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

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI BRINDISI

Comune di Brindisi



INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI - AREA MICOROSA

P R O G E T T O E S E C U T I V O

TITOLO TAVOLA:	COD. TAVOLA:	SCALA:
RELAZIONE GENERALE	PE_EG_RG002	

A.T.I. COSTITUITA:

IMPRESA ESECUTRICE:

comeap CONSORZIO STABILE

CO.ME.AP. Consorzio stabile Mediterraneo
Appalti Società consortile A.R.L.
Zona Industriale Pantano d'Arci, Blocco Torrazze - Passo Martino, snc, 95100 - Catania
(MANDATARIA

PROGETTISTA:

ARTEC *Associati S.r.l.*

ARTEC *Associati S.r.l.*
Via Francavilla, 99, 98039 - Taormina (ME)
(MANDANTE)

GRUPPO DI LAVORO:
Ing. Massimo Brocato
Ing. Salvatore Zaccaro
Ing. Antonio Barbagallo
Ing. Francesco De Simone
Ing. Carmelo Genitori
Ing. Giuseppe Morganti
Ing. Anna Tripodi
Ing. Antonio Scardigno
Geom. Rossella Venuti
Ing. Eleonora Viglianisi

COMMITTENTE:	RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:
Comune di Brindisi	Ing. Gaetano PADULA

NUM.	REV.	DATA	VERIFICATO	APPROVATO
00	prima emissione	05/2016		
01	revisione 01	08/2016		
02	revisione 02	01/2017		
03	Integrazione a seguito dei Rapporti Qualità Progetto del 05.09.2017 emessi dalla società CONTECO CHECK	19.09/2017		
04	Integrazione a seguito dei Rapporti Qualità Progetto del 05.09.2017 emessi dalla società CONTECO CHECK	26.09/2017		

DATA: Settembre 2017

NOME FILE:
A02_PE_EG_RG002

Questo elaborato è di proprietà dell'A.T.I. E' vietata la riproduzione, sia integrale che parziale, senza autorizzazione scritta. Non può essere utilizzato per scopi diversi da quelli per cui è fornito.

INDICE

1 PREMESSA 5

1.1 Contesto dell'area di intervento e progetto coordinato con il privato 8

2 IL SITO DI INTERESSE NAZIONALE (S.I.N.) DI BRINDISI 12

2.1 Perimetrazione del SIN 12

2.2 Le attività esistenti nel sito 14

2.3 Reti infrastrutturali esistenti 15

2.4 Pianificazione insistente sull'area 16

2.5 Micorosa 16

2.6 Interventi di caratterizzazione, MISE e bonifica attivati dalle Aziende nell'area d'intervento . 17

2.6.1 Petrolchimico 18

3 MODELLO CONCETTUALE DELL'AREA DI INTERVENTO 19

3.1 Contesto geologico 20

3.1.1 Inquadramento geologico generale 20

3.1.2 Inquadramento idrogeologico 23

3.1.3 Considerazioni litotecniche 25

3.2 Modello numerico di simulazione del deflusso della falda (Elaborato specialistico del progetto definitivo) 28

3.2.1 Chiarimenti e approfondiemnti ienrenti il modello idrogeologico in seguito alle integrazioni preliminarmente richieste e alle osservazioni di cui al Parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nella seduta del 18.07.2014 34

3.3 Stato di contaminazione della falda 47

3.3.1 Caratterizzazione dell'area Micorosa 47

3.3.2 Analisi dello stato di contaminazione della falda 49

4 STUDIO DI FATTIBILITÀ AMBIENTALE E STUDIO DI INCIDENZA AMBIENTALE 60

4.1 Misure di mitigazione ambientale previste 60

4.2 Considerazioni conclusive 61

5 RELAZIONE URBANISTICA 62

6 ANALISI DI RISCHIO E RISCHIO SANITARIO ASSOCIATO AI CONTAMINANTI VOLATILI PRESENTI NELLE ACQUE SOTTERRANEE PER L'AREA TAF 63

6.1 Analisi di rischio 63

6.2 Calcolo del rischio sanitario associato ai contaminanti volatili presenti nelle acque sotterranee per l'area TAF 66

7 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 69

7.1 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE DEL PROGETTO DI COMPETENZA PUBBLICA 70

7.2 OPERE DI RIMODELLAMENTO ED IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CORPO RIFIUTI 72

7.2 MARGINAMENTO FISICO 87

7.3 POZZI DI EMUNGIMENTO 87

7.4 IMPIANTO ESTRAZIONE VOC 89

7.5 IMPIANTO TAF 90

7.6 OPERE DI IDRAULICA MARITTIMA 92

7.7 OPERE DI IDRAULICA 94

7.8 OPERE STRUTTURALI 94

7.9 IMPIANTO ANTINCENDIO 94

8 GESTIONE OPERATIVA DELLE MATERIE DI SCAVO E DEI RIFIUTI SOPRA SUOLO 95

9 CANTIERIZZAZIONE E FASIZZAZIONE INTERVENTI 95

10 MITIGAZIONE AMBIENTALE 97

11 ESPROPRI E SERVITU' 100

12 MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO 101

13 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI 102

14 ELABORATI ECONOMICI 102

15 VERIFICA DI OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI DEGLI ENTI 113

16 BONIFICA BELLICA 115

17 ALLEGATO: DECRETO DIRETTORIALE CONCERNENTE IL PROVVEDIMENTO FINALE DI ADOZIONE, EX ARTICOLO 14 TER LEGGE 7 AGOSTO 990 N. 241, DELLE DETERMINAZIONI CONCLUSIVE DELLA CONFERENZA DI SERVIZI DECISORIA RELATIVA AL SITO DI BONIFICA DI INTERESSE NAZIONALE DI "BRINDISI" DEL 29.10.2013. 116

18 ALLEGATO: ESTRATTO DEL PROVVEDIMENTO DIRIGENZIALE DI AUTORIZZAZIONE N. 59 DEL 23.04.2014, EMESSO DALLA PROVINCIA DI BRINDISI – SERVIZIO AMBIENTE ED ECOLOGIA, AVENTE PER OGGETTO "VALUTAZIONE DI INCIDENZA AMBIENTALE – LIVELLI 1 FASE DI SCREENING – COMUNE DI BRINDISI – PROGETTO DEFINITIVO – 1° STRALCIO FUNZIONALE DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI, AREA MICOROSA – RILASCIO PARERE" 117

19 ALLEGATO: DECRETO MINISTERIALE DI URGENZA N. 0000178 DEL 01.07.2014 DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE (NEL SEGUITO MATTM) RELATIVAMENTE AL PROGETTO DENOMINATO "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI, PROGETTO DEFINITIVO – 1° STRALCIO FUNZIONALE – AREA MICOROSA". 118

20 ALLEGATO: PARERE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI – ASSEMBLEA GENERALE, ADUNANZA DEL 18.07.2014, AFFARE N. 11/2014, AVENTE PER OGGETTO "DELIBERA CIPE N. 87/2012 – INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI AREA MICOROSA – PROGETTO DEFINITIVO, 1^ STRALCIO" 119

21 ALLEGATO: NOTA MATTM PROT. 0021847/TRI DEL 08.08.2014 120

22 ALLEGATO: RAPPORTO FINALE DI VERIFICA DELL'INTERO PROGETTO DEFINITIVO, AI FINI DELLA VALIDAZIONE, DEL 30.09.2014, EMESSO DALL'ENTE VERIFICATORE RINA – CHECK. 121

23 ALLEGATO: VALIDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DA PARTE DEL RUP IN DATA 01.10.2014. 122

24 ALLEGATO: DECRETO MATTM DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO, PROT. N. 5455/TRI7DI7B DEL 14.11.2014, SUCCESSIVO ALL'APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA ED AMMINISTRATIVA DEL PROGETTO DEFINITIVO POSTO A BASE GARA. 123

25 ALLEGATO – ACCORDO PROCEDIMENTALE DI PROGRAMMA PER LA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA'REA MICOROSA E DELLE AREE SYNDIAL ESTERNE ALLO STABILIMENTO PETROLCHIMICO SITE NEL SIN DI BRINDISI 124

26 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 17.09.2014 125

27 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 10.02.2016 126

28 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 13.04.2016 127

29 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 27.04.2016 128

30 ALLEGATO – VERBALE ARPA DEL 28.04.2016 129

31 ALLEGATO – VERBALE DELLA RIUNIONE DEL 29/12/2016 TENUTASI PRESSO IL COMUNE DI BRINDISI – SETTORE ECOLOGIA – AMBIENTE 130

32 ALLEGATO – VERBALE DELLA RIUNIONE DEL 18/01/2017 TENUTASI PRESSO IL COMUNE DI BRINDISI – SETTORE ECOLOGIA – AMBIENTE 131

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante della progettazione esecutiva degli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Area Micorosa*", affidata all'A.T.I. CO.ME.AP. Consorzio stabile Mediterraneo Appalti Società consortile A.R.L. e ARTEC Associati s.r.l., aggiudicataria della progettazione esecutiva e dell'esecuzione dei lavori dell'intervento in premessa.

Prima di procedere alla disamina del presente progetto esecutivo, è utile fare un excursus cronologico delle varie fasi che hanno portato alla nascita e alla successiva approvazione del progetto definitivo posto a base gara, per il quale la sopra citata A.T.I. si è aggiudicata la progettazione esecutiva e successiva esecuzione dei lavori.

Il Sito di Interesse Nazionale di Brindisi è stato istituito con D.M. (Ambiente) del 10 gennaio 2000. Il 18.12.2007 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, il Commissario di Governo per l'Emergenza Ambientale in Puglia, la Regione Puglia, la Provincia di Brindisi e l'Autorità Portuale di Brindisi hanno sottoscritto l'Accordo di Programma per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese nel Sito di Interesse Nazionale di Brindisi.

Con la successiva Convenzione, sottoscritta il 09.04.08 tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, la Regione Puglia, il Commissario di Governo per l'emergenza ambientale in Puglia e la Sogesid S.p.A. in attuazione di quanto previsto nell'Accordo di Programma, la Sogesid è stata incaricata, tra l'altro, di:

- redigere lo studio di Fattibilità degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, redatto insieme ad ARPA Puglia e trasmesso al MATTM nel novembre 2009 e passato in Conferenza di Servizi in data 26.01.2010;
- redigere la progettazione preliminare dell'Intervento di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, consegnato al MATTM nell'ottobre 2010.

Con la redazione dello Studio di Fattibilità (redatto in collaborazione con ARPA Puglia nel novembre 2009) e del Progetto Preliminare (ottobre 2010), sono state analizzate le diverse soluzioni tecniche possibili per impedire alla falda acquifera superficiale, che transita al di sotto delle aree inquinate e si arricchisce di

contaminanti, di arrivare ai corpi idrici ricettori (fiumi, mare e zone umide) effettuando la bonifica delle acque emunte e la loro successiva depurazione mediante specifico impianto di trattamento.

Con nota prot. n. 003754 del 25.10.2010 la Sogesid ha consegnato al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) il progetto preliminare degli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda acquifera nel Sito di Interesse Nazionale di Brindisi*", basato sul marginamento fisico delle aree industriali maggiormente contaminate e sulla depurazione delle acque emunte in apposito impianto di trattamento delle acque di falda (TAF). Tale progetto è stato approvato il 21.07.2011 in Conferenza dei Servizi Decisoria, con alcune prescrizioni indicate dalla Segreteria Tecnica Bonifiche e inerenti l'approfondimento del contesto idrogeologico dell'area, finalizzato anche alla migliore definizione delle portate da trattare.

In data 31.11.2011 è stato quindi stipulato un II Atto integrativo della Convenzione, il cui programma delle attività è stato definito in relazione agli aspetti tecnici da approfondire preliminarmente alla redazione della progettazione definitiva, riguardante in particolare:

- la valutazione dello stato di contaminazione delle aree del SIN non ancora oggetto di caratterizzazione, ma limitrofe alle aree inquinate;
- la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico di dettaglio e la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dal marginamento previsto dalla soluzione progettuale preliminare;
- la ricostruzione dell'assetto idrogeologico di dettaglio con l'andamento della falda acquifera e della sua contaminazione, nonché i rapporti della falda con i corpi idrici superficiali, finalizzata all'elaborazione di un modello matematico del flusso di falda e di diffusione degli inquinanti;
- la caratterizzazione chimica delle terre e rocce di scavo finalizzata alla loro gestione durante la realizzazione delle opere;
- la realizzazione di un Geo-Database che contenga i dati inerenti il SIN di Brindisi.

Le attività coinvolgono le aree maggiormente inquinate dell'intero SIN e hanno riguardano:

- la campagna di indagini geologiche, geotecniche e ambientali;
- la realizzazione del Geo-Database dedicato a carattere tematico;
- la definizione del modello concettuale dell'area di intervento e l'implementazione del modello matematico del flusso di falda e di dispersione degli inquinanti.

Inoltre, a seguito delle determinazioni assunte nella riunione del "*Comitato di Indirizzo e Controllo per la gestione del citato Accordo di Programma del 18.12.2007*", tenutasi il 24.03.2011, il MATTM ha richiesto alla Sogesid S.p.A. di procedere con urgenza anche alle attività di progettazione definitiva della "*Messa in sicurezza e bonifica della falda dell'area di Micorosa*", in ragione dell'elevato grado di contaminazione dell'area.

Con nota prot. n.8449 del 20.12.2012, la Regione Puglia, considerata l'elevata compromissione ambientale del sito, ha manifestato la volontà di avviare gli interventi prioritari di messa in sicurezza e bonifica della falda, con particolare riferimento al sito di Micorosa, con risorse economiche a valere sulle risorse assegnate dalla Delibera CIPE 3 agosto 2012, n. 87. Per tali risorse, coerentemente con gli obiettivi di urgenza e di accelerazione della spesa, il punto 4 della suddetta Delibera CIPE prevede la revoca entro il termine del 31 dicembre 2013, se non impegnate attraverso obbligazioni giuridicamente vincolanti da parte delle Amministrazioni destinatarie.

Per tale motivo, con nota prot. 0035739/TRI del 07.05.2013 il MATTM – Direzione Generale per la tutela del territorio e delle risorse idriche, ha concesso alla Sogesid il nulla osta di procedere con urgenza alle attività di progettazione definitiva dell'intervento complessivo di messa in sicurezza e bonifica dell'area Micorosa, nelle more della definizione di tutti gli atti funzionali alla regolamentazione dei rapporti tra i vari soggetti a vario titolo interessati (MATTM, Regione Puglia, Sogesid, Comune di Brindisi). Questo anche in considerazione della "*grave situazione di criticità ambientale*" caratterizzante l'ara di Micorosa dovuta alla pesante contaminazione di suolo e falda.

In data 16.07.2013 è stato sottoscritto, da Ministero dello Sviluppo Economico, dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e dalla Regione Puglia, l'APQ rafforzato in cui si prevede la realizzazione dell'intervento di messa in sicurezza della falda dell'area Micorosa.

In data 02.09.2013, in una riunione tecnica presso il MATTM, sollecitata da Sogesid per la risoluzione di alcuni aspetti tecnici propedeutici al progetto, si conveniva che, in relazione alle "*limitate disponibilità economiche che consentono solo una parziale messa in sicurezza della falda dell'area. Più precisamente, Sogesid dovrebbe elaborare il progetto definitivo:*

a) del marginamento fisico lato mare nel tratto antistante l'area Micorosa e a protezione SIC/ZPS Saline Punta della Contessa;

b) dell'impianto di trattamento delle acque di falda inquinate da emungere;

c) dell'impermeabilizzazione superficiale del corpo rifiuti a maggiore protezione della falda."

L'iter approvativo del progetto definitivo sviluppato da SOGESID ha percorso le seguenti fasi:

2013.10.29: Decreto direttoriale concernente il provvedimento finale di adozione, ex articolo 14 ter legge 7 agosto 990 n. 241, delle determinazioni conclusive della Conferenza di Servizi decisoria relativa al sito di bonifica di interesse nazionale di "Brindisi" del 29.10.2013.

2014.04.23: Estratto del Provvedimento Dirigenziale di Autorizzazione n. 59 del 23.04.2014, emesso dalla Provincia di Brindisi – Servizio Ambiente ed Ecologia, avente per oggetto "*Valutazione di incidenza ambientale – Livelli 1 Fase di screening – Comune di Brindisi – Progetto definitivo – 1° stralcio funzionale degli Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, area Micorosa – Rilascio Parere*"

2014.07.01: Decreto Ministeriale di urgenza n. 0000178 del 01.07.2014 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (nel seguito MATTM) relativamente al progetto denominato "Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, Progetto definitivo – 1° stralcio funzionale – Area Micorosa".

2014.07.18: Parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Assemblea Generale, Adunanza del 18.07.2014, Affare n. 11/2014, avente per oggetto "*Delibera CIPE n. 87/2012 – Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi area Micorosa – Progetto definitivo, 1^ stralcio*".

2014.08.08: Nota MATTM prot. 0021847/TRI del 08.08.2014

2014.09.30: Rapporto finale di verifica dell'intero Progetto Definitivo, ai fini della validazione, del 30.09.2014, emesso dall'Ente verificatore *RINA – Check*.

2014.10.01: Validazione del progetto definitivo da parte del RUP in data 01.10.2014.

2014.11.14: Decreto MATTM di approvazione del progetto, Prot. n. 5455/TRI7DI7B del 14.11.2014, successivo all'approvazione in linea tecnica ed amministrativa del Progetto Definitivo posto a base gara.

1.1 Contesto dell'area di intervento e progetto coordinato con il privato

Già in fase di progettazione definitiva, poi riconfermato nella progettazione esecutiva, il modello concettuale dell'area, approfondito con le ulteriori informazioni acquisite nel corso delle campagne geognostiche e ambientali integrative, ha consentito di individuare con maggiore dettaglio le condizioni litostratigrafiche della zona di intervento, la sua idrogeologia e i rapporti tra gli acquiferi presenti, nonché la contaminazione esistente con le sue dinamiche di diffusione e i corpi idrici bersaglio. Sono state, quindi,

focalizzate le necessità di intervento nelle varie zone, in relazione alla presenza di vincoli di carattere ambientale o pianificatorio che potessero influenzare le scelte progettuali.

Secondo quanto ricostruito dalla Syndial, l'area attualmente di proprietà della società Micorosa S.r.l. (di seguito area Micorosa) è stata adibita, tra il 1962 e il 1980, a luogo di recapito di rifiuti di origine industriale da parte di società del gruppo Montedison (oggi Edison).

Poiché la Micorosa risulta sotto cura fallimentare, le attività di caratterizzazione ambientale previste dal D.Lgs. 152/06 sono state svolte nel 2010 dal Comune di Brindisi.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di rifiuto costituito in prevalenza da idrossido di calcio proveniente dagli impianti di produzione dell'acetilene, code clorurate provenienti dalla lavorazione del PVC e rifiuti provenienti dall'impianto cloro-soda. Anche i terreni sottostanti il corpo rifiuti risultano contaminati, per la presenza di composti alifatici clorurati cancerogeni e non, idrocarburi aromatici, clorobenzeni (esaclorobenzene e pentaclorobenzene), idrocarburi leggeri e pesanti, metalli pesanti (As, Sn, Hg, Be. Se) e ammine aromatiche (anisidina). È stata, infine, rilevata la contaminazione delle acque di falda che risulta dovuta principalmente a metalli pesanti (Al, As, Fe, Ni, Mn), idrocarburi aromatici (benzene, etilbenzene, stirene) e composti alifatici clorurati cancerogeni e non (cloruro di vinile, cloroformio, 1,2 dicloroetano, 1,2 dicloroetilene, 1,1 dicloroetano, 1,1,2 tricloroetano). Le concentrazioni in falda di alcuni elementi cancerogeni, quali i composti alifatici clorurati, superano i limiti di legge anche di 6 ordini di grandezza.

La contaminazione della falda, inoltre, è stata individuata, con caratteristiche simili all'area Micorosa, anche in alcune aree di proprietà Syndial, adiacenti all'area Micorosa ed esterne al Multisocietario, all'interno del quale risultano realizzati due interventi di marginamento di due aree presumibilmente adibite in anni passati a discarica.

L'area oggetto dell'intervento, quindi, è compresa tra il mare con cui confina ad est, il polo petrolchimico di Brindisi (detto Multisocietario, in cui sono coinsediate Syndial, Chemgas, Versalis, Enipower, ecc.) con cui confina ad ovest e a nord, e alcune aree agricole e naturali a sud. In particolare, al confine sud, a ridosso dell'area Micorosa, si sviluppa il tratto finale del canale Pandi, il cui percorso recapita nella SIC-ZPS "Saline Punta della Contessa".

L'intervento di progetto, quindi, si inserisce in un contesto di forte contaminazione che si riscontra, con caratteristiche per certi versi analoghe, anche nelle aree esterne Syndial e all'interno del Multisocietario, al confine con le aree Micorosa e con le citate discariche.

Risultando evidente che anche tali aree devono essere oggetto di un intervento da parte dell'azienda proprietaria, il Comune di Brindisi, la Regione, la Provincia e il MATTM, si sono fatti promotori di una

serie di riunioni tecniche finalizzate a coordinare i due interventi, pubblico e privato, sia per evitare uno spreco di risorse economiche dovuto alla duplicazione di opere, sia per assicurarne l'efficacia complessiva.

La Sogesid, quindi, ha svolto anche un'attività di coordinamento tecnico dei propri interventi con quelli privati, arrivando alla redazione di due progetti coordinati nelle quali le opere di messa in sicurezza permanente dell'area Micorosa ed aree esterne Syndial, vengono progettate e realizzate sinergicamente in parte dal pubblico e in parte dal privato, senza duplicazione di opere e spreco di risorse economiche.

In data 26.03.2014 la Regione Puglia, il Comune di Brindisi e la Syndial stipulano un Accordo Procedimentale e di Programma per la Messa in Sicurezza Permanente dell'area Micorosa e delle aree Syndial esterne allo stabilimento petrolchimico site nel SIN di Brindisi, con il quale la Syndial prende un impegno giuridicamente vincolante per la realizzazione delle opere in quota privata e, a garanzia, rilascia una fidejussione pari al 50% del costo delle stesse.

L'intervento coordinato complessivo di messa in sicurezza permanente dell'intero sito, sinteticamente, prevede il marginamento fisico dell'intera area contaminata (sfruttando anche alcuni tratti di diaframma esistenti in area Syndial, discariche sud e sud-est), l'impermeabilizzazione superficiale del corpo rifiuti per impedirne la lisciviazione da parte delle acque di pioggia, la realizzazione dell'impianto di trattamento delle acque di falda emunte nel transitorio per controllare il livello piezometrico all'interno delle aree marginate e lo spostamento del Canale Pandi all'esterno dell'area contaminata, per impedire che esso diventi veicolo di diffusione della contaminazione verso la SIC/ZPS "Saline Punta della Contessa". Il controllo dell'eventuale impaludamento dovuto alle acque di pioggia a regime, invece, sarà fatto anche mediante l'utilizzo di adatte specie arboree idro-esigenti.

Tramite pozzi, inoltre, verranno estratti i contaminanti eventualmente presenti in fase separata (D-NAPL - liquidi più densi dell'acqua). Completano gli interventi le opere di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche, le opere di protezione dall'erosione dovuta al moto ondoso, gli impianti elettrici e speciali necessari al funzionamento delle opere e le opere a verde.

I due progetti, Sogesid e Syndial, quindi, non sono lotti/stralci funzionali ma consistono nel contributo progettuale pubblico e privato al raggiungimento dell'obiettivo di messa in sicurezza permanente e bonifica del sito.

Per tale motivo è stato redatto nel settembre 2014 un Progetto Definitivo Generale Unitario che comprende tutti gli interventi previsti nei due progetti, pubblico e privato.

La parte pubblica, ha redatto la progettazione definitiva della sola parte di sua competenza, redatta da Sogesid ai sensi degli artt. da 24 a 32; successivamente è stato bandita una gara di appalto pubblico

ai sensi dell'ex art. 53 comma 2 lett. b) del DLGS 163/2006 (progettazione esecutiva ed esecuzione), di cui la scrivente A.T.I. è risultata aggiudicataria.

La parte privata, invece, non obbligata ad ottemperare agli obblighi di cui al DLGS 163/2006, si è però obbligata ad ottenere tutti i pareri sulla base del progetto operativo di bonifica redatto a tal fine e approvato in CdS.

Il coordinamento della progettazione e della successiva esecuzione dei lavori per la "*Messa in sicurezza permanente dell'area Micorosa e delle aree Syndial esterne allo stabilimento petrolchimico site nel SIN di Brindisi*" è stato sancito da un Accordo di Programma siglato in data 26.03.2014, tra il Comune di Brindisi, la Regione Puglia (definite Parti Pubbliche), e la Syndial S.p.A. (definita Parte Privata). Tale Accordo di Programma si riporta in allegato alla presente relazione.

Le principali finalità e gli obiettivi di tale Accordo sono di seguito riassunti:

a) La condivisione tra le Parti delle modalità per la realizzazione contemporanea e coordinata delle opere costituenti la messa in sicurezza permanente integrata dell'area Micorosa, nonché delle aree Syndial esterne allo stabilimento petrolchimico di Brindisi.
b) La pianificazione congiunta delle attività di realizzazione delle opere rispettivamente in capo a Syndial e al Comune di Brindisi, al fine di garantire la contestualità di esecuzione.
c) La definizione e pianificazione delle attività di collaudo coordinato delle opere realizzate fino alla relativa certificazione.

Per maggiori dettagli si rimanda direttamente all'allegato.

Prima e durante l'elaborazione della presente progettazione esecutiva, vi sono state diverse riunioni di coordinamento tra il Comune di Brindisi, la Regione Puglia (entrambi costituenti la Cabina di Regia istituita per il coordinamento delle due progettazioni), la Syndial S.p.A., i progettisti ed esecutori dei lavori di competenza pubblica ed i progettisti e gli esecutori dei lavori di competenza privata.

I verbali di tali riunioni di coordinamento sono di seguito richiamati, e comunque riportati in allegato alla presente:

- Verbale del 17 settembre 2014
- Verbale del 10 febbraio 2016
- Verbale del 13 aprile 2016
- Verbale del 27 aprile 2016
- Verbale del 28 aprile 2016 presso ARPA Puglia – Dipartimento Provinciale di Brindisi

2 IL SITO DI INTERESSE NAZIONALE (S.I.N.) DI BRINDISI

2.1 Perimetrazione del SIN

Il Sito di Interesse Nazionale di Brindisi, perimetrato con D.M. Ambiente del 10 gennaio 2000, si estende per un'area pari a circa 11.000 ha, comprendendo, oltre alle aree industriali, anche 5.500 ha di aree marine.

La perimetrazione, condotta in una fase preliminare alle caratterizzazioni, quando non si disponeva di informazioni dettagliate circa l'entità e l'estensione dell'inquinamento, è stata basata sull'individuazione delle zone sicuramente utilizzate, attualmente o in passato, per attività potenzialmente inquinanti quali insediamenti industriali, zone di discarica, aree costiere in cui sono stati realizzati riempimenti o rilevati, aree marine oggetto di sversamento abusivo di rifiuti o in cui abbiano recapitato o recapitino scarichi industriali.

Accanto a tali aree il Ministero ha ritenuto opportuno includere nel SIN anche le aree agricole "*che, in quanto confinanti o interconnesse, possono essere state esposte a fattori inquinanti*". La perimetrazione adottata, tra l'altro, non ha un carattere definitivo, data la possibilità di inserire nel SIN anche aree inizialmente escluse, laddove, in fase di ulteriori caratterizzazioni, risulti che le aree contaminate si spingano oltre il confine stabilito.

Il Sito di Interesse Nazionale di Brindisi è situato nella piana compresa fra il nucleo urbano della città di Brindisi, la Centrale termoelettrica ENEL di Cerano, il Mare Adriatico e la SS 613, che corre sub-parallela alla costa.

Nell'area sono individuabili alcune macro aree, distinguibili per uso del suolo e ubicazione. In particolare, nella parte più settentrionale del SIN, è presente l'area di sviluppo industriale della città, situata a Sud-Est del centro abitato, e composta da tre grandi poli.

Nella parte più orientale, nel tratto compreso tra Capo Bianco e Capo di Torre Cavallo, vi è lo Stabilimento Petrolchimico, originariamente di proprietà della Montecatini Edison, ma che adesso, avendo subito nel tempo diverse riconfigurazioni negli assetti gestionali e societari, risulta occupato dalle seguenti Società: Polimeri Europa S.p.A., Basell Brindisi S.p.A., ChemGas S.r.l., Enipower S.p.A., Syndial S.p.A., Dow Poliuretani Italia S.r.l. e E.V.C.

Più ad ovest, separato dal Petrolchimico dal Fiume Grande, vi è l'agglomerato industriale gestito dal Consorzio SISRI (adesso ASI), al cui interno vi sono insediamenti produttivi di vario tipo oltre ad un numero limitato di aree libere costituite prevalentemente da lotti non ancora edificati o in via di edificazione, e lotti destinati ad attività agricole.

A Nord dell'area industriale vi è il Polo Elettrico, costituito fondamentalmente dalle aree di pertinenza dell'ex Stabilimento Eurogen.

Nella parte meridionale dell'area perimetrata, in prossimità della costa, si trova la Centrale Enel di Cerano, realizzata negli anni '80, alimentata principalmente a carbone, e destinata alla produzione di energia elettrica. La Centrale è collegata alla zona industriale e alla banchina di Costa Morena da un asse attrezzato, realizzato nei primi anni '90 per il trasporto meccanizzato delle forniture di carbone provenienti dal porto di Brindisi alla Centrale, ad oggi non funzionante secondo le modalità per le quali è stato progettato, ma all'interno del quale le suddette forniture transitano tramite autocarri.

Nella zona centrale del sito insiste un'ampia area ad uso agricolo, caratterizzata principalmente da colture intensive, e in secondo ordine da vigneti e uliveti sparsi e di modeste dimensioni.

È da segnalare, nel settore costiero compreso tra il limite meridionale dell'area industriale e la Centrale termoelettrica, la presenza di un'area denominata "Stagni e Saline di Punta della Contessa", inclusa tra i siti d'importanza comunitaria (SIC) per la conservazione della biodiversità.

Il Sito comprende, inoltre, anche la porzione di territorio, non contigua al resto finora descritto, occupata dall'invaso del Cillarese con un'estensione approssimativa di 150 ha, la cui diga in terra battuta fu realizzata negli anni 50, e che, è attualmente gestito dall'ASI come serbatoio idrico per l'Area di Sviluppo Industriale di Brindisi.

Infine, la perimetrazione ministeriale include anche l'area marina prospiciente la porzione di territorio fin qui descritta. Tale area, costituita dalla fascia costiera delimitata a Nord da Punta del Serrone e a Sud dalla Località Cerano, include il Porto di Brindisi e si spinge al largo della costa per una distanza di circa 3 km, occupando un'area complessivamente pari a 5662 ha.

È da segnalare, nel settore costiero compreso tra il limite meridionale dell'area industriale e la Centrale termoelettrica, la presenza di un'area denominata "*Stagni e Saline di Punta della Contessa*", inclusa tra i siti d'importanza comunitaria (SIC) per la conservazione della biodiversità.

Il Sito comprende, inoltre, anche la porzione di territorio, non contigua al resto finora descritto, occupata dall'invaso del Cillarese con un'estensione approssimativa di 150 ha, la cui diga in

terra battuta fu realizzata negli anni 50, e che è attualmente gestita dall'ASI come serbatoio idrico per l'Area di Sviluppo Industriale di Brindisi.

Infine, la perimetrazione ministeriale include anche l'area marina prospiciente la porzione di territorio fin qui descritta. Tale area, costituita dalla fascia costiera delimitata a Nord da Punta del Serrone e a Sud dalla Località Cerano, include il Porto di Brindisi e si spinge al largo della costa per una distanza di circa 3 km, occupando un'area complessivamente pari a 5662 ha.

2.2 Le attività esistenti nel sito

Nel Sito di Interesse Nazionale di Brindisi ricade un importante polo industriale chimico ed un'area energetica (Brindisi è leader per la produzione di energia elettrica in Italia).

L'industria chimica, nelle sue più svariate accezioni si configura nei settori: alimentare, energetico, farmaceutico o di processo. I diversi stabilimenti dell'ENI, dislocati come Polimeri Europa, Snam ed EniPower sono inseriti nel polo petrolchimico di Brindisi che si affaccia sul mare Adriatico. Negli ultimi anni, con l'entrata in esercizio della nuova centrale, degli impianti originali sono rimasti in esercizio i soli generatori direttamente alimentati con vapore di recupero dall'adiacente impianto di "cracking idrocarburi" di altre società Eni e una caldaia come riserva fredda.

Nel SIN di Brindisi insistono tre grandi centrali dei gruppi ENEL, Edipower ed EniPower:

- ✓ Centrale ENEL Federico II: è una centrale termoelettrica a carbone con una capacità totale di 2640 MW installati. Si trova presso la località Cerano e per estensione, circa 270 ha, è la più grande centrale termoelettrica d'Italia;
- ✓ Centrale Edipower di Brindisi: è una centrale a carbone situata presso Costa Morena nella zona industriale. L'impianto prevede la possibilità di funzionare sia a carbone che a olio combustibile denso, o con mix di entrambi i combustibili (l'olio combustibile viene scaricato dalle petroliere che attraccano al molo di Costa Morena e tramite oleodotto viene stoccato nei serbatoi, mentre il carbone viene scaricato dalle navi carboniere presso le banchine preposte del Porto di Brindisi e trasportato al parco stoccaggio e da qui inviato all'alimentazione delle caldaie tramite nastri trasportatori);
- ✓ Centrale EniPower di Brindisi: è una centrale termoelettrica a ciclo combinato. Inoltre, produce energia termica (vapore) destinata ad uso industriale. L'alimentazione a gas naturale è garantita da un gasdotto sotterraneo. I turbogas presentano la possibilità di alimentazione sia da gas naturale che da gas petrolchimico.

Lo stabilimento occupa una superficie di circa 98.000 m2. Sull'area insistono gli impianti tecnologici di fermentazione e trasformazione chimica necessari alla produzione di antibiotici. Le materie prime che entrano nel ciclo di lavorazione, oltre alle colture di microrganismi, sono: acqua, amidi, sali minerali, grassi vegetali, proteine e zuccheri. Lo stabilimento è dotato di un impianto trattamento acque a fanghi attivi (operativo dal 1974) in grado di trattare i reflui dei reparti di produzione e servizi, con conferimento, a mezzo scarico autorizzato, in Fiume Piccolo.

2.3 Reti infrastrutturali esistenti

I collegamenti stradali principali, all'interno del SIN di Brindisi, sono:

- la S.S. 613 Brindisi – Lecce;
- la S.S 16 Adriatica (E55);
- la S.P. 87 che collega la S.S. 613 Brindisi – Lecce alla S.P. 88 che collega a Brindisi.

I collegamenti ferroviari sono assicurati dalla Stazione di Brindisi, un importante snodo ferroviario della Puglia, punto di incontro tra la Ferrovia Adriatica e la linea Brindisi – Taranto. La stazione appartiene al circuito Cento Stazioni e presenta collegamenti verso tutte le località servite dalla linea adriatica e ionica.

Il porto di Brindisi è un porto turistico, commerciale e industriale tra i più importanti dell'Adriatico. Il traffico turistico riguarda i collegamenti con la penisola Balcanica e la Turchia, mentre il traffico mercantile interessa carbone, olio combustibile, gas naturale, prodotti chimici. Il porto si articola su tre bacini:

- Porto Esterno: i cui limiti sono a sud la terraferma, a est le isole Pedagne, a ovest dall'isola Sant'Andrea e dal molo di Costa Morena (lungo la diga di Costa Morena si sviluppa il sistema, a mezzo nastro e tubature, per lo sbarco dei prodotti destinati all'alimentazione delle centrali elettriche di Brindisi sud e nord) e, a nord, dalla diga di Punta Riso. Ha vocazione principalmente industriale ed in esso sono installate strutture destinate allo sbarco di prodotti destinati agli stabilimenti del polo industriale chimico;
- Porto Medio è formato dallo specchio di mare che si trova prima del canale Pigonati, l'accesso al porto interno, il bacino a nord forma le Bocche di Puglia. Esso è principalmente destinato alle attività commerciali.
- Porto Interno è formato da due profonde insenature che abbracciano il centro storico di
- Brindisi sia a nord che ad est, essi sono il "*seno di ponente*" e "*seno di levante*".

2.4 Pianificazione insistente sull'area

Alcune aree comprese o adiacenti al SIN di Brindisi sono interessate dagli strumenti di pianificazione territoriale regionale ed in particolare:

1. Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Brindisi;
2. Piano Regolatore di Coordinamento dell'ASI di Brindisi;
3. Piano Urbanistico Territoriale Tematico per il Paesaggio
4. Piani di bacino, Piani per l'Assetto Idrogeologico (PAI);
5. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale;
6. Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA);
7. Siti Natura 2000 e Aree naturali protette;
8. Vincoli archeologici.

2.5 Micorosa

L'area Micorosa, ubicata all'interno della zona industriale del comune di Brindisi in località Petrolchimico e inclusa nella perimetrazione del Sito di bonifica di Interesse Nazionale di Brindisi, risulta adiacente al complesso Petrolchimico di Brindisi, produttivo a partire dal 1961, quando la Società Montecatini vi operava "*il trattamento di ton 1.000.000 annue di petrolio grezzo al fine di ottenere principalmente distillati da impiegare nella produzione di olefine e di derivati chimici*", come si legge nel testo del Decreto Interministeriale 2.9.1961 n. 5188 che ne rilascia la concessione. Oltre a tali produzioni, era presente una linea di polimerizzazione (CVM-PVC), insediata nell'area adiacente di pertinenza della società Polymer, sempre del gruppo Montecatini.

Nel 1966, il sito industriale passa alla Montedison, nata dalla fusione della Montecatini con la Edison e vengono attivate linee di produzione di altre plastiche polimeriche (polietilene, polipropilene, poliuretani).

