:

$$\mu_t = \frac{161,147}{(1 + 10,4545 d)^{(0,731 + 0,0000144Z)}} [mm / h] \quad \text{Eq. 1-4}$$

Pertanto, la curva di probabilità pluviometrica per la Regione Campania, per assegnate durate e periodi di ritorno **T**, risulta:

$$h_{(d,T)} = K_T \cdot \frac{161,147}{(1 + 10,4545 d)^{(0,731 + 0,0000144Z)}} [mm] \quad \text{Eq. 1-5}$$



**Figura 3: Planimetria schematica delle sottozone omogenee pluviometriche A1, A2 ed A3 del Bacino nord occidentale Campania**

### 3.1.5. Valutazione del coefficiente di deflusso

L'individuazione della precipitazione di progetto è stata condotta secondo i criteri illustrati nel capitolo precedente in cui si è determinata la curva di probabilità pluviometrica di progetto.



Per la determinazione della pioggia efficace (pioggia netta) per bacini naturali bisogna sottrarre tutte le aliquote (perdite idrologiche) quali intercettazione, evapotraspirazione, ritenzione nelle depressioni superficiali, infiltrazione nei suoli permeabili, ecc...

Nel caso specifico, il modello di pioggia netta più utilizzato è quello del coefficiente di afflusso  $\phi$  costante e dipendente dalle caratteristiche di permeabilità del suolo della zona di interesse.

Come specificamente riportato nella relazione idrologica del PAI, si è fatto riferimento all'approccio proposto da Rossi & Villani nel 1995 (gruppo "Deflussi Urbani" del Politecnico di Milano), in virtù del quale la stima del coefficiente di afflusso è fornita dalla relazione:

$$\phi = R_{imp} \cdot \phi_{imp} + (1 - R_{imp}) \cdot \phi_{perm} \quad \text{Eq. 1-6}$$

dove:

$R_m$  è il rapporto tra l'area impermeabile e l'area totale del bacino.

$\phi_{imp}$  è il coefficiente di afflusso delle sole aree impermeabili  $R_{imp}$ ;

$\phi_{perm}$  è il coefficiente di afflusso delle sole aree permeabili ( $1 - R_{imp}$ ).

Nel caso in esame ai fini della valutazione delle portate di pioggia, si è fatto inoltre riferimento ai valori del coefficiente di afflusso riportati nella seguente tabella.

In particolare per le aree non a verde (coperture, cortili, strade) considerate impermeabili si è assunto un valore medio pari a 0,85, mentre per le aree a verde considerate permeabili si è assunto un valore pari a 0,15.

Tipo di pavimentazione	Coefficiente di deflusso $\phi$
Tetti con coperture metalliche o in ardesia	0,85
Tetti con coperture in tegole	0,85-0,90
Lastricato in asfalto ben sistemato piano	0,85-0,90
Lastricato ben connesso	0,70-0,90
Lastricato comune	0,50-0,70
Massicciata o pavimentazione a mosaico	0,40-0,60
Passeggi pubblici	0,15-0,30
Aree non pavimentate	0,10-0,20
Parchi e giardini	0-0,10

**Tabella 2: Valori del coefficiente di deflusso in funzione del tipo di pavimentazione.**

### 3.2. Gestione delle acque meteoriche e di prima pioggia nell'area di cantiere

L'Arpac Campania definisce come:

- Acque di prima pioggia le acque identificate nei primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio, di una o più precipitazioni atmosferiche, anche tra loro temporalmente distanziate, che si susseguano a distanza di almeno quattro giorni da analoghe precedenti precipitazioni. Per il calcolo delle relative portate si assume che tale valore si verifichi in un periodo di tempo di 15 min;
- Acque di seconda pioggia l'acqua meteorica di dilavamento derivante dalla superficie scolante servita dal sistema di drenaggio ed eccedente quella di prima pioggia come precedentemente definita.