L'area Micorosa viene utilizzata per lo smaltimento dei residui di lavorazione industriale del petrolchimico. È possibile distinguere tre fasi successive, durante le quali vi sono state scaricate le diverse tipologie di rifiuti industriali:

- 1962-1969: fanghi di idrossido di calcio, residui della linea di produzione dell'acetilene, intermedio di sintesi del cloruro di vinile, destinato alla produzione del PVC;

- 1969-75: code clorurate (costituite da: composti organoclorurati bassobollenti, quali cloruro di vinile, cloruro di metile, 1,1-dicloroetilene, 1,2-dicloroetilene cis e trans; 1,2 Dicloroetano; composti organoclorurati altobollenti, quali trieline, tricloroetani, tetracloroetano, pentacloroetano, esacloroetano, bromodicloroetano; miscele di solventi aromatici policiclici con punto di ebollizione compreso tra 180°-190°C fino a 240°- 250°C), residui della linea di produzione del dicloroetano, intermedio di sintesi del cloruro di vinile, destinato alla produzione del PVC;
- 1972-80: code residue dell'impianto di produzione dell'anidride ftalica, costituite da acidi maleico e ftalico.

La cessazione delle operazioni di scarico avviene presumibilmente con la contestuale chiusura dei relativi impianti di produzione industriale (impianto acetilene chiuso nel 1969, impianto dicloroetano chiuso nel 1975, impianto anidride ftalica chiuso nel 1980) ed, esclusivamente per le code clorurate, dall'installazione di serbatoi di stoccaggio avvenuta nel 1973.

Nel 1987 l'area viene ceduta dal gruppo Montedison alla Società Micorosa S.r.l., che si attiva per il recupero dei fanghi precedentemente scaricati, allo scopo di produrre calce idrata. Tale attività risulta essere stata effettivamente eseguita tra il 1994 e il 1995. Non risulta siano avvenute ulteriori attività all'interno dell'area.

Per l'area Micorosa, il Servizio Ecologia del Comune di Brindisi ha redatto il documento "Piano della Caratterizzazione Ambientale del sito area Micorosa" (nel seguito PdC), approvato con prescrizioni dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in sede di Conferenza di Servizi decisoria del 01 agosto 2007. Nel periodo Dicembre 2009 – Luglio 2010, il sito in oggetto è stato sottoposto alle indagini di caratterizzazione ambientale previste nel citato documento, finalizzate ad acquisire un'adeguata conoscenza dello stato di qualità chimico- fisica delle matrici ambientali potenzialmente impattate dalle attività svolte sull'area.

2.6 Interventi di caratterizzazione, MISE e bonifica attivati dalle Aziende nell'area d'intervento

Preliminarmente alla redazione del Progetto Definitivo e del presente Progetto Esecutivo di messa in sicurezza permanente, sono stati acquisiti i documenti inerenti le Conferenze di Servizi, istruttorie e decisorie, tenute presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare sulla zona est del SIN di Brindisi (che risulta idrologicamente disconnessa da quella ovest per la presenza del Fiume

Grande e dei terreni su cui insiste, nonché lo stato degli interventi posti in atto dalle aziende, che si riportano sinteticamente nei paragrafi successivi.

In particolare presso il Petrolchimico risulta in funzione, a partire dal 2004, un complesso sistema di confinamento idraulico, sviluppato nel tempo a seguito delle prescrizioni ministeriali, la cui configurazione definitiva è una rete di 63 pozzi barriera, collegati ad un impianto di trattamento TAF.

2.6.1 Petrolchimico

La prima fase dell'intervento di messa in sicurezza prevedeva, per i settori di priorità individuati, la realizzazione di uno schema misto costituito da 9 piezometri attrezzati a pozzo per l'emungimento della falda, ubicati nelle aree maggiormente contaminate, e barriere permeabili reattive (PRB). Recependo le indicazioni formulate dal Ministero durante la Conferenza di Servizi del 25/07/2003, le Società coinsediate decidevano di potenziare gli interventi già realizzati al fine di sbarrare tutto il fronte di acquifero in uscita dallo Stabilimento.

Pertanto, in funzione della rapidità dell'esecuzione e "*della immediata efficacia di tale intervento*", nonché di numerose altre considerazioni, legate alla presenza di sottoservizi nelle aree perimetrali e altre valutazioni relative alle modalità costruttive dei diaframmi, si optava per la tecnica del "*pump & treat*", ossia del pompaggio da pozzi di nuova realizzazione da affiancarsi ad un sistema di trattamento delle acque emunte; in considerazione della realizzazione di tale variante, la tecnica di bonifica con "PRB" venne abbandonata.

Il Consorzio realizzava inizialmente un sistema di n.60 pozzi, distribuiti secondo uno schema più o meno continuo lungo tutto il fronte dello Stabilimento, in corrispondenza dei quali procedere all'emungimento delle acque di falda; tale sistema, intercettando tutti i settori di contaminazione noti, veniva progettato per impedire la propagazione degli inquinanti verso zone esterne al sito, in particolare verso il mare, minimizzando, allo stesso tempo, il richiamo di acqua salata dovuto all'emungimento operato nei pozzi della barriera.

Essendo sorti, durante le fasi di realizzazione, alcuni ostacoli dovuti alla presenza di sottoservizi e sottostrutture, diventava necessario individuare ubicazioni differenti per alcuni pozzi della barriera idraulica rispetto a quelle previste dal progetto. A scopo cautelativo, per compensare i possibili effetti delle lacune create dalle variazioni di ubicazione di alcuni pozzi, le Società coinsediate ritenevano opportuno procedere alla realizzazione di ulteriori n.3 pozzi di emungimento, attivati tra Dicembre 2006 e Gennaio 2007

Attualmente, presso l'area del Petrolchimico, è attivo un complesso sistema di messa in sicurezza, costituito da n.63 pozzi barriera la cui azione di richiamo, stando agli elaborati di progetto e verifica presentati dal Consorzio delle Aziende insediate, assicura la completa intercettazione della falda proveniente da monte. Il sistema di estrazione, funzionante in continuo, è connesso ad una rete di servizio che colletta le acque emunte, destinandole in parte al trattamento in un impianto appositamente realizzato (TAF), in parte a recupero diretto all'interno del ciclo produttivo.

Il Ministero, a ragione del notevole grado di contaminazione riscontrato nello Stabilimento, ha prescritto alle Società coinsediate di procedere alla realizzazione di un sistema di confinamento che impedisca il naturale deflusso delle acque di falda contaminate verso il mare. L'intervento di messa in sicurezza realizzato presso il Petrolchimico non si è dimostrato, nel tempo, un intervento di carattere statico. Al contrario, la configurazione progettuale e gestionale dell'intervento è stata più volte modificata, parzialmente in conseguenza del progressivo approfondimento degli studi commissionati dalle Aziende coinsediate, in parte a seguito delle diverse prescrizioni formulate dal Ministero che, finora, non si è mai espresso favorevolmente in merito all'efficacia, visto ancora l'alto tenore di contaminazione presente in falda.

3 MODELLO CONCETTUALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Per effettuare le scelte progettuali, e per verificarne l'efficacia, è stato ricostruito, già in sede di progettazione definitiva, il modello concettuale dell'area di intervento, in modo da avere una visione sufficientemente completa circa le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche, idrologiche, idrogeologiche e di contaminazione del sito.

A tale scopo, si è tenuto conto, oltre che della letteratura esistente, anche di tutti i dati provenienti dalle campagne di caratterizzazione e dalle campagne di monitoraggio delle Aziende, nonché delle indagini integrative geognostiche e ambientali effettuate da Sogesid SpA (società che ha elaborato il progetto definitivo).

Questa mole di dati, inerenti l'assetto cartografico, stratigrafico e piezometrico dell'area, la caratterizzazione delle acque e dei suoli, gli interventi di MISE già realizzati, è stata caricata, sempre in sede id progettazione definitiva, in una banca dati georeferenziata, gestibile attraverso un sistema cartografico informatizzato, per la ricostruzione di un chiaro quadro conoscitivo del territorio.

Contestualmente è stato valutato sia l'assetto pianificatorio sia quello vincolistico dell'area, ed entrambi hanno condizionato parte delle scelte progettuali.

Di seguito si riporta una sintesi del contesto geologico, idrogeologico, di contaminazione e vincolistico dell'area interessata dall'intervento, la cui conoscenza ha permesso di orientare le scelte progettuali adottate per la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza della falda.

3.1 Contesto geologico

3.1.1 Inquadramento geologico generale

L'area d'interesse (SIN di Brindisi) ricade pro-parte nel Foglio n. 204 "Lecce" e pro-parte nel Foglio n. 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 ed è contenuta nella porzione settentrionale della piana di Brindisi.

Dal punto di vista geologico generale il territorio in esame ricade nell'area dell'Avampaese Apulo, generatosi durante le fasi orogenetiche appenniniche e successivamente coinvolto nel ciclo trasgressivo del Pleistocene. La geometria tettono-strutturale della zona evidenzia coinvolgimenti solo marginali all'interno dei processi orogenetici di formazione della catena. Di fatto la tettonica di tipo compressivo, quando si è sviluppata, ha lasciato a scala regionale dei blandi piegamenti a lungo raggio di curvatura. Invece la tettonica distensiva, più evidente, è rappresentata da diversi sistemi di faglie dirette, da NW-SE a E- W e SW-NE.

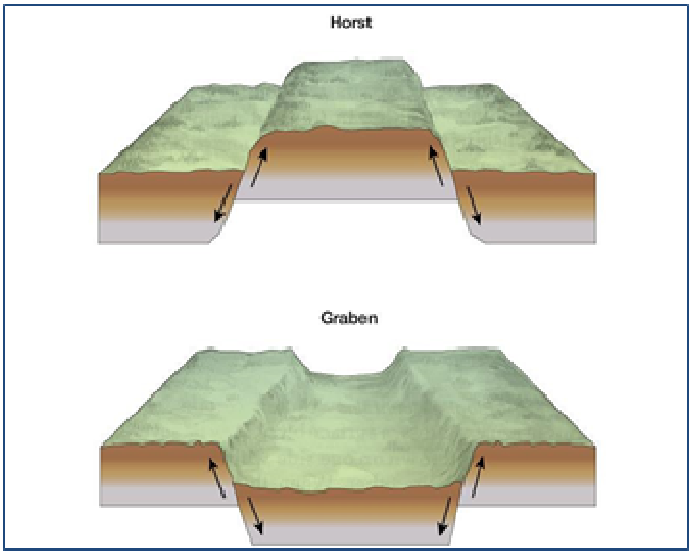


Figura 3.1: *Schematizzazione di horst e graben*

Nel particolare la Piana di Brindisi, posta tra l'altopiano delle Murge e la Penisola, è caratterizzata da una serie di horst e graben (vd. figura precedente), di varia estensione, generalmente orientati in direzione NW e

SE e caratterizzati dalla presenza di potenti basamenti carbonatici di età mesozoica localmente dislocati e ricoperti da coltri sedimentarie di età pleistocenica (ciclo di riempimento della Fossa Bradanica e depositi marini terrazzati post-calabriani). La successione litostratigrafica che s'incontra nell'area d'indagine risulta essere dal basso verso l'alto la seguente:

1. Calcari di Altamura
2. Calcareniti di Gravina
3. Argille Subappennine
4. Depositi post-calabriani
5. Depositi lagunari-palustri
6. Depositi alluvionali.

In particolare, per l'area di Micorosa le formazioni che risultano coinvolte dallo studio in oggetto, dall'alto verso il basso, sono le seguenti:

Depositi lagunari e/o palustri

Sono termini litologici prevalentemente limo-argillosi e sabbio-limosi di colore brunastro, a luoghi con livelli estremamente plastici e torbosi, a scarsa consistenza.

Sono il prodotto della deposizione di materiale addizionato in bacini (lagune/stagni) di modesta profondità e media estensione posti al margine della fascia di costa, isolati dal mare da cordoni e barre e con scarso interscambio con il mare stesso. Spessore variabile tra 0,5 a oltre 6,0 metri circa.

Depositi post-calabriani

Si trovano stratigraficamente al di sopra dei depositi argillosi calabriani, sono costituiti da termini sabbiosi e calcarenitici e limo-sabbiosi riferibili a brevi cicli sedimentari postcalabriani.

Il deposito ben rappresentato nell'area di stretto interesse e che verso l'interno spesso si intercetta in affioramento e nei primi metri (in genere 6÷10 m da p.c.), è composto da sabbie medio-grossolane da cementate e poco cementate (con habitus calcarenitico), subordinatamente calcari biogeni alternati a sabbie a grana media giallastre con differente grado di cementazione; tale deposito è localmente denominato "Panchina". In particolare i livelli calcarenitici s.s. sono a grana medio fine di colore giallastro mediamente compatti a tessitura

variabile da grnosostenuta a prettamente micritica costituita prevalentemente da bioclasti e intraclasti con cemento carbonatico. La porosità macroscopica è medio-alta e diffusa.

Spesso a tetto della panchina in normale sovrapposizione stratigrafica, e talora con contatti eteropici sono presenti limi sabbiosi (e/o sabbie limose) e limi più o meno argillosi di colore variabile dal marroncino all'avana al verdastro, dotati di elevata plasticità e media consistenza.

Si presentano spesso con concrezioni carbonatiche biancastre e rappresentano il prodotto di deposizione di tipo continentale (spessori variabili tra qualche metro a oltre 12 m).

Argille Subappennine (Calabriane)

Questa formazione è composta da argille marno-limo con sabbie di colore grigio-azzurro. Si tratta della formazione estesamente rappresentata nella parte di monte dell'area di indagine, presentando in alcuni punti uno spessore massimo di m 40/50 m.

Presentano, generalmente, una maggiore componente sabbiosa nei primi livelli con frequenti inclusioni di noduli calcarei parzialmente alterati. Dal punto di vista granulometrico, sono in prevalenza delle argille con limo debolmente sabbiose; dal punto di vista mineralogico, sono composte da minerali argillosi illitici e soprattutto caolinitici. Sono praticamente impermeabili alla scala del campione e hanno una plasticità medio-alta; presentano a luoghi intercalazioni di sottili livelli sabbiosi.

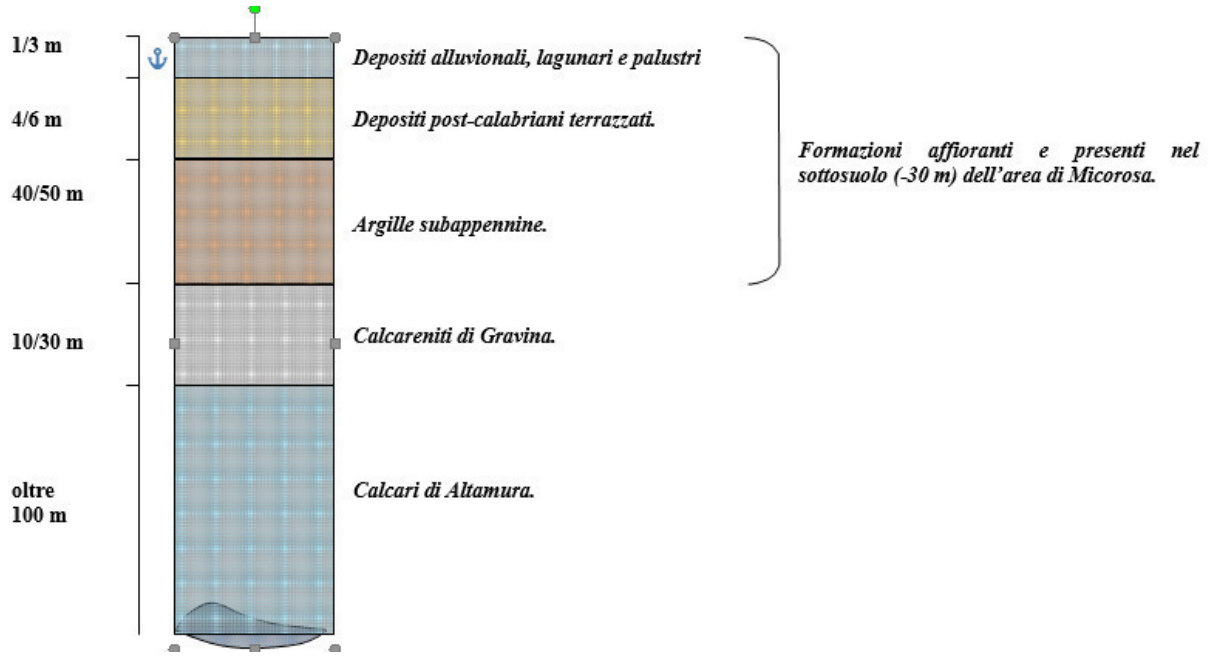


Figura 3.2: *Colonna stratigrafica schematica dell'area SIN di Brindisi*

3.1.2 Inquadramento idrogeologico

Le formazioni litoidi affioranti e presenti nel sottosuolo e descritte nel precedente paragrafo, rivestono diversa importanza e potenzialità sotto l'aspetto idrogeologico e quindi della presenza, disponibilità e qualità della risorsa idrica.

Le rocce sono state così classificate in base alla loro permeabilità, desunta principalmente da indagini in situ e in laboratorio oltre dalle osservazioni geolitologiche durante la campagna dei sondaggi geognostici. Sono stati così distinti in funzione delle classi di permeabilità dei complessi idrogeologici s.l., ossia raggruppamenti di terreni litologicamente simili, caratterizzati dallo stesso tipo di permeabilità prevalente.

In relazione alle caratteristiche litologiche rilevate e alla presenza di falda idrica, i terreni presenti nella zona d'interesse possono essere classificati in base al tipo di permeabilità in:

- terreni a bassa permeabilità (permeabilità per porosità) - depositi lagunari e/o palustri
- terreni a media permeabilità (permeabili per porosità) - depositi post-calabriani;
- terreni impermeabili - argille subappennine (Calabriane)

In quasi tutto il territorio brindisino affiora il lembo sabbioso e calcarenitico dei depositi marini terrazzati, con valori di permeabilità medio per porosità e localmente per fratturazione.

L'idrografia superficiale è poco attiva, se non nei periodi invernali e in concomitanza di eventi copiosi e di lunga durata a meno della percentuale di acqua meteorica evapotraspirata e delle esigue quantità che ristagnano in zone depresse particolarmente impermeabili, le acque di pioggia s'infiltrano nel sottosuolo.

Nell'area d'interesse, di fatto, sono presenti due tipi di acquiferi: uno superficiale e l'altro profondo.

L'acquifero superficiale è di tipo a falda libera (vd. tabella alla pagina seguente) o al massimo semi confinata ed è presente solo laddove, come nella zona in esame, vi è un sostegno di uno strato argilloso impermeabile (argille subappennine Auct. – argille grigio-azzure). Si tratta di una formazione composta da argille e argille limose con sabbie di colore grigio-azzurro.

Nelle porzioni stratigraficamente più alte, si presentano con una compagine caratterizzata da sabbie limose passanti lateralmente a livelli limo-sabbiosi. Si tratta della formazione estesamente rappresentata nella parte di monte dell'area di indagine, presentando in alcuni punti uno spessore massimo di m 40/50 m.

Questi depositi, di età infrapleistocenica poggiano in continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e localmente giacciono, lungo superfici trasgressive, sui depositi mesozoici del Calcare di Altamura. Presentano una maggiore componente sabbiosa nei primi livelli con frequenti inclusioni di noduli calcarei parzialmente alterati.

Le Argille subappennine Auct. rappresentano il substrato impermeabile (acquiclude) che sostiene l'acquifero superficiale della piana di Brindisi costituito dai depositi post-calabriani, che si trovano stratigraficamente al di sopra dei depositi argillosi e sono costituiti da termini sabbiosi e calcarenitici e limo-sabbiosi riferibili a brevi cicli sedimentari post-calabriani.

Il deposito, ben rappresentato nell'area di stretto interesse nei primi metri (6-10 m dal p.c.), è composto da sabbie medio-grossolane da cementate a poco cementate (con habitus calcarenitico), subordinatamente biocalcareniti alternate a sabbie giallastre a grana media con differente grado di cementazione; tale deposito è localmente denominato "Panchina".

In particolare i livelli calcarenitici s.s. sono a grana medio fine di colore giallastro mediamente compatti a tessitura variabile da granosostenuta prettamente micritica costituita prevalentemente da bioclasti e intraclasti con cemento carbonatico. La porosità macroscopica è medio-alta e diffusa. Nelle porzioni sommitali della "panchina", in normale sovrapposizione stratigrafica e talora con contatti eteropici, sono presenti dei depositi lagunari e/o palustri costituiti da limi sabbiosi (e/o sabbie limose) e limi più o meno argillosi di colore variabile dal marroncino all'avana al verdastro, spesso con sottili livelli di depositi torbosi. Sono dotati di elevata plasticità e media consistenza (spessori variabili tra il metro a oltre 6 m).

La falda profonda è alimentata da un bacino idrografico ben più vasto collegato ai rilievi calcarei, ed è contenuta all'interno di un acquifero, permeabile per fratturazione e condotti carsici, rappresentato dal bacino idrogeologico della Murgia al passaggio con il bacino idrogeologico del Salento. Si tratta di una falda cospicua, risorsa idrica d'interesse regionale, le cui acque galleggiano per differenza di densità sull'acqua marina che, già, invade i calcari della penisola salentina e la cui area di ricarica è individuabile nella contigua idrostruttura carbonatica delle Murge

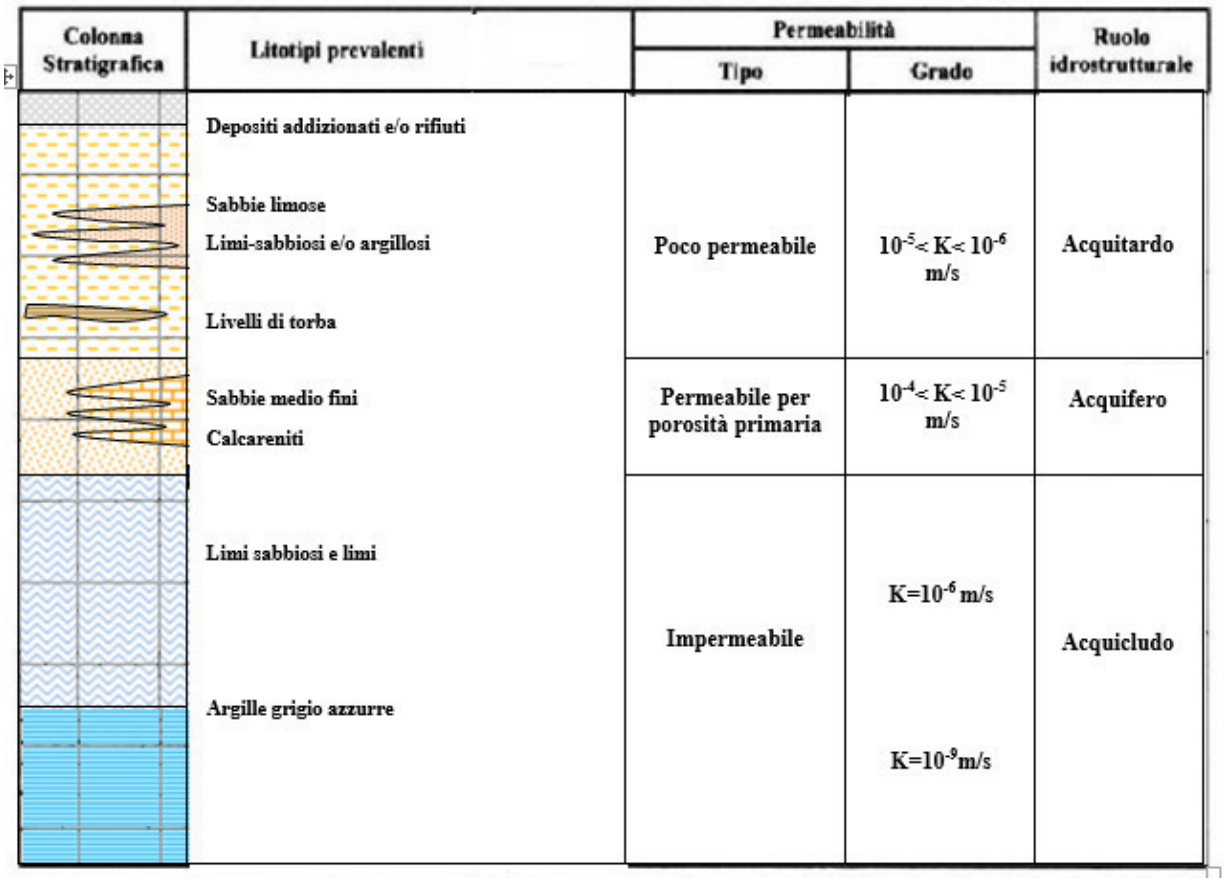


Figura 3.3: *Caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell'acquifero superficiale*

3.1.3 Considerazioni litotecniche

Al fine di completare il quadro sulle caratteristiche fisiche delle sequenze sedimentarie del sottosuolo dell'area di Micorosa si è operato il prelievo di n. 25 campioni indisturbati di sottosuolo, in corrispondenza delle perforazioni (campagna indagini integrative luglio/ottobre 2013). Detti campioni sono stati prelevati e conservati in fustella metallica tipo Shelby dalla Toma Abele Trivellazioni S.r.l. di Matera che li ha sottoposti a prove di laboratorio volte alla determinazione dei seguenti coefficienti. Dai risultati delle indagini e analisi di laboratorio geotecnico si è potuto fare una sintesi dei principali caratteri fisico- meccanici dei termini litologici che si susseguono stratigraficamente dall'alto verso il basso fino a una profondità dal p.c di – 30 m circa. Pertanto, dall'alto verso il basso si susseguono i:

Rifiuti

Si tratta prevalentemente del prodotto di scarto della lavorazione industriale del carburo di calcio per la produzione dell'acetilene. Si presenta come un aggregato di particelle, ben cementato, fragile e leggero. Ha un aspetto poroso dovuto ai processi di degassificazione.



Cassetta catalogatrice. Passaggio tra i depositi lagunari e/o palustri e i depositi sabbiosi giallastri con livelli calcarenitici.



Cassetta catalogatrice. Passaggio tra i depositi sabbiosi giallastri con livelli calcarenitici e le sottostanti sabbie fini limose e limi-sabbiosi grigi.



Cassetta catalogatrice. Passaggio tra i depositi sabbiosi giallastri con livelli calcarenitici e le sottostanti

Depositi lagunari e/o palustri

Sono termini litologici prevalentemente limo-argillosi e sabbio-limosi di colore brunastro, a luoghi con livelli estremamente plastici e torbosi, a scarsa consistenza e grado di addensamento.

Sono il prodotto della deposizione di materiale addizionato in bacini (lagune/stagni) di modesta profondità e media estensione posti al margine della fascia di costa, isolati dal mare da cordoni e barre e con scarso interscambio con il mare stesso.

La permeabilità in generale è bassa con caratteristiche di un acquitardo con un coefficiente di permeabilità k compreso tra 10-5 e 10-6 m/s.

Depositi post-calabriani

Sono depositi prevalentemente sabbiosi a vario grado di cementazione e di colore giallastro. A più altezze stratigrafiche si intercalano livelli di sabbie grossolane più o meno cementate (calcareniti) e livelli molto sottili di ghiaie. La permeabilità è da bassa a media con valori di K compresi tra 10-4 e 10-5 m/s.

Nel complesso è da considerare l'acquifero su-perficiale produttivo, sostenuto in basso dal litosoma delle argille grigio azzurre calabriane.

Argille subappennine Auct. (Calabriano)

Argille subappennine - porzione prevalentemente limo sabbiosa.

Si tratta delle porzioni superiori della Formazione delle argille subappennine e sono caratterizzate da litotipi prevalentemente sabbio-limosi e/o limo argilloso sabbioso o con sabbia. Si presentano di colore grigio da mediamente consistenti a consistenti con comportamento prettamente coesivo.

Sono caratterizzate da una progressiva diminuzione della componente sabbiosa via via che si prosegue verso il basso. La permeabilità è bassa con valori di K pari a 10-6 m/s.



Cassetta catalogatrice. Livelli delle argille limose grigio azzurro con intercalazioni di limi argillosi

Argille Subappennine - porzione prevalentemente argillosa.

Questa formazione è composta di argille limose con passaggi a limi argillosi o con argilla di colore grigio- azzurro. Sono da considerare delle argille inorganiche a media compres-sibilità.

La loro potenza è variabile ma contenuta entro i 40-50 m. (porzione prevalentemente argillosa + porzione prevalentemente limo sabbiosa). La permeabilità è bassa con valori di K oltre i 10-9 m/s.

3.2 Modello numerico di simulazione del deflusso della falda (Elaborato specialistico del progetto definitivo)

Nel presente progetto esecutivo si recepisce e si conferma il modello numerico di simulazione del deflusso della falda già elaborato nel progetto definitivo. Una descrizione di sintesi di tale studio, estratta dalla relazione illustrativa del progetto definitivo, è qui di seguito riportata in corsivo:

"Lo studio idrogeologico, effettuato mediante lo sviluppo di un apposito modello matematico, è stato finalizzato alla valutazione dell'efficienza del sistema di sbarramento delle acque di falda dell'acquifero costiero in prossimità dell'area Micorosa, al fine di verificare le condizioni progettuali di messa in sicurezza del sito per la protezione del mare e delle aree limitrofe alla discarica rispetto a fenomeni di contaminazione rilevati. Lo studio prende in esame i modelli matematici per la progettazione degli interventi di sbarramento idraulico già attivi presso il sito predisposti in fase ante operam da ENVIRON nel 2005 e ripresi da URS nel 2011 sulla base delle indagini di monitoraggio post operam. In particolare, il modello matematico idrogeologico è stato rivisto da Sogesid S.p.A. e aggiornato sulla base di ulteriori nuove informazioni, dopo averne verificato la struttura e le proprietà, ed è stato calibrato in condizioni stazionarie.

Da un punto di vista idrogeologico nell'area di studio si identificano due corpi idrogeologici ben distinti: il primo, più superficiale è impostato nei depositi marini terrazzati pleistocenici e ospita una falda libera (talora debolmente semiconfinata) di portata limitata e con carattere locale, sostenuta dalle argille plio-pleistoceniche; il secondo, più profondo, non oggetto della modellazione, è costituito da un complesso carbonatico cretacico e dalle calcareniti mioceniche entro cui la falda circola per fessurazione e carsismo.

L'area oggetto della modellazione ha una superficie di 1380 ha e si estende per tutta la zona adiacente alla proprietà del Multisocietario. L'estensione del dominio di calcolo è sufficientemente ampia da tenere conto degli effetti delle opere su un'area d'influenza ritenuta rappresentativa e tale da includere le principali influenze e perturbazioni dovute alle condizioni la contorno imposte.

Dopo aver analizzato i dati a disposizione e ricostruito la geometria del sistema idrogeologico, è stato implementato un modello numerico, discretizzato con una maglia regolare. Il dominio di studio è stato concettualizzato in diverse zone litologiche alle quali sono stati attribuiti valori costanti della conducibilità idraulica, variati nella fase di calibrazione del modello. Il modello così implementato è stato calibrato in regime stazionario. Successivamente è stato implementato nel modello numerico la configurazione ottimale dello sbarramento idraulico e fisico e sono state effettuate una serie di simulazioni previsionali.

Per l'analisi dei possibili scenari di interventi è stato utilizzato il codice alle differenze finite MODFLOW-2005 (Harbaugh et al., 2005). Il dominio del modello ha una lunghezza di 3800 m ed una larghezza di 3650 m, ed è stata eseguita una discretizzazione spaziale con griglia deformata, definendo la geometria della superficie topografica e quella idrostratigrafica che costituisce il limite di base del modello. Il dominio orizzontale è stato suddiviso in celle quadrate di ampiezza massima di 10x10 metri per un totale di 380 righe e 365 colonne. La suddivisione verticale del dominio è stata effettuata in 3 layers di spessore variabile per un volume compreso tra il piano campagna e la base dell'acquifero alla quota massima di -40 metri s.l.m. Nel complesso il modello implementato è costituito da circa 555.000 nodi.

La conducibilità idraulica dei materiali acquiferi è stata attribuita sulla base della sintesi dei dati sperimentali (prove di emungimento, Lefranc, Slug test). Si è proceduto dunque all'elaborazione spaziale mediante interpolazione dei dati che ha permesso di ottenere una distribuzione discreta della K per l'unità sabbiosa più permeabile (layer 2 - Unità 2). Sono state definite dunque 7 zone di permeabilità come risultato dell'analisi geostatistica, a cui sono stati assegnati e variati in fase di calibrazione valori di K compresi tra un massimo di 5x10-3 m/s e un minimo di 1x10-5 m/s per i depositi acquiferi sabbiosi (S). I valori assegnati sono stati poi variati in fase di calibrazione all'interno del range di esistenza di ogni singola categoria litologica.

Sono state specificate le condizioni al contorno del modello, che rappresentano le assunzioni matematiche ai confini del dominio che specificano la variabile dipendente (il carico idraulico) o la sua derivata spaziale (gradiente idraulico) lungo i limiti del dominio di calcolo. Nel modello sono state dunque implementate le seguenti condizioni al contorno: (1) deflusso verso mare, (2) afflusso sotterraneo dal limite Sud-Ovest, (3) drenaggio e ricarica da parte del Fiume Grande, (4) ricarica da parte del Fiume Grande, (5) infiltrazione della superficie topografica e (6) prelievi dai pozzi barriera.

Le simulazioni sono state condotte in condizioni di regime stazionario (steady state) e calibrate rispetto alla piezometria misurata nel Luglio 2010. La parametrizzazione del modello ottenuta in fase di calibrazione ha permesso di minimizzare la funzione degli errori residui così da raggiungere un grado di affidabilità del campo di velocità delle acque sotterranee adeguata allo scopo per il quale è stato sviluppato. A partire dal modello di

flusso calibrato, e in relazione alle caratteristiche dello stato di contaminazione della falda, sono stati esaminati diversi scenari previsionali riguardo l'efficienza dell'intervento di messa in sicurezza posta lungo la fascia costiera a protezione dell'ambiente marino e rispetto alle aree limitrofe alla proprietà Micorosa. Lo studio modellistico dell''intervento è stato condotto facendo attenzione al conseguimento dell'efficienza idraulica del sistema di contenimento, ottimizzare l'intervento minimizzando i prelievi a favore della sostenibilità economica ed ambientale.

Lo studio modellistico dell''intervento è stato condotto facendo attenzione a soddisfare determinati obiettivi idraulici del sistema di contenimento, quali:

- *rendere nullo il flusso di acqua contaminata in uscita lungo il limite marino proveniente dalle aree contaminate dell'area Micorosa;*
- *proteggere i recettori dalla contaminazione (il mare, l'Oasi Protetta e le aree esterne Syndial);*
- *ottimizzare l'intervento minimizzando: (1) le aree di intervento (lunghezza dei tratti barriera), (2) numero dei pozzi, (3) portate dei pozzi;*
- *minimizzare gli effetti di innalzamento della falda a seguito degli interventi di sbarramento;*
- *preservare la risorsa idrica sotterranea: (1) ridurre gli abbassamenti indotti dall'interazione tra pozzi in emungimento, (2) minimizzare gli effetti di richiamo del cuneo salino;*
- *non accelerare la fuoriuscita di contaminanti con conseguente coinvolgimento di aree non contaminate e/o peggioramento dello stato di contaminazione esistente;*
- *sostenibilità economica e ambientale dell'intervento.*

Per una completa analisi delle soluzioni progettuali dal punto di vista idraulico sono stati valutati ed implementati due scenari previsionali riguardo l'efficienza dell'intervento, con parziale sbarramento del deflusso idrico della falda (MPF - marginamento parziale falda), e quella che prevede una totale chiusura del flusso verso le aree esterne (MTF – marginamento totale falda).