Nella figura seguente è riportata l'area di cantiere con la relativa rete di drenaggio.



**Figure 3.1** – Particolare della pavimentazione e delle canalette di raccolta delle acque di pioggia.

L'area di cantiere risulta avere una dimensione in pianta di circa 6.580 m<sup>2</sup>, pertanto il volume dell'acqua di prima pioggia risulta di 31,8 m<sup>3</sup>.

Le acque meteoriche, potenzialmente inquinate, saranno cautelativamente accumulate e il volume ripartito tra il volume invasabile nelle 3 vasche interrate prefabbricate in C.A. (delle dimensioni 5,00 x 2,50 x h=2,50 m), di circa 31 m<sup>3</sup>, per un volume totale di circa 93 m<sup>3</sup> vasche. Pertanto si è scelto a livello progettuale di invasare non solo le acque di prima pioggia, ma anche una parte di quelle di seconda pioggia.

Il pozzetto di raccordo a monte delle vasche di prima pioggia sarà dotato di una tubazione di troppo pieno. Le vasche saranno ispezionabili e chiuse a livello del p.c. tramite chiusini di ghisa.

La stazione di sollevamento per lo svuotamento delle vasche di pioggia, realizzata in calcestruzzo armato prefabbricata e interrata, sarà attrezzata con n. 2 pompe sommergibili uguali, una di riserva all'altra, corredate dai relativi accessori elettrici ed idraulici.

Il calcolo della prevalenza delle pompe è stato effettuato tenendo conto del dislivello geodetico, delle perdite di carico distribuite lungo la condotta e di quelle concentrate determinate dalle apparecchiature (valvole di ritegno e di sezionamento, curve, etc.). La condotta di mandata

dall'impianto di sollevamento è prevista in PEAD 100 PN 16 DE 110 mm per condotte in pressione, il cui diametro interno (di calcolo) è pari a 90 mm.

Le perdite di carico concentrate sono state trasformate in lunghezza aggiuntiva equivalente della condotta, secondo letteratura, mentre quelle lineari sono state calcolate con la formula di Darcy:

$$J = \frac{Av^2}{2gD}$$

dove:  $v$  è la velocità della portata

$D$  è il diametro interno della condotta

$g$  è l'accelerazione di gravità

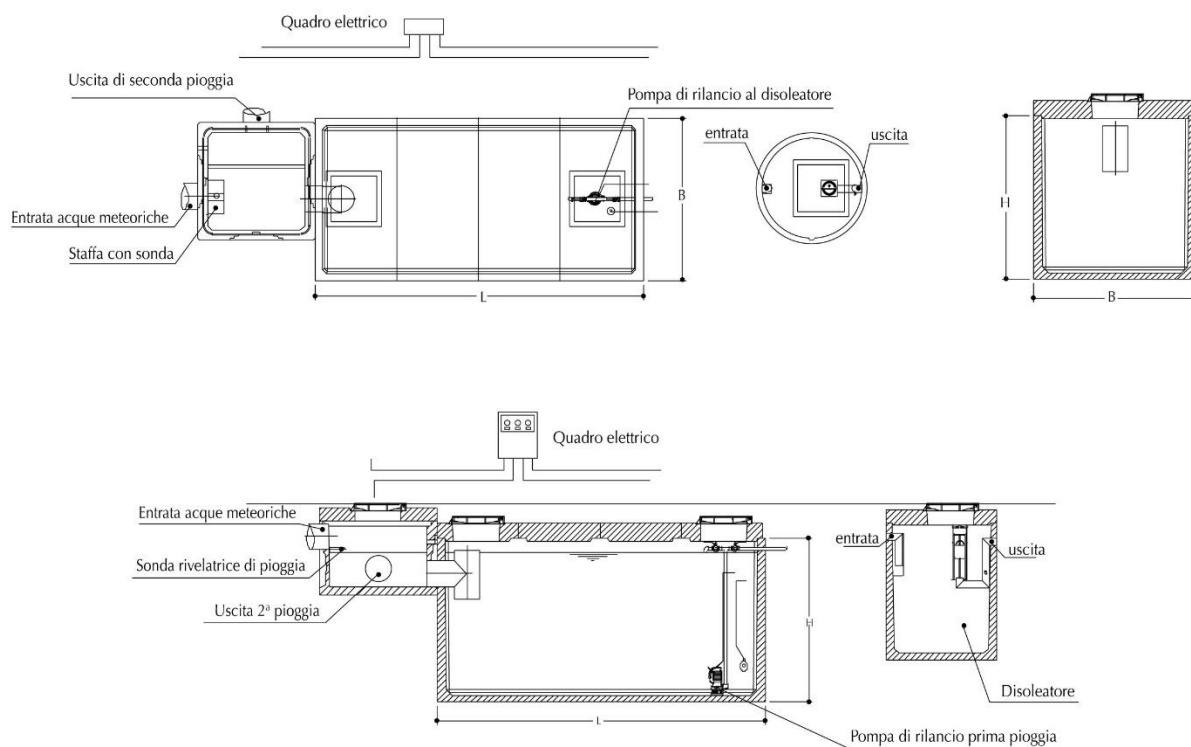
$\lambda$  coeff. di resistenza calcolato con la formula di Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right)$$