Sulla base del principio di precauzione, si è simulata una condizione "worst case scenario" considerando gli inquinanti come in moto senza effetti di ritardo guidati principalmente dalla componente advettiva e simulati con il tracciamento di particelle di soluto in moto nel campo di flusso ricostruito per mezzo del codice MODPATH (Pollock, 1994). Si ritiene così di aver operato a favore della sicurezza nella valutazione dell'efficienza idraulica del sistema di messa in sicurezza. In particolare, in tutti gli scenari simulati è stata garantita l'efficienza di sbarramento idraulico/fisico del flusso di acqua contaminata proveniente dalle aree

contaminate dell'area Micorosa in uscita verso il limite marino e le aree esterne (Oasi Protetta). La modellazione ha permesso di ottimizzare l'intervento minimizzando le aree di intervento (lunghezza dei tratti barriera), il numero dei pozzi, le portate dei pozzi, gli effetti di innalzamento della falda a seguito degli interventi di sbarramento, non accelerare la fuoriuscita di contaminanti con conseguente coinvolgimento di aree non contaminate e/o peggioramento dello stato di contaminazione esistente. A tal proposito sono state verificate ed implementate nel modello 4 possibili sistemi di sbarramento fisico ed idraulico delle acque di falda dell'area contaminata:

- *Scenario 1 di MPF (marginamento parziale falda): questo sistema, come ottimizzato dal modello, prevede un marginamento fisico lungo il limite est dell'area Micorosa fronte mare di lunghezza pari a 1100 metri e fino ad intestarsi nei depositi argillosi (profondità pari a 25-30 metri dal piano campagna), con una trincea drenante a tergo pari a circa 975 metri di lunghezza e quota di base di estrazione o efficienza pari a -0,5 metri s.l.m.. Lungo il limite nord e sud è stata prevista la realizzazione di barriera idraulica costituita da pozzi di emungimento costituito da 6 pozzi lungo il limite nord con interasse medio di 45 metri con profondità tale da raggiungere la base dell'acquifero, e portate medie di ogni pozzo pari a 20 m3/giorno per un totale 120 m3/giorno. Lungo il limite sud sono previsti 12 pozzi con stesso interasse e profondità dei pozzi posti a nord ma portate medie di ogni pozzo inferiori pari a 10 m3/giorno per un totale 120 m3/giorno. La soluzione prevede una portata totale ottimale dai pozzi pari a 240 m3/giorno (10 m3/ora), e di 480 m3/giorno (20 m3/ora) per la trincea drenante, per una portata complessiva stimata in circa 720 m3/giorno, ovvero 30 m3/ora. In 10 anni di funzionamento dovrebbero essere emunti e trattati circa 2.63x106 m3.*
- *Scenario 2 di MPF: questo secondo sistema risulta del tutto simile allo Scenario 1 ad eccezione della soluzione di contenimento idraulico delle acque di falda nella porzione retrostante la barriera fisica. In questo caso è stata verifica l'efficienza e la sostenibilità dell'intervento costituito non tanto dalla trincea drenante, piuttosto da 10 pozzi immediatamente a monte idrogeologico della barriera fisica di lunghezza pari a circa 950 metri, con interasse medio di 45 metri e profondità compresa tra i 25 e i 30 metri dal p.c.. Le portate medie di ogni pozzo saranno pari a 45 m3/giorno (comprese tra 40 e 50 m3/giorno). La soluzione prevede una portata totale ottimale dai pozzi lungo il limite sud e nord pari a 240 m3/giorno (10 m3/ora), e di 430 m3/giorno (18 m3/ora) per quelli posti lungo il limite est retro barriera, per una portata complessiva stimata in circa 670 m3/giorno, ovvero 28 m3/ora. Complessivamente su un intervallo di funzionamento pari a 10 anni, sarebbero emunti circa 2.44x106 m3 di acqua di falda.*

- *Scenario 1 di MTF (marginamento totale falda): questo scenario prevede il completo sbarramento fisico impermeabile perimetrale di una lunghezza pari a circa 3100 metri e profondità pari a 25-30 metri dal piano campagna, fino ad intestarsi nei depositi argillosi, che include l'area pertinente alla proprietà Micorosa e parzialmente le aree esterne Syndial denominate E, G e H. La soluzione ottimizzata prevede anche un sistema di controllo dei livelli di falda interni all'area barrierata, costituito da 10 pozzi lungo il limite nord e quello sud del perimetro Micorosa per uno sviluppo di 1800 metri, pozzi aventi interasse medio di 40-50 metri e profondità compresa tra i 15 e i 20 metri dal p.c.. Lungo il limite est, interno della barriera, sarà presente una trincea drenante di lunghezza pari a circa 850 metri e quota di efficienza o estrazione di base pari a -0,5 metri s.l.m.. La soluzione prevede una portata totale ottimale dai pozzi lungo il limite sud e nord pari a 25 m3/giorno (1.25 m3/ora), mentre per la trincea drenante sono state calcolate delle portate massime di 1060 m3/giorno (44 m3/ora) nelle prime fasi di esercizio del dreno. Le portate si riducono drasticamente successivamente ai primi 6 mesi e si passa da 470 m3/giorno (ovvero 20 m3/ora), sino a 260 m3/giorno (11 m3/ora) dopo 1 anno, e a 70 m3/giorno (circa 4.6 m3/ora) e dopo 2 anni, fino a stabilizzarsi sui 5-35 m3/giorno (da circa 0.2 m3/ora a 1.5 m3/ora) dal 5 al 10 anno di simulazione. Questo sistema prevede un rapido abbassamento del livello piezometrico, raggiungendo le quote minime di -0.5 interne al sito già dopo 2 anni di attività. Complessivamente su un intervallo di funzionamento pari a 10 anni, sarebbero emunti circa 2.82x105 m3 di acqua di falda.*

- *Scenario 2 di MTF: questo scenario è del tutto simile al precedente Scenario 1 ad eccezione della soluzione di contenimento idraulico delle acque di falda nella porzione retrostante la barriera fisica. In questo caso è stata verifica l'efficienza di un sistema di contenimento delle acque di falda costituito non tanto dalla trincea drenante, piuttosto da 10 pozzi a tergo della barriera fisica per una lunghezza pari a circa 850 metri, con interasse medio di 45 metri e profondità compresa tra i 15 e i 20 metri dal p.c.. La soluzione prevede una portata totale ottimale dai pozzi lungo il limite sud e nord uguale a quella dello Scenario 1, pari a 25 m3/giorno (1.25 m3/ora), mentre i pozzi lungo il limite est della barriera nei primi 180 giorni si ottiene una portata ottimale di esercizio di esercizio di 304 m3/giorno circa (12.5 m3/ora) che diminuisce progressivamente dopo 365 giorni a portate 120 m3/giorno (5 m3/ora), 72 m3/giorno (3 m3/ora) dopo 730 giorni sino a portate minime di 15-25 m3/giorno (da circa 0.6 a 1 m3/ora) a partire dal quinto sino alla fine del tempo di simulazione. In questo secondo schema progettuale si ha un abbassamento del livello piezometrico più lento rispetto al primo Scenario di MISP, dopo 2 anni di attività si raggiungono le quote minime di -0.3*

interne al sito. Complessivamente su un intervallo di funzionamento pari a 10 anni, sarebbero emunti circa 2.77x105 m3 di acqua di falda.

Il limite principale degli interventi di MPF è legato all'ingente quantitativo di acque di falda che deve essere prelevata in maniera costante per un tempo di esercizio difficile da stimare, ma che, data l'elevata persistenza dei composti inquinanti (organoalogenati) presenti nell'acquifero, si prevedono molto lunghi. Dall'analisi totale dei prelievi eseguita su 10 anni di funzionamento, gli interventi di MPF determinano un quantitativo 10 volte superiore a quelli di MTE, con un continuo incremento nel tempo. Negli scenari di MTE i prelievi si concentrano durante la prima fase di esercizio (2-3 anni) in cui è necessario contenere e abbattere il livello di falda ad una quota di sicurezza (-0.5 metri s.l.m.). Dopo questa prima fase il sistema di emungimento riduce drasticamente le portate sino a pochi m3 al giorno, limitandosi al prelievo dei soli volumi di acqua che s'infiltrano lungo le aree interne scoperte del sito sottoposto a contenimento fisico. Tale condizione, anche a fronte di uno scenario di infiltrazione alta, produce valori di prelievo massimi stimati in 100 m3/giorno (circa 4 m3/ora) facilmente gestibile dal sistema di pozzi.

E' importate sottolineare come negli scenari di MTE il sistema di pozzi, disposti lungo il limite sud e nord dell'area Micorosa, svolgano un'azione di appoggio per il controllo dei livelli piezometrici nella parte interna del sito, mentre negli scenari di MPE assolvono un ruolo attivo di sbarramento idraulico. Per tale ragione la configurazione da adottare per i pozzi interni negli scenari di MISP può essere soggetta ad una maggiore flessibilità progettuale, riducendo il numero di pozzi o prevedendo un funzionamento a fasi alterne. Potrebbe essere plausibile l'impiego di 10 pozzi piuttosto che 20, raddoppiando l'interssasse (100 metri) modulando le portate per ogni singolo pozzo (2.5 invece di 1.5 m3/giorno per pozzo) fino a raggiungere quelle ottimali verificate dal modello (25 m3/giorno) Qualora poi si verificassero oscillazioni stagionali in risposta a periodi piovosi significativi, sarà possibile, seppure per periodi limitati, innalzare le portate di emungimento dei pozzi. In definiitva l'intervento di MTE, in particolare lo Scenario 2, risulta essere il più sostenibile dal punto di vista economico senza pregiudicare l'efficienza e la sicurezza dell'intervento. In questo caso il volume di acqua da emungere durante i primi 2 anni di esercizio è pari a 153x103 m3, ciò significa che il 55% del volume complessivo di acqua di falda estratta nell'arco di anni 10 anni. Se questo prelievo avvenisse con regime costante dal sistema di pozzi sarebbe necessaria una portata pari a circa 9 m3/ora per 2 anni affinché si possa raggiungere le medesime condizioni piezometriche rincontrate con un regime di prelievo variabile decrescente come ottimizzato dal modello.

E' evidente che per una più accurata descrizione del sistema idrogeologico ed una riduzione del grado d'incertezza del modello sarebbe stato opportuno aumentare il set di dati piezometrici ed estenderlo ad altri scenari temporali su tutta l'area, definendo in modo dettagliato le ricariche legate all'infiltrazione di origine antropica, ed un maggior dettaglio sulla dinamica temporale della falda e sulle sue oscillazioni stagionali in relazione ai livelli idrometrici del Fiume Grande e degli altri elementi idrologici. Nonostante ciò i dati a disposizione hanno permesso di eseguire un'analisi numerica accurata ed attendibile avendo adottato in fase di calibrazione una parametrizzazione abbondantemente cautelativa in chiave progettuale (conducibilità idraulica, porosità efficace, immagazzinamento e ricarica per infiltrazione), tali da garantire l'efficienza di sbarramento idraulico (MPE) e di scongiurare ipotetici effetti di affioramenti della falda (MTE).

E' importante ricordare inoltre che le stime progettuali dedotte dallo studio modellistico, in particolare le capacità di emungimento dei pozzi e la distanza ottimale tra di essi, dovranno necessariamente essere verificati in sito. E' importante sottolineare come gli interventi proposti promuovono una parziale rimozione della massa inquinante disciolta nelle acque di falda sia il contenimento completo fase liquida libera dei contaminanti dispersi a vari livelli nell'acquifero".

3.2.1 Chiarimenti e approfondiemnti ienrenti il modello idrogeologico in seguito alle integrazioni preliminarmente richieste e alle osservazioni di cui al Parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nella seduta del 18.07.2014

Il presente paragrafo è ancora un estratto della relazione illustrative del progetto definitive. Si riporta nel presente progetto esecutivo per completezza di trattazione.

"Per quanto riguarda i valori di conducibilità idraulica (K), questi sono stati assegnati al dominio di calcolo basandoci su metodi geostatistici, mediante un processo ragionato e correlato *allo studio litostratigrafico dell'area. Infatti, durante la fase di parametrizzazione dell'algoritmo Kriging sono state studiate le direzioni di massima e minima anisotropia della variabile facendo riferimento alle indicazioni stratigrafiche a disposizione, agli spessori dei corpi acquiferi e alla natura dei sistemi deposizionali che hanno concorso alla genesi dei depositi. Ovviamente la maggiore concentrazione dei dati lungo la linea di costa ha permesso di fornire un risultato più affidale proprio nell'area interessata dalle opere già esistenti e da realizzare. Va sottolineato, comunque, come lo scostamento di K nell'intorno dell'area di progettazione risulta esiguo rispetto alle prove eseguite. Le soluzioni nell'area Micorosa pertanto tenendo in considerazione il valore di gradiente idraulico misurato e il valore di K assunto in fase di calibrazione ha*

permesso di determinare il flusso di falda in uscita verso il limite marino interessato dalla contaminazione con un margine di errore esiguo confrontabile anche con lo studio modellistico Syndial.

Lo studio della circolazione idrica sotterranea ha permesso di poter stimare un ***bilancio*** *idrico sotterraneo modesto, come ribadito in fase di ricostruzione concettuale del sito. L'analisi matematica ha permesso di stimare il volume di acqua di falda che defluisce verso mare lungo il fronte antistante l'area Micorosa, che è pari a circa 1200 m^3/giorno, ovvero circa 50 m^3/ora, corrispondente alla portata oggetto di sbarramento.*

Questi valori di bilancio risultano del tutto ragionevoli e confermati in fase di calibrazione del modello e verificati dai risultati della modellazione proposta dal Politecnico di Milano che ha sviluppato indipendentemente un'analisi idrogeologica per Syndial.

Come appare evidente, e come ribadito nella fase di concettualizzazione idrogeologica dell'area, la falda superficiale contenuta nei depositi acquiferi oggetto dell'intervento, di fatto non costituisce una risorsa idrogeologica di rilievo. Ciò nonostante le metodologie impiegate e i criteri progettuali si rendono necessari per poter circoscrivere ed impedire che la massa inquinante, costituita da composti organici alogenati disciolti in falda e quelli in fase libera presenti nell'acquifero, vadano trasferendosi nell'ambiente marino, recapito della falda e posto quasi a contatto diretto con l'area Micorosa stessa. Per avere la dimensione del fenomeno di trasferimento della massa inquinante nell'ambiente marino è sufficiente moltiplicare il valore medio di concentrazione di Cloruro di Vinile rilevato nei piezometri interni all'area Micorosa pari a 10 mg/L per la portata di deflusso di 50 m^3/ora. Da questo semplice calcolo è possibile determinare un trasferimento di massa inquinante nell'ambiente marino pari a circa 12 Kg/giorno, ovvero circa 4 tonnellate/anno solo di CV.

Per quanto riguarda ***il sistema di drenaggio*** *della falda inquinata è importate sottolineare che l'obiettivo dei pozzi, disposti all'interno del perimetro dell'area Micorosa sottoposto a marginamento, è quello di svolgere un'azione di controllo del livello piezometrico, non tanto un ruolo attivo di sbarramento idraulico. Le portate ottimali, seppur modulate mediante l'analisi modellistica, sono state progettate per poter subire degli scostamenti dovuti alle possibili e ragionevoli interferenze tra la barriera impermeabile e la batteria di pozzi e in relazione alla variazione delle condizioni al contorno di infiltrazione. Per risolvere queste eventualità sono stati introdotti in fase progettuale un numero di pozzi pari a 20 con un interasse di soli 50 metri con la possibilità di modulare le portate per ogni singolo pozzo (da 2.5 a 1.5 m^3/giorno per pozzo) così da interessare in modo il più possibile omogeneo il volume acquifero saturo interno all'area sottoposta a marginamento e regolare il livello piezometrico. Infatti qualora poi si verificassero oscillazioni stagionali in*

risposta a periodi piovosi significativi, sarà possibile, seppure per periodi limitati, innalzare le portate di emungimento dei pozzi senza pregiudicare l'efficienza e la sicurezza dell'intervento. Di contro sono stati esclusi sistemi di drenaggio per gravità in quanto le caratteristiche di permeabilità dei depositi superficiali, rappresentati da limi e limi sabbiosi lagunari costieri con spessori variabile da 2 a 6 metri, rende di fatto difficile ed incerta la capacità di drenaggio di una trincea che in queste condizioni avrebbe comportato la realizzazione di uno scavo piuttosto profondo (almeno sino al tetto delle calcareniti) per essere efficiente idraulicamente, con un aggravio di costi considerevole.

Sezioni geologiche che mostrino l'andamento dell'interfaccia tra acqua di falda e acqua marina, considerato che il progetto in oggetto prevede la realizzazione di diaframmi poco a monte della linea di costa ed a questi paralleli

Per poter verificare e ricostruire l'interfaccia tra le acque di falda con diverso grado di salinità nel fronte prospiciente al diaframma impermeabile, lungo la linea di costa, si riportano sezioni orizzontali con l'indicazione dei valori di TDS (Total Dissolved Solids) acquisiti informalmente da Sogesid nel 2013 durante la campagna di indagini geognostiche, geotecniche e di caratterizzazione ambientale per l'attuazione del "Piano delle Indagini Propedeutiche alla Progettazione Definitiva degli Interventi di Messa in Sicurezza e Bonifica della Falda Acquifera nel SIN Brindisi". Tali indagini sono state acquisite formalmente nel maggio 2014, all'avvenuta validazione di ARPA Puglia.

Nella Figura 1 seguente è riportata la localizzazione di tali punti di acquisizione dati, costituiti da n.11 piezometri disposti lungo il perimetro dell'area Micorosa, con profondità di indagine di 30 metri dal p.c. e nelle cui acque di falda sono stati misurati alcuni parametri chimico fisici tra i quali la conducibilità elettrica (CE).

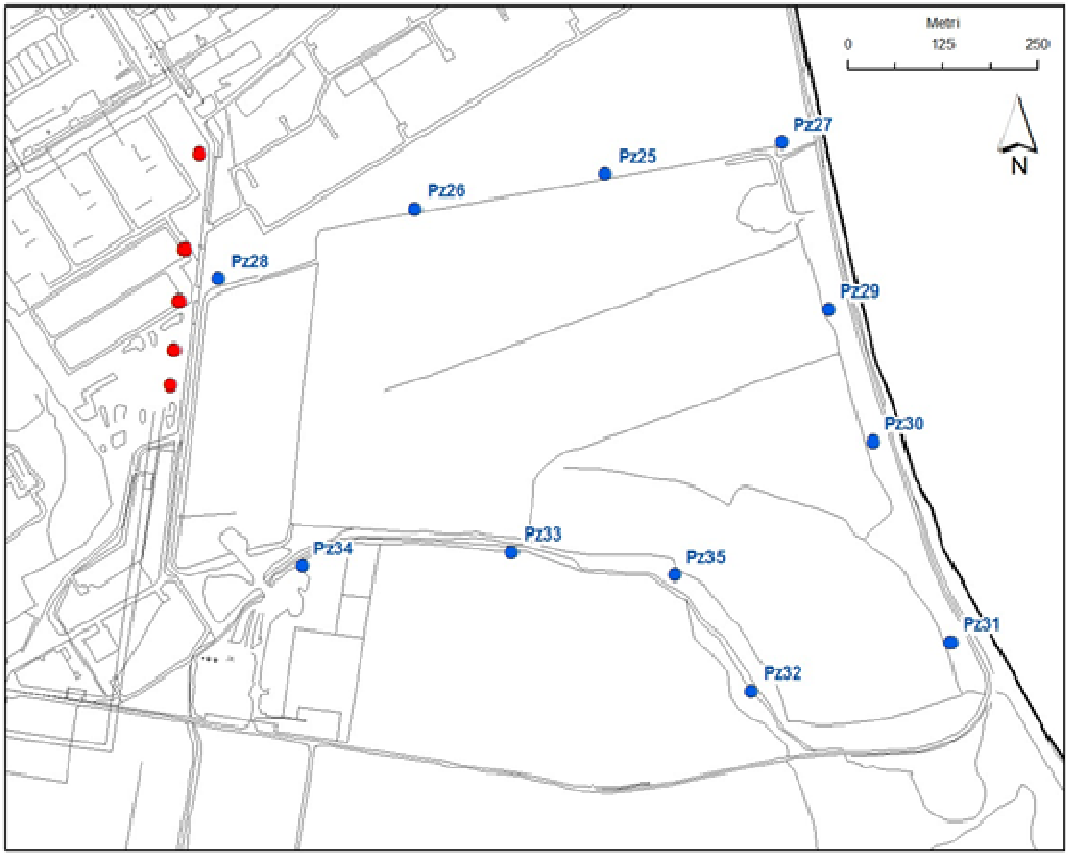


Figura 3.4: *Punti di acquisizione dati sulle acque di falda*

Questo parametro (CE) ci ha permesso di stimare il valore totale dei sali disciolti (TDS) o la quantità totale di ioni disciolti in acqua. Per poter convertire la conducibilità elettrica di un campione di acqua (mS/cm) nella concentrazione approssimativa di solidi totali disciolti (µg/L), il valore di mS/cm viene moltiplicato per un fattore di conversione. Il fattore di conversione dipende dalla composizione chimica del TDS e può variare tra 0,54-0,96 (C.A.J. Appelo and Dieke Postma 2005, Geochemistry, Groundwater and Pollution). Un valore di 0,67 è comunemente usato come approssimazione se il fattore attuale non è noto [(TDS) ppm = conducibilità mS/cm x 0,67]. Partendo da questa assunzione si è proceduto alla conversione del dato e alla determinazione dei grafici di CE vs Depth e TDS vs Depth, come si riporta in Figura seguente:

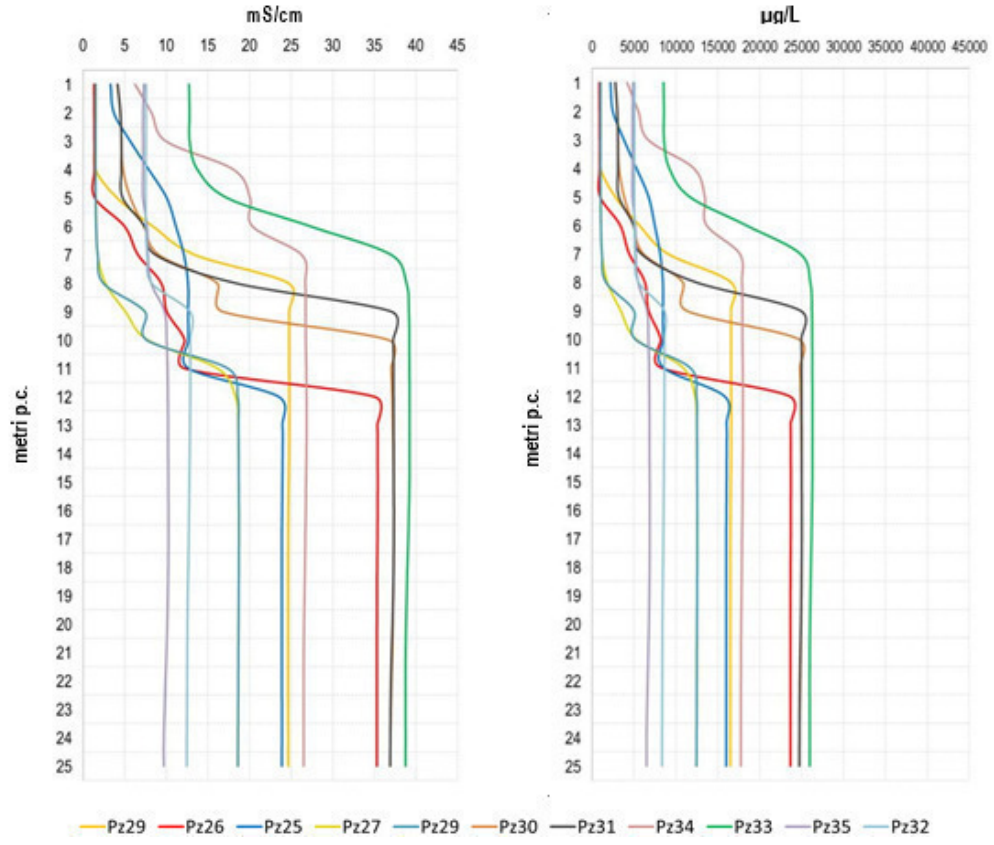


Figura 3.5: *Grafici CE vs Depth e TDS vs Depth*

Dai grafici appare evidente come sino alla profondità di 8 metri dal piano campagna le acque di falda risultino moderatamente saline (Moderately saline), ovvero con TDS comprese tra i 1500- 7000 µg/L secondo la classificazione proposta da Rhoades (1982) ed utilizzata dalla FAO. A questa classificazione fanno eccezione il Pz33 e Pz34 i quali, nonostante risultino più lontani dalla linea di costa, rientrano nel range delle acque di falda ad alta salinità (Highly saline = 7000- 15000 µg/L) e a salinità molto elevata (Very highly saline = 15000-35000 µg/L).

Superando la quota di circa 10-12 metri di soggiacenza dal piano campagna, la salinità delle acque nei piezometri PZ26, Pz30, Pz31, Pz33 e Pz34, si stabilizza verso un massimo di 25000 µg/L. In questo intervallo di profondità compreso appunto tra gli 8 e i 12 metri, quindi, si attesta un passaggio di salinità, una fascia di transizione. Le acque di questi piezometri risultano ad elevata salinità mentre per gli altri punti siamo in condizioni di alta salinità. Nelle Figure da 3 a 7 seguenti sono riportate le sezioni orizzontali con le isocone di TDS interpolate a partire dai dati, rilevati con intervallo regolare di 5 metri, dai 5 ai 25 metri di soggiacenza dal piano campagna.

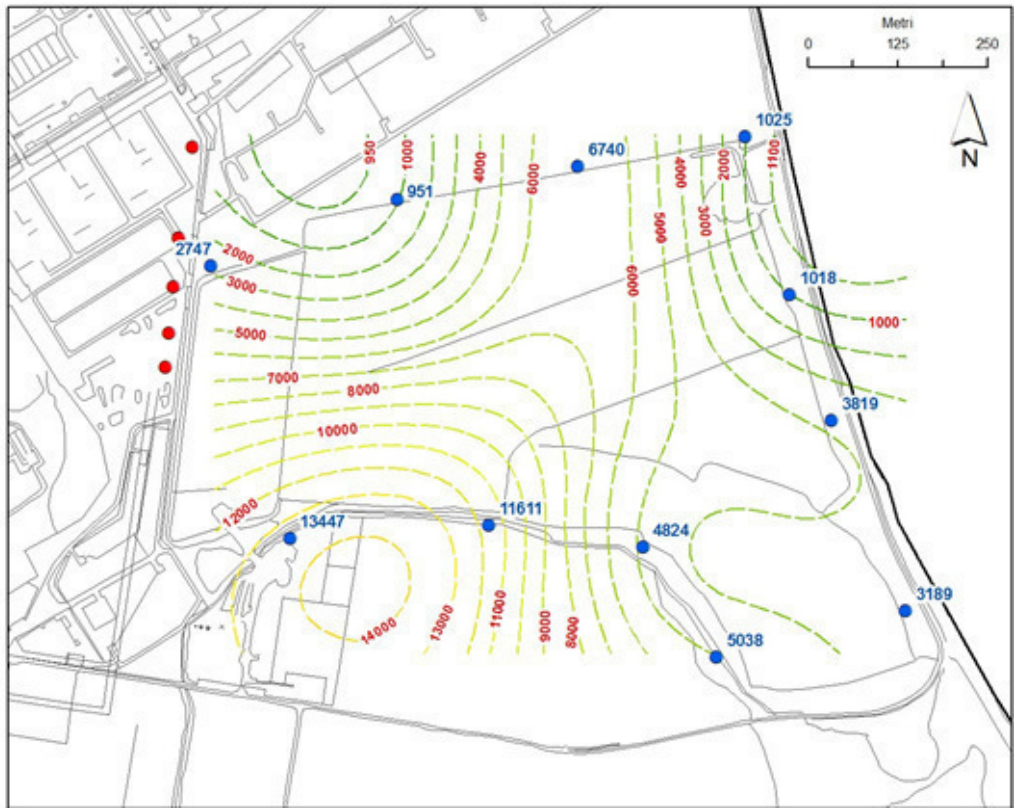


Figura 3.6: *Isocrone TDS (µg/L) a 5 metri di soggiacenza dal p.c.*

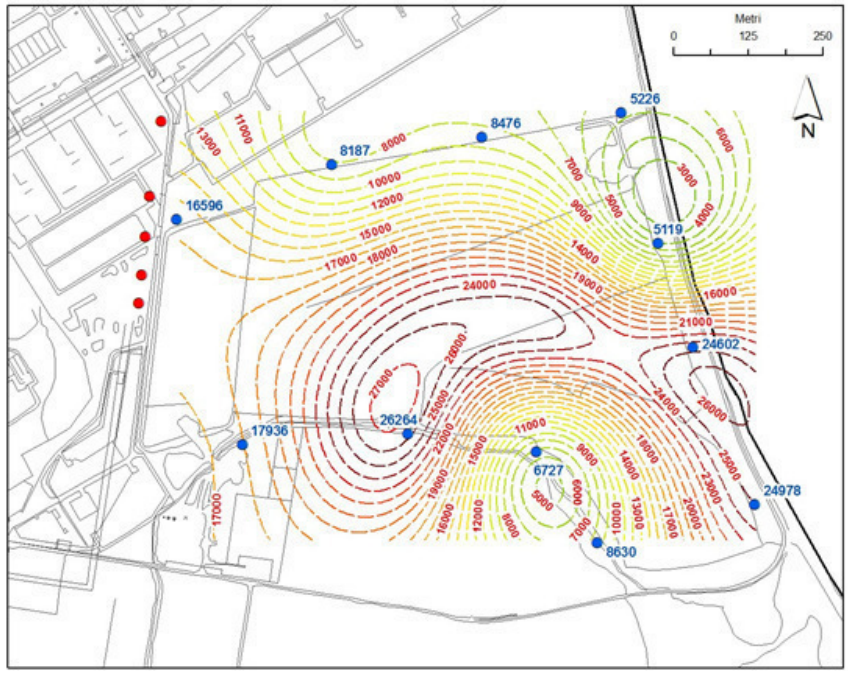


Figura 3.7: *Isocone TDS (µg/L) a 10 metri di soggiacenza dal p.c.*

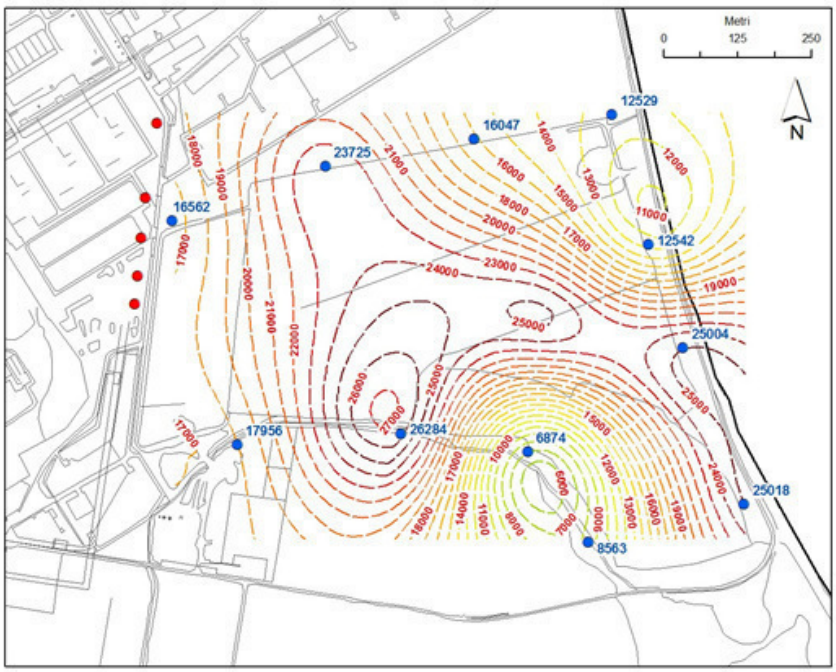


Figura 3.8 - *Isocone TDS (µg/L) a 15 metri di soggiacenza dal p.c.*

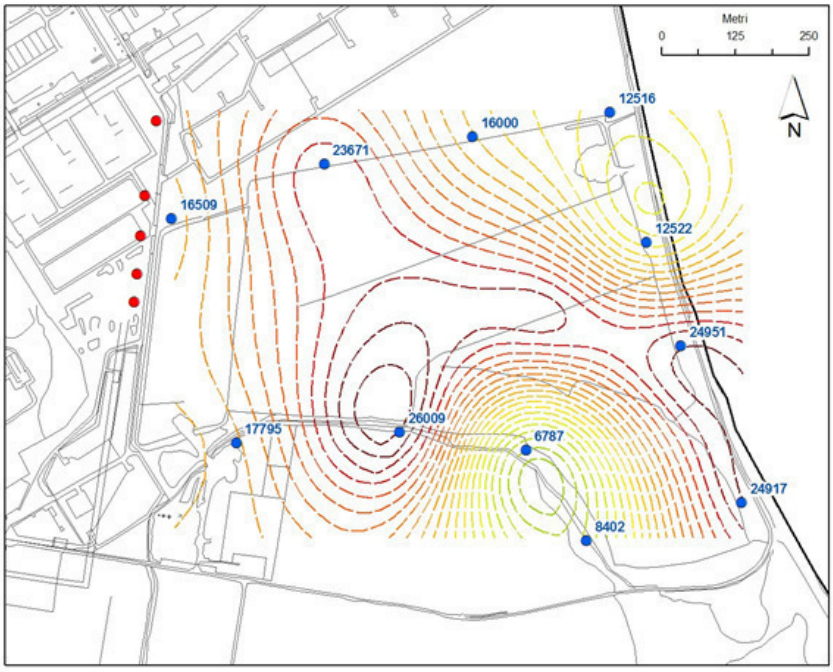


Figura 3.9 - Isocone TDS (µg/L) a 20 metri di soggiacenza dal p.c.

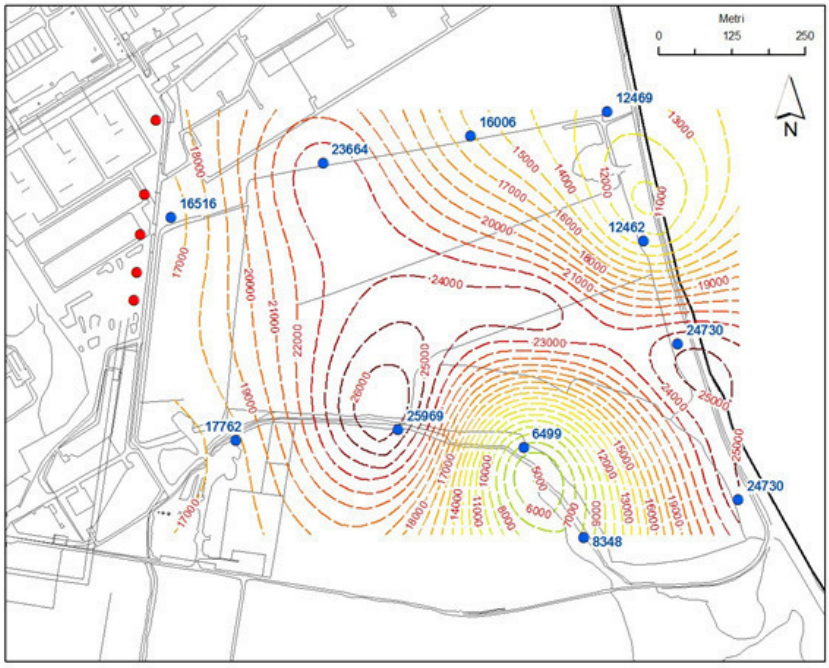


Figura 3.10 - Isocone TDS (µg/L) a 25 metri di soggiacenza dal p.c.

Le elaborazioni rappresentate non sono state riportate nella relazione del modello perché non costituivano un elemento sensibile ai fini della progettazione, infatti la scelta della tecnologia di intervento risultava fortemente indirizzata dalla presenza dei rifiuti che dovevano essere necessariamente isolati. D'altro canto, la realizzazione del marginamento fisico, contrariamente a quanto potrebbe avvenire con la realizzazione di un barrieramento idraulico, non determinerà un peggioramento delle condizioni di salinità delle acque di falda lungo l'area in esame. Al contrario, annullando gli scambi idrici tra la falda e il mare, l'opera apporterà benefici in termini di salinizzazione dell'acquifero costiero nell'area in esame opponendosi all'ingressione del cuneo salino, cosa invece cagionata nelle aree adiacenti dagli ingenti prelievi delle barriere idrauliche presenti lungo tutta la linea di costa del perimetro del multisocietario.

La leggera depressione piezometrica imposta all'interno dell'area confinata di Micorosa, a vantaggio di sicurezza, non interferisce con le acque di mare in quanto l'opera è progettata per una completa tenuta idraulica.

Carta piezometrica in condizioni statiche, con individuazione dei pozzi attualmente in funzione a monte delle due aree Syndial

Si riporta in Figura 3.11 la ricostruzione della superficie piezometrica relativa al Luglio 2005 presentata da ENVIRON e presente nella relazione del modello di flusso a pagina 32 del capitolo 3.5.1 in Figura 13.

Tale ricostruzione della superficie piezometrica è stata proposta negli studi precedenti in seguito alle diverse attività di monitoraggio dei livelli freatici. La ricostruzione piezometrica più completa a disposizione, antecedente alla messa in opera della barriera idraulica, è quella proposta da ENVIRON nel 2005, a completamento delle attività di monitoraggio propedeutiche alla progettazione della citata barriera idraulica lungo il fronte marino del Multisocietario di Brindisi. L'assetto piezometrico fa riferimento a livelli misurati nel Luglio 2005, in condizioni pressoché indisturbate della falda.

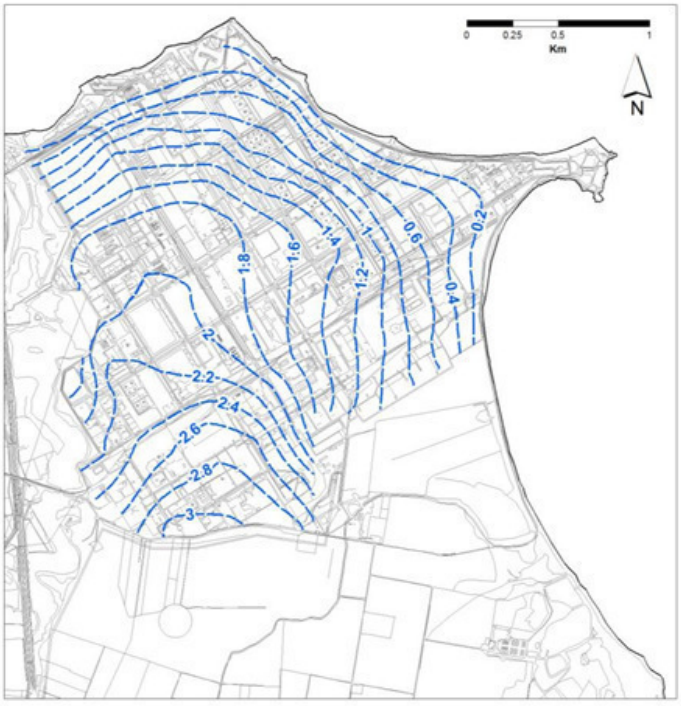


Figura 3.11 – *Ricostruzione della superficie piezometrica del Luglio 2005 (ENVIRON)*

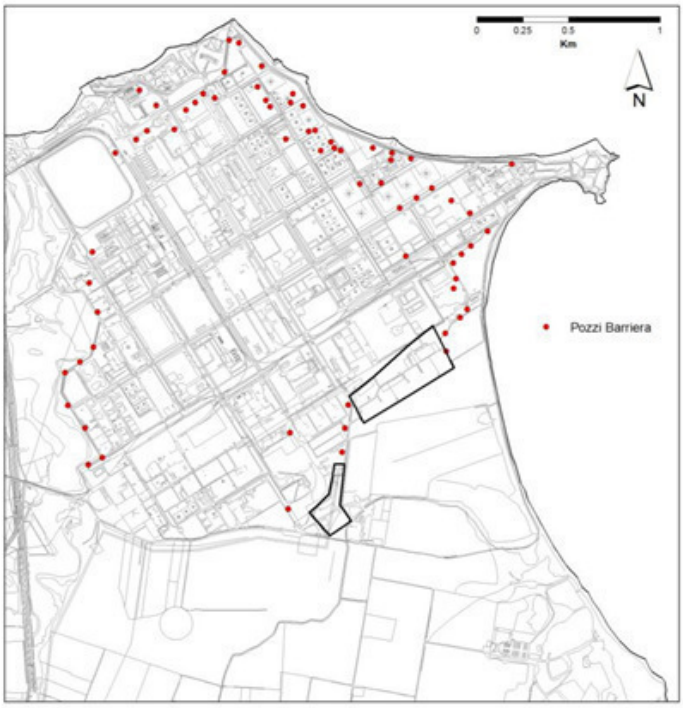


Figura 3.12 – *Pozzi barriera del Multisocietario (URS 2011)*

Dal gennaio 2006 è attivo un sistema di sbarramento idraulico delle acque della falda, costituito inizialmente da 63 pozzi di emungimento. Nel 2011 è stata prevista la realizzazione di ulteriori 11 nuovi pozzi, di cui 5 sul lato del Fiume Grande (2 in aree Basell) e 6 sul lato mare, allo scopo di incrementare la flessibilità nella gestione delle portate dei sistemi di contenimento. Attualmente lo sbarramento idraulico per le azioni di MISE è costituito da 76 punti di emungimento. Come richiesto, in Figura 9 seguente si riporta l'ubicazione dei pozzi barriera attualmente in funzione secondo gli ultimi aggiornamenti eseguiti.

Verifica dei dati relativi al bilancio di massa dell'acquifero, che appaiono poco puntuali e in alcuni casi di difficile comprensione, soprattutto riguardo all'interferenza con il canale Pandi e con il Fiume Grande, che sembrerebbe in parte alimentare ed in parte drenare la falda, nonché in relazione alle presupposte perdite delle condotte che, secondo quanto riportato nella Relazione Geologica, risulterebbero pari al 30% del bilancio in entrata; in relazione a tali aspetti, predisposizione di sezioni trasversali dell'intero corso d'acqua che evidenzino il rapporto fiume/falda; precisazioni riguardo all'eventuale contributo dell'acquifero profondo

Nel paragrafo 3.5.4 della relazione del modello di flusso è riportato il calcolo analitico del bilancio idrogeologico dell'area del SIN in cui è previsto l'intervento, per stimare, in fase preliminare, le principali voci da implementare successivamente nel modello, prendendo in considerazione la ricostruzione piezometrica elaborata riferita al Luglio 2011. I risultati del bilancio, quindi, sono stati poi confrontati e riutilizzati per verificare la consistenza dei valori di bilancio calcolati dal modello di flusso (paragrafo 4.4). Per quanto riguarda gli scambi idrodinamici tra Fiume Grande e falda, il modello approssima la morfologia piezometrica riscontrata nel 2011 sulla base della quale si è proceduto alla calibrazione. La reale entità degli scambi non può essere verificata in assenza di dati idrometrici rilevati da enti preposti nella porzione di monte, per cui nel caso specifico si è proceduto ad un rilievo durante le fasi di indagine condotte nel 2012-2013. Quello che è importante ai fini modellistici, ovvero ai fini della stima del campo di velocità delle acque sotterranee, è la ricostruzione dinamica dei gradienti idraulici rilevati nell'intorno del sito Micorosa.

Si è scelto di predisporre un dominio di calcolo molto più ampio della reale zona d'intervento al fine di minimizzare l'influenza che avrebbero potuto determinare limiti al contorno troppo vicini al settore dove sarebbero state implementate le opere. In particolare la presenza, di uno spartiacque sotterraneo dinamico, rappresentato dall'alto piezometrico posto nell'area centro meridionale dell'area di studio, nel caso in cui fosse stato scelto come limite del sistema avrebbe potuto generare dei falsi gradienti a seguito di opere di sbarramento idrico sotterraneo e sotto la sollecitazione di pozzi barriera in emungimento nell'area. Pur non avendo informazioni puntuali e con serie storiche documentate riguardo il fiume Grande, la sua inclusione nel modello ha la funzione allontanare il limite al contorno del modello da Micorosa e portarlo a circa 2.5 Km, minimizzando e compensando le interferenze che potrebbero produrre le opere verso l'altro piezometrico.

Per quanto riguarda le ricariche dell'acquifero per effetto delle perdite di processo all'interno del multisocietario, lo studio si è basato esplicitamente sulle dichiarazioni delle singole aziende presenti nell'area (dati ufficiali trasmessi al Ministero), così come riprese ed implementate durante le fasi di modellazione da ENVIRON nel 2005 prima e successivamente da URS nel 2 011.

Come riportato nel paragrafo 3.3, l'acquifero profondo è idraulicamente separato da quello superficiale in esame, almeno a livello locale, dalla presenza di uno strato argilloso-limoso grigio-azzurro a bassa permeabilità riscontrato in tutti i sondaggi spinti a profondità superiori a 20 m dal p.c.

Documentazione relativa a specifiche prove di portata effettuate per l'esatta determinazione

dei parametri idrogeologici di riferimento e conseguenti risultati analitici

Nella relazione del modello di flusso sono state riportate e sintetizzate le prove di permeabilità (paragrafo 3.6) condotte nell'area, che non sono state riportate per esteso poiché già presenti e depositate al Ministero dell'Ambiente che le aveva fornite alla scrivente Società.

Per avere una visione dettagliata si elencano di seguito i dati acquisiti per la definizione dei parametri idraulici dell'acquifero. In particolare, per la ricostruzione dei valori di permeabilità dell'acquifero, sono state utilizzate le prove di permeabilità in sito eseguite all'interno del Multisocietario da ENVIRON nel 2005, con la realizzazione dei 60 pozzi di sbarramento della barriera idraulica, e documentate nel report "Valutazione della funzionalità dello sbarramento idraulico della falda - Dicembre 2005". Le prove eseguite, di pompaggio a portata costante su singolo pozzo, hanno permesso di stimare i valori di trasmissività e conducibilità idraulica dei terreni e hanno sostanzialmente confermato i valori stimati sulla base delle prove effettuate nelle campagne di caratterizzazione idraulica dell'acquifero negli studi pregressi a partire dal 2002.

Le prove sono state condotte in ciascuno dei n. 60 pozzi costituenti la barriera, per un tempo di almeno 8 ore. Si riportano i seguenti dati in allegato:

- *Allegato 3 – Prove di pompaggio (a cura di Environ)*

Su alcuni aspetti idrogeologici, tra l'altro, si è espresso anche il MATTM che, nella nota prot. n.0021847 datato 08.08.2014, comunica al Comune di Brindisi gli esiti della propria valutazione del progetto in relazione al citato parere del CSLLPP. In particolare la Struttura di Assistenza Tecnica osserva che:

> *"In merito ai chiarimenti richiesti sugli "Aspetti geologici e idrogeologici", il documento integrativo presenta alcune informazioni aggiuntive e rimanda inoltre alla caratterizzazione in corso dell'area più vasta, i cui esiti sono previsti per ottobre 2014 (come anche risulta dagli impegni assunti nella Conferenza di Servizi istruttoria del 10/06/2014). La Struttura di Assistenza Tecnica rimanda, quindi, l'espressione di un proprio parere alla produzione di tale aggiornamento e raccomanda, altresì, che Sogesid svolga gli approfondimenti di cui alle prescrizioni del Decreto d'urgenza DM40178 del 01/07/2014 (in particolare punti a, b, c dell'artico lo 1), tenendo, inoltre, conto anche del parere nel frattempo intercorso da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. A quest'ultimo proposito la Struttura di Assistenza Tecnica osserva quanto segue:*

a) per quanto riguarda la falda superficiale, si ricorda ancora che l'intervento si configura come messa in sicurezza permanente e ha quindi il compito primario di isolare i rifiuti dall'ambiente circostante. Una porzione di acquifero viene quindi ad essere inclusa per la primaria necessità di innestare il sistema perimetrale su un substrato impermeabile; l'ottimizzazione dell'emungimento delle acque deve essere, quindi, inquadrato come elemento di gestione e controllo dei livelli piezometrici. Si ricorda, inoltre, che l'emungimento avrà carattere transitorio di sbarramento durante le realizzazione delle opere, ma dovrà andare progressivamente a decrescere verso la sola funzione di controllo di battenti già richiamata;

b) in merito all'utilizzo o meno della geostatistica nella propagazione di dati puntuali di conducibilità idraulica per la modellazione dell'acquifero, la Struttura di Assistenza Tecnica ritiene l'approccio valido stante l'attuale conoscenza del sistema idrogeologico. Una più dettagliata conoscenza dei parametri idraulici dell'acquifero è teoricamente sempre auspicabile, tuttavia i risultati raggiunti attraverso la geostatistica e la modellazione del flusso, per quanto approssimazioni alla realtà, sono quelli attualmente più affidabili. Ulteriori verifiche sperimentali che permetteranno un aggiornamento della modellazione del flusso sono attesi dagli accertamenti in corso;

c) in merito all'impatto che l'intervento di messa in sicurezza permanente avrà sul deflusso idrico sotterraneo dell'area e sulla possibilità di interventi di drenaggio alternativi a quelli previsti dal progetto Sogesid, nel relativo rapporto sono presenti diversi scenari di simulazione che, seppure sofferenti delle approssimazioni di cui già si è detto, sono basati su equazioni di flusso fisicamente basate. Da questi risultati scaturisce l'efficacia della soluzione proposta, anche rispetto alla risposta del sistema con la soluzione della trincea drenante;

d) se si tiene conto del quadro complessivo della diffusa contaminazione delle matrici ambientali nel sito di Micorosa e nel suo intorno, appare prioritario evitare la propagazione della contaminazione delle acque sotterranee verso mare e le zone limitrofe inclusa la zona SIC, bersagli della contaminazione. E' fatto salvo quanto già richiamato in merito all'esigenza di realizzare l'intera cinturazione con un intervento quanto più coordinato e simultaneo possibile."

3.3 Stato di contaminazione della falda

3.3.1 Caratterizzazione dell'area Micorosa

Secondo quanto dichiarato dalla Syndial di Brindisi nel documento "Valutazione della natura e dell'origine della Contaminazione dell'area Micorosa" (redatto da ENVIRON nel gennaio 2013 e agli atti del MATTM), l'area attualmente di proprietà della società Micorosa S.r.l. (di seguito Micorosa), ex salina ed ambiente umido costiero, è stata utilizzata dal 1962 al 1980 circa come luogo di recapito dei rifiuti di origine industriale da parte di società dell'ex gruppo Montedison, provenienti dagli impianti di produzione dell'acetilene (fanghi di idrossido di calcio), da quelli di produzione del PVC (composti organici clorurati e miscele di solventi aromatici policiclici) e da code residue dell'impianto di produzione dell'anidride ftalica (acidi maleico e ftalico).

Nel 1987 l'area viene ceduta dal gruppo Montedison alla Società Micorosa S.r.l., che, solo tra il 1994 e il 1995, si attiva per il recupero dei fanghi precedentemente scaricati, allo scopo di produrre calce idrata. Nel giro di un anno, però gli impianti vengono fermati.

Successivamente, con legge regionale 28/2002 (BURP n. 164/2002) e con la denominazione di Parco Naturale Regionale –Salina di Punta Contessa, quando l'area era già una discarica da almeno un trentennio, Micorosa viene inserita nella perimetrazione del Parco Regionale Saline di Punta della Contessa.

La caratterizzazione dell'area

Poiché la Micorosa risulta sotto curatela fallimentare, le attività di caratterizzazione ambientale previste dal D.Lgs. 152/06 sono state svolte dal Servizio Ecologia del Comune di Brindisi, che ha redatto il "***Piano della Caratterizzazione Ambientale del sito area Micorosa***", approvato con prescrizioni dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare in Conferenza dei Servizi Decisoria in data 01.08.2007.

Nel periodo dicembre 2009 – luglio 2010, è stata eseguita la campagna di indagine costituita da:

a) indagini dirette:

- esecuzione di n.193 sondaggi a carotaggio continuo con carotiere semplice a secco e senza fluidi di perforazione nelle aste finalizzati al prelievo di campioni delle matrici ambientali suolo, sottosuolo e rifiuto, e di cui n.43 piezometri ambientali finalizzati a monitorare la qualità acque sotterranee;

b) altre indagini:

- esecuzione di n.10 microsondaggi finalizzati al monitoraggio quali-quantitativo dei gas interstiziali;

- esecuzione di n. 10 campionamenti di acqua interstiziale, utilizzando i lisimetri a suzione ed in particolare i lisimetri a pressione e vuoto.
- esecuzione di n.4 prove di permeabilità (prove Lefranc);
- esecuzione di n. 10 campioni manuali di top soil per la verifica delle aliquote di suolo tra 0.0 e 0.1 m da p.c.

c) <u>rilievo topografico:</u>

- esecuzione di rilievo con strumentazione GPS per la georeferenziazione dei punti di monitoraggio;

I risultati delle attività di caratterizzazione, validati da ARPA Puglia, sono stati valutati nella Conferenza dei Servizi decisoria del 21.07.2011, dove sono state puntualizzate alcune osservazioni, inerenti, in particolare, la mancanza del modello concettuale dell'area, l'attribuzione incerta dei campioni a terreno o a rifiuto (paventando che tale incertezza potesse nascondere un inquinamento del sottosuolo molto più esteso rispetto a quanto rappresentato nelle mappe di sintesi, la probabile presenza di inquinanti in falda in fase separata in relazione alle altissime concentrazioni rilevate).

La caratterizzazione ambientale ha evidenziato la presenza di rifiuto costituito in prevalenza da idrossido di calcio proveniente dagli impianti di produzione dell'acetilene, da code clorurate provenienti dalla lavorazione del PVC e rifiuti provenienti dall'impianto cloro-soda. Anche i terreni sottostanti il corpo rifiuti risultano contaminati, per la presenza di composti alifatici clorurati cancerogeni e non, idrocarburi aromatici, clorobenzeni (esaclorobenzene e pentaclorobenzene), idrocarburi leggeri e pesanti, metalli pesanti (As, Sn, Hg, Be. Se) e ammine aromatiche (anisidina).

È stata, infine, rilevata la contaminazione delle acque di falda che risulta dovuta principalmente a metalli pesanti (Al, As, Fe, Ni, Mn), idrocarburi aromatici (benzene, etilbenzene, stirene) e composti alifatici clorurati cancerogeni e non (cloruro di vinile, cloroformio, 1,2 dicloroetano, 1,2 dicloroetilene, 1,1 dicloroetano, 1,1,2 tricloroetano). Le concentrazioni in falda di alcuni elementi cancerogeni, quali i composti alifatici clorurati, superano i limiti di legge anche di 6 ordini di grandezza.

La contaminazione della falda, inoltre, è stata individuata, con caratteristiche simili all'area Micorosa, anche in alcune aree di proprietà Syndial, adiacenti all'area Micorosa ed esterne al Multisocietario, all'interno del quale risultano realizzati due interventi di marginamento di due aree presumibilmente adibite in anni passati a discarica.

Preliminarmente alla progettazione definitiva, quindi, la Sogesid ha provveduto all'analisi dei dati della caratterizzazione alla luce delle osservazioni della CdS, e in particolare effettuando dapprima uno screening dall'analisi stratigrafica dei n. 193 sondaggi (per un totale di n. 679 campioni prelevati), in

seguito al quale è stato meglio specificato quali campioni erano di rifiuto, quali di terreno misto a rifiuto e quali di solo terreno.

Analogamente, sono state effettuate le attività analisi delle varie matrici ambientali, collegando quindi la contaminazione rilevata nei terreni/acque/vapori/rifiuti (cfr. elaborato specialistico del progetto definitivo PDED005 - MODELLO CONCETTUALE DELLA CONTAMINAZIONE, riconfermato nel progetto esecutivo con l'elaborato PE.GE.MC0011 del progetto esecutivo), sebbene non sempre è stato possibile collegare la contaminazione ad una fonte certa, soprattutto per quanto riguarda i piezometri PZ37 e PZ40 che potrebbero essere influenzati dalla presenza della discarica Syndial poco a monte.
In ogni caso, gli elevati livelli di contaminazione riscontrati, e la natura della maggior parte del corpo rifiuti, confermata anche dai documenti Syndial che ricostruiscono la storia del sito, restano tali indipendentemente dalle carenze riscontrate nelle osservazioni effettuate in CdS, in gran parte risolte dalla Sogesid durante le attività di redazione del progetto definitivo.

3.3.2 Analisi dello stato di contaminazione della falda

Analizzando nello specifico quanto emerso dalle risultanze analitiche delle diverse matrici ambientali investigate in fase di caratterizzazione dell'area Micorosa effettuata nel 2010 (suolo e sottosuolo, rifiuti, acque sotterranee, gas e acque interstiziali), è risultata evidente la presenza di valori significativi di concentrazione di molteplici molecole riconducibili alle famiglie dei solventi organici clorurati, degli organici aromatici, degli idrocarburi (cfr. Elaborato di progetto – Modello Concettuale della contaminazione). Si riportano di seguito le considerazioni conclusive dello studio analizzato nell'Elaborato di progetto *PE.GE.MC0011 – Modello Concettuale della Contaminazione* e al quale si rimanda per gli approfondimenti.

Per le acque di falda, nella prima e nella seconda campagna di monitoraggio, rispetto ai n.43 piezometri oggetto di indagine, si riscontra un totale rispettivamente di n. 42 e di n. 40 analiti che presentano almeno un superamento rispetto ai limiti normativi di CSC (Tab.2, Allegato 5, Parte IV, Titolo V, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.). I superamenti maggiori sono per gli analiti appartenenti alla famiglia dei solventi clorurati. Per i suoli/sottosuoli, nelle tabelle, da Table 13 a Table 18 (cfr. Allegato 2 all'Elaborato di progetto – Modello Concettuale della contaminazione), si riportano i risultati delle determinazioni analitiche, divise per comodità di lettura per classi di composti.

Esaminando i risultati riscontrati dal soggetto esecutore della campagna di indagini, organizzati per singolo livello di profondità della matrice "suolo/sottosuolo", riportiamo il numero di parametri che presenta superamenti delle rispettive CSC e l'elenco di quelli ritenuti più significativi, in termini di valori di concentrazione riscontrati e di diffusione all'interno di Micorosa. Nel livello C1, si riscontra un totale di n. 38 analiti che presentano almeno un

superamento delle CSC dei vari analiti ricercati (tra i quali: arsenico, mercurio, composti organici aromatici clorurati e non, i composti organici alifatici clorurati, idrocarburi con C<12 e idrocarburi con C>12). Nel livello C2, si riscontra un totale di n. 41 analiti che presentano almeno un superamento delle CSC dei vari analiti ricercati (tra i quali: arsenico, mercurio, composti organici aromatici, clorobenzeni, composti organici alifatici clorurati, idrocarburi con C<12 e idrocarburi con C>12). Nel livello C3, si riscontra un totale di n. 38 analiti che presentano almeno un superamento delle CSC (arsenico, mercurio, composti organici aromatici, clorobenzeni, composti organici alifatici clorurati, idrocarburi con C<12 e idrocarburi con C>12). Nel livello C4, si riscontra un totale di n. 38 analiti che presentano almeno un superamento delle CSC (tra i quali: arsenico, composti organici aromatici, composti organici alifatici clorurati, clorobenzeni, idrocarburi con C<12 e idrocarburi con C>12. A seguito di tali risultati, la Conferenza di Servizi del 21/07/2011, ha dichiarato che:

*... nelle tabelle di sintesi e nelle mappe rappresentative dei risultati analitici, i dati relativi ad analisi effettuate su campioni di rifiuto sono riportati come risultati di analisi condotte su suolo (es. C1 in PZ1). In questo modo la contaminazione riscontrata viene attribuita al terreno in posto anziché ai rifiuti; (*cfr. comma 2, punto 12 del Verbale della Conferenza di Servizi del 21/07/2011*).*

A tal proposito (così come richiesto dalla Conferenza di Servizi del 21/07/2011) è stato condotto uno *screening* su tutti i n. 193 sondaggi della campagna di caratterizzazione eseguita nell'area, prendendo in considerazione le relative stratigrafie e distinguendo, per ogni singolo sondaggio, i livelli che dall'analisi stratigrafica sono risultati "*terreno*" da quelli che sono risultati "*rifiuto e/o terre miste a rifiuto*". Quindi si è proceduto a riscontrare, per ogni livello caratterizzato come "*terreno*", quali e quanti valori di concentrazione degli analiti esaminati fossero superiori ai limiti fissati dalla normativa vigente in materia di bonifiche (CSC, con riferimento alla colonna A, Tabella 1, Allegato 5, Parte IV, Titolo V, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.). Relativamente ai livelli che sono stati riconsiderati come *"rifiuto e/o terre miste a rifiuto"*, in riferimento al punto 6, comma c) del verbale della Conferenza di Servizi decisoria del 21/07/2011, recante *"... deve essere fornita ... la classificazione dei rifiuti e le ipotesi di gestione/bonifica degli stessi sulla base delle analisi condotte sul tal quale e dei test di cessione, tenendo conto anche dei risultati delle analisi condotte sui campioni identificati come suolo ma prelevati all'interno del corpo rifiuti*", è stato effettuato, per quanto possibile e in base ai risultati delle analisi condotte sui campioni identificati come *suolo/sottosuolo*, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come *"rifiuto o terre miste a rifiuto"* (cfr. documento "Rapporto delle indagini – Area Micorosa", redatto dalla Società Ambiente sc su incarico del Comune di Brindisi e al quale si rimanda), il confronto dei valori di concentrazione in essi riscontrati rispetto ai limiti normativi dell'Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. *"sostanze pericolose per la salute umana"* e *"sostanze pericolose per l'ambiente"*, per verificarne la loro eventuale pericolosità come rifiuti. Non è stato però

possibile verificare la loro ammissibilità in discarica "per rifiuti pericolosi" o "per rifiuti non pericolosi", in quanto non stati effettuati i test di cessione su tali campioni. Si rimanda per i dettagli al paragrafo 4.4.5 del presente documento. A valle di tale rielaborazione dei dati, dall'analisi stratigrafica dei terreni (cfr. Allegato 1 al documento "Rapporto delle indagini – Area Micorosa", redatto dalla Società Ambiente S.n.c. nell'agosto 2010 su incarico del Comune di Brindisi e al quale si rimanda), risulta che molti sondaggi esaminati e sottoposti a determinazioni analitiche nei livelli C1 (0 – 1 m da p.c.), C2 (1 – 4 m da p.c.), C3 (2 – 5 m da p.c.) e C4 (3 – 19 m da p.c.), sono rappresentati da "*rifiuto*" o "*terre miste a rifiuto*". Nello specifico, nel livello C1 (0 – 1 m da p.c.) su n.193 sondaggi totali esaminati, n.154 sono "*rifiuto*", n.14 "*terre miste a rifiuto*" e i restanti n.25 "*terreno*". Per i n.25 sondaggi caratterizzati stratigraficamente come "*terreno*", dal confronto dei valori di concentrazione risultati dalla caratterizzazione con i limiti normativi (CSC) si hanno superamenti per gli analiti: Arsenico; Berillio; Cobalto; Mercurio; Selenio; Stagno; Tallio; Benzo(a)pirene; Benzo(g,h,i)perilene; Indenopirene; 1,2 – dicloroetano; 1,1 – dicloroetilene; Tetracloroetilene; Monoclorobenzene; Pentaclorobenzene; Esaclorobenzene; Idrocarburi con C>12.

Tali superamenti sono stati riscontrati in corrispondenza di n. 13 sondaggi (senza considerare lo stagno, la cui presenza a livelli elevati potrebbe essere dovuta ad anomalia geochimica del sito) su n. 25 sondaggi totali esaminati. Per i n.154 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*rifiuto*" e per i n.14 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*terre miste a rifiuto*", dal confronto dei valori di concentrazione rispetto ai limiti normativi di Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. *"sostanze pericolose per la salute umana"* e *"sostanze pericolose per l'ambiente"*, per verificarne la loro eventuale pericolosità, risulta che tutti i parametri determinati sono inferiori a tali limiti, pertanto i campioni sono classificabili come *"rifiuti speciali non pericolosi"*, ad eccezione del valore di concentrazione dell'analita "idrocarburi leggeri", superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per l'ambiente*" nel campione S100-C1, che, di conseguenza, risulta classificabile come "*rifiuto speciale pericoloso per l'ambiente"*. Nel livello C2 (1 – 3 m da p.c.) su n.193 sondaggi totali esaminati, n.114 sono "*rifiuto*", n.38 "*terre miste a rifiuto*" e i restanti n.41 "*terreno*". Per i n.41 sondaggi caratterizzati stratigraficamente come "*terreno*", dal confronto dei valori di concentrazione risultati dalla caratterizzazione con i limiti normativi (CSC) si hanno superamenti per gli analiti: Arsenico; Berillio; Cobalto; Mercurio; Piombo; Selenio; Stagno; Tallio; Vanadio; Benzene; Toluene; Xilene; Triclorometano; Cloruro di vinile; 1,2 – dicloroetano; 1,1 – dicloroetilene; Tricloroetilene; Tetracloroetilene; 1,1 – dicloroetano; 1,2 – dicloroetilene; Monoclorobenzene; 1,4 – diclorobenzene; Pentaclorobenzene; Esaclorobenzene; Idrocarburi con C<12 e Idrocarburi con C>12. Tali superamenti sono stati riscontrati in corrispondenza di n. 18 sondaggi (senza considerare lo stagno) su n. 41

sondaggi totali esaminati. Per i n.114 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*rifiuto*" e per i n.38 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*terre miste a rifiuto*" , dal confronto dei valori di concentrazione rispetto ai limiti normativi di Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. *"sostanze pericolose per la salute umana"* e *"sostanze pericolose per l'ambiente"* per verificarne la loro eventuale pericolosità, risulta che tutti i parametri determinati sono inferiori a tali limiti, pertanto i campioni sono classificabili come *"rifiuti speciali non pericolosi"*, ad eccezione del valore di concentrazione dell'analita "idrocarburi leggeri", superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per l'ambiente*" nel campione S76-C2, che risulta classificabile come "*rifiuto speciale pericoloso per l'ambiente"* e del valore di concentrazione dell'analita "1,2 – dicloroetano", superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana*" nel campione PZ24-C2, che risulta classificabile come *"rifiuto speciale pericoloso per la salute umana"*. Nel livello C3 (2 – 5 m da p.c.) su n.193 sondaggi totali esaminati, n. 62 sono "*rifiuto*", n. 38 "*terre miste a rifiuto*" e i restanti n. 93 "*terreno*". Per i n.93 sondaggi caratterizzati stratigraficamente come "*terreno*", dal confronto dei valori di concentrazione risultati dalla caratterizzazione con i limiti normativi (CSC) si hanno superamenti per gli analiti: Arsenico; Berillio; Cobalto; Mercurio; Selenio; Stagno; Tallio; Vanadio; Benzene; Benzo(a)pirene; Benzo(g,h,i)perilene; Benzo(a,e)pirene; Indenopirene; Diclorometano; Triclorometano; Cloruro di vinile; 1,2 – dicloroetano; 1,1 – dicloroetilene; Tricloroetilene; 1,1,2,2 – Tetracloroetano; Tetracloroetilene; 1,1 – dicloroetano; 1,2 – dicloroetilene; Monoclorobenzene; 1,4 – diclorobenzene; Pentaclorobenzene; Esaclorobenzene; o – anisidina; m,p – anisidina; metilfenolo (o-m-p); Idrocarburi con C<12 e Idrocarburi con C>12. Tali superamenti sono stati riscontrati in corrispondenza di n. 35 sondaggi (senza considerare lo stagno) su n. 93 sondaggi totali esaminati. Per i n.62 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*rifiuto*" e per i n.38 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*terre miste a rifiuto*", dal confronto dei valori di concentrazione rispetto ai limiti normativi di Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. *"sostanze pericolose per la salute umana"* e *"sostanze pericolose per l'ambiente"* per verificarne la loro eventuale pericolosità, risulta che tutti i parametri determinati sono inferiori a tali limiti, pertanto i campioni sono classificabili come *"rifiuti speciali non pericolosi"*, ad eccezione del valore di concentrazione dell'analita "idrocarburi leggeri", superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per l'ambiente*" nei campioni S104-C3 e S105-C3, che risultano classificabili come *"rifiuti pericolosi per l'ambiente*" e del valore di concentrazione dell'analita "1,2 – dicloroetano", superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana*" nel campione S120-C3, che risulta classificabile come *"rifiuto speciale pericoloso per la salute umana"*. Nel livello C4 (3 – 5 m da p.c.) su n.100[1] sondaggi totali

esaminati, n. 3 sono "*rifiuto*", n. 1 "*terre miste a rifiuto*" e i restanti n. 96 "*terreno*". Per i n.96 sondaggi caratterizzati stratigraficamente come "terreno", dal confronto dei valori di concentrazione risultati dalla caratterizzazione con i limiti normativi (CSC) si hanno superamenti per gli analiti: Arsenico; Berillio; Mercurio; Selenio; Stagno; Tallio; Benzene; Etilbenzene; Toluene; Xilene; Benzo(a)antracene; Benzo(a)pirene; Triclorometano; Cloruro di vinile; 1,2 – dicloroetano; 1,1 – dicloroetilene; Tricloroetilene; 1,1,2,2 – Tetracloroetano; Tetracloroetilene; 1,1 – dicloroetano; 1,2 – dicloroetilene; Monoclorobenzene; 1,4 – diclorobenzene; Pentaclorobenzene; Esaclorobenzene; PCB; Idrocarburi leggeri (IC con C<12) e Idrocarburi pesanti (IC con C>12). Tali superamenti sono stati riscontrati in corrispondenza di n. 35 sondaggi (senza considerare lo stagno) su n. 100 sondaggi totali esaminati. Per i n.3 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*rifiuto*" e per i n.1 campioni identificati come suolo/sottosuolo, ma dall'analisi stratigrafica caratterizzati come "*terre miste a rifiuto*", dal confronto dei valori di concentrazione rispetto ai limiti normativi di Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. *"sostanze pericolose per la salute umana"* e *"sostanze pericolose per l'ambiente"* per verificarne la loro eventuale pericolosità, risulta che tutti i parametri determinati sono inferiori a tali limiti, pertanto i campioni sono classificabili come *"rifiuti speciali non pericolosi"*, ad eccezione del valore di concentrazione di "cloruro di vinile" superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana*" nel sondaggio S122, "1,2 – dicloroetano" superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana*" nel sondaggio S122, "1,1 – dicloroetilene" superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana*" nel sondaggio S122, "tricloroetilene" superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana*" nel sondaggio S122, "tetracloroetilene" superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per la salute umana"* nel sondaggio S122, "idrocarburi leggeri" superiore al limite normativo per le "*sostanze pericolose per l'ambiente*" nel sondaggio S122. Pertanto, il campione S122-C4 risulta classificabile come *"rifiuto speciale pericoloso per la salute umana e per l'ambiente"*.

Con riferimento al punto 6, comma c) del citato verbale della Conferenza di Servizi decisoria del 21/07/2011, sulla base dei risultati delle analisi condotte sui n. 43 campioni identificati come "rifiuto" (cfr. All. 4 al documento "Rapporto delle indagini – Area Micorosa", redatto dalla Società Ambiente S.n.c. su incarico del Comune di Brindisi e al quale si rimanda), è stato inoltre effettuato il confronto dei valori di concentrazione dei campioni di rifiuto rispetto ai limiti normativi di Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. *"sostanze pericolose per la salute umana"* e *"sostanze pericolose per l'ambiente"*, per verificarne la loro eventuale pericolosità, quindi, in base ai risultati del test di cessione condotto sui n. 43 campioni medesimi, è stata valutata la loro eventuale ammissibilità in discarica per rifiuti pericolosi o per rifiuti non pericolosi. I

valori delle concentrazioni dei parametri determinati nei campioni di rifiuto esaminati tal quali risultano inferiori rispetto ai limiti sopra citati, pertanto, tali materiali sono classificabili come "rifiuti speciali non pericolosi". Dai risultati del test di cessione per l'ammissibilità in discarica risulta che tutti i campioni di rifiuto "*non sono smaltibili in discarica per rifiuti non pericolosi*" per i valori di pH, classe di pericolo H8, e alcuni di essi per i valori di arsenico, fluoruri e solidi totali disciolti.

Per quanto riguarda il *top soil*, in relazione alla destinazione d'uso del sito (verde pubblico, privato e residenziale), le risultanze analitiche di laboratorio (cfr. All.2 Tabella Suolo- Sottosuolo-Top-Soil al documento "Rapporto delle indagini – Area Micorosa", redatto dalla Società Ambiente sc su incarico del Comune di Brindisi e al quale si rimanda) per i parametri esaminati nei n.10 sondaggi, sono state confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) individuate in Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D. Lgs. n. 152/2006, Tabella 1, Colonna A. Dal confronto dei valori analitici dei parametri ricercati si è riscontrato il superamento del valore limite CSC per l'analita "Sommatoria PCDD, PCDF conversione T.E. (mg/kg)" nel sondaggio TS9.

Dal confronto dei valori di concentrazione misurati per ogni analita ricercato nei n. 10 campioni di acqua interstiziale prelevati dai lisimetri con i valori limite per le acque di falda (CSC, Tab. 2, Allegato 5, Parte IV, Titolo V, D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii.) si hanno superamenti per i seguenti analiti: Alluminio; Arsenico; Cromo totale; Cromo IV; Nichel; Piombo; Solfati; Benzene; Toluene; Etilbenzene; Stirene; Benzo(a)antracene; Benzo(a)pirene; Benzo(b)fluorantene; Benzo(k)fluorantene; Benzo(g,h,i)perilene; Dibenzo(a,h)antracene; Indeno(1,2,3-c,d)pirene; Triclorometano; Cloruro di Vinile; 1,2-dicloroetano; 1,1-dicloroetilene; tricloroetilene; tetracloroetilene; 1,1-dicloroetano; 1,2-dicloroetilene; 1,2-dicloropropano; 1,1,2-tricloroetano; 1,1,2,2-tetracloroetano; 1,2-dibromoetano; Dibromoclorometano; Monoclorobenzene; 1,4-diclorobenzene; esaclorobenzene; Idrocarburi espressi come n-esano. Tali superamenti sono presenti in n. 9 lisimetri.

Dalle risultanze analitiche delle diverse campagne di indagine condotte nell'area Micorosa e nelle aree esterne prossime a questa, emerge una situazione estremamente compromessa, che interessa le diverse matrici ambientali investigate: suolo e sottosuolo, acque sotterranee, acque interstiziali. Tale situazione è ascrivibile a uno stato di contaminazione di entità significativa diffuso in tutta l'area. Confrontando i risultati ottenuti nelle diverse campagne di indagine, in particolare quelli relativi alle acque di falda, è possibile constatare come le aree maggiormente contaminate all'interno dell'area Micorosa siano quelle ai vertici nord-est e sud-ovest, mentre esternamente, le aree ubicate a sud e ad est. Tra i contaminanti più diffusi, è possibile notare la forte presenza di alcuni metalli pesanti e di numerosi composti organici (idrocarburi, composti alifatici clorurati, composti aromatici clorurati e non), la cui concentrazione supera anche di diversi ordini di

grandezza le CSC definite per i suoli di aree residenziali e per le acque sotterranee. L'origine della contaminazione può essere dovuta a scarti di lavorazione industriale, sversati nell'area d'interesse durante i decenni passati. Come riportato nel documento "Valutazione della natura e dell'origine della contaminazione" redatta da ENVIRON per conto della Syndial nel gennaio 2013,

(…) nell'area risultano essere stati recapitati i seguenti rifiuti industriali:

- *1961-1968: fanghi di idrossidi di calcio provenienti dall'impianto per la produzione di Acetilene, impiegato per la produzione del CVM della società Polymer (gruppo Montecatini, poi Montedison). I fanghi vennero conferiti nell'area fino alla chiusura dell'impianto Acetilene avvenuta nel 1968;*
- *1969-1975: scarichi di code clorurate provenienti dagli impianti Montedison per la produzione di CVM e DCE per ossiclorurazione (impianto P33). Le code clorurate furono scaricate nell'area Micorosa fino alla prima metà degli anni '70, allorquando furono installati serbatoi di stoccaggio interni allo stabilimento;*
- *1972-1980: scarichi di acque di lavaggio acide provenienti dall'impianto di produzione dell'Anidride ftalica (impianto P26). Le acque di lavaggio acide vennero convogliate nell'area Micorosa ai fini della loro neutralizzazione verosimilmente fino alla chiusura dell'impianto, avvenuta nel 1980.*

Inoltre, nel medesimo Documento, si precisa quanto segue:

Gli idrossidi di calcio venivano scaricati in sospensione acquosa, mediante una canaletta, in una serie di bacini dell'area Micorosa, realizzati con argini di terra intorno a invasi naturali.

Tali depositi hanno contribuito a determinare un deposito di spessore valutato in circa 3 metri (2 metri dal piano campagna delle aree circostanti), con un volume di circa 1,5 milioni di m^3.

(…)

Le code clorurate venivano scaricate mediante una canaletta nel bacino più adiacente al muro di cinta dello stabilimento. Successivamente, a seguito di rilasci delle code clorurate dalla discarica verso l'adiacente canale Pandi, il punto di immissione fu spostato in un altro bacino, in posizione più distale rispetto al muro di cinta, prolungando la canaletta di cui sopra. Tratti relitti di tale canaletta risultano ad oggi ancora visibili nell'area.

(…)

Lo scarico nell'area Micorosa di code clorurate – che non interagivano con gli idrossidi di calcio – venne a determinare accumuli di clorurati nelle crepe dei fanghi e/o sulla loro superficie, con susseguenti processi di evaporazione e polimerizzazione.

(…)

I residui della produzione dell'anidride ftalica, fortemente acidi, reagivano con l'idrossido di calcio presente in discarica, formando buche e verosimilmente cavità, favorendo la riemersione dei reflui in punti a valle di quelli di immissione.

(…)

I punti d'immissione degli scarichi storici in area Micorosa sono generalmente identificabili, in quanto tratti relitti della canaletta utilizzata per le code clorurate sono ancora visibili in sito.

Oltre a questi contaminanti, la presenza contemporanea di mercurio e clorobenzeni può essere associata a scarti di lavorazione di un impianto cloro-soda.