dove  $Re$  è il numero di Reynolds

$\varepsilon$  è la scabrezza.

Per la portata stabilita di 1 l/s e la prevalenza calcolata di circa 3 m, sono necessarie pompe della potenza di circa 1,5 kW ciascuna.



**Figura 3.1-** Vasche modulari di accumulo acque meteoriche.

Per la valutazione delle portate in base alle quali dimensionare le opere di smaltimento è stato utilizzato il metodo cinematico, in cui la portata viene calcolata secondo la formula:

$$Q = \varphi \times I \times A$$

dove:  $\varphi$  è il coefficiente di afflusso, cioè il rapporto tra volume affluito ai collettori e quello precipitato sul terreno (tra 0,2 per superfici permeabili e 0,85 per superfici pavimentate);

$I(t_c)$  è l'intensità di precipitazione relativa al tempo di corrivazione caratteristico dell'area, ricavata dalle leggi di possibilità climatica sopra descritte.

$t_c$  è il tempo di corrivazione.

$A$  è l'area della superficie per la quale si valuta la portata.

Applicando i dati geometrici dell'area, considerato un tempo di corrivazione di circa 7 minuti, calcolato con la formula di Kirpich valida per bacini di piccole dimensioni, la portata massima nel tratto finale della rete di drenaggio per tempi di ritorno di 20 anni risulta pari a circa 225 l/s.

La rete di drenaggio è costituita da canali in cls a sezione trapezia di 40 cm di base e pareti inclinate di 6° come riportato nella figura seguente.

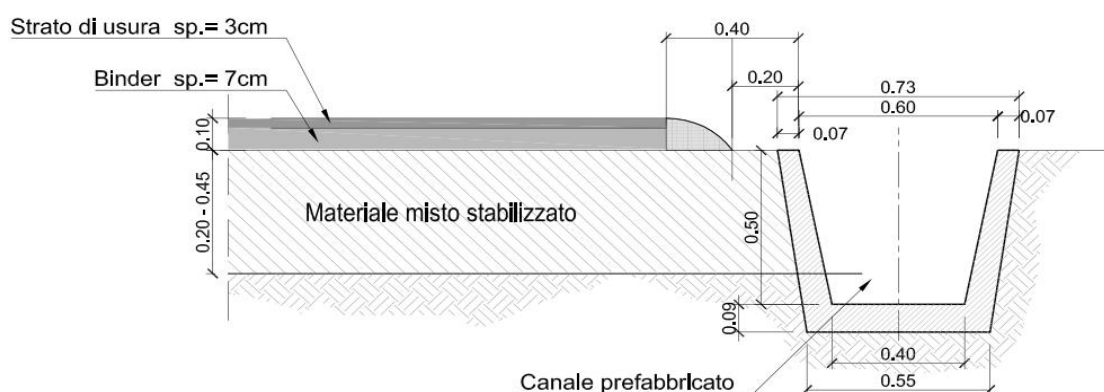


Figure 3.2 – Particolare della pavimentazione e della canaletta perimetrale di raccolta delle acque.