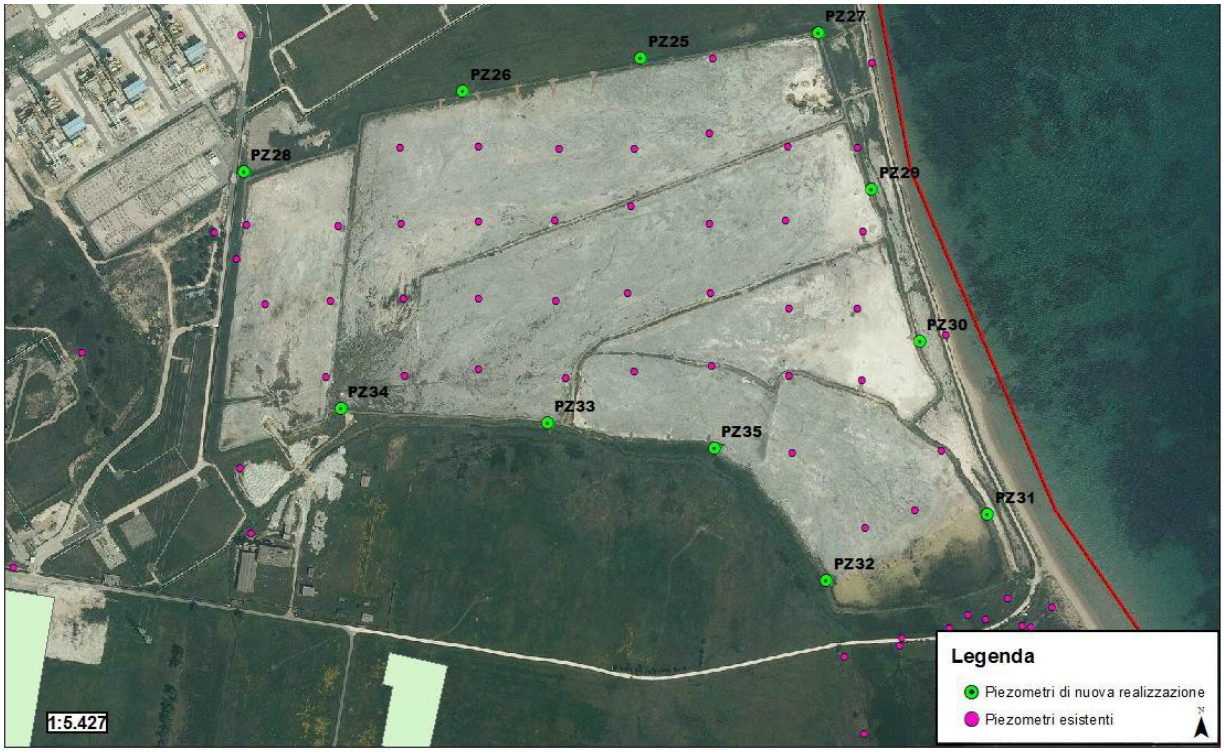
Stante la presenza di elevati livelli di concentrazione di alcuni contaminanti sia a monte che a valle idrogeologico dell'area Micorosa, inoltre, non si può escludere un trasferimento di contaminazione dalle aree limitrofe attraverso il naturale deflusso della falda. Infine, la forte volatilità dei composti alifatici clorurati, fortemente presenti in gran parte dei punti di indagine, può far supporre ad un loro trasferimento dalla fase acquosa satura alle diverse matrici presenti nella fase insatura ad essa sovrastante (suolo, gas e acque interstiziali). Pertanto, da quanto fin qui discusso emergerebbe che la contaminazione riscontrata nei livelli di "*terreno*" esaminati, in funzione delle proprietà chimico – fisiche e tossicologiche dei vari analiti i cui valori di concentrazione sono risultati superiori ai valori CSC (per i metalli: arsenico, berillio, cobalto, mercurio, piombo, selenio, tallio, vanadio; per gli IPA: benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, dibenzo(a,e)pirene, benzo(g,h,i)perilene, indenopirene; per i composto aromatici: benzene, toluene, xilene e etilbenzene; per i composti alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni: diclorometano, triclorometano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,2-dicloroetano, 1,1-dicloroetilene, tetracloroetilene, tricloroetilene, cloruro di vinile, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetilene; per i clorobenzeni: monoclorobenzene, 1,4-diclorobenzene, pentaclorobenzene, esaclorobenzene; per le ammine aromatiche: o-anisidina, m,p-anisidina; metilfenolo (o,m,p); PCB; idrocarburi leggeri e idrocarburi pesanti), potrebbe essere ascrivibile in parte alla circolazione delle acque di falda contaminate che transitano al di sotto della frangia capillare e in parte alla presenza/natura del "*rifiuto o terre miste a rifiuto*" sovrastante il "*terreno*".

Indagini geognostiche, geotecniche e ambientali integrative

In relazione ad alcune osservazioni precisate dalla Segreteria Tecnica Bonifiche (C.d.S. del 21.07.2011 di approvazione del progetto preliminare degli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda acquifera nel Sito di Interesse Nazionale di Brindisi*") e inerenti l'approfondimento del contesto idrogeologico dell'area, è stato stipulato un II Atto integrativo della Convenzione, il cui programma delle

attività è stato definito in relazione agli aspetti tecnici da approfondire preliminarmente alla redazione della progettazione definitiva, e riguardante in particolare:

- la valutazione dello stato di contaminazione delle aree del SIN non ancora oggetto di caratterizzazione, ma limitrofe alle aree inquinate;
- la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico di dettaglio e la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dal marginamento previsto dalla soluzione progettuale preliminare;
- la ricostruzione dell'assetto idrogeologico di dettaglio con l'andamento della falda acquifera e della sua contaminazione, nonché i rapporti della falda con i corpi idrici superficiali, finalizzata all'elaborazione di un modello matematico del flusso di falda e di diffusione degli inquinanti;
- la caratterizzazione chimica delle terre e rocce di scavo finalizzata alla loro gestione durante la realizzazione delle opere;
- la realizzazione di un Geo-Database che contenga i dati inerenti il SIN di Brindisi.



Le attività di indagine si sono svolte in campo nei mesi di luglio – settembre 2013 e sono state validate nel 2014 da ARPA Puglia. Tali indagini hanno riguardato l'intero SIN, ma una parte consistente è stata realizzata in area Micorosa, al fine di meglio chiarire alcuni aspetti ambientali, geostratigrafici e geotecnici, anche

durante le fasi di redazione della progettazione. Nella figura seguente sono riportati i piezometri integrativi dell'area Micorosa (da PZ 25 a PZ35).

Durante la progettazione definitiva, parte delle indagini, e in particolare quelle dell'area Micorosa che erano state allo scopo anticipate dalla DL rispetto alle restanti in diverse aree SIN erano già in possesso dei progettisti dell'intervento, ma non sono state inserite ufficialmente, perchè in attesa di validazione.

I dati definitivi completi di validazione sono arrivati in Società i primi di maggio e sono stati inclusi nella Rev.3 del progetto inviato come integrazione al CSLLPP (sebbene non ne sia stata allegata una copia integrale in mancanza della relativa liberatoria da parte della committenza – MATTM), superando di fatto le osservazioni riportate dalla Struttura di Assistenza Tecnica e dalla CdS decisoria dell'ottobre 2013 sul primo progetto definitivo.

Le indagini, consegnate dalla Sogesid al MATTM con nota prot. n.2220 del 12.05.2014, dal punto di vista ambientale confermano sostanzialmente, dopo tre anni, lo stato della contaminazione nell'area Micorosa.

Dal punto di vista geotecnico, invece, hanno fornito tutti i parametri necessari alla progettazione, sia dal punto di vista delle caratteristiche di resistenza dei terreni nei quali sarà realizzato il diaframma (compresa la presenza della "panchina" che è sempre stata rilevata con maggiori caratteristiche di compattezza nelle zone di monte, più degradata e meno cementata nell'area immediatamente a ridosso della linea di costa), che della presenza e profondità delle argille (che progrediscono costantemente verso il mare)

Conclusioni

Sulla richiesta di approfondimento sullo stato di contaminazione dell'area, tra l'altro, si è espresso anche il MATTM che, nella nota prot. n.0021847 datato 08.08.2014, comunica al Comune di Brindisi gli esiti della propria valutazione del progetto in relazione al citato parere del CSLLPP. In particolare la Struttura di Assistenza Tecnica osserva che:

"Per quanto riguarda il richiesto approfondimento sullo stato di contaminazione dell'area Micorosa, il documento integrativo in oggetto rimanda ad ulteriori indagini disponibili dal Piano delle indagini propedeutiche alla progettazione definitiva degli interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda acquifera del SIN di Brindisi, indagini condotte nell'ambito del II Atto integrativo della Convenzione del 09/04/2008 stipulato in data 03/11/2011 tra Ministero dell'Ambiente, Regione Puglia, Commissario

di Governo per l'emergenza ambientale e Sogesid e i cui risultati sono stati trasmessi con nota prot. n. 2220 del 12/05/2014 e poi esaminati nella Conferenza di Servizi istruttoria del 10/06/2014.

Tale indagine riguarda un 'area più vasta che ricomprende al suo interno anche l'area Micorosa. In totale sono stati realizzati n. 36 Piezometri distribuiti nell'area posta ad Ovest del Canale Fiume Grande, lungo le aree di viabilità consortile ed alcune aree private (Centrale Enel, Basell, piazzale Hotel Nettuno Parking etc.). Di questi piezometri, n. l1 sono posti lungo il perimetro della discarica di Micorosa, posta a Sud del Polo Petrolchimico. Il Piano, inoltre, ha previsto l'utilizzo di ulteriori n. 60 piezometri esistenti nell'area complessiva per ottenere maggiore definizione dello stato chimico-fisico delle acque di falda e per la ricostruzione della piezometria.

I risultati mostrano per le acque di falda superamenti Alluminio, Cromo (VI), Ferro, Nichel, Fluoruri, Boro, sommatoria IPA, PCB totali, Idrocarburi totali, Arsenico. Diffusa contaminazione si registra, inoltre, per Manganese, Solfati e Composti organici aromatici e nell'intorno dell'area Micorosa per Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, Clorobenzeni, Manganese, Solfati, sommatoria IPA, Arsenico, Nichel, Cianuri liberi, Fluoruri, Idrocarburi totali, Clorofenolo, Boro e PCB totali. Risultano molto evidenti anche i superamenti per Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni e Composti organici aromatici nei piezometri esistenti dalle campagne pregresse. Si registra, infine, che con nota prot. n. 19330 del 01/04/2014, acquisita dal MATTM al prot. n. 10260/TRI del 08/04/2014, ARPA Puglia ha trasmesso la relazione di validazione con esito positivo dei risultati della caratterizzazione.

Pertanto, anche con riferimento al parere in merito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, si ritiene che gli approfondimenti acquisiti confermino pienamente il pesante quadro di contaminazione delle matrici ambientali e di conseguenza l'esigenza di procedere all'intervento quanto più speditamente possibile."

4 STUDIO DI FATTIBILITÀ AMBIENTALE E STUDIO DI INCIDENZA AMBIENTALE

Lo "*Studio di fattibilità ambientale per la verifica di assoggettabilità a VIA*", così come lo "Studio di Incidenza Ambientale – Livello I Screening" sono stati sottoposti alle rispettive procedure di verifica da parte delle Autorità competenti in sede di progettazione definitiva. Nel presente progetto esecutivo sono riproposti, per completezza di documentazione, gli stessi due elaborati del progetto definitivo approvato

Nello specifico:

- lo "Studio di Fattibilità Ambientale per la verifica di assoggettabilità a VIA", di competenza della Regione Puglia, è stato sottoposto alla procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA e la Regione Puglia con nota prot. n.3102 del 25/03/2014 comunica l'esito della Conferenza di Servizi "*il progetto non deve essere assoggettato a valutazione di Impatto Ambientale*; "*il progetto deve essere sottoposto a Valutazione di incidenza ambientale di competenza della Provincia di Brindisi, ai sensi della 1.r. 11/2001 come modificata dalla 1.r. 17/2007, rilevata la prossimità con il SIC/ZPS "Stagni e Saline di Punta della Contessa" IT9140003*";
- lo "Studio di Incidenza Ambientale – Livello I Screening", è stato sottoposto a Valutazione di Incidenza Ambientale alla competente Provincia di Brindisi che con nota prot. n.23563 del 14/04/2014 comunica l'esito della Conferenza di Servizi "*La Conferenza di Servizi decide di poter considerare chiusi i lavori della Conferenza, accogliendo favorevolmente l'istanza di valutazione d'incidenza ambientale per gli Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi- Progetto definitivo - l "stralcio funzionale - Area Micorosa, alle condizioni riportate nel testo del verbale, che saranno recepite nel provvedimento finale di espressione del parere di valutazione d'incidenza*.". Con nota della Provincia di Brindisi prot. n.25775 del 23/04/2014 viene trasmesso anche il Provvedimento dirigenziale di autorizzazione n.59 del 23/04/2014 che esprime parere favorevole con prescrizioni in merito alla Valutazione di Incidenza Ambientale sul progetto "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi- Progetto definitivo - l "stralcio funzionale - Area Micorosa*".

Le prescrizioni espresse nei due pareri sono state integralmente recepite nel presente progetto esecutivo

4.1 Misure di mitigazione ambientale previste

Per lo svolgimento delle varie attività previste in progetto, sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio (ossia realizzazione delle opere), saranno tenute in considerazione le misure di mitigazione previste dalle Norme

Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Territoriale di Coordinamento dell'A.S.I. di Brindisi (in quanto l'area oggetto degli interventi previsti ricade all'interno della perimetrazione dell'ASI), quelle previste dalla L.R. 28/2002 che istituisce il Parco Naturale Regionale "Salina di Punta della Contessa (in quanto l'area oggetto degli interventi previsti ricade all'interno della perimetrazione dell'area protetta) e quelle previste dal Piano di gestione del Sito Rete Natura 2000.

La carta delle aree di idoneità riproduttiva per gli uccelli nidificanti delle aree umide allegata al Piano di Gestione, perimetra l'area oggetto degli interventi in progetto come "Area a idoneità media" (cfr. Elaborato specialistico "Studio di Incidenza Ambientale"). Pertanto, l'area oggetto di intervento, pur non appartenendo alla perimetrazione delle aree umide di Salina di Punta della Contessa, è situata in un ambito territoriale interessato dai percorsi migratori dell'avifauna che popolano la aree umide presenti nella zona. A tal proposito, al termine dei lavori e ai fini del ripristino dello stato dei luoghi, così come previsto dal Piano di Gestione del sito Natura 2000 IT91400043 – Progetto pilota aree umide, è previsto di impiegare delle "specie arboree e arbustive autoctone" (rispettando quanto previsto dal D.lgs 10 novembre 2003 n. 386, dalla Determinazione del Dirigente Settore Foreste 7 luglio 2006 n. 889, dalla D.G.R. 16 dicembre 2008 n. 2461) per la creazione di una fascia tampone nell'area prospiciente il sito rete Natura 2000, ossia di piantare alcune delle specie di riferimento dell'habitat ed in particolare quelle facilmente riproducibili e reperibili, lasciando alla disseminazione e successione naturale il compito di ricreare l'habitat vegetazionale più opportuno per l'area di intervento.
Per prevenire eventuali disturbi dell'avifauna presente nel sito Natura 2000 in fase di nidificazione e di riproduzione, si prevede di monitorare le emissioni acustiche durante l'esecuzione delle attività relative alla realizzazione del marginamento fisico e dei pozzi di emungimento prossimi a tale area (cfr. Elaborato "Studio di Incidenza").

4.2 Considerazioni conclusive

Lo Studio di fattibilità ambientale, come anche lo Studio di Incidenza Ambientale, hanno messo in luce che l'intervento in progetto, apportando le opportune azioni mitigative previste durante la fase di cantiere e di realizzazione delle opere, non determinerà impatti significativi e negativi sul territorio interessato dal progetto, evidenziando che gli stessi possono essere molto contenuti e temporanei nelle diverse fasi di realizzazione dell'intervento stesso. In relazione a ciò, sono state proposte una serie di misure di contenimento e di prevenzione dell'impatto, ma è chiaro che gli interventi previsti sono volti alla messa in sicurezza dell'area di Micorosa e pertanto, si configurano come "un intervento con impatto complessivamente positivo sulle

componenti ambientali e sulla salute dei cittadini", in quanto trattasi di interventi finalizzati ad immobilizzare e impedire la migrazione dei contaminanti verso recettori ambientali sensibili, quali acque superficiali e sotterranee.

5 RELAZIONE URBANISTICA

Nel presente progetto esecutivo si ripropone la relazione urbanistica già facente parte del progetto definitivo approvato, che era stata inserita nel progetto definitivo a seguito del parere del CSLLPP ed è stato integrato a seguito delle attività di verifica della RINA Check con il rilascio da parte del Responsabile del Procedimento del certificato di destinazione urbanistica (nota prot. n.231 del 15.09.2014 del Comune di Brindisi) riportato anche in allegato allo studio stesso.

Nello "Studio di inserimento urbanistico" sono stati individuati i vincoli e gli elementi di pianificazione territoriale da tener conto nella redazione del progetto; si è analizzano e si è verificato inoltre la conformità del progetto alle previsioni in materia non solo urbanistica, ma anche ambientale e paesaggistica.

A tal proposito, il presente elaborato è stato articolato nelle seguenti principali sezioni:

- localizzazione e caratteristiche del progetto;
- verifica di coerenza del progetto con gli strumenti di pianificazione e vincoli normativi.

Premesso che il sito oggetto d'intervento ricade all'interno della perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di bonifica di Brindisi, ai sensi del comma 6 dell'art. 252 del D.Lgs. 152/2006 e ss. mm. e ii., e in tal caso l'autorizzazione del progetto e dei relativi interventi da parte del Ministro dell'Ambiente sostituisce a tutti gli effetti le autorizzazioni, le concessioni, i concerti, le intese, i nulla osta, i pareri e gli assensi previsti dalla legislazione vigente, ivi compresi, tra l'altro, quelli relativi alla realizzazione e all'esercizio degli impianti e delle attrezzature necessarie alla loro attuazione. Tale autorizzazione, inoltre, costituisce variante urbanistica e comporta dichiarazione di pubblica utilità, urgenza ed indifferibilità dei lavori.

A tal riguardo si rileva che in data 01/07/2014 risulta essere stato emesso il suddetto decreto autorizzativo di competenza del Ministro dell'Ambiente n. 000178.

6 ANALISI DI RISCHIO E RISCHIO SANITARIO ASSOCIATO AI CONTAMINANTI VOLATILI PRESENTI NELLE ACQUE SOTTERRANEE PER L'AREA TAF

Anche in questo caso, nel presente progetto esecutivo si conferma *l'Analisi di rischio e calcolo del rischio sanitario associato ai contaminanti volatili presenti nelle acque sotterranee per l'area di ubicazione dell'impianto TAF* del progetto definitivo approvato.

6.1 Analisi di rischio

Dal modello concettuale della contaminazione descritto nel corrispondente elaborato di progetto e al quale si rimanda per i dettagli, e dalle risultanze analitiche delle diverse matrici ambientali investigate in fase di caratterizzazione dell'area Micorosa (suolo e sottosuolo, rifiuti, acque sotterranee, gas e acque interstiziali), risulta evidente la presenza di molteplici molecole riconducibili alle famiglie dei solventi organici clorurati, degli organici aromatici, degli idrocarburi e dei metalli. La contaminazione riscontrata nei livelli di "terreno" esaminati, in funzione delle proprietà chimico – fisiche e tossicologiche dei vari analiti i cui valori di concentrazione sono risultati superiori ai valori CSC (cfr. Elaborato di progetto – Modello Concettuale della contaminazione e capitolo 3 della presente relazione per l'individuazione "contaminanti indice"), potrebbe essere ascrivibile in parte alla circolazione delle acque di falda contaminate che transitano al di sotto della frangia capillare e in parte alla presenza/natura del "rifiuto o terre miste a rifiuto" sovrastante il "terreno".

In base a quanto stabilito dall'art. 242 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., parte IV, Titolo V, al sito deve essere applicata la procedura di Analisi di Rischio sito specifica per la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio.

A tal proposito, dai risultati delle stratigrafie dei vari sondaggi eseguiti nell'area di Micorosa (cfr. Elaborati geologici), è emerso che i vari livelli di "suolo/sottosuolo" esaminati sono interessati per la maggiori parte da "rifiuti e/o terre miste a rifiuti", e pertanto "… non soggette ad analisi di rischio …" (cfr. art.242 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.).

Sarebbe svantaggioso dal punto di vista ambientale ed economicamente insostenibile rimuovere tale quantità di rifiuti e terre miste a rifiuti (oltre 1,4 Mm3); pertanto, gli interventi di messa in sicurezza, oggetto della presente progettazione, prevedono un sistema di impermeabilizzazione superficiale realizzato con caratteristiche tecniche specifiche e dotato di opportune pendenze tali da consentire il convogliamento delle acque meteoriche verso la rete di raccolta, un sistema di confinamento misto, fisico fronte mare e idraulico sugli altri fronti, e un impianto mobile di trattamento delle acque di falda (cfr. Elaborati grafici di progetto).

I valori delle concentrazioni dei campioni di rifiuto (cfr. Allegato 4 al documento "Rapporto delle indagini – Area Micorosa", redatto dalla Società Ambiente sc su incarico del Comune di Brindisi e al quale si rimanda) sono risultati, rispetto ai limiti normativi di Allegato D, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. "sostanze pericolose per la salute umana" e "sostanze pericolose per l'ambiente", inferiori rispetto ad essi e, pertanto, classificabili come "rifiuti speciali non pericolosi" (cfr. Modello concettuale della contaminazione – Elaborato PE.GE.MC0011). Dai risultati del test di cessione per l'ammissibilità in discarica (cfr. All.4 al documento "Rapporto delle indagini – Area Micorosa", redatto dalla Società Ambiente sc su incarico del Comune di Brindisi e al quale si rimanda) è risultato che i campioni di rifiuto esaminati "non sono smaltibili in discarica per rifiuti non pericolosi" per i valori di pH, classe di pericolo H8 e alcuni di essi per i valori di arsenico, fluoruri e solidi totali disciolti (cfr. Tabella 4.20 dell'Elaborato di progetto "Modello Concettuale della Contaminazione").

Diversa è la situazione per l'area sud occidentale di Micorosa, in quanto dall'analisi stratigrafica dei sondaggi (PZ37, PZ40, S127, S128, S135, S136, S137, S142, S143) eseguiti all'interno dell'area di Micorosa e localizzati nella parte sud occidentale, è emerso che il livello C1 (da 0 a – 1 m da p.c.) dei sondaggi PZ40, S142 e S143 è interessato da "terreno", mentre per i restanti sondaggi è interessato da "rifiuto o terre miste a rifiuto". I livelli C2 (da un minimo di – 1 m a un massimo di – 3 m da p.c.), C3 (da un minimo di – 2 m a un massimo di – 4 m da p.c.) e C4 (da un minimo di – 5 m a un massimo di – 13 m da p.c.) in tutti e nove i sondaggi dell'area sono tutti interessati da "terreno". Dai risultati della caratterizzazione è emerso che nel SS (livello C1) nessun valore di concentrazione degli analiti ricercati nei terreni supera i valori limiti normati, mentre nel SP (Livelli C2, C3 e C4) i valori di concentrazione degli analiti berillio, benzene, etilbenzene, toluene, xilene, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, 1,2-dicloroetano, pentaclorobenzene, esaclorobenzene, IC leggeri e IC pesanti, sono risultati superiori ai valori limiti normati.

A tal proposito, in progetto è stato previsto di rimuovere il primo metro del terreno interessato da "rifiuti e/o terre miste a rifiuti" e ai sensi dell'art. 242 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., parte IV, Titolo V, all'area individuata dai sondaggi "terreni", livello SP, di applicare la procedura di Analisi di Rischio sito specifica per la determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio, utilizzando quale software per l'analisi di rischio sanitario – ambientale il Risk – net . Sono state calcolate, in via del tutto cautelativa e in virtù della destinazione d'uso dell'area, le CSR rispetto al bersaglio "adulto residenziale". Considerando che quest'area però rientra nel perimetro dell'ASI del comune di Brindisi, che sarà adibita a area di cantiere in quanto di pertinenza dell'area di Micorosa (cfr. Elaborato grafico di progetto – Layout di cantiere) e che su di essa verrà allocato l'impianto mobile di trattamento delle acque di falda, sono state calcolate le CSR anche rispetto al bersaglio "lavoratore".

Sulla base della struttura del processo decisionale di "analisi di rischio", indipendentemente dal tipo di metodologia impiegata, sono state parametrizzate le seguenti componenti: contaminanti indice, sorgenti, vie e modalità di esposizione, ricettori finali.

Per quanto riguarda le sorgenti di contaminazione, dall'analisi stratigrafica dei sondaggi (PZ37, PZ40, S127, S128, S135, S136, S137, S142, S143) eseguiti all'interno dell'area di Micorosa e localizzati nella parte più a sud, lato occidentale, è emerso che il livello C1 (da 0 a – 1 m da p.c.) dei sondaggi PZ40, S142 e S143 è interessato da "terreno", mentre per i restanti sondaggi è interessato da "rifiuto o terre miste a rifiuto". I livelli C2 (da un minimo di – 1 m a un massimo di – 3 m da p.c.), C3 (da un minimo di – 2 m a un massimo di – 4 m da p.c.) e C4 (da un minimo di – 5 m a un massimo di – 13 m da p.c.) in tutti e nove i sondaggi dell'area sono tutti interessati da "terreno".

Dai risultati della caratterizzazione è emerso che nel SS (livello C1) nessun valore di concentrazione degli analiti ricercati nei terreni supera i valori limiti normati, mentre nel SP (Livelli C2, C3 e C4) i valori di concentrazione degli analiti berillio, benzene, etilbenzene, toluene, xilene, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, 1,2-dicloroetano, pentaclorobenzene, esaclorobenzene, IC leggeri e IC pesanti, sono risultati superiori ai valori limiti normati (CSC, Tab. 1, Col.A, Parte IV, Titolo V, Allegato 5, D.Lgs. 152/06 ss.mm. e ii.).

La scelta dei "contaminanti indice", desunti dai risultati dell'elaborazione della caratterizzazione, ha tenuto conto di una serie di fattori (livelli di tossicità, grado di mobilità e persistenza nelle varie matrici ambientali, correlabilità ad attività svolte nel sito, frequenza dei valori superiori alle CSC). In via cautelativa, sono stati utilizzati gli stessi contaminanti indice per il calcolo delle CSR con bersaglio "adulto lavoratore" (nonostante rispetto a col.B, Tab.1, parte IV, D.Lgs. 152/06 e ss.mm. e ii. non vi siano valori di concentrazione degli analiti ricercati nel SP superiori ai valori limiti normati).

I recettori o bersagli della contaminazione considerati sono i recettori umani, ossia il bersaglio è on site "adulto residenziale (in via cautelativa)". Considerando che quest'area però rientra nel perimetro dell'ASI del comune di Brindisi, che sarà adibita a area di cantiere in quanto di pertinenza dell'area di Micorosa e che su di essa verrà allocato l'impianto mobile di trattamento delle acque di falda, è stato considerato anche il bersaglio on site adulto "lavoratore". I parametri di esposizione per entrambi gli scenari sono diversi principalmente per le ore di esposizione del bersaglio; nello specifico, nel caso dell'adulto "residenziale" 24 ore al giorno per 365 giorni l'anno (e nel caso dell'adulto "lavoratore" 8 ore al giorno per 250 giorni l'anno).

La via di esposizione per il SP mediante la quale il bersaglio on site "adulto residenziale (in via cautelativa)" o "adulto lavoratore" potrebbe entrare in contatto è "inalazione da vapori outdoor".

È stato effettuato il calcolo delle CSR per i contaminanti indice del SP e rispetto a tali valori di Concentrazione Soglia di Rischio, sia per il bersaglio on site adulto residenziale sia per il bersaglio on site adulto lavoratore, non si sono evidenziati superamenti.

In conclusione l'analisi di rischio sanitario – ambientale sviluppata e dettagliatamente descritta nel corrispondente elaborato di progetto, ha fornito i seguenti risultati:

- per il Suolo Profondo (SP) i contaminanti indice, i cui valori di concentrazione riscontrati dalla caratterizzazione sono risultati superiori ai valori limiti normati (cfr. Tab.1, col.A, Parte IV, Allegato V, D.Lgs. 152/06 e ss.mm. e ii.), sono gli analiti benzene, etilbenzene, toluene, p-xilene, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, 1,2-dicloroetano, pentaclorobenzene, esaclorobenzene, idrocarburi leggeri e idrocarburi pesanti.
- sono state calcolate le CSR per i suddetti contaminanti indice rispetto sia al bersaglio "adulto residenziale" sia rispetto al bersaglio "adulto lavoratore";
- rispetto a tali valori di Concentrazione Soglia di Rischio (acronimo CSR), in entrambe le situazioni, non si sono evidenziati superamenti.

6.2 Calcolo del rischio sanitario associato ai contaminanti volatili presenti nelle acque sotterranee per l'area TAF

L'elaborato specialistico del progetto definitivo PDED006, è stato recepito nel presente progetto esecutivo (vedi elaborato PE.CM.AR002); tale elaborato era stato redatto nell'aprile 2014 al fine di ottemperare alle prescrizioni stabilite nel Verbale della Conferenza di Servizi decisoria del 29.10.2013 e considerate come definitive dal Decreto Direttoriale MATTM prot. n. 4655/TRI/DI/B del 18.11.2013, concernente il provvedimento finale di adozione, ex art.14 ter legge 7 agosto 1990 n.241, delle determinazioni conclusive della Conferenza di Servizi decisoria relativa al Sito di bonifica di Interesse Nazionale di Brindisi del 29.10.2013".

Nel Decreto Ministeriale di approvazione del progetto per motivazioni d'urgenza datato 01/07/2014, viene prescritta solo la revisione di tale calcolo da effettuarsi sulla base di misure dirette di soil gas e non solo di elaborazioni modellistiche. A tal fine le indagini di soil gas sono state inserite nel monitoraggio e valorizzate economicamente, come la revisione del Calcolo del rischio, che sarà effettuata a carico dell'appaltatore, e valorizzata economicamente tra le somme da porre in appalto.

I rischi connessi alle attività previste in progetto sono quelli tipici di un cantiere per la realizzazione di un intervento di messa in sicurezza di un sito inquinato, per i quali la normativa vigente in materia di protezione e tutela dei lavoratori (D.Lgs. 81/08 e ss.mm. e ii.) prevede una serie di misure preventive e protettive. In

ogni caso, la realizzazione di tali interventi deve garantire che non si verifichino emissioni di sostanze o prodotti intermedi pericolosi per la salute degli operatori che operano sul sito durante l'esecuzione degli interventi).

Il calcolo del rischio sanitario associato ai contaminanti volatili presenti nelle acque sotterranee per l'area Sud Occidentale Micorosa rispetto al bersaglio "adulto lavoratore" (ed in via del tutto cautelativa anche rispetto al bersaglio "adulto residenziale"), è stato effettuato utilizzando quale software per l'analisi di rischio sanitario – ambientale il Risk – net (*Il software Risk-net è stato sviluppato dall'Università di Tor Vergata con l'obiettivo di fornire uno strumento che ricalchi la procedura APAT-ISPRA di Analisi di Rischio ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08). Esso rappresenta il primo prodotto della Rete Nazionale sulla Gestione e la Bonifica dei Siti contaminati nata nel 2010 da un accordo di collaborazione tra Università, Agenzie Ambientali e Istituti Nazionali e di Ricerca),* al fine di identificare i livelli di rischio sanitario associato ai contaminanti volatili presenti nelle acque di falda.

Nel suddetto elaborato è stato calcolato:

a) il rischio sanitario associato ai composti alifatici e alogenati presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio "adulto lavoratore" e rispetto al bersaglio "adulto residenziale";
b) il rischio sanitario associato ai composti organici aromatici e clorobenzeni presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio adulto lavoratore e rispetto al bersaglio "adulto residenziale";

In merito al punto a), si ha che dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti alifatici e alogenati presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio *adulto lavoratore* il valore di rischio incrementale cumulativo per tutte le sostanze cancerogene, *Rtot*, risulta accettabile, in quanto inferiore al limite di 10^{-5}.

Il valore di rischio individuale risulta non accettabile per le singole sostanze cancerogene quali cloruro di vinile e 1,2-dicloroetano. A tal proposito, più in dettaglio, prima dell'esecuzione dei lavori (fase "ante operam") e durante l'esecuzione dei lavori (fase "in corso d'opera"), sono state previste misurazioni dirette delle concentrazioni di tali sostanze presenti nell'area del TAF ed estese anche nell'area dell'intervento attraverso misure di "soil gas", al fine di valutare il reale rischio sanitario da inalazione vapori da parte dei lavoratori del cantiere che saranno presenti nell'area (cfr. elaborato progetto definitivo PDED015 – Piano di Monitoraggio Ambientale dell'efficacia dell'intervento, ovvero elaborato del progetto esecutivo PE_CM_MA008 – Piano di monitoraggio ambientale – ante operam, in opera, post operam).

Dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti alifatici e alogenati presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio *adulto lavoratore* si ha che il valore di rischio per le sostanze non cancerogene, HI,

risulta accettabile in quanto inferiore al valore limite pari a 1. Il rischio dalla falda per la falda per singolo contaminante calcolato risulta per ogni sostanza superiore al limite normato.

Dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti alifatici e alogenati presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio *adulto residenziale* si ha che il valore di rischio incrementale cumulativo per tutte le sostanze cancerogene, *Rtot*, risulta accettabile, in quanto inferiore al limite di 10^{-5}. Il valore di rischio individuale risulta non accettabile per le singole sostanze cancerogene quali cloruro di vinile e 1,2-dicloroetano. Infine, dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti alifatici e alogenati presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio adulto residenziale si ha che il valore di rischio per le sostanze non cancerogene, HI, risulta accettabile in quanto inferiore al valore limite pari a 1. Il rischio dalla falda per la falda per singolo contaminante calcolato risulta per ogni sostanza superiore al limite normato.

In merito al punto b), si ha che dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti organici aromatici e clorobenzeni presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio *adulto lavoratore* sia il valore di rischio individuale per la singola sostanza cancerogena sia il valore di rischio incrementale per tutte le sostanze cancerogene risulta accettabile. Infine, dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti organici aromatici e clorobenzeni presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio adulto lavoratore si ha che il valore di rischio per le sostanze non cancerogene, HI, risulta accettabile in quanto inferiore al valore limite pari a 1. Il rischio dalla falda per la falda per singolo contaminante calcolato risulta superiore al limite normato.

Dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti organici aromatici e clorobenzeni presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio *adulto residenziale* si ha che sia il valore di rischio individuale per la singola sostanza cancerogena sia il valore di rischio incrementale per tutte le sostanze cancerogene risulta accettabile. Infine, dal calcolo del rischio sanitario associato ai composti organici aromatici e clorobenzeni presenti nelle acque di falda rispetto al bersaglio *adulto residenziale* si ha che il valore di rischio per le sostanze non cancerogene, HI, risulta accettabile in quanto inferiore al valore limite pari a 1. Il rischio dalla falda per la falda per singolo contaminante calcolato risulta superiore al limite normato.

7 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il presente progetto è l'esecutivo della sola parte pubblica redatto dalla A.T.I. **CO.ME.AP.** Consorzio stabile Mediterraneo Appalti Società consortile A.R.L. e **ARTEC Associati s.r.l.,** aggiudicataria della progettazione esecutiva e dell'esecuzione dei lavori degli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Area Micorosa*".

L'area oggetto dell'intervento è compresa tra il mare Adriatico, con cui confina ad Est, il polo petrolchimico di Brindisi (Multisocietario, in cui sono co-insediate le Aziende Syndial, Chemgas, Versalis, Enipower, ecc.) con cui confina ad Ovest e a Nord, e alcune aree agricole e naturali a Sud. In particolare, al confine Sud, a ridosso dell'area Micorosa, si sviluppa il tratto finale del canale Pandi, il cui percorso recapita nella SIC-ZPS "*Saline Punta della Contessa*".

Secondo quanto ricostruito dalla Syndial di Brindisi nella "*Valutazione della natura e dell'origine della Contaminazione*" dell'area Micorosa nel SIN di Brindisi, redatta da ENVIRON per Syndial nel gennaio 2013 , l'area attualmente di proprietà della società Micorosa S.r.l. (di seguito area Micorosa) è stata adibita, tra il 1962 e il 1980, a luogo di recapito di rifiuti di origine industriale da parte di società del gruppo Montedison (oggi Edison).

Le indagini di caratterizzazione ambientale dell'area, svolte nel 2010 dal Comune di Brindisi, hanno evidenziato la presenza di rifiuto costituito in prevalenza da idrossido di calcio proveniente dagli impianti di produzione dell'acetilene, code clorurate provenienti dalla lavorazione del PVC e rifiuti dalle attività dell'impianto cloro-soda. Sono risultati contaminati anche i terreni e le acque di falda sottostanti per la presenza di composti alifatici clorurati cancerogeni e non, idrocarburi aromatici, cloro benzeni, idrocarburi leggeri e pesanti, metalli pesanti e ammine aromatiche. Le concentrazioni in falda di alcuni elementi cancerogeni, quali i composti alifatici clorurati, superano i limiti di legge anche di 6 ordini di grandezza.

La contaminazione della falda, inoltre, è stata rilevata, con caratteristiche simili, anche in alcune aree di proprietà Syndial, adiacenti all'area Micorosa ed esterne al Multisocietario. Tali aree saranno anch'esse oggetto di un intervento privato, ma coordinato con il presente progetto sia per evitare uno spreco di risorse economiche dovuto alla duplicazione di opere, sia per assicurarne l'efficacia complessiva.

L'obiettivo dell'intervento complessivo è la messa in sicurezza permanente dell'intera area costituita dall'area Micorosa e delle aree immediatamente limitrofe a simile contaminazione (di proprietà Syndial),

impedendo l'ulteriore propagazione dell'inquinamento verso il mare, le Saline di Punta della Contessa, le aree agricole adiacenti e, in generale, verso tutte quelle aree che attualmente non risultano interessate.

Per realizzare tale intervento unitario, la Sogesid (progettista dell'intervento pubblico) e la Syndial (progettista ed esecutore dell'intervento privato), già in sede di progettazione definitiva, su input delle Amministrazioni interessate, avevano realizzato un progetto unitario che riportava tutte le opere necessarie alla messa in sicurezza permanente del sito e due progetti separati, uno con le opere di competenza pubblica e l'altro con quelle di competenza privata, necessari all'affidamento successivo dell'esecuzione delle opere, che sarebbe ovviamente avvenuto con regole diverse per la parte pubblica e quella privata).

Come già evidenziato in premessa, la messa in sicurezza permanente complessiva del sito sarà effettuata mediante la realizzazione di un intervento coordinato pubblico-privato che prevede il marginamento totale dell'area contaminata, nonché l'impermeabilizzazione superficiale dei rifiuti, le opere di emungimento delle acque per il controllo del livello di falda post operam, di estrazione dei contaminanti presenti in falda in fase densa separata e dei composti volatili compresi gli impianti di trattamento e/o stoccaggio, l'impianto di trattamento delle acque di falda, le opere di regimazione delle acque meteoriche e lo spostamento del percorso del Canale Pandi (il cui ultimo tratto risulta adiacente al corpo rifiuti).

7.1 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELLE OPERE DEL PROGETTO DI COMPETENZA PUBBLICA

Per la realizzazione delle opere sopra descritte saranno effettuate le seguenti lavorazioni, di seguito riportate in ordine cronologico di realizzazione, a meno delle ovvie sovrapposizioni temporali, come descritte nel cronoprogramma di cui all'elaborato PE.CR. LV001:

1) Approntamento del cantiere e delle strutture necessarie ad adempiere agli obblighi derivanti dal PSC (baraccamenti, servizi, impianto di betonaggio, aree gestione materiali e mezzi di cantiere, ecc.).

2) Rimozione dei rifiuti abbancati nei capannoni e nelle aree esterne ad essi, e gestione degli stessi secondo le disposizioni di cui all'elaborato PE.GT.PG001 – Piano di gestione operativa delle materie di scavo e dei rifiuti soprasuolo.

3) Realizzazione delle opere di confinamento fisico mediante costruzione del diaframma impermeabile con telo in HDPE all'interno; il diaframma, per limitare l'apporto di falda all'area oggetto di marginamento complessivo, sarà realizzato a partire dai tratti posti a monte idraulico (di competenza privata); inoltre il tratto interferente con il canale Pandi (anch'esso di competenza privata) sarà realizzato solo successivamente allo spostamento del Canale stesso. Per rendere operativo tale coordinamento è stato redatto un cronoprogramma

unitario tra i due progetti, quello pubblico e quello privato (vedi elaborato PE.CR.LV001 – Cronoprogramma dei lavori congiunto tra intervento pubblico ed intervento privato).

4) Realizzazione delle opere di captazione, costituite da pozzi di emungimento delle acque di falda, sistemi di Multi – phase Extraction (MPE) attrezzati per emungere sia le acque di falda che il DNAPL e pozzi di estrazione dei VOC. Tali opere saranno realizzate nella fase successiva alla regolarizzazione del corpo rifiuti e prima della realizzazione dell'impermeabilizzazione, con la quale dovranno essere interconnesse in modo da non determinare alcuna interruzione della continuità della stessa (per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati PE.ES.PE002 – Relazione pozzi di emungimento e multiphase e PE. ES. EV003 – Relazione impianto di estrazione VOC).

5) Realizzazione delle opere di sagomatura ed impermeabilizzazione del corpo rifiuti, effettuate mediante rinterri e applicazione di geotessuti e telo in HDPE; tali opere inizieranno contemporaneamente alla realizzazione del diaframma, ma a partire dalla zona Ovest dell'area di intervento, in modo che il diaframma sia completamente realizzato e già predisposto per la saldatura del telo in HDPE posto al suo interno, con quello dell'impermeabilizzazione. Inoltre, essendo l'impermeabilizzazione interferente con il Canale Pandi oggetto di spostamento, la parte più a Sud in adiacenza al canale potrà essere realizzata soltanto successivamente allo spostamento del Canale Pandi, lavorazione questa di competenza della parte privata.

6) Realizzazione delle opere di regimazione delle acque meteoriche, costituite da falde inclinate dotate di geotessuto drenante, che recapitano le acque meteoriche ad un sistema di canalette di raccolta e, quindi, al manufatto di recapito a mare.

7) Realizzazione delle opere di protezione dal dissesto geomorfologico, costituite dalla scogliera in massi naturali e da geotessuti.

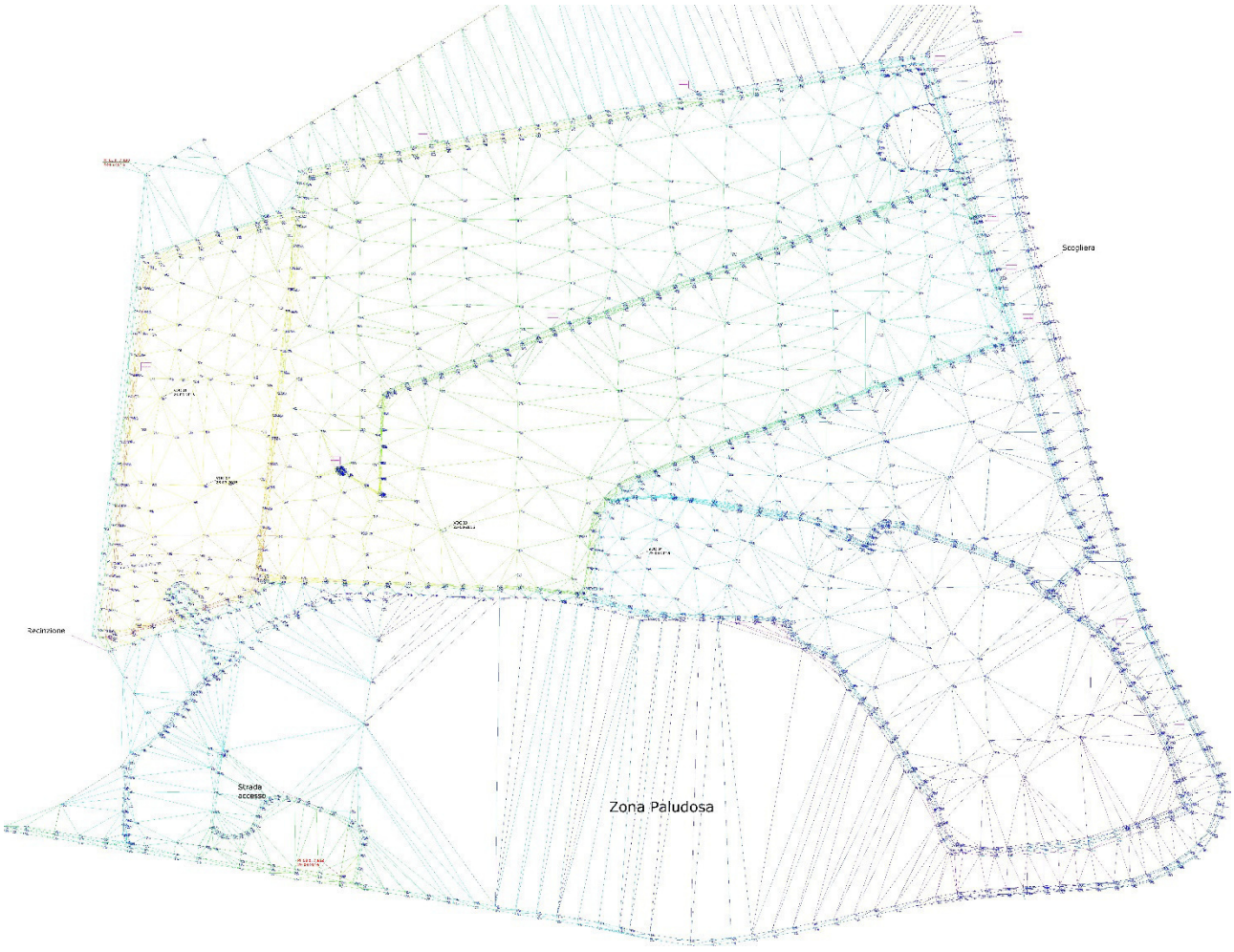
8) Approntamento dell'impianto TAF, posto all'interno dei capannoni di Micorosa, dei quali sarà effettuata la manutenzione straordinaria e l'adeguamento alle nuove esigenze. Queste lavorazioni sono previste in fase avanzata dell'appalto e devono essere terminate prima dell'avvio dell'emungimento.

9) Ripristino e rinaturalizzazione dell'area di cantiere e opere di ingegneria forestale, da realizzarsi a valle dello smantellamento del cantiere e la successiva rinaturalizzazione effettuata anche mediante la piantumazione di specie vegetali idro – esigenti che aiutino a controllare l'eventuale impaludamento conseguente agli eventi di pioggia.

7.2 OPERE DI RIMODELLAMENTO ED IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CORPO RIFIUTI

Preliminarmente alla progettazione è stato eseguito in data 25 marzo 2016 un rilievo topografico mediante l'utilizzo di strumentazione GPS, al fine di consentire una restituzione georeferenziata del sito oggetto di intervento.

I numerosi punti e linee fisse rilevate, hanno consentito attraverso l'utilizzo di un software di modellazione 3D (Cad&Pillar) una dettagliata ricostruzione della superficie del corpo dei rifiuti ed attraverso l'elaborazione di triangolazione tra i punti rilevati e i vincoli definiti in campo si è evidenziata l'irregolarità orografica dell'intera area di intervento.



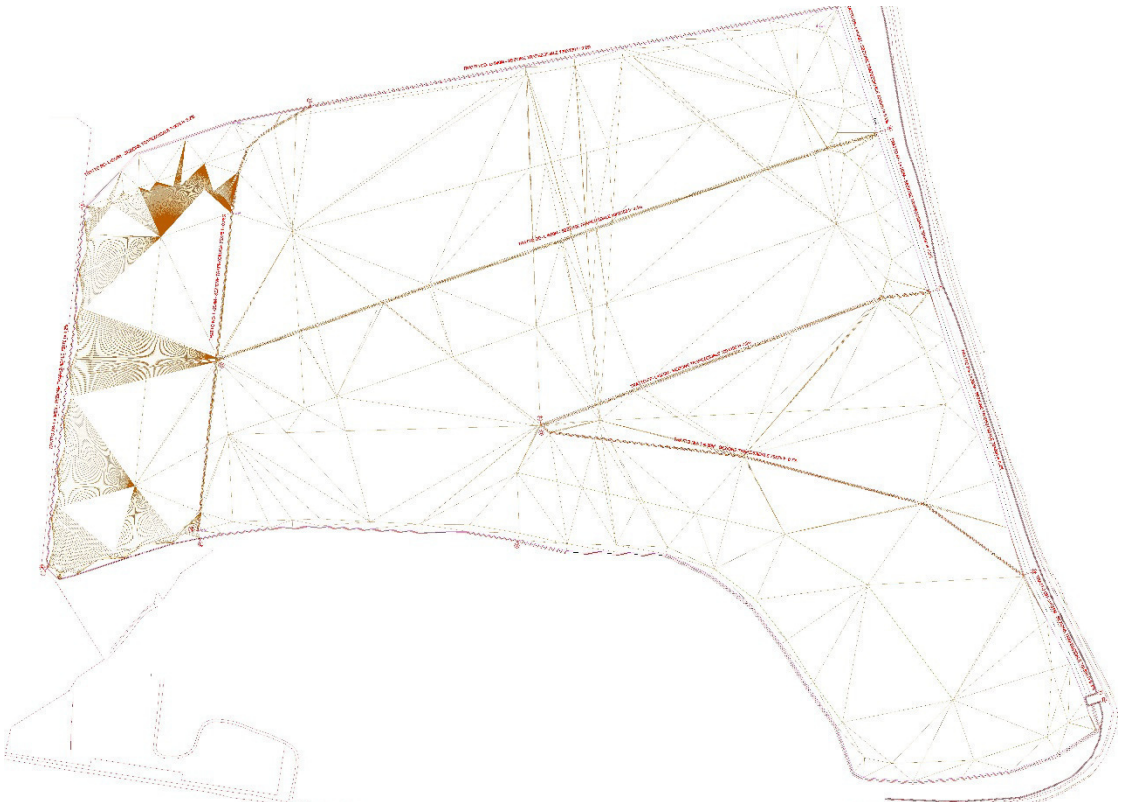
Stralcio modellazione Face3D stato di fatto

Il progetto prevede la realizzazione dell'impermeabilizzazione superficiale dell'intero corpo rifiuti, mediante la posa in opera di una successione di strati artificiali (successione di geotessuto bentonitico, telo in HDPE e geotessuti di corredo con funzioni antipunzonanti, grimpanti e drenanti), risulta quindi necessario ripristinare la

superficie di posa dei suddetti teli, al fine di consentire un corretto stendimento lungo l'intera calotta sia nelle parti in piano sia sulle scarpate.

La definizione dell'orografia di progetto utile peraltro anche al funzionamento delle opere di raccolta ed allontanamento delle acque superficiali (canali trapezoidali) è stata prodotta attraverso l'elaborazione di una nuova modellazione delle aree di intervento effettuando per quanto possibile movimentazione del materiale in sito ed integrazione di materiale proveniente da cava, sino al raggiungimento delle quote utili al corretto scolo delle acque superficiali. Definite le quote di imposta del capping, ed applicando la stessa metodica di calcolo, successivamente si è proceduto alla modellazione del terreno di copertura.

Quanto elaborato è riportato nelle immagini successive:



Stralcio modellazione Face3D capping



Stralcio modellazione Face3D copertura

Al fine di ottenere una copertura del corpo rifiuti dotata di permeabilità pari almeno a 10^{-9} m/s, il presente progetto esecutivo contempla l'utilizzo dei seguenti strati, disposti dall'alto verso il basso:

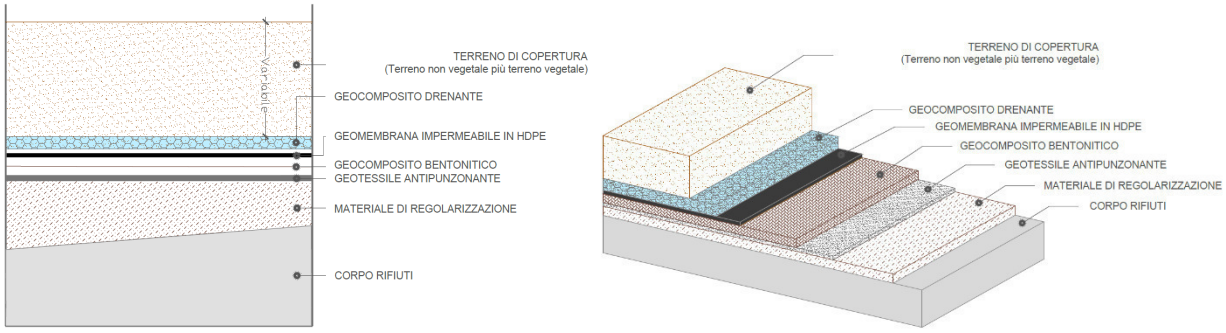
- Terreno di copertura (misto vegetale e non vegetale);
- Geocomposito drenante;
- Geomembrana impermeabile in HDPE;
- Geocomposito bentonitico;
- Geotessile antipunzonante;
- Materiale di regolarizzazione.

Per la precisione si distinguono tre differenti sequenze per gli strati sopra elencati in corrispondenza delle tre differenti aree individuabili in calotta oggetto di bonifica:

1. versanti sub orizzontali,;
2. scarpate;
3. aree con alto tenore di VOC.

Precisamente nei versanti sub orizzontali si distinguono dall'alto verso il basso:

- Terreno di copertura (misto vegetale e non vegetale);
- Geocomposito drenante per le acque meteoriche;
- Geomembrana impermeabile in HDPE;
- Geocomposito bentonitico;
- Geotessile antipunzonante;
- Materiale di regolarizzazione.

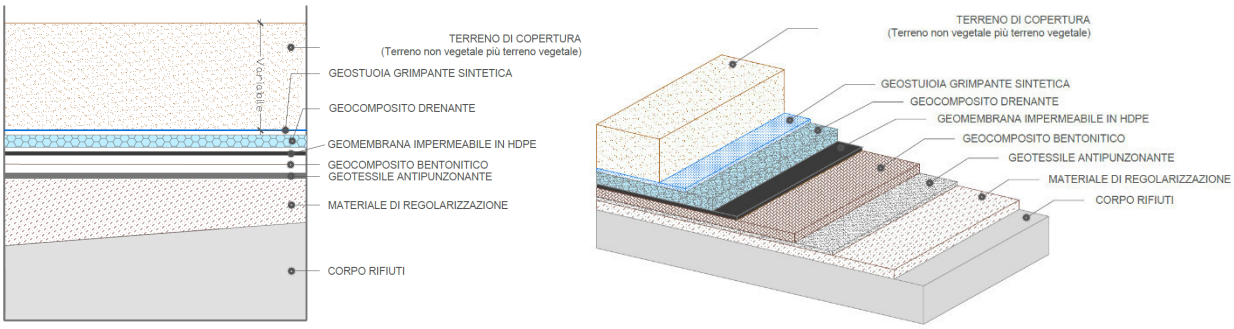


Schema di riferimento per i versanti sub-orizzontali

Nelle scarpate invece si distinguono dall'alto verso il basso:

- Terreno di copertura (misto vegetale e non vegetale);
- Geostuoia grimpante sintetica;
- Geocomposito drenante per le acque meteoriche;
- Geomembrana impermeabile in HDPE;
- Geocomposito bentonitico;

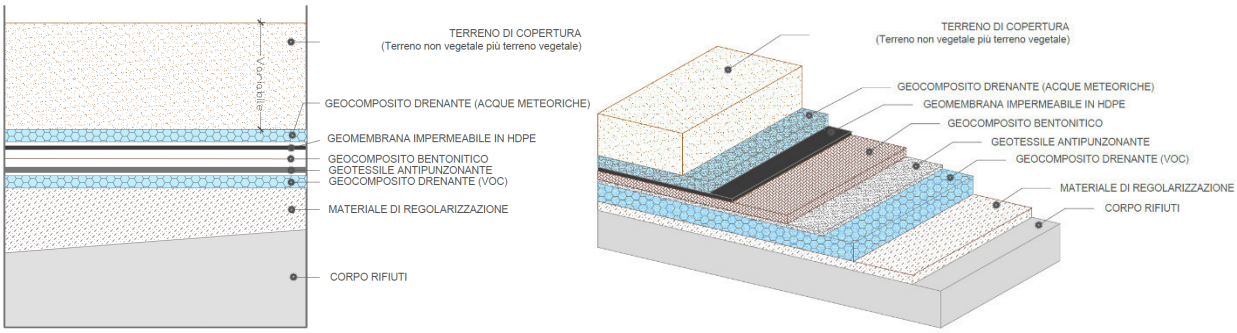
- Geotessile antipunzonante;
- Materiale di regolarizzazione.



Schema di riferimento per le scarpate

Infine nei versanti sub orizzontali in cui è presente un alto contenuto di VOC si distinguono:

- Terreno di copertura (misto vegetale e non vegetale)
- Geocomposito drenante per le acque meteoriche
- Geomembrana impermeabile in HDPE
- Geocomposito bentonitico
- Geotessile antipunzonante
- Geocomposito drenante per i VOC
- Materiale di regolarizzazione



Schema di riferimento per i versanti sub-orizzontali con alto contenuto di VOC

Per i materiali sopra elencati si riportano a seguire le specifiche tecniche proprie degli stessi.

- **TELO HDPE**

Proprietà del materiale			
Proprietà	Unità	Metodo di prova	Valore
Densità	g/cm³	DIN EN ISO 1183-1	> 0,940
Indice di fluidità 190/2,16	g/10min	DIN EN ISO 1133	0,10 - 0,50
Contenuto di nerofumo (TGA)	%	ASTM D 1603	2,0 - 3,0
Dispersione di nerofumo	-	ASTM D 5596	Categoria 1 - 2

Durata			
Proprietà	Unità	Metodo di prova	Valore
Resistenza all'ossidazione	-	DIN EN 14575	soddisfa
Tempo di induzione ossidativa (OIT)	minuti	ASTM D 3895	> 100
Resistenza alla cricca di tensione	ore	DIN EN 14576	> 700
Resistenza agli agenti atmosferici	ore	DIN EN 12224	> 3000
Resistenza alle radici	-	DIN EN 14416	soddisfa
Resistenza alla liscivia	-	DIN EN 14415	soddisfa
Resistenza chimica	-	DIN EN 14414	soddisfa
Resistenza microbiologica	-	DIN EN 12225	soddisfa

Proprietà funzionali			
Proprietà	Unità	Metodo di prova	Valore
Piegabilità a basse temperature	°C	DIN EN 495-5	< -60
Stabilità dimensionale	%	DIN EN 1107-2	< 1,0
Assorbimento di acqua dopo 7 giorni	%	DIN ISO 175	< 0,04
Resistenza al taglio (angolo di attrito) GTX-N	°	DIN EN ISO 12957-1	25

Proprietà meccaniche								
Proprietà	Unità	Metodo di prova	Valore					
Spessore Tolleranza	mm %	ASTM D 5994	0,50 +/- 5	0,75 +/- 5	1,00 +/- 5	1,50 +/- 5	2,00 +/- 5	2,50 +/- 5
Altezza struttura Tolleranza	mm	ASTM D 7466 GRI/GM13	0,25 -0,00	0,25 -0,00	0,25 -0,00	0,25 -0,00	0,25 -0,00	0,25 -0,00
Tensione di snervamento Tolleranza	MPa	DIN EN ISO 527 Tipo5 / 100mm/min	19 -3	19 -3	19 -3	20 -3	20 -3	21 -3
Allungamento a snervamento Tolleranza	%		10 -2	10 -2	10 -2	12 -2	12 -2	12 -2
Tensione alla rottura Tolleranza	MPa		30 -3	30 -3	30 -3	33 -3	33 -3	33 -3
Allungamento a rottura Tolleranza	%		800 -100	800 -100	800 -100	900 -100	900 -100	1000 -100
Resistenza allo strappo Tolleranza	N/mm	ISO 34, metodo B, metodo (a) 50mm/min	150 -20	150 -20	150 -20	150 -20	150 -20	160 -20
Resistenza al punzonamento statico Tolleranza	kN	DIN EN ISO 12236	- -	- -	- -	6,0 -1,0	7,0 -1,0	7,0 -1,0
Resistenza alla pressione di scoppio	%	DIN 61551	-	-	> 15	-	-	-

- **TNT**

CARATTERISTICHE	NORMA	U.M	MEDIO	TOLLERANZA
MASSA AREICA	UNI EN ISO 9864	g/m²	200	+/- 10%
SPESSORE (2kPa)	UNI EN ISO 9863	mm.	2	-0,8
RESISTENZA TRAZIONE LONGITUDINALE	EN ISO 10319	kN/m	16	-2,4
RESISTENZA TRAZIONE TRASVERSALE	EN ISO 10319	kN/m	16	-2,4
ALLUNGAMENTO LONGITUDINALE	EN ISO 10319	%	>50	-
ALLUNGAMENTO TRASVERSALE	EN ISO 10319	%	>50	-
INDICE DI ASSORBIMENTO ENERGIA	EN ISO 10318	kJ/m²	6,4	-1,44
PUNZONAMENTO STATICO	EN ISO 12236	kN	2,7	-0,54
PUNZONAMENTO DINAMICO	UNI EN ISO 13433	mm.	16	4,8
DIAMETRO DI APERTURA	EN ISO 12956	um.	80	+/- 30%
PERMEABILITÀ ALL'ACQUA PERP. AL PIANO	EN ISO 11058	m/s	0,085	+/- 30%
CAPACITÀ DRENANTE NEL PIANO (20kPa)	EN ISO 12958	m²/s	2,80E-06	+/- 30%
DURABILITA'	EN ISO 12224	Da coprire entro un mese dall'installazione. Previsione di durabilità minima di 25 anni in terreni con 4<pH<9 e temperatura del terreno <25°.		

- **GEOCOMPOSITO DRENANTE ACQUE METEORICHE**

FILTRO				
Tipo / Materia prima	tessuto non tessuto / polipropilene, stabilizzato UV, colore bianco			
Massa areica	EN ISO 9864	g/m2	100	(-10%)
Resist. a trazione MD/CMD	EN ISO 10319	Kn/m	7,5/7,5	(-13%)
Resist. a punzonamento statico	EN ISO 12236	N	1100	(-13%)
Resist. a punzonamento dinamico	EN ISO 13433	mm	38	(+20%)
Flusso perpendicolare al paino	EN ISO 11058	l/(m2/s)	110	(-30%)
Apertura caratteristica O90	EN ISO 12956	micron	100	(+/- 30%)

ANIMA				
Materia prima	polipropilene, stabilizzato UV con carbon black, colore nero			
Diametro filo		mm	0,6	(+/- 20%)

GEOCOMPOSITO				
Spessore a 2 KPa	EN ISO 9863-1	mm	8	(+/- 12%)
Massa areica	EN ISO 9864	g/m2	700	(- 0%)
Resistenza a trazione MD/CMD	EN ISO 10319	kN/m	15	(-13%)
Capacità drenante nel paino MD	EN ISO 12958	l/(m/s)		(-30%)

DIMENSIONI STANDARD			
Larghezza	m	2,5	(+/- 3%)
Lunghezza	m	65	av
Area rotolo	m^2	162,5	(+/- 4%)
Diametro rotolo	cm	80	av

- **GEOSTUOIA GRIMPANTE**

PROPRIETA' FISICHE DELLA GEOSTUOIA				
Struttura	Geostuoia tridimensionale composta da monofili estrusi con morfologia a piramidi isometriche, rinforzata con geogrglia ad alta tenacità			
Materia prima	polipropilene			
Colore	standard	nero(ottenuto con carbon black su base PE)		
Indice dei vuoti		%	95	min
Massa areica	EN ISO 9864	g/m^2	350	(+/- 8%)
Spessore a 0,5 kPa	EN ISO 9863-1	mm	20,0	(+/- 15%)
Diametro filo		mm	0,5	(+/- 20%)

PROPRIETA' FISICHE DELLA GEOGRIGLIA				
Materia prima	poliestere			
deformazione a carico nom. MD	EN ISO 10319	%	<13%	av
deformazione a carico nom. CMD	EN ISO 10319	%	<13%	av
Resistenza a trazione MD	EN ISO 10319	kN/m	20,00	av
Resistenza a trazione CMD	EN ISO 10319	kN/m	20,00	av

DURABILITA'		
stabilizzazione UV	standard	con master carbon black in PE
stabilità UV	EN 12224	resistenza residua > 60% dopo 430 ore

DIMENSIONI STANDARD			
Larghezza	m	2,5	(+/-5)
Lunghezza	m	50	av
Area rotolo	m^2	125,0	(+/- 4%)
Diametro rotolo	cm	80	av

- **GEOCOMPOSITO DRENANTE VOC**

PROPERTY		TEST METHOD	Unit	Average Value
GEONET				
Polymer		High-density Polyethylene (HDPE)		
Carbon Black		ASTM D1603	%	1.2-2.5
Density		ASTM D1505	gr/cm³	>0.94
Thickness at 2 kPa / 200kPa		EN ISO 9863-1	mm	5.3/4.9
FILTER GEOTEXTILE				
Polymer		Polypropylene (PP)		
Mass per unit area		EN ISO 9864	gr/m²	105
Dynamic perforation resistance		EN ISO 13433	mm	36
Resistance to static puncture (CBR)		EN ISO 12236	N	1400
Water permeability normal to plane		EN ISO 11058	l/(m².sec)	120
Characteristic opening size		EN ISO 12956	µm	100
DRAINAGE GEOCOMPOSITE				
Mass per unit area		EN ISO 9864	gr/m²	860
Thickness at 2 kPa / 200 kPa		EN ISO 9863-1	mm	5.9/5.3
Tensile strength (MD/CD)		EN 10319	kN/m	19/17
Tensile elongation (MD/CD)		EN 10319	%	40/50
Water flow capacity in the plane (MD)	HG 1.0 at 20kPa	EN 12958	l/(m.sec)	1.10
	HG 1.0 at 50kPa		l/(m.sec)	1.00
	HG 1.0 at 200kPa		l/(m.sec)	0.70
	HG 1.0 at 400kPa		l/(m.sec)	0.50
ENDURANCE				
Weathering Resistance (MD/CD)		EN 12224	%retained strength	90/90
Resistance to Liquids – Acid (MD/CD)		EN 14030	%retained strength	90/90
Resistance to Liquids – Alkaline (MD/CD)		EN 14030	%retained strength	90/90
Oxidation Resistance (MD/CD)		EN ISO 13438	%retained strength	90/90
Resistance to Soil Burial (MD/CD)		EN 12225	%retained strength	90/90
STANDARD PACKAGING				
Roll Width		Measured	m	3.8
Length		Measured	m	Varies

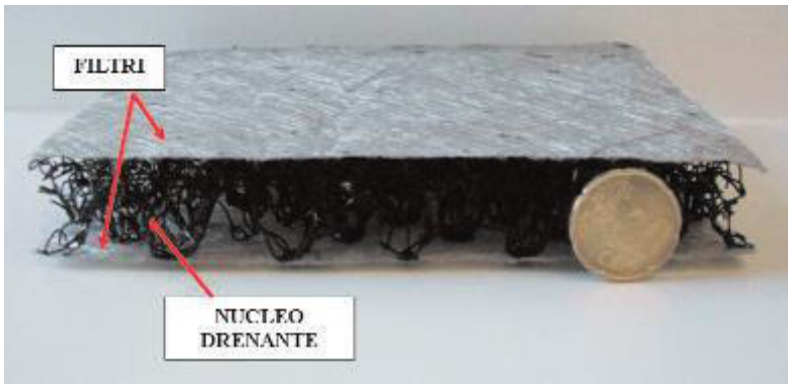
- **GEOCOMPOSITO BENTONITICO**

Massa per unità di superficie (media)		
Strato inferiore – tessuto PP	PP Woven	200 g/m²
Contenuto di bentonite	Na-Bentonite	≥ 4800 g/m²
Strato superiore – non tessuto PP	PP Nonwoven	400 g/m²
Peso totale del geocomposito	ASTM D 5993	≥ 5400 g/m²
Caratteristiche della bentonite		
Montmorillonite	CUR 33	≥ 70 %
Indice di rigonfiamento	ASTM D 5890	> 24 ml/2g
Contenuto d'acqua	DIN 18121-1 / 18121-2	max. 12 %

Proprietà del geocomposito			
Spessore		EN ISO 9863-1/9863-2	6,0 mm
Coefficiente di Permeabilità		DIN 18130	$< 1{,}8 \times 10^{-11}$ m/s
Resistenza a trazione	MD	EN ISO 10319	> 16,0 kN/m
	CD	EN ISO 10319	> 16,0 kN/m
Allungamento a rottura Resistenza	MD/CD	EN ISO 10319	< 10%/10%
al punzonamento (CBR)		EN ISO 12236	> 4,0 kN
Resistenza allo spellamento		ASTM D 6496	≥ 50 N/10 cm

7.2.1 Equivalenza del Geocomposito drenante allo strato di ghiaia naturale

Esistono in commercio, in sostituzione degli strati drenanti composti da materiali granulari lapidei, geocompositi drenanti a "pacchetto" costituiti da una georete tridimensionale, entro la quale scorre l'acqua o il gas, confinata tra due geotessili.



Tali geocompositi drenanti sono prodotti con svariate caratteristiche di permeabilità, resistenza meccanica, durabilità e contatto con gli altri elementi del pacchetto, in modo da rispondere alle più disparate condizioni di campo ed esigenze progettuali.

L'utilizzo di un geocomposito drenante, in luogo dello strato naturale, presenta i seguenti vantaggi:

- consente di non dover prelevare notevoli quantitativi di materiale naturale pregiato e selezionato dalle cave di coltivazione e, conseguentemente, di avere una ridotta movimentazione di materiali con minor impiego dei mezzi di trasporto, minore incremento del traffico e consumo di carburanti e, quindi, minore inquinamento.
- essendo anti punzonamento, grazie alla sua struttura composita e al suo spessore, assolve anche alla funzione di protezione degli altri strati artificiali adiacenti, contribuendo a conservare l'integrità dell'impermeabilizzante stessa e consentendo l'eliminazione dello strato geotessile a protezione del telo in HDPE che si renderebbe necessario nel caso di strato drenante naturale;
- essendo un materiale molto leggero (circa 0,6÷1 g/m^2), non crea carico instabilizzante sull'intero sistema di copertura. Nello specifico la sostituzione dei due strati drenanti in ghiaia, per uno spessore complessivo di 1 m, comporta un abbattimento dei carichi statici unitari pari a circa 18 kPa per m^2 di superficie, oltre ad una migliore distribuzione del carico determinato dal metro di terreno vegetale di copertura (circa 18 kPa per m^2 di superficie) su una superficie di contatto poco scabrosa;
- garantisce il drenaggio anche in condizioni estreme di inclinazione del versante di posa;
- riduce notevolmente i tempi di posa e le sollecitazioni durante le fasi di posa, dal momento che non necessita dell'utilizzo di mezzi pesanti (posa manuale).

Per quanto riguarda il confronto prestazionale, in termini di capacità drenante, tra lo strato naturale di spessore 0,5 m previsto dalla normativa e lo strato sintetico costituito dal geocomposito di progetto, questo è stato

verificato in condizioni di flusso laminare e di saturazione, calcolando la portata transitante attraverso il mezzo naturale mediante la legge di Darcy:

$$Q_{ghiaia} = K_{ghiaia} * A * i = K_{ghiaia} * L * t * i$$

dove:

- Q_{ghiaia} = portata idraulica smaltibile dal drenaggio in ghiaia (m^3/s);
- L = larghezza unitaria della superficie trasversale drenante dello strato di ghiaia (1,00 m) ;
- t = spessore della superficie trasversale drenante dello strato di ghiaia (0,50 m);
- K_{ghiaia} = permeabilità ghiaia ($1*10^{-3}$ m/s);
- i = gradiente idraulico (adimensionale per β =30° => i= 0,42)

La portata specifica è data da:

$$q_{ghiaia} = \frac{Q_{ghiaia}}{L} = K_{ghiaia} * t * i$$

Facendo riferimento ad una lunghezza unitaria (L=1) e al gradiente idraulico stimato, considerando la pendenza massima di 30° che si trova nelle scarpate laterali del corpo rifiuti, si ottiene:

$$q_{ghiaia} = 0{,}21 \; l/s \; m$$

Per calcolare invece la portata specifica del geocomposito drenante (GCD), occorre definire il carico totale gravante sul prodotto (P_{tot}) e, noto il valore del gradiente idraulico (i), desumere dalle tabelle prestazionali (fornite dai produttori), il valore della portata idraulica specifica nominale (q_{nom}).

Dal dato nominale, applicando gli opportuni fattori di danneggiamento FSi, si deriva il valore della portata idraulica specifica ammissibile nominale (q_{amm}).

$$q_{amm} = q_{nom} * \left[\frac{1}{FS_1 * FS_2 * FS_3 * FS_4}\right]$$

Poichè i dati idraulici valutatati in laboratorio si riferiscono solitamente a valori standard di gradiente idraulico, nel caso in cui le condizioni al contorno imponessero valori differenti, è necessario ricorrere alla seguente formula per normalizzare il dato idraulico:

$$q_{i1} = q * \sqrt{\frac{i_1}{i}}$$

dove:

- qi1 = portata specifica relativa alle condizioni standard di laboratorio;
- q = portata specifica richiesta attinente al valore di gradiente i;
- i1 = gradiente idraulico relativo alle condizioni di laboratorio;
- i = gradiente idraulico richiesto.

Calcolato il dato corretto, è sufficiente confrontare i due dati idraulici (portata specifica relativa alla ghiaia e quella relativa al GCD), per ottenere il fattore di merito che giustifichi il ricorso alla soluzione sintetica.
Nel caso in esame, per le scarpate, la cui inclinazione massima è pari a 30° (i=0,42), si assume il carico totale gravante sul prodotto (P_{tot}) pari a 20 kPa. Dalle tabelle prestazionali dell'elemento, considerando i_1=1 e P=20 kPa si ottiene la q_{GCDnom}= 3,35 l/s m.
Poiché la tabella prestazionale si riferisce a valori standard di gradiente idraulico e le condizioni al contorno impongono un valore differente (i = 0,42) è necessario normalizzare il dato idraulico secondo la seguente formula:

$$q_{GCDnom} = q_{GCDeffettiva} * \sqrt{\frac{i_1}{i}}$$

Per cui:

$$q_{GCDeffettiva} = 2{,}17\ l/s\ m$$

Il dato di portata specifica effettiva ($q_{GCDeffettiva}$), quindi, deve essere corretto applicando i corrispondenti valori di sicurezza. Dal valore della portata specifica effettiva è possibile calcolare la portata specifica ammissibile (q_{GCDamm}) che tiene conto del comportamento del geocomposito drenante in condizioni di esercizio (a lungo termine), applicando opportuni fattori di sicurezza riduttivi (per deformazioni elastiche, intrusione del geosintetico, deformazioni a creep, intasamento del filtro dal fine di copertura, etc.), secondo la relazione:

$$q_{GCDamm} = q_{GCD,effettiva} * \left[\frac{1}{FS_1 * FS_2 * FS_3 * FS_4}\right]$$

dove:

- q_{GCDamm} = portata specifica ammissibile del GCD;

- $q_{GCD,\ effettiva}$ = portata specifica nominale calcolata secondo EN ISO 12958 (l/s m) e normalizzata considerando il gradiente idraulico;
- FS1 = fattore di danneggiamento che tiene in considerazione il fenomeno di intrusione del geotessile all'interno dell'anima drenante;
- FS2 = fattore di danneggiamento che tiene in considerazione il fenomeno del creep dei materiali polimerici;
- FS3 = fattore di danneggiamento che tiene in considerazione il fenomeno del clogging di natura chimica;
- FS4 = fattore di danneggiamento che tiene in considerazione il fenomeno del clogging di natura biologica.

Si riportano di seguito i fattori di sicurezza utilizzati:

	Range	Valore utilizzato
FS1	1,3 – 1,5	1,5
FS2	1,1 – 1,4	1,4
FS3	1,0 – 1,2	1,2
FS4	1,2 – 1,5	1,5
FS1*FS2*FS3*FS4		3,78

Nel caso in progetto:

$$q_{GCDamm} = 0{,}57\ l/s\ m$$

Confrontando i due dati idraulici (portata specifica relativa alla ghiaia e quella relativa al geocomposito drenante) si ottiene il fattore di merito che giustifica il ricorso alla soluzione sintetica:

$$Fs = q_{GCDamm} / q_{ghiaia}$$

Nel caso esaminato ***Fs = 2,73*** e ciò giustifica il ricorso alla soluzione sintetica, che risulta più efficiente di quella naturale.