La verifica idraulica delle canalette sono state effettuate con la nota formula di Chezy considerando un coefficiente di scabrezza per canali in calcestruzzo di Strikler pari a 70 e una pendenza delle canalette del 0,5%. Di seguito si riportano le verifiche idrauliche, le canalette sono pertanto in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno di 20 anni con un franco di 12 cm.

### CALCOLO DI VERIFICA: incognita la portata

per la soluzione del problema viene utilizzata la formula di Chezy con coeff. di conduttanza calcolato con la formula di Bazin o di Kutter o di Strickler.

#### Input

sezione del canale/tubo: trapezia

base,  $B = 0,4 \text{ m}$

angoli inclinazione sponde,  $\alpha_1 = 6^\circ$ ,  $\alpha_2 = 6^\circ$

tirante idrico,  $h_0 = 0,38 \text{ m}$

pendenza del fondo del canale/tubo,  $i = 0,5\%$

scabrezza delle pareti (Strickler),  $b = 1/6$ ,  $c =$

#### Output

area della sezione idrica,  $A_0 = 0,16718 \text{ mq}$

contorno bagnato,  $C = 1,164 \text{ m}$

raggio idraulico,  $R = A_0/C = 0,1436 \text{ m}$

coefficiente di conduttanza,  $X = 50,6552 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$

velocità di moto uniforme,  $V_0 = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 1,3573 \text{ m/s}$

portata di moto uniforme,  $Q_0 = A_0 \cdot V_0 = 0,2269 \text{ mc/s}$

### 3.3. Verifica dello smaltimento delle acque del TAF

Nella figura seguente è riportata l'area del TAF che risulta pavimentata per circa  $6.000 \text{ m}^2$ , considerando anche la copertura dell'edificio servizi di  $360 \text{ m}^2$  la superficie impermeabile del TAF è di circa  $6.360 \text{ m}^2$