Rifacendo lo stesso confronto per il caso della parte piana la cui inclinazione è di 1° (i=0,01), e assumendo il carico totale gravante sul prodotto (P_{tot}) pari a 100 kPa ipotizzando di disporre sopra lo strato drenante uno strato

di terreno di 1 metro (18 kN/m^3) ed un sovraccarico accidentale per l'eventuale transito di veicoli, ed assumendo il valore di q_{GCDnom} pari a 0,24 l/s m, si ottiene:

$$q_{GCDamm} = 0{,}04\ l/s\ m$$

Confrontando la portata specifica ammissibile del geosintetico drenante con la portata specifica relativa alla ghiaia (calcolata con β = 1°) è pari a 0,008 l/s m, si ottiene il fattore di merito pari a ***FS= 5,30*** che giustifica, anche in questo caso, il ricorso alla soluzione sintetica.

7.2 MARGINAMENTO FISICO

Il diaframma previsto in progetto è un diaframma costituito con una miscela cemento – bentonite con interposto un telo in HDPE; esso ha una lunghezza di circa 1080 m e spessore 80 cm.

Per tutte le caratteristiche tecniche che lo riguardano si rimanda alla relazione PE. ES. RD004 – Diaframma plastico – Relazione sul dimensionamento e mix design.

Per tutte le caratteristiche geometriche (planimetria, profilo longitudinale, particolari) si rimanda alla *Sezione J – Elaborati grafici – Progetto*.

7.3 POZZI DI EMUNGIMENTO

Per quanto concerne i sistemi di emungimento previsti in progetto sono stati assunti i risultati ottenuti in fase definitiva relativamente al modello idrogeologico dal quale ne è derivata la definizione del numero, dell'ubicazione, della profondità di perforazione degli stessi. Precisamente saranno realizzati n. 23 pozzi di emungimento semplici e n. 6 pozzi di emungimento multiphase.

A monte della scelta progettuale di realizzare tali sistemi di emungimento risiede la necessità di ristabilire il livello piezometrico della falda ante operam poiché il diaframma impermeabile, una volta realizzato, impedirà il naturale flusso della falda verso il mare, con conseguente innalzamento del livello e rischio di impaludamento delle aree retrostanti. Per l'esattezza, per evitare qualsiasi rischio di diffusione della contaminazione, si prevede di mantenere la falda con un livello di poche decine di centimetri inferiore al livello del mare antistante.

Nel momento in cui l'intervento di marginamento sarà totalmente completato, sia per la parte pubblica che privata, il prefissato livello piezometrico stimato per comodità di simulazione nel modello idrogeologico pari a 50 cm al di sotto del livello del mare, ma sufficiente anche di 20 o 30 cm, si raggiungerà alla fine di un periodo

transitorio di circa due anni, durante il quale saranno drenati complessivamente 153.000 m^3 di acqua di falda, da avviare ad apposito impianto di trattamento.

Durante tale transitorio, se volessimo sempre mantenere la falda al livello piezometrico ante operam, dovremmo emungere una portata di circa 12.5 m3/h nel primo anno, in cui è massimo il gradiente idraulico tra la zona ovest (al confine con il Multisocietario) e quella ad est (fronte mare), per poi diminuire gradualmente fino a circa 2 m3/giorno a regime, che risulta la portata massima da drenare in caso di ricarica della falda pari a 100 mm (cfr. Modello idrogeologico).

Trattandosi di acqua contaminata, questa dovrà essere avviata all'impianto di trattamento. Per far lavorare l'impianto TAF con una portata abbastanza costante nel tempo, si è scelto di emungere, durante il periodo transitorio iniziale, una portata costante pari a 9 m3/h, accettando un innalzamento della falda minimo, nella zona retrostante il diaframma, solo per i primi mesi.

Le acque provenienti dai pozzi saranno raccolte e addotte, mediante pompaggio, verso l'impianto di trattamento (TAF) ubicato nell'area dei capannoni Micorosa. La condotta di adduzione, interamente interrata, si svilupperà seguendo il percorso dei pozzi, e comunque se possibile al di fuori dell'area impermeabilizzata, in modo tale che un eventuale intervento di manutenzione dell'adduzione non determini la necessità di interrompere l'integrità dell'impermeabilizzazione.

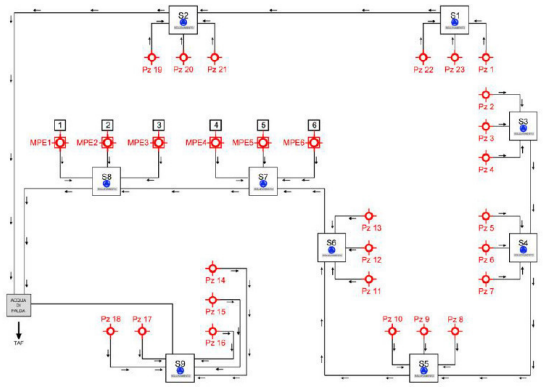
Riassumendo, il presente progetto prevede:

- n. 5 pozzi (pz19, pz20, pz21, pz22 e pz23) e n. 10 pozzi (pz9, pz10, pz11, pz12, pz13, pz14, pz15, pz16, pz17 e pz18) pozzi ubicati rispettivamente lungo il confine nord e lungo il confine sud e sud-ovest della proprietà Micorosa

- n. 8 pozzi posizionati a monte idraulico del diaframma, con la funzione di controllo del livello piezometrico della falda, in modo da evitarne l'innalzamento dovuto alla realizzazione dell'opera di confinamento e, anzi, tali da determinare un abbassamento di poche decine di centimetri rispetto al livello del mare antistante;

- n. 6 sistemi a pozzo di estrazione di liquidi presenti in fase separata più pesante dell'acqua DNAPL (Dense non aqueous phase liquid) dotati di piccolo serbatoio di accumulo del prodotto da inviare successivamente a discarica; tali sistemi sono attrezzati con due apparecchiature di emungimento, una che preleva le acque di falda (e che quindi viene collegata all'adduttore verso il TAF) e l'altra che capta il DNAPL che viene stoccato nel serbatoio in acciaio previsto allo scopo e posizionato in adiacenza al pozzo;

- n. 9 stazioni di sollevamento, per l'adduzione delle acque estratte dai pozzi al TAF, che adducono le portate emunte al TAF secondo lo schema idraulico sottostante;



Per qualsiasi ulteriore approfondimento si rimanda agli elaborati J_02_PE_EG_PP_002, J_03_PE_EG_PP_003, J_04_PE_EG_PP_004 (planimetrie e profili), *J_05_PE_EG_PP_005* (particolari costruttivi) e D_02_PE_ES_PE_002 (Relazione pozzi di emungimento e multiphase).

7.4 IMPIANTO ESTRAZIONE VOC

Il sistema di estrazione VOC costituito da n. 4 stazioni di soil vapour extraction (di seguito SVE) sarà realizzato mediante pozzi dotati di apposito impianto di trattamento locale (in testa) e apparecchiature di separazione delle condense che saranno avviate a smaltimento autorizzato.

Durante la fase di indagini preliminari effettuatasi tra il 21 ed il 24 marzo 2016 sono stati effettuati dei campionamenti di terreno al fine della determinazione dei VOC presenti nelle aree già individuate come maggiormente contaminate in seno alla calotta.

Nello specifico i punti di campionamento sono riportati nella figura seguente (rif. Elaborato *E_07_PE_CM_PI_007_Relazione piano di indagini integrative Marzo 2016*):

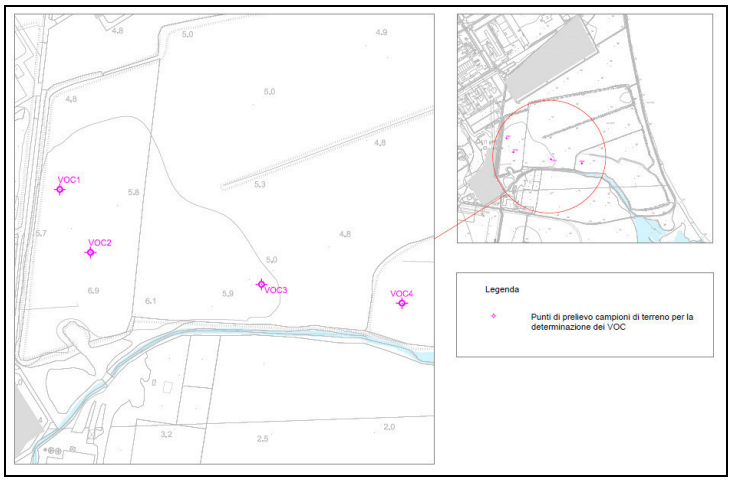


Immagine 4: *planimetria ubicazione punti di indagine VOC*

Dalle analisi effettuate sono stati riscontrati ingenti superamenti per il campione VOC2 in termini di alifatici clorurati cancerogeni e precisamente Tetracloroetilene, tricloroetilene, dicloroetilene (isomeri trans e cis).

In base a quanto constatato si è determinato di realizzare preventivamente un pozzo di estrazione dei VOC pilota proprio in corrispondenza del punto VOC2; una volta determinati, attraverso apposite prove di aspirazione, i parametri indispensabili, tra cui il raggio di influenza, verranno disposti i restanti 3 pozzi di estrazione previsti.

In corrispondenza dell'area interessata dai pozzi di estrazione si prevede l'implementazione del pacchetto di impermeabilizzazione della calotta mediante un apposito strato drenante posto a diretto contatto con il terreno di regolarizzazione in grado di convogliare e facilitare l'espulsione dei composti organici volatili.

Dal punto di vista operativo, tali opere, localizzate in aree interessate dall'impermeabilizzazione, saranno realizzate nella fase successiva alla regolarizzazione del corpo dei rifiuti e prima della realizzazione dell'impermeabilizzazione stessa, con la quale dovranno essere interconnesse in modo da non determinare alcuna interruzione di continuità (rif. Elaborato grafico *J_06_PE_EG_RI_006_opere di rimodellamento e impermeabilizzazione e copertura finale – Planimetrie e particolari*)

Per l'esatta ubicazione dei pozzi di estrazione VOC si rimanda all'Elaborato grafico *N_01_PE_EG_EV_001 – Impianto di estrazione VOC - Planimetria e particolari costruttivi*).

7.5 IMPIANTO TAF

Le indagini di caratterizzazione ambientale svolte sull'area Micorosa nel 2010 dal Comune di Brindisi, hanno evidenziato la presenza di rifiuto costituito in prevalenza da idrossido di calcio proveniente dagli impianti di produzione dell'acetilene, code clorurate provenienti dalla lavorazione del PVC e rifiuti dalle attività

dell'impianto cloro-soda. Sono risultati contaminati anche i terreni e le acque di falda sottostanti per la presenza di composti alifatici clorurati cancerogeni e non, idrocarburi aromatici, cloro benzeni, idrocarburi leggeri e pesanti, metalli pesanti e ammine aromatiche. Inoltre la contaminazione della falda è stata rilevata, con caratteristiche simili, anche in alcune aree adiacenti all'area Micorosa ed esterne al Multisocietario. Tali aree saranno anch'esse oggetto di un intervento privato, ma coordinato con il presente progetto sia per evitare uno spreco di risorse economiche dovuto alla duplicazione di opere, sia per assicurarne l'efficacia complessiva.

L'obiettivo dell'intervento complessivo è la messa in sicurezza permanente dell'intero sito costituito dall'area Micorosa e delle aree immediatamente limitrofe a simile contaminazione (di proprietà Syndial), impedendo l'ulteriore propagazione dell'inquinamento verso il mare, le Saline di Punta della Contessa, le aree agricole adiacenti e, in generale, verso tutte quelle aree che attualmente non risultano interessate.

Quindi, oltre che mediante la realizzazione di un intervento che prevede il marginamento totale dell'area contaminata, nonché l'impermeabilizzazione superficiale dei rifiuti e opere di regimazione delle acque meteoriche e spostamento del percorso del Canale Pandi, l'intervento di messa in sicurezza e bonifica della falda dell'area Micorosa prevede il nolo per un periodo di sei mesi di un impianto di trattamento delle acque di falda emunte mediante un sistema di estrazione funzionante in continuo, costituito da un sistema di pozzi e di impianti di sollevamento, avente l'obiettivo di produrre una riduzione del livello piezometrico, il quale dovrà raggiunge asintoticamente il valore obiettivo di -0.5 metri s.l.m., ed eliminare così la migrazione di contaminanti estremamente pericolosi per la salute umana e per l'ambiente al di fuori dello stesso sito. L'impianto sarà di tipo mobile e verrà alloggiato all'interno del capannone esistente il quale sarà opportunamente rifunzionalizzato allo scopo (vedi elaborato J_01_PE_EG_PP_001, Planimetria generale di progetto). Partendo dai risultati delle analisi condotte sui campioni prelevati durante le attività di campo condotte nel periodo dal 21 al 24 marzo 2016, è stato possibile precisare l'assetto dell'impianto di trattamento delle acque di falda per una portata di 12 mc/h. L'impianto previsto sarà di tipo chimico-fisico ed avrà come obiettivi il riutilizzo dell'acqua nello stesso processo o lo smaltimento dell'acqua trattata in corpo idrico superficiale (nuovo Canale Pandi). Per maggiori dettagli di rimanda alla relazione specialistica "Relazione dimensionamento impianto trattamento acque di falda (TAF)" (elaborato D_01_PE_ES_TA_001) di cui al presente progetto esecutivo.

Preso atto che:

- ✓ Il Progetto Definitivo non ha previsto un impianto TAF finalizzato all'abbattimento dei Cloruri;
- ✓ Le acque emunte dalla falda sotterranea, e trattate dall'impianto TAF, hanno come ricettore finale il nuovo Canale Pandi;
- ✓ I limiti di riferimento per gli analiti ricercati sono quelli definiti nella Tab.3 Parte IV Allegato V al D.Lgs. 152/06 (scarico in acque superficiali) in conformità all'art. 243 del DLgs 152/06 e

ss.mm.ii. il quale prevede lo scarico delle acque di falda emunte dalle falde sotterranee in acque superficiali nel rispetto dei limiti di emissione di acque reflue industriali;

- ✓ La campagna di indagini propedeutica alla progettazione esecutiva relativa alle acque di falda ha evidenziato la presenza di cloruri;
- ✓ L'impianto TAF previsto non è tarato per l'abbattimento dei Cloruri;

si fa presente che è stata inoltrata apposita richiesta di autorizzazione al fine di usufruire delle deroghe ai limiti imposti dalla tabella 3 Parte IV Allegato V al D.Lgs. 152/06 esclusivamente per il parametro Cloruri.

7.6 OPERE DI IDRAULICA MARITTIMA

Le opere di idraulica marittima che fanno parte del presente progetto consistono in una scogliera radente a protezione della strada lungomare a monte della quale è collocata la barriera fisica di marginamento (diaframma).

Tale scogliera radente, della lunghezza di circa 360 mm è caratterizzata da:

- un coronamento a quota 3.00 m s.l.m.m e larghezza minima pari a 4.00 m;
- scarpa unica con pendenza 1:2;
- quota di imbasamento a -2.70 m s.l.m.m.;
- piano di appoggio costituito da geotessile tessuto a trama e ordito in polipropilene
- strato di base dello spessore di 60 cm, costituito in massi di I categoria (0.15 – 2 t)
- mantellata in doppio strato in massi di II Cat. (2 – 3 t) e III Cat. (3 - 6 t).

Si rimanda alla Tav. PE_EG_IM005 – "*Opere di difesa costiera – Planimetria e sezioni di progetto*" per l'individuazione di dettaglio delle opere di difesa costiera previste in progetto.

Nell'elaborato *PE.IM.RC002 – Relazione di calcolo delle opere di difesa costiera* , al quale si rimanda, sono riportate in dettaglio le metodologie utilizzate per il dimensionamento della scogliera radente, ovvero la stima dell'altezza d'onda di progetto per la verifica di stabilità della mantellata della scogliera radente, la verifica della transizione mantellata/imbasamento, la verifica della transizione imbasamento/terreno di fondazione.

Nell'elaborato PE.IM.RI001 – Relazione idraulica marittima riguarda invece la modellazione del clima meteomarino al largo e sottocosta del paraggio del comune di Brindisi. Infatti ai fini della progettazione degli

interventi di difesa dall'erosione dell'area in esame, risulta essenziale la definizione di un clima meteomarino medio sotto costa, in prossimità della zona dei frangenti e di un clima meteomarino estremo, per la caratterizzazione delle onde di progetto ai fini del dimensionamento delle opere di difesa costiera. La prima parte dello studio è relativa alla selezione della boa ondametrica, da cui poter effettuare le analisi delle registrazioni delle serie temporali delle grandezze del moto ondoso (altezza, periodo e direzione di provenienza). In particolare, i dati ondametrici vengono opportunamente filtrati da registrazioni errate e classificati per classi di altezza significativa e settori direzionali di provenienza del moto ondoso.

Successivamente, i dati meteomarini della boa ondametrica selezionata (Boa di Monopoli) sono opportunamente trasferiti al largo del paraggio del Comune di Brindisi, attraverso il metodo della trasposizione geografica, che consente la determinazione dei valori di altezza e periodo nell'area oggetto di studio, e attraverso un approccio empirico per la determinazione della deviazione angolare che subiscono le onde nel trasferimento da un paraggio ad un altro. Le analisi sono effettuate in base all'esposizione geografica dei paraggi all'azione dei venti foranei attraverso la determinazione dei fetch.

Così come per i dati estrapolati dalle registrazioni degli ondametri, le grandezze meteomarine al largo di Brindisi sono opportunamente classificate, ai fini della definizione del clima meteomarino medio. Inoltre, vengono determinate le correlazioni esistenti fra i valori di altezza d'onda significativa, periodo medio e periodo di picco.

Le classi di altezza d'onda associate ai settori direzionali di provenienza delle onde sono propagate da largo a sottocosta, con particolare attenzione alla batimetrica -3 m, in modo da quantificare precisamente gli effetti della batimetria sull'evoluzione delle grandezze del moto ondoso. La propagazione delle onde viene effettuata attraverso un modello numerico, basato sull'evoluzione spaziale dello spettro d'energia del moto ondoso, che tiene conto degli effetti dello *shoaling* e della rifrazione.

Sulla base del clima meteomarino al largo, vengono determinate le mareggiate che hanno investito il paraggio di Brindisi e viene successivamente effettuata l'analisi degli eventi estremi di moto ondoso per differenti settori direzionali, ai fini della determinazione dell'onda di progetto a prefissato tempo di ritorno.

Per i tempi di ritorno più significativi viene infine effettuata la propagazione delle onde di progetto fino a sotto costa, ai fini del dimensionamento delle opere di difesa costiera previste per il progetto in esame.

Ai fini del presente studio sono state calcolate le onde sottocosta, la profondità di chiusura di spiaggia, sulla base dall'analisi dei livelli marini mareali metereologici e astronomici e del run up indotto dal moto ondoso.

7.7 OPERE DI IDRAULICA

Si rimanda all'elaborato *PE. ID. RI001 – Relazione idrologica – idraulica*, nonchè agli elaborati grafici:

PE.EG. OI001 – Opere idrauliche per la gestione delle acque di cantiere – Planimetria e particolari costruttivi

PE.EG.IM002 – Opere di allontanamento delle acque meteoriche – Planimetrie e particolari costruttivi

PE.EG. OI003 – Opere di allontanamento delle acque meteoriche – Profili longitudinali

PE.EG. OI004 -Pipe line ed impianti di sollevamento – Planimetria e particolari costruttivi

PE. EG. OI005 – Manufatto di recapito delle acque meteoriche a mare

7.8 OPERE STRUTTURALI

Le opere strutturali in c.a. oggetto di calcolo all'interno del presente progetto esecutivo sono di seguito riportate:

- Nuovo capannone per stoccaggio rifiuti e terre di scavo
- Vasca di equalizzazione
- Tombino scatolare per superamento delle interferenze pozzetto di recapito delle acque meteoriche
- Pesa mezzi di cantiere
- Vasche di prima pioggia
- Pozzetti prefabbricati per alloggiamento stazioni di pompaggio

Per tutti i dettagli si rinvia alla Sezione *H – Geotecnica e Strutture e alla sezione O – Elaborati Grafici Strutture* del progetto esecutivo.

7.9 IMPIANTO ANTINCENDIO

Relativamente all'impianto antincendio si prevede la fornitura di due tipologie di estintori portatili:

1. Estintori portatili a polvere, posizionati:
    - A parete nei locali di alloggiamento dell'impianto TAF;
    - Infissi nel terreno, con aste e cartello segnaletico, in prossimità di ciascun pozzo e delle stazioni di pompaggio.

2. Estintori portatili ad anidride carbonica posizionati a parete nei locali di alloggiamento dell'impianto TAF.

così per come rappresentato nell'elaborato grafico "Tav. PE_IA_PA001 - Planimetria impianto antincendio".

8 GESTIONE OPERATIVA DELLE MATERIE DI SCAVO E DEI RIFIUTI SOPRA SUOLO

Per la gestione operativa delle materie di scavo e dei rifiuti soprasuolo si rimanda all'elaborato R_01_PE_GT_PG_001.

9 CANTIERIZZAZIONE E FASIZZAZIONE INTERVENTI

L'elaborato *PE.CA.RC002 – Relazione sulla logistica ed organizzazione del cantiere* fornisce una descrizione generale della metodologia che adotterà l'impresa esecutrice relativamente alla pianificazione e controllo delle attività di gestione di cantiere che caratterizzano la fase costruttiva delle opere costituenti gli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Area Micorosa"*.

I contenuti della relazione, che saranno esplicitati nel seguito, saranno orientati alla descrizione dell'attività di cantierizzazione nel suo complesso, comprendendo l'analisi delle zone di cantiere in funzione di ciascun ambito operativo, la programmazione delle tempistiche esecutive, le buone regole da adottare per il dimensionamento delle aree di cantiere, ed il dimensionamento di queste aree relativamente al numero di maestranze, dei mezzi d'opera e delle attrezzature fisse.

La metodologia di cantierizzazione che si andrà a descrivere sarà programmata in modo da rendere minimi gli impatti sulle componenti ambientali (mare, ambiente idrico, rumore e vibrazioni, atmosfera). I temi sviluppati sugli aspetti operativi della cantierizzazione sono stati approfonditi nel progetto esecutivo mediante la redazione di elaborati grafici che forniscono una visione chiara ed esaustiva dell'intero progetto di cantierizzazione delle opere. In particolare sono stati prodotti: planimetrie di dettaglio degli ambiti operativi (aree di cantiere con individuazione delle dimensioni e della loro organizzazione interna); cronoprogramma dei lavori contenente la sequenza delle differenti fasi lavorative in funzione dell'intervallo temporale necessario per l'esecuzione dei lavori (vedi elaborato *PE.CR.LV001 – Cronoprogramma dei lavori congiunto tra intervento pubblico ed intervento privato*). Quest'ultimo rappresenta la modalità organizzativa ed esecutiva della pianificazione dei lavori, basata sulla quantità dei mezzi di cantiere, sulla configurazione funzionale delle aree di cantiere

(ubicazione e tipologia dei box di cantiere, viabilità interna, aree di stoccaggio provvisorio, procedure esecutive, ecc.) e sull'individuazione del numero di uomini, impianti e mezzi operativi all'interno delle aree di cantiere.

Il processo di cantierizzazione è fondato su un'attenta e approfondita analisi, sia generale che puntuale, rivolta alla scelta e all'estensione delle aree sulle quali verranno realizzate le opere, all'ubicazione delle singole aree operative, alla tipologia costruttiva delle opere da realizzare e alla determinazione dello scenario sull'organizzazione di uomini e mezzi da impiegare per l'esecuzione delle opere.

Una corretta pianificazione del processo di cantierizzazione che governerà la fase esecutiva delle opere è inoltre fondamentale rispetto agli aspetti ambientali, poiché consentirà di ridurre, o comunque di contenere entro livelli accettabili, i potenziali impatti negativi legati alle fasi operative di costruzione delle opere. La programmazione del processo di cantierizzazione è stata effettuata in maniera tale da fornire ragionevoli scenari operativi, associati alla determinazione della viabilità ordinaria che percorreranno gli automezzi di cantiere utilizzati per la fornitura e la movimentazione delle materie nelle aree di stoccaggio, fino alla loro definitiva posa in opera. Tale aspetto, da ritenersi prioritario in relazione alle tempistiche ed alla sensibilità ambientale del contesto territoriale interessato dal progetto, porta alla conclusione della necessità di una suddivisione dell'intero processo costruttivo in diversi settori di competenza, indicati come "ambiti operativi". Pertanto al fine di ottimizzare le tempistiche esecutive previste in progetto, gli interventi saranno governati da un unico processo di cantierizzazione, suddiviso in più ambiti operativi. La necessità di suddividere i lavori in più ambiti operativi, al fine di poter operare contemporaneamente su più fronti, evitando altresì inutili sovrapposizioni/interferenze tra i mezzi impegnati su differenti ambiti di intervento, dipende dal fatto che le opere previste in progetto saranno ubicate lungo un'estesa area.

È importante inoltre ricordare che l'operatività del cantiere non sarà limitata ai soli ambiti operativi stabili (ovvero quelle aree nelle quali saranno collocati tutti i baraccamenti), ma risulterà allargata a tutte le zone di localizzazione degli interventi progettuali ("aree operative temporanee"). Ciò implica che tutte le aree che conterranno le opere in progetto saranno temporaneamente identificate come aree di cantiere, limitando la loro estensione agli spazi necessari all'esecuzione delle opere, secondo le geometrie e le sagome stabilite dal progetto.

Come prescritto al punto 9) dell'*Estratto del Provvedimento Dirigenziale di Autorizzazione n. 59 del 23.04.2014 prodotto dalla Provincia di Brindisi nell'ambito della procedura di valutazione di incidenza ambientale – Livello 1 Fase di screening – Comune di Brindisi Progetto definitivo - 1° stralcio funzionale degli Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, area Micorosa*, dovranno essere previste, in fase di cantiere, tutte le misure idonee a ridurre la produzione di polveri (predisposizione di barriere antipolvere,

umidificazione delle superfici di cantiere) e le emissioni acustiche (uso di dispositivi silenziatori, barriere antirumore).

In generale il controllo della produzione di polveri in fase di cantiere sarà ottenuto mediante l'adozione dei seguenti accorgimenti: 1) pavimentazione viabilità cantiere in conglomerato bituminoso; 2) adozione di velocità ridotte all'interno delle aree di cantiere; 3) copertura dei cassoni dei mezzi con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto di materiali; 4) lavaggio dei pneumatici dei veicoli in uscita; 5) bagnatura periodica delle superfici di cantiere.

La localizzazione dell'area del cantiere base non pone particolari criticità relativamente all'emissione di rumori, essendo situato lontano da aree urbanizzate. Per quel che attiene invece le attività di trasporto del materiale si è cercato di limitare gli impatti individuando i percorsi più idonei per il transito dei mezzi pesanti per il trasporto dei materiali di cava, prevedendo l'utilizzo di tratti di viabilità il più possibile esterni alle aree urbanizzate e con minori volumi di traffico. Saranno comunque attuati interventi mitigativi di tipo informativo/divulgativo, esplicitando alla popolazione coinvolta la durata complessiva dei lavori e le fasce orarie giornaliere in cui verranno svolte le attività di cantiere, evitando i disagi nelle fasce orarie protette. Per le lavorazioni più rumorose sarà previsto l'utilizzo di barriere antirumore.

Al termine dei lavori il cantiere dovrà essere tempestivamente smantellato e dovrà essere effettuato lo sgombero e lo smaltimento del materiale di risulta derivante dalle opere di realizzazione delle lavorazioni. Le aree di cantiere e quelle utilizzate per lo stoccaggio dei materiali saranno ripristinate in modo da ricreare quanto prima le condizioni di originaria naturalità. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *PE.MA. SV002 – Studio specialistico sulle essenze vegetali da utilizzare per la rinaturalizzazione dell'area.*

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *PE.CA.RC002 – Relazione sulla logistica ed organizzazione del cantiere.*

10 MITIGAZIONE AMBIENTALE

Al termine dell'intervento di messa in sicurezza permanente dell'area è prevista una rinaturalizzazione dell'intera area, procedendo con la semina e posa a dimora di specie vegetali autoctone, e all'idrosemina in corrispondenza di tutta la superficie dell'area Micorosa, secondo quanto indicato nell'Allegato 2 del D.Lgs. 36/2003. Tali interventi oltre alle prerogative strettamente di ripristino ambientale, così come previsto dal citato allegato, hanno l'obiettivo primario di conferire all'area un'immediata stabilità

ambientale e di migliorare le condizioni ecologiche in modo da rendere possibile tale inserimento, e l'obiettivo secondario, di rendere le scelte progettuali coerenti con l'ambiente circostante.

Il recupero ecologico proposto nel presente progetto esecutivo è coerente con le buone pratiche dell'ingegneria naturalistica. Esso prevede infatti:

- la ricostituzione dello strato edafico con terra vegetale dalle caratteristiche chimico-fisiche controllate. Per il miglioramento della fertilità sarà usato in via preferenziale compost di qualità come ammendante secondo la normativa vigente;
- la realizzazione di un inerbimento con specie erbacee annuali, allo scopo di generare una rapida stabilizzazione della massa movimentata e favorire processi di rivitalizzazione del suolo (ricolonizzazione microbiologica);
- la piantumazione di specie arbustive per la ricostituzione della copertura vegetale: si procederà in maniera progressiva e verranno utilizzate specie arbustive appartenenti a quelle autoctone o tipiche dell'area ed adatte alle caratteristiche fisico-chimiche del suolo. La localizzazione degli arbusti avverrà principalmente sui pendii laterali a scopo di consolidamento degli stessi.

Nel raggiungimento di tale obiettivo si è tenuto conto dei seguenti aspetti di bonifica eco-compatibile:

- criteri di ricostruzione della copertura pedologica;
- criteri di impianto vegetazionale complessivo dell'area con specie coerenti sotto il profilo ecologico, gestionale e della prevenzione dei rischi, e finalizzati inoltre alla creazione di fasce vegetali tampone ad elevata azione protettiva nei confronti dei principali inquinanti;
- layout paesaggistico complessivo dell'area.

Ai fini dell'inquadramento botanico – vegetazionale dell'area si è fatto riferimento alla "*letteratura allegata al parere favorevole rilasciato dal Comune di Brindisi*", ovvero al fondamentale lavoro di *Tommaselli V., Urbano M. Sciandrello S. et al.*[1].

L'area di intervento è situata immediatamente a Nord del Parco Naturale Regionale "*Saline di Punta della Contessa*", situato sul versante adriatico pugliese centro-meridionale, a Sud della città di Brindisi, caratterizzato principalmente dalla presenza di una serie di lagune costiere alimentate da canali provenienti dall'entroterra e separate dal mare da un cordone dunale. Questo biotopo costiero è stato dichiarato oasi di protezione della fauna (DPGR n. 751 del 6 aprile 1983) ed individuato come "*area avente preminente interesse naturalistico, ambientale e paesaggistico*" ai sensi della L.R. n. 19 del

[1] Tomaselli V., Urbano M., Sciandrello S., Wagensommer R.P., Costanzo E., Albano A., Medagli P., Mele C., Di Pietro R. (2010). *Cartografia tematica ed analisi del paesaggio vegetale ed agricolo della Riserva Naturale Statale del Parco Naturale Regionale Saline di Punta Della Contessa (Brindisi - Puglia)*. Quad. Bot. Amb. Appl., 21: 53-76.

24.07.1997. Nel 2002 viene istituito il Parco Naturale Regionale "*Saline di Punta della Contessa*" con L.R. n. 28 del 23.12.2002. Il Parco copre una superficie di circa 1697 ha e risulta suddiviso in due zone con diverso grado di protezione: zona 1 o zona centrale, con estensione di circa 942 ha e zona 2 o fascia di protezione, di circa 755 ha.

In Puglia, i siti destinati a costituire la cosiddetta rete "*Natura 2000*" sono stati individuati con Deliberazione della Giunta Regionale n. 3310 del 23 luglio 1996 ed inseriti nell'elenco ufficiale contenuto nel Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 aprile 2000 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 95 del 22 aprile 2000); con successiva D.G.R. n. 1157 del 8 agosto 2002 è stata approvata la revisione tecnica delle delimitazioni dei p.S.I.C. (proposti Siti di Importanza Comunitaria) e delle Z.P.S. designate con la precedente D.G.R. n. 3310/1996; nell'ambito del suddetto programma "*Natura 2000*", la Regione Puglia ha proposto il sito "*Stagni e Saline di Punta della Contessa*" come Sito di Importanza comunitaria (pSIC IT 9140003), dell'estensione di circa 213 ha, e la zona di protezione speciale (ZPS IT 9140008), riconosciuti nel successivo D.M. del 25 marzo 2005.

Quest'area, caratterizzata da una notevole ricchezza floristica e dalla presenza di diverse fitocenosi legate ad habitat estremamente vulnerabili, è stata oggetto di studi botanici che ne hanno evidenziato il notevole pregio naturalistico e la presenza di numerose specie rare e a rischio di conservazione.

Per meglio comprendere le proposte di rinaturalizzazione qui tracciate, è necessario preliminarmente inquadrare gli aspetti botanici e vegetazionali dell'area.

La flora dell'area delle Saline di Punta della Contessa (*Tommaselli V. et al., op. cit.*), è composta da 313 specie, ripartite in 213 generi e 60 famiglie. Lo spettro biologico è caratterizzato un'alta percentuale (47,6 %) di terofite e da una significativa presenza di emicriptofite (21,1%) e geofite (13,4%), mentre quello corologico evidenzia il prevalere dei corotipi stenomediterraneo (38,5%) ed eurimediterraneo (26,2%), con una considerevole presenza di specie ad ampia distribuzione (circa il 20%), dovuta probabilmente all'elevata estensione di ambienti antropizzati.

Delle specie riportate nello studio si sono selezionate quelle maggiormente "*strutturanti*", ovvero utili alla ricostituzione di habitat naturali, che sono pertanto utili ai fini dell'inserimento nel presente progetto esecutivo; **tale elenco ha il significato di offrire un assortimento di specie che potranno essere utilizzate all'interno delle associazioni (moduli) progettate, a seconda della disponibilità vivaistica.**

Per tutti i dettagli circa le specie utilizzate e le modalità di esecuzione dell'impianto, si rimanda all'apposito elaborato *PE. MA.SV001 – Studio specialistico sulle essenze vegetali da utilizzare per la rinaturalizzazione dell'area.*

11 ESPROPRI E SERVITU'

Nel presente progetto esecutivo è confermato il piano particellare del progetto definitivo approvato.

Nello specifico il Progetto Generale Unificato, e il presente Progetto Esecutivo di competenza pubblica, prevedono le opere di messa in sicurezza permanente dell'area Micorosa (sulla quale sono stati sversati e abbandonati circa 1,47 m3 di rifiuti) e le aree limitrofe (analogamente inquinate in falda), nel Sito di Interesse Nazionale di Brindisi.

Tale tipologia di intervento è regolata, tra l'altro, dall'art. 244 del D.Lgs. 152/2006 che prevede che, scoperta la contaminazione, la Provincia diffidi il responsabile dell'inquinamento con ordinanza. Tale ordinanza è stata emessa dalla Provincia.

Il comma 4 dello stesso articolo recita che "*Se il responsabile non sia individuabile o non provveda e non provveda il proprietario del sito né altro soggetto interessato, gli interventi che risultassero necessari ai sensi delle disposizioni di cui al presente Titolo sono adottati dall'Amministrazione competente in conformità a quanto disposto dall'art.250*".

Tali interventi devono essere effettuati in danno ai responsabili, che devono essere individuati secondo quanto stabilito dal citato articolo.

In tale quadro la Sogesid, in sede di progettazione definitiva, ha effettuato le attività volte a comprendere l'attuale situazione in merito alla proprietà dell'area mediante visure catastali. Tali attività, come la relazione che ne è scaturita, sono stata impropriamente titolate "*Piano particellare di esproprio*" pur non potendo portare ad alcun esproprio stante la normativa in materia.

La relazione sul piano particellare, quindi, intende semplicemente fornire, alle Amministrazioni, a vario titolo interessate dall'intervento oggetto del presente progetto, le informazioni sulla proprietà delle aree occupate dai rifiuti e delle aree oggetto di intervento. Sono state effettuate le visure catastali di tutte le aree suddette, approfondendo alcuni casi più dubbi con le visure storiche o, nel caso di particelle soppresse, ricercando il risultato della variazione.

Le indagini catastali sono servite soltanto a ricercare la proprietà dei luoghi per eventuali azioni e rivalse in danno e per gli atti conseguenti che le Amministrazioni interessate riterranno più congrue.

Ciò premesso, non si è ritenuto opportuno di dover procedere ad effettuare il calcolo per determinare le indennità per occupazione definitiva (espropri) e per occupazione temporanea delle aree, fermo restando che andranno definite le modalità di accesso alle aree interessate dall'intervento, per la verifica e manutenzione delle opere realizzate, da concordare con i relativi proprietari, perché sarebbe assurdo agire in danno e pagare un indennizzo per l'occupazione temporanea.

Si rappresenta, comunque, che quanto rilevato dal catasto non costituisce titolo di proprietà, ma semplicemente la base delle eventuali indagini successive da effettuare presso la Conservatoria dei RR.II. di competenza.

Per l'identificazione delle aree che saranno interessate da un'occupazione temporanea e da un'occupazione definitiva si rimanda all'elaborato PE.PP.AC003 di progetto.

12 MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO

Al fine di verificare l'efficacia delle misure poste in opera, di minimizzare i possibili impatti negativi che si potrebbero avere sull'ambiente circostante durante l'esecuzione delle stesse, mettendo in atto, se del caso, apposite azioni di mitigazione, e di verificare l'efficacia di queste ultime, saranno eseguite le operazioni di monitoraggio, sorveglianza e controllo per i diversi comparti ambientali.
Tra le fasi di realizzazione degli interventi previsti, secondo quanto indicato nel Cronoprogramma delle attività, quelle ritenute più significative ai fini del Piano di monitoraggio sopra citato, sono:
1. rimozione dei cumuli di rifiuti presenti nell'area sud-ovest;

2. realizzazione marginamento laterale fronte mare e fronte "Oasi Protetta" mediante diaframma plastico;

3. movimentazione terra per risagomatura corpo rifiuti e realizzazione dell'impermeabilizzazione superficiale;

4. realizzazione dei pozzi di emungimento della falda.

In particolare, è previsto il monitoraggio nelle fasi ante operam, in corso d'opera (relativamente alle fasi citate) e post operam per le matrici acque sotterranee, terreno, atmosfera, rumore e vibrazioni nelle aree circostanti a quelle d'intervento, e per le matrici acqua superficiale e sedimenti nell'area marino costiera prospiciente Micorosa.
Le attività di monitoraggio consisteranno nel rilievo delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, del livello sonoro e delle vibrazioni e nel prelievo di campioni da sottoporre alla determinazione analitica dei parametri ritenuti indicativi per rilevare l'eventuale diffusione della contaminazione all'esterno dell'area di intervento, con

particolare attenzione nei confronti delle aree considerate più sensibili: Oasi Protetta e area marino costiera prospiciente Micorosa.

In seguito alle prescrizioni riportate nel parere CSLLPP citato, la durata del monitoraggio, inizialmente prevista per il periodo post operam pari a due anni, è stata prolungata a 5 anni, mantenendo inalterata la frequenza di campionamento e analisi, e includendo altresì indagini sulla qualità degli ecosistemi acquatici.

Nel monitoraggio sono state altresì previste le misure di soil gas per la revisione dell'Analisi del rischio sanitario per i lavoratori, la quale sarà effettuata sulla base dei risultati derivanti dal monitoraggio ante - operam.

In merito alla redazione di tale piano di monitoraggio nel decreto emesso dal MATTM in data 14.11.2014 all' art. 1 comma 1 punto g è riportato:

"deve essere predisposto un adeguato piano di gestione, manutenzione e monitoraggio, da concordare con ARPA Puglia, al fine di garantire l'isolamento permanente degli ammassi contaminati"

Relativamente a tale quesito è stata fatta una richiesta di chiarimenti a cui ha fatto seguito apposita risposta da parte di Sogesid (per i dettagli si rimanda all'elaborato *Z01_PE_VO_OM001 – Verifiche di ottemperanza*). In sede di successivo incontro tecnico tenutosi in data 28.04.2016 presso gli uffici di ARPA Puglia il responsabile del procedimento ha posto un ulteriore quesito di seguito riportato: *"Con riferimento al Piano di monitoraggio da realizzarsi a cura di entrambe le parti coinvolte, il RdP chiede all'ARPA di valutare se la stessa ARPA Puglia possa occuparsi direttamente dell'attuazione dello stesso e di valutare se l'impegno economico previsto sia sufficiente a coprire i costi per l'attuazione dello stesso. A tal proposito viene allegato al presente verbale il piano di monitoraggio allegato al progetto Sogesid mentre la Syndial si riserva di presentare una proposta di piano di monitoraggio che integri il "piano di monitoraggio redatto da Sogesid" per il monitoraggio delle varie matrici ambientali anche sulla parte di diretta competenza Syndial."*

Al momento, quindi, restando in attesa della risposta da parte di ARPA Puglia in merito, il presente progetto esecutivo ripropone il medesimo piano di monitoraggio redatto in fase di progettazione definitiva.

13 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Si rimanda all'elaborato PE.CR.LV001.

14 ELABORATI ECONOMICI

Il presente progetto esecutivo riguarda l'attuazione degli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Area Micorosa*".

Lo stesso è redatto sulla base del progetto definitivo e recepisce le osservazioni, prescrizioni ed integrazioni richieste da vari Enti ed Organi di controllo così come riportati nei decreti autorizzativi.

Il disposto normativo degli appalti integrati prevede che (art. 169, comma 1 del regolamento) "*il progetto esecutivo non può prevedere alcuna variazione alla qualità e alle quantità delle lavorazioni previste nel progetto definitivo, salvo quanto disposto dal comma 4. Sono altresì ammesse le variazioni qualitative e quantitative, contenute entro un importo non superiore al dieci per cento per i lavori di recupero, ristrutturazione, manutenzione e restauro e al cinque per cento per tutti gli altri lavori delle categorie di lavoro dell'appalto, che non incidano su eventuali prescrizioni degli enti competenti e che non comportino un aumento dell'importo contrattuale*".

A seguito dei normali approfondimenti richiesti dal superiore livello di progettazione, nonché a valle delle evidenze scaturite durante la campagna di indagini preliminari e del rilievo planoaltimetrico, il progetto esecutivo *de quo* ha comportato, per la buona e regolare esecuzione dell'appalto, la necessità di apportare al progetto definitivo, alcune lavorazioni aggiuntive, che si rendono necessarie a seguito di esigenze derivanti da sopravvenute disposizioni legislative, regolamentari e cause impreviste e imprevedibili e/o in ottemperanza alle prescrizioni impartite dagli organi competenti. Lo strumento normativo che regola siffatte circostanze è l'art. 169, comma 4, del d.P.R. n. 207/2010 per il quale "*Nel caso in cui si verifichi una delle ipotesi di cui all'articolo 132, comma 1, lettere a), b), c) e d), del codice,..(omissis)…, le variazioni da apportarsi al progetto esecutivo sono valutate in base ai prezzi contrattuali e, se del caso, a mezzo di formazione di nuovi prezzi, ricavati ai sensi dell'articolo 163. La stazione appaltante procede all'accertamento delle cause, condizioni e presupposti che hanno dato luogo alle variazioni nonché al concordamento dei nuovi prezzi secondo quanto previsto dal capitolato speciale allegato al progetto definitivo"*.

Si è proceduto, quindi, all'adeguamento dei contenuti tecnico – economici del progetto definitivo alle prescrizioni aventi refluenza sugli stessi, nonché al necessario approfondimento richiesto in fase di progettazione esecutiva.

In data 13.05.2016, la scrivente ha consegnato il Progetto Esecutivo dei suddetti interventi di messa in sicurezza permanente che prevedeva delle variazioni rispetto al Progetto Definitivo redatto dalla Sogesid posto a base di gara.

In particolare le suddette variazioni riguardavano le seguenti attività:

1. Bonifica delle aree di cantiere dalla presenza di materiali contenenti amianto in forma compatta;
2. Costi aggiuntivi per la determinazione dei POPs (inquinanti organici persistenti) nei rapporti di prova delle materie di scavo e dei rifiuti;

3. Prove idrauliche di campo per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni M.A.T.T.M. di cui al Decreto Prot. n. 5455/TRI/DI/B del 14.11.2015;
4. Demolizione totale del canale in conglomerato cementizio ubicato sulla calotta rifiuti e successivo trasporto e smaltimento delle materie in discarica autorizzata;
5. Sovrapprezzo alla fornitura dell'impianto TAF per adeguamento della componentistica alla resistenza ai cloruri (acciaio AISI 316L) e adeguamento del capannone mediante realizzazione di nuova copertura;
6. Opere civili di adeguamento sismico degli edifici uso ufficio;
7. Ottemperanza alle indicazioni del tecnico naturalista, l'area di intervento dovrà essere rinaturalizzata con la posa di uno spessore non inferiore ad 1,00 m di terreno agrario, necessario per l'attecchimento dell'apparato radicale delle specie arboree;
8. Sorveglianza sanitaria finalizzata alla tutela dello stato di salute e alla sicurezza dei lavoratori.

In data 29.12.2016 (cfr. verbale in allegato), sono state discusse le suddette variazioni e si è riscontrata la necessità (ritenendole tecnicamente accettabili) di eseguire alcune delle suddette lavorazioni non previste nel Contratto di appalto elencate di seguito:

- Bonifica della copertura dell'opificio che ospiterà l'impianto di trattamento delle acque di falda (TAF) e delle aree di cantiere dalla presenza di materiali contenenti amianto in forma compatta e adeguamento del capannone mediante realizzazione di nuova copertura;
- Determinazione degli inquinanti organici persistenti (POPs) nei rapporti di prova delle materie di scavo e dei rifiuti;
- Prove idrauliche di campo per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni M.A.T.T.M. di cui al Decreto Prot. n. 5455/TRI/DI/B del 14.11.2015;
- Demolizione totale del canale in conglomerato cementizio esistente ubicato sulla calotta rifiuti e successivo trasporto e smaltimento delle materie in discarica autorizzata;
- Adeguamento della componentistica dell'impianto TAF alla resistenza ai cloruri utilizzando acciaio AISI 316L;
- Opere di rinaturalizzazione dello spessore inferiore di terreno (pari a 65 cm) con la posa (nella quantità di 35 kg/mc) di Ammendante Compostato Misto (ACM) proveniente da impianto autorizzato. L'ACM dovrà possedere le caratteristiche composizionali di cui al D.Lgs. 29 aprile 2010, n. 75 "Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo

13 della legge 7 luglio 2009, n. 88 e s.m.i", necessario per l'attecchimento dell'apparato radicale delle specie arboree.

In particolare il Responsabile del Procedimento (RdP), rilevando che per l'esecuzione e relativa contabilizzazione delle variazioni tecnicamente accettabili mancano i relativi prezzi unitari, ha dato mandato nel corso della riunione di cui al richiamato verbale del 29.12.2016 al Direttore dei Lavori di procedere al concordamento dei nuovi prezzi con l'ATI affidataria secondo quanto disposto dall'art. 169 comma 4 del D.P.R. 207/10 e s.m.i.

Per quanto sopra esposto, le suddette variazioni rientrano tra quelle ammesse ai sensi dell'articolo 169, commi 3 e 4 del DPR 207/2010.

Le variazioni apportate hanno richiesto la formazione di n. 17 (diciassette) nuovi prezzi che sono stati ricavati in modo conforme a quanto prescritto dall'articolo 163 del DPR 207/2010 come risulta dagli elaborati allegati Y04_PE_EE_EP004 – *Elenco dei prezzi unitari delle lavorazioni non previste nel progetto definitivo (revisione 01)* e Y05_PE_EE_AP005 – *Analisi prezzi delle lavorazioni non previste nel progetto definitivo (revisione 01).*

L'elaborato di riferimento per la valutazione dei costi aggiuntivi è la Tav. Y06_PE_EE_CM006 – *Computo metrico estimativo delle lavorazioni non previste nel progetto definitivo (revisione 01)*; L'importo contrattuale aggiuntivo sarà assoggettato al ribasso convenzionale d'asta del 54,993 %.

A seguire si riporta una descrizione sintetica delle lavorazioni suppletive ed i relativi giustificativi.

Per le opere di cui al punto 1: - *Bonifica delle aree di cantiere dalla presenza di materiali contenenti amianto in forma compatta*

Come rappresentato dall'ATI nella nota del 22.07.2016 (prot. Sogesid n. E-07827) in riscontro alla nota del RdP del 12 luglio 2016 "L'individuazione dei materiali contenenti amianto è avvenuta nei giorni in cui sono state svolte le attività di campo da parte dell'ATI (21, 22, 23, 24 marzo 2016).

In particolare in data 23 e 24 marzo è stata effettuata una caratterizzazione dei rifiuti soprasuolo ubicati nella futura area di accantieramento. In fase di sopralluogo preventivo è stata riscontrata la presenza di MCA in forma compatta, specificatamente lastre di eternit a copertura del capannone che sarà adibito quale alloggiamento dell'impianto di trattamento delle acque di falda (TAF).

Tali materiali risultano caratterizzati da un elevato stato di degrado in quanto se ne riscontra la presenza sotto forma di sfabbricidi sia esternamente che internamente allo stesso capannone come si evince dalle foto di seguito riportate:





Ne deriva dunque la necessità di programmare una bonifica preliminare dei materiali contenenti amianto al fine di tutelare la salute dei lavoratori. Si rammenta infatti che il capannone in esame risulterà oggetto di riqualificazione comprensiva di ripristino e /o sostituzione delle lastre poste in copertura allo stato attuale.

La prima fase operativa dei lavori consisterà nella bonifica dei rifiuti contenenti amianto sia sotto forma di materia solida compatta (provenienti dalla degradazione delle coperture in eternit), che eventualmente fibrosa (coibenti pannelli isolanti).

Le modalità operative saranno stabilite dal Piano di lavoro redatto dall'impresa subcontraente e sarà trasmesso agli Enti preposti nelle modalità e nei contenuti di cui all'art. 256 del D.Lgs n. 81/2008 così come modificato dall'art. 118 del d.Lgs n. 109/2009. Il piano di lavoro è da considerarsi a tutti gli effetti un Piano di sicurezza; quale "valutazione del rischio" esso contiene, in virtù di quanto espressamente richiesto dalla normativa vigente, il dettaglio di tutte le attività, misure e cautele da adottare per l'esecuzione delle operazioni di bonifica.

Nell'elaborato Tav. Y_06_PE_EE_CM_006 – *Computo metrico estimativo delle lavorazioni non previste nel progetto definitivo (revisione 01)* è riportata la valutazione economica dell'intervento, la quale risulta pari ad € 178.820,80.

Per le opere di cui al punto 1: - *Adeguamento del capannone mediante realizzazione di nuova copertura*

Relativamente ai lavori di adeguamento del capannone esistente, mediante realizzazione di nuova copertura, si prevedono le seguenti attività:

1) Adeguamento funzionale del capannone esistente per il successivo alloggio dell'impianto TAF, consistente nello smontaggio e ripristino di tutte le superfici vetrate danneggiate a qualsiasi altezza, ripristino delle superfici murarie con scaglie di laterizio e/o malta cementizia data a rinzaffo anche a più

strati, compreso anche la tinteggiatura delle pareti; realizzazione dei cancelli di accesso in profilati metallici zincati a caldo;

2) Bonifica e rimozione di copertura realizzata con lastre in cemento – amianto su strutture in ferro a falde o curve, con o senza compartimentazione di zona, realizzata come segue: - prelievo del campione di amianto – cemento da più punti per l'esame diffrattometrico, in modo da stabilire la concentrazione di fibre d'amianto per la successiva collocazione tra le varie categorie di rifiuti – L. n° 475 del 09.11.1988; preparazione del piano di lavoro e di sicurezza alla USL di competenza territoriale per l'ottenimento del parere favorevole in ottemperanza a tutte le normative vigenti in materia di sicurezza, prevenzione e miglioramenti, tecniche ed obblighi per la tutela dei lavoratori e degli ambienti di lavoro, trattamento dei rifiuti; D.P.R. n° 303 del 19.03.56, D.P.R. n° 547 del 27.04.56, D.P.R. n° 164 del 07.01.56; D. Lgs. n° 626 del 19.09.94, D. Lgs. n° 758 del 19.12.94; - smontaggio delle lastre, liberate da viti o chiodi badando a non provocare nessuna rottura, successivo posizionamento in quota su pallets sigillati a tenuta a cellophane, identificazione con appositi marchi sia di soffiatura che di copertura; - eventuale recupero del materassino isolante nei sacchi di polietilene, accatastamento discesa a terra e successivo smaltimento; - discesa a terra dei bancali di cemento – amianto e dislocamento in area delimitata del cantiere pronti per essere smaltiti, tramite trasportatore autorizzato in discarica dichiarata conforme alle normative vigenti alla ricezione dei rifiuti di classe 2° e categoria B detti "speciali" (nel caso in cui il valore inferiore a 100 mg/kg), D.P.R. 08.08.94; compreso l'onere per il trasporto da e per il cantiere die materiali di risulta in amianto – cemento, lo smaltimento, nonché del materassino isolante; ogni onere per dare l'opera compiuta a regola d'arte, escluso l'onere degli eventuali ponteggi occorrenti. Per una superficie complessiva pari a 1615 mq.

3) Fornitura di ponteggio o incastellatura metallica di facciate interne o esterne della larghezza sino a mt. 1,10 ed altezza sino a 20 m, realizzato con elementi sovrapponibili in ferro o comunque montabili senza l'impiego di giunti a manicotto (sistema a telaio), compreso di piani di lavoro e tavole fermapiede, il trasporto di ritorno al deposito ed ogni altro onere e magistero di manovra e di manutenzione.

4) Fornitura e posa in opera di pannelli di copertura costituiti da: - doppio supporto metallico (interno – esterno) in lamiera metallica ricavate mediante profilatura da nastri in acciaio conforme alla norma EN 10147 tipo Fe e 250 G, zincato a caldo con procedimento sendzimer e calcolate secondo le istruzioni CNR 10022/84 e raccomandazioni AIPPEG; - riempimento tra i supporti in schiuma polisocianurata (PIR) additivata con ritardanti di fiamma per la classificazione in classe I, densità media 35-40 kg/mc e contenuto minimo di celle chiuse pari a non meno di 95 – 98 %; - pre- verniciatura poliestere per esterni per la lamiera a vista interna; escluso le opere per orditure secondarie, compreso le grappe, le staffe e parti

simili, i pezzi speciali, ogni onere compreso per dare l'opera compiuta a regola d'arte; - pannelli di copertura di spessore mm 60. Per una superficie complessiva pari a 1615 mq.

In merito al punto 2: - *Determinazione dei POPs*

In data 18.12.2014, con decisione della Commissione Europea, è stata modificata la decisione 2000/532/CE (relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio) di modifica dell'allegato D alla parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006. La nuova classificazione dei rifiuti è stata recepita in Italia con Legge n. 116/2014 (di conversione del D.L. 91/2014), ed è di fatto in vigore a far data dal 1 giugno 2015. Altre importanti novità in materia di classificazione dei rifiuti sono state introdotte dal Regolamento n. 1357/2014/UE, che sostituisce l'Allegato III della Direttiva 2008/98/CE, che elencava le caratteristiche di pericolo dei rifiuti e che risulta anch'esso in vigore il 1° giugno 2015. Con l'entrata in vigore in Italia in data 01.06.2015 delle nuove Direttive comunitarie in merito alla classificazione dei rifiuti, ai fini del processo di omologa presso gli impianti di smaltimento individuati, si ritiene necessario procedere con la determinazione delle classi di pericolo dei rifiuti volte alla determinazione dei POPs (inquinanti organici persistenti).

In seno al computo metrico delle opere suppletive è stato, pertanto, aggiunto un sovrapprezzo alle analisi chimico-fisiche per la determinazione dei succitati composti; la copertura economica richiesta è di € 71.110,00 per n. 130 analisi di laboratorio.

In merito al punto 3 - *Prove idrauliche di campo integrative*

Come detto in premessa, nell'ambito dell'iter autorizzativo del progetto definitivo, alcuni pareri, nulla osta ed autorizzazioni sono stati resi a condizione, ossia con prescrizioni che hanno dato origine a refluenze su alcune soluzioni tecniche, determinando la necessità di rielaborare/modificare in sede di progettazione esecutiva alcuni elaborati progettuali già redatti a corredo della progettazione definitiva. In particolare, con riferimento al Decreto MATTM Prot. n. 5455/TRI/DI/B del 14.11.2015, si è prescritto che:

art. 1 comma 1, lett. a*): "in fase esecutiva dovranno essere attentamente espletate tutte le indagini finalizzate all'esecuzione a regola d'arte dell'opera medesima anche in relazione alla presenza di strati calcarenitici competenti intercalati nella successione stratigrafica e della vulnerabilità dell'opera alla possibile azione erosiva del moto ondoso. Tutto ciò dovrà essere oggetto di preliminari prove di campo".*

- art. 1 comma 1, lett. c): "*in riferimento ai pozzi previsti a completamento del marginamento fisico, in fase esecutiva, devono essere verificati, sulla base di idonee prove di pompaggio, il numero dei pozzi, la portata di pompaggio dai singoli pozzi e l'interasse degli stessi. Tutto ciò dovrà essere*

verificato anche in relazione alle depressioni piezometriche indotte da interventi previsti in aree limitrofe".

- art. 1 comma 1, lett. f): *"il progetto esecutivo dovrà prevedere le opere accessorie di captazione che dovranno essere collegate allo strato drenante, con relativo eventuale trattamento delle emissioni gassose".*

Nel computo delle opere aggiuntive è previsto quindi che si eseguiranno le seguenti attività:

Prove idrauliche di portata:

- 1) n. 4 prove di portata a breve durata (4h) da realizzarsi sui pozzi individuati come Pz19, Pz13, Pz22, MPE3;

- 2) n. 4 prove di portata a lunga durata (72h) da eseguirsi sui pozzi Pz19, Pz13, Pz22, MPE3;

- 3) n. 2 prove di interferenza (72h) tra le coppie Pz19-Pz22 e Pz13-MPE3;

- 4) Realizzazione di numero uno pozzo pilota di dimensioni massime 5,0 m (h) e 0,80 m (d);

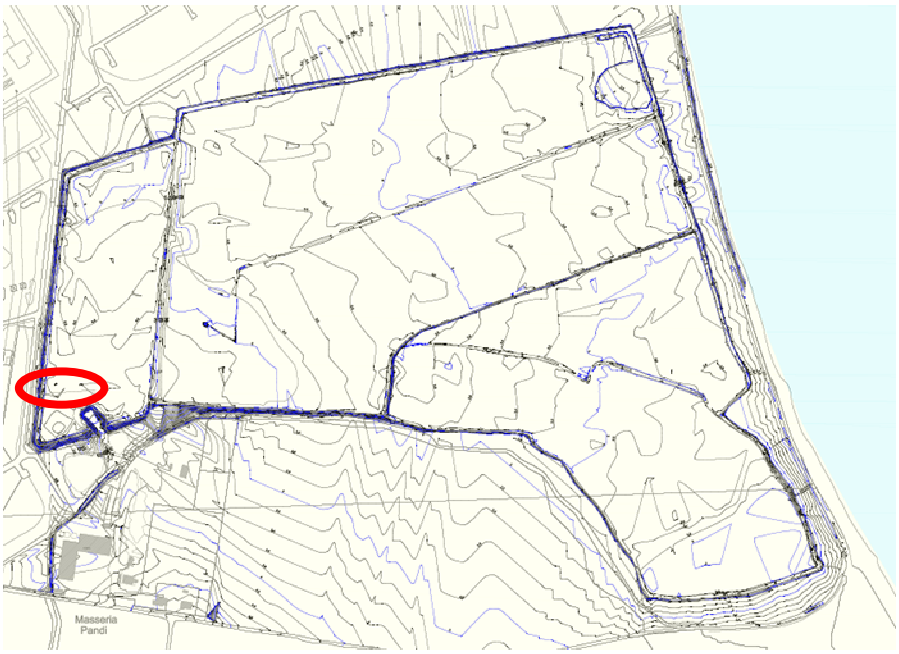
Prove di determinazione dei VOC:

- 5) Esecuzione di prova di portata per la determinazione e dimensionamento del Soil Venting Extraction;

Per l'esecuzione delle lavorazioni aggiuntive di cui al presente punto, si è valutato un impegno somme suppletivo di € 43.599,83 .

In merito al punto 4: - *Demolizione totale del canale in conglomerato cementizio*

In sede di sopralluogo durante la campagna di indagini del 23/24 – 03 – 2016 è stato individuato da parte dell'ATI un canale in conglomerato cementizio posto all'interno dell'area e precisamente in posizione SUD – OVEST, dello sviluppo di circa 300 m, non rappresentato in progetto definitivo ed ubicato sulla calotta dei rifiuti e che deve essere necessariamente demolito al fine dell'esecuzione dei lavori di cui in oggetto.



Localizzazione nuovo canale

Si riporta inoltre a seguire la documentazione fotografica afferente all'individuazione del canale sulla calotta dei rifiuti:





La demolizione del canale comporterà la produzione di circa 44 m^3 di rifiuti che saranno smaltiti ai sensi della normativa vigente; l'importo per l'esecuzione delle opere è stimato in € 14´972,82.

In merito al punto 5: *Sovrapprezzo alla fornitura dell'impianto TAF*

Nelle considerazioni sulla strategia di progetto e dimensionamento dell'impianto TAF (elaborato ED 07 del progetto a base d'asta) sono stati correttamente assunti come limiti di scarico quelli previsti dalla Tab. 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D.Lgs n. 152/2006 e s.m.i.. Tra gli analiti considerati, non sono però stati annoverati tra i Cloruri.

Fermo restando il quesito formulato dalla scrivente ATI sulla possibilità di derogare ai limiti imposti dalla summenzionata tabella esclusivamente per il parametro Cloruri, dalla campagna di indagini del marzo 2016, si ha avuto evidenza di una forte presenza di cloruri dovuti all'ingressione del cuneo salino. La loro elevata concentrazione, accompagnata anche dagli isomeri cis e trans del composto Dicloroetilene, rendono queste acque fortemente aggressive. Ne consegue la necessità di adeguare la componentistica dell'impianto affinché possa mantenere le caratteristiche meccaniche di resistenza alla corrosione in ambiente aggressivo (marino).

Per conseguire gli scopi sopracitati, si è richiesta la fornitura di uno specifico impianto di trattamento realizzato con componentistica in acciaio AISI 316L e progettato per il trattamento chimico-fisico delle acque di falda sito specifiche.

Per la fornitura dell'impianto costruito con materiali adeguati è richiesto un supplemento del 30% sull'importo a base d'asta, per un importo di € 95.772,39..

In merito al punto 6: - *Opere di rinaturalizzazione dello spessore inferiore di terreno (pari a 65 cm) con la posa di Ammendante Compostato Misto (ACM) proveniente da impianto autorizzato.*

Nell'estratto del Provvedimento Dirigenziale di autorizzazione della Provincia di Brindisi, n. 59 del 23.04.2014, avente per oggetto "*Valutazione di incidenza ambientale – Livello I fase di screening – Comune di Brindisi progetto definitivo – 1° stralcio funzionale degli Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, area Micorosa – Rilascio parere*", tra le varie prescrizioni, si richiedeva che la progettazione esecutiva contenesse uno studio specialistico redatto da un tecnico naturalista sulle essenze vegetali da utilizzare per la rinaturalizzazione dell'area, in coerenza con la letteratura allegata al parere favorevole rilasciato dal Comune di Brindisi – Servizio Parchi ed Aree Naturali Protette con nota prot. 25228 del 01.04.2014, ponendo l'accento sulla necessità di ricostruire il gradiente vegetazionale dalla costa verso l'entroterra caratteristico dell'area naturale protetta in esame.

Nella nota prot. 25228 del 01.04.2014 del Comune di Brindisi, si prescrive altresì che "*sia previsto l'utilizzo di ecotipi e varietà non estranee alla flora spontanea dell'area, tali da creare un habitat che funga da corridoio ecologico con il vicino Parco Naturale "Regionale Salina di Punta della Contessa*".

La scrivente ATI ha pertanto presentato, all'interno del progetto esecutivo consegnato, uno studio naturalistico redatto dal tecnico naturalista Dott. Fabio Ippolito.

Il suddetto "*Studio specialistico sulle essenze vegetali da utilizzare per la rinaturalizzazione dell'area*" (elaborato PE_MA_SV001) prevede che la ricostruzione dello strato venga effettuata con terra vegetale dalle caratteristiche chimico – fisiche controllate. Per il miglioramento della fertilità sarà usato in via preferenziale compost di qualità come ammendante secondo la normativa vigente.

Il Dott. Agr. Fabio Ippolito, redattore dello "*Studio specialistico sulle essenze vegetali da utilizzare per la rinaturalizzazione dell'area*", evidenzia altresì, in riferimento all'inerbimento dell'area, che la costruzione del manto pedologico da mettere in posto al di sopra del telo di copertura (*capping*) richiederà l'utilizzo di suolo di provenienza esterna al sito. A tal fine suggerisce che il terreno per il rivestimento finale provenga da cave non lontane dall'area di progetto, così che la cosiddetta "banca di seme", ovvero l'insieme dei semi naturalmente contenuti nel terreno riportato, capaci, potenzialmente, di dare origine a nuove piante, annuali o perenni, sia costituita di specie compatibili con l'assetto floristico dell'area.

Sentito il Dirigente della Provincia Dott. P. Epifani, giusto verbale della riunione del 29.12.2016 tenutasi presso il Comune di Brindisi – Settore Ecologia – Ambiente:

"*In merito alle disposizioni contenuti nel 2° capoverso, sentito il Dirigente della Provincia Dott. P. Epifani, si ritiene ammissibile l'impiego di terreno anche non autoctono integrato con compost e semi di essenze autoctone*".

Al fine del raggiungimento di tal obiettivo la scrivente ritiene, come diretta conseguenza la necessità di effettuare opere di rinaturalizzazione dello spessore inferiore di terreno (pari a 65 cm) con la posa (nella quantità di 35 kg/mc) di Ammendante Compostato Misto (ACM) proveniente da impianto autorizzato. L'ACM dovrà possedere le caratteristiche composizionali di cui al D. Lgs. 29 aprile 2010, n. 75 "Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88 e s.m.i", necessario per l'attecchimento dell'apparato radicale delle specie erbacee e/o arbustive.

Il costo previsto per l'intervento risulta pari a 719.130,46 €.

15 VERIFICA DI OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI DEGLI ENTI

Il presente progetto esecutivo contiene una relazione dal titolo "*Verifica di ottemperanza alle prescrizioni degli Enti*", vedi elaborato PE.VO.OM001. Tale relazione esplicita l'ottemperanza alle prescrizioni degli Enti coinvolti nell'approvazione del Progetto Definitivo degli "*Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi – Area Micorosa*".

Nel seguito sono esplicitati, in ordine cronologico, pareri e Decreti emessi per l'approvazione del progetto definitivo *de quo* da parte dei vari Enti coinvolti, nonché il rapporto finale di verifica del progetto definitivo emesso dall'Ente verificatore *RINA -Check*:

2013.10.29: Decreto direttoriale concernente il provvedimento finale di adozione, ex articolo 14 ter legge 7 agosto 990 n. 241, delle determinazioni conclusive della Conferenza di Servizi decisoria relativa al sito di bonifica di interesse nazionale di "Brindisi" del 29.10.2013.

2014.04.23: Estratto del Provvedimento Dirigenziale di Autorizzazione n. 59 del 23.04.2014, emesso dalla Provincia di Brindisi – Servizio Ambiente ed Ecologia, avente per oggetto "*Valutazione di incidenza ambientale – Livelli 1 Fase di screening – Comune di Brindisi – Progetto definitivo – 1° stralcio funzionale degli Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, area Micorosa – Rilascio Parere*"

2014.07.01: Decreto Ministeriale di urgenza n. 0000178 del 01.07.2014 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (nel seguito MATTM) relativamente al progetto denominato "Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi, Progetto definitivo – 1° stralcio funzionale – Area Micorosa".

2014.07.18: Parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Assemblea Generale, Adunanza del 18.07.2014, Affare n. 11/2014, avente per oggetto "*Delibera CIPE n. 87/2012 – Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Brindisi area Micorosa – Progetto definitivo, 1^ stralcio*".

2014.08.08: Nota MATTM prot. 0021847/TRI del 08.08.2014

2014.09.30: Rapporto finale di verifica dell'intero Progetto Definitivo, ai fini della validazione, del 30.09.2014, emesso dall'Ente verificatore *RINA – Check*.

2014.10.01: Validazione del progetto definitivo da parte del RUP in data 01.10.2014.

2014.11.14: Decreto MATTM di approvazione del progetto, Prot. n. 5455/TRI7DI7B del 14.11.2014, successivo all'approvazione in linea tecnica ed amministrativa del Progetto Definitivo posto a base gara.

Tutta la documentazione su richiamata è riportata in allegato alla presente relazione, per meglio agevolare le figure individuate dall'Amministrazione per la verifica della presente progettazione esecutiva.

Come visionabile dall'elenco di pareri e Decreti su richiamati, la scrivente A.T.I. **CO.ME.AP.** Consorzio stabile Mediterraneo Appalti Società consortile A.R.L. e **ARTEC Associati s.r.l.,** aggiudicataria della progettazione esecutiva e dell'esecuzione dei lavori dell'intervento in premessa, ha rilevato che la verifica del progetto definitivo da parte di RINA – Check, nonché la validazione del progetto definitivo da parte del RUP sono stati antecedenti all'emanazione del Decreto MATTM Prot. n. 5455/TRI7DI7B del 14.11.2014.

Ciò ha portato la Scrivente A.T.I. a formulare una richiesta chiarimenti al Responsabile Unico del Procedimento, Arch. Fabio LACINIO, in data 18.01.2016, con la quale sostanzialmente si chiedeva se le prescrizioni di cui Decreto MATTM Prot. n. 5455/TRI7DI7B del 14.11.2014 erano già state recepite nel Progetto Definitivo posto a base gara, rispetto al quale la scrivente ATI ha l'onere della progettazione esecutiva. Erano stati richiesti, altresì, ulteriori chiarimenti relativi ad alcuni punti del Parere del CSLLPP (Adunanza del 18.07.2014, Affare n° 11/2014); nota MATTM del 08.08.2014; Provvedimento Dirigenziale di Autorizzazione n. 59 del 23.04.2014 emesso dalla Provincia di Brindisi – Servizio Ambiente ed Ecologia.

A tali richieste di chiarimento ha risposto la società SOGESID SpA, progettista del definitivo, ed incaricata dall'Amministrazione comunale del servizio di Direzione lavori, in occasione del tavolo tecnico del 11.03.2016, tenutosi presso la sala Europa piano VII del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; il verbale del tavolo tecnico è riportato in allegato alla presente.

Per maggiori dettagli si rimanda direttamente alla Relazione di verifica di ottemperanza (elaborato PE.VO.OM.001).

16 BONIFICA BELLICA

Si rappresenta che in data 03.07.2017 l'Impresa CO.ME.AP. Consorzio stabile Mediterraneo Appalti Società consortile A.R.L. , dopo l'individuazione della GIMAC Holding S.r.l. quale impresa specializzata Bonifica Campi Minati (BCM), ha fatto pervenire presso il 10° Reparto Infrastrutture – Ufficio BCM del Ministero della Difesa, che lo ha acquisito al prot. 0010270 del 03.07.2017, il progetto di bonifica bellica dell'area MICOROSA, consistente in una planimetria con ubicazione delle aree oggetto di bonifica bellica.

Il 10° Reparto Infrastrutture - Ufficio BCM del Ministero della Difesa ha quindi rilasciato il nulla osta n. 117 del 06.07.2017, subordinato all'osservanza delle Prescrizioni Tecniche contenute nel Parere Vincolante all'Esecuzione del Servizio di Bonifica Bellica (prot. n. 0008391 / BCM/9.3.2.9/S. 12618).

A riguardo è stata aggiunta in elenco elaborati apposita sezione dal titolo "BONIFICA BELLICA SISTEMATICA PRECAUZIONALE DA ORDIGNI ESPLOSIVI RESIDUATI BELLICI" contenente:

01 **Tavola 01 – Planimetria con ubicazione aree oggetto di bonifica bellica**

02 **Parere vincolante all'esecuzione del servizi di bonifica bellica** (prot. n. 0008391 / BCM/9.3.2.9/S. 12618);

03 **Nulla osta n. 117 del 06.07.2017** (prot. n° M_DE23663/0010812/BCM/9.3.2.9/12618)

17 ALLEGATO: DECRETO DIRETTORIALE CONCERNENTE IL PROVVEDIMENTO FINALE DI ADOZIONE, EX ARTICOLO 14 TER LEGGE 7 AGOSTO 990 N. 241, DELLE DETERMINAZIONI CONCLUSIVE DELLA CONFERENZA DI SERVIZI DECISORIA RELATIVA AL SITO DI BONIFICA DI INTERESSE NAZIONALE DI "BRINDISI" DEL 29.10.2013.

18 ALLEGATO: ESTRATTO DEL PROVVEDIMENTO DIRIGENZIALE DI AUTORIZZAZIONE N. 59 DEL 23.04.2014, EMESSO DALLA PROVINCIA DI BRINDISI – SERVIZIO AMBIENTE ED ECOLOGIA, AVENTE PER OGGETTO "VALUTAZIONE DI INCIDENZA AMBIENTALE – LIVELLI 1 FASE DI SCREENING – COMUNE DI BRINDISI – PROGETTO DEFINITIVO – 1° STRALCIO FUNZIONALE DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI, AREA MICOROSA – RILASCIO PARERE"

19 ALLEGATO: DECRETO MINISTERIALE DI URGENZA N. 0000178 DEL 01.07.2014 DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE (NEL SEGUITO MATTM) RELATIVAMENTE AL PROGETTO DENOMINATO "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI, PROGETTO DEFINITIVO – 1° STRALCIO FUNZIONALE – AREA MICOROSA".

20 ALLEGATO: PARERE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI – ASSEMBLEA GENERALE, ADUNANZA DEL 18.07.2014, AFFARE N. 11/2014, AVENTE PER OGGETTO "DELIBERA CIPE N. 87/2012 – INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN DI BRINDISI AREA MICOROSA – PROGETTO DEFINITIVO, 1^ STRALCIO".

21 ALLEGATO: NOTA MATTM PROT. 0021847/TRI DEL 08.08.2014

22 ALLEGATO: RAPPORTO FINALE DI VERIFICA DELL'INTERO PROGETTO DEFINITIVO, AI FINI DELLA VALIDAZIONE, DEL 30.09.2014, EMESSO DALL'ENTE VERIFICATORE RINA – CHECK.

23 ALLEGATO: VALIDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DA PARTE DEL RUP IN DATA 01.10.2014.

24 ALLEGATO: DECRETO MATTM DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO, PROT. N. 5455/TRI7DI7B DEL 14.11.2014, SUCCESSIVO ALL'APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA ED AMMINISTRATIVA DEL PROGETTO DEFINITIVO POSTO A BASE GARA.

25 ALLEGATO – ACCORDO PROCEDIMENTALE DI PROGRAMMA PER LA MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLA'REA MICOROSA E DELLE AREE SYNDIAL ESTERNE ALLO STABILIMENTO PETROLCHIMICO SITE NEL SIN DI BRINDISI

26 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 17.09.2014

27 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 10.02.2016

28 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 13.04.2016

29 ALLEGATO – VERBALE CABINA DI REGIA DEL 27.04.2016

30 ALLEGATO – VERBALE ARPA DEL 28.04.2016

31ALLEGATO – VERBALE DELLA RIUNIONE DEL 29/12/2016 TENUTASI PRESSO IL COMUNE DI BRINDISI – SETTORE ECOLOGIA – AMBIENTE

32ALLEGATO – VERBALE DELLA RIUNIONE DEL 18/01/2017 TENUTASI PRESSO IL COMUNE DI BRINDISI – SETTORE ECOLOGIA – AMBIENTE