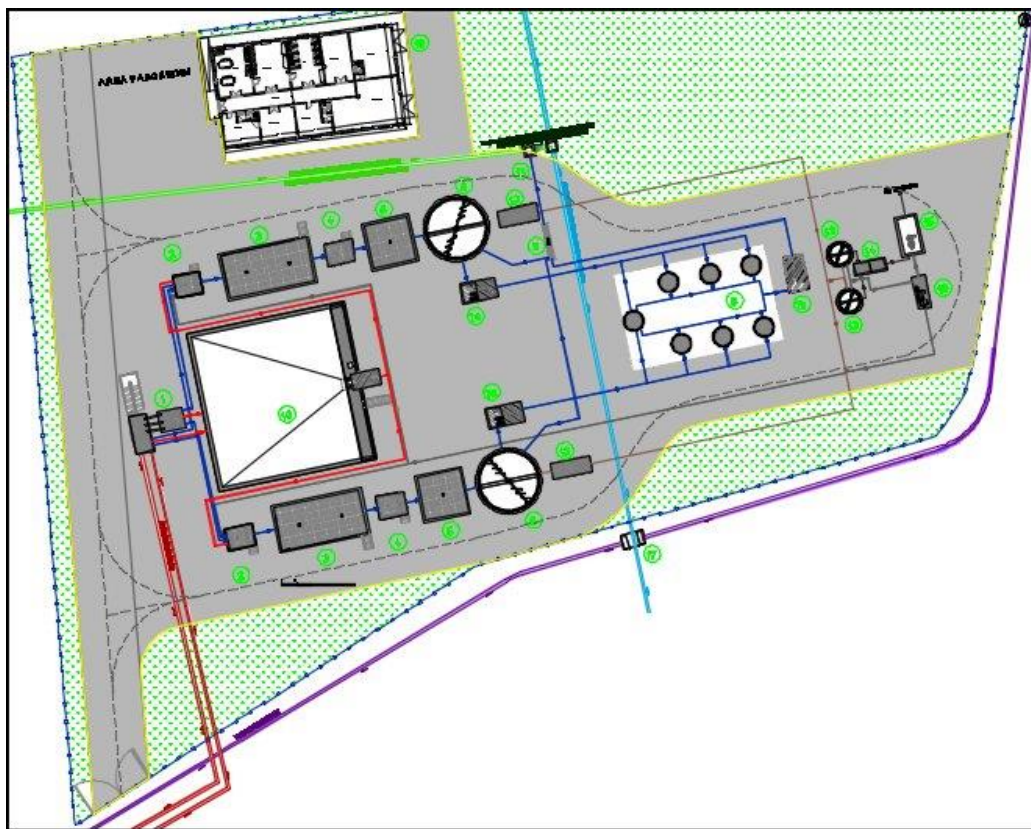


Figure 3.3 – Particolare della pavimentazione e della canaletta perimetrale di raccolta delle acque.

Per la valutazione delle portate in base alle quali dimensionare le opere di smaltimento è stato utilizzato il metodo cinematico riportato nel paragrafo precedente.

Applicando i dati geometrici dell'area del TAF, considerato un tempo di corrivazione di circa 6 minuti, calcolato con la formula di Kirpich valida per bacini di piccole dimensioni, la portata massima allo scarico finale della rete di drenaggio per tempi di ritorno di 20 anni risulta pari a circa 231 l/s.

La condotta di scarico è costituita da una tubazione in Pead corrugato De 630 mm con un diametro interno Di 533 mm. L'impianto TAF è dimensionato per una portata massima di trattamento di 95 l/s.

Le opere di scarico dell'impianto dovranno essere in grado pertanto di smaltire una portata con tempo di ritorno di 20 anni di circa 326 l/s dato dalla somma delle acque meteoriche e di quelle del TAF.

La verifica idraulica della tubazione di scarico sono state effettuate con la nota formula di Chezy considerando un coefficiente di scabrezza per tubazioni in Pead pari a 120 e una pendenza della tubazione del 0,5%. Di seguito si riportano le verifiche idrauliche, la tubazione di scarico è pertanto in grado di smaltire la portata con tempo di ritorno di 20 anni con un grado di riempimento del 60%.

#### **CALCOLO DI VERIFICA: incognita la portata**

per la soluzione del problema viene utilizzata la formula di Chezy con coeff. di conduttanza calcolato con la formula di Bazin o di Kutter o di Strickler.

#### **Input**

sezione del canale/tubo: circolare  
diametro interno del condotto,  $D = 0,533$  m  
tirante idrico,  $h_o = 0,32$  m  
pendenza del fondo del canale/tubo,  $i = 0,5\%$   
scabrezza delle pareti (Strickler),  $b = 1/6$ ,  $c = 120$

#### **Output**

grado di riempimento della condotta,  $h_o/D = 0,6$   
area della sezione idrica,  $A_o = 0,13988$  mq  
contorno bagnato,  $C = 0,945$  m  
raggio idraulico,  $R = A_o/C = 0,148$  m  
coefficiente di conduttanza,  $X = 87,2784$  m<sup>0,5</sup>/s  
velocità di moto uniforme,  $V_o = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 2,3745$  m/s  
portata di moto uniforme,  $Q_o = A_o \cdot V_o = 0,3322$  mc/s