



Finanziato  
dall'Unione Europea  
**New Generation EU**



Ministero dell'Interno



Città Metropolitana di Palermo

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Piani Urbani Integrati - M5C2 – Intervento 2.2b



Comune di Palermo  
Area della Pianificazione Urbanistica



## **Riqualificazione Ecosostenibile del Lungomare Bandita**

**PIANO DELLE INDAGINI INTEGRATIVE**

Agosto 2022

**RELAZIONE**

Il Sindaco: Prof. Roberto Lagalla

L'Assessore: Dott. Andrea Mineo

Il Capo Area: Dott. Sergio Maneri

Il R.U.P.: Arch. Giovanni Sarta

Staff del RUP: arch. Giuseppina Liuzzo, arch. Achille Vitale, Ing. Gesualdo Guarnieri , Dott. Francesco La Vara, D.ssa Caterina Tardibuono,  
D.ssa Patrizia Sampino.

La coordinatrice della progettazione: Ing. Deborah Spiaggia

Il gruppo di progettazione: Geologo Gabriele Sapia;

Biologo Fabio Di Piazza;

arch. Dimitrios Katsireas; Funz. tecn. arch. Marcantonio Virgadamo (responsabile sicurezza in fase di progettazione).

## Sommario

1. PREMESSA .....	3
2. FINALITÀ DEL DOCUMENTO .....	4
3. PIANO INDAGINI.....	4
3.1 Indagini geologiche pregresse svolte sul sito.....	4
3.2 Indagini ambientali pregresse svolte sulla costa sud.....	5
3.2.1. Presso il porto della Bandita .....	5
3.2.2.Presso l'ex discarica di Acqua dei Corsari .....	8
3.2.3 Indagini nel tratto di costa che insiste presso la Foce dell'Oreto.....	11
3.3 Caratterizzazione stratigrafica, idrogeologica, geotecnica e sismica.....	13
3.4 Analisi ambientali su suolo e acque .....	15
4. PIANO DI CARATTERIZZAZIONE.....	20
5. RILIEVO TOPOGRAFICO DELL'AREA DI PROGETTO .....	29
7. DEFINIZIONE DELLA MODALITA' DI ACCESSO .....	30

## ALLEGATI

Allegato A) - Risultati precedenti indagini

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione è descritto il piano delle indagini a corredo del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativo all'intervento denominato **"Riqualificazione ecosostenibile del Lungomare della Bandita"**, presentato a valere sui fondi PNRR, Misura M5C2: INFRASTRUTTURE SOCIALI, FAMIGLIE, COMUNITÀ E TERZO SETTORE – Intervento 2.2 - Piani Urbani Integrati nelle città Metropolitane.

L'area oggetto di intervento comprende la fascia costiera che si estende lungo la zona sud-ovest della città di Palermo, interessando gran parte del quartiere Settecannoli e in particolare il tratto di lungomare compreso tra la spiaggia dello Sperone, il porticciolo della Bandita e il promontorio di Acqua dei Corsari. Il progetto ha come obiettivo principale quello di riqualificare un tratto di litorale costiero che da anni verte in condizioni di degrado e abbandono, attraverso interventi di rigenerazione urbana, manutenzione ordinaria e straordinaria, recupero del verde e rifacimento dei percorsi pedonali e ciclabili. Inoltre è previsto il dragaggio del porticciolo della Bandita e il riuso dei sedimenti dragati per la realizzazione di un parcheggio in prossimità del porticciolo. L'area totale di progetto si estende per una superficie di circa 100.000 mq, di cui l'area interessata dagli interventi di scavo e rinterro occupa circa 60.000 mq.

Con il progetto si prevede la caratterizzazione ed eventuale bonifica ambientale dei terreni, la rimodulazione del suolo, la riqualificazione del tratto di costa, la realizzazione di un parcheggio e il dragaggio del porticciolo.



*Fig.1 - Planimetria generale di progetto*

## 2. FINALITÀ DEL DOCUMENTO

Il presente elaborato viene redatto al fine fornire indicazioni circa il piano indagini da condurre per la caratterizzazione geotecnica, sismica, ambientale, marina e geomorfologica dell'area oggetto di intervento. L'elaborato fornisce indicazioni in merito alla tipologia di campionamenti geognostici e ambientali da eseguire. Quest'ultimi interessano sia campioni di suoli che campioni di acque sotterranee e dovranno essere eseguite sull'intera area, la quale sarà interessata, anche se in maniera limitata, da scavi e movimenti terra per la necessaria sistemazione plano-altimetrica.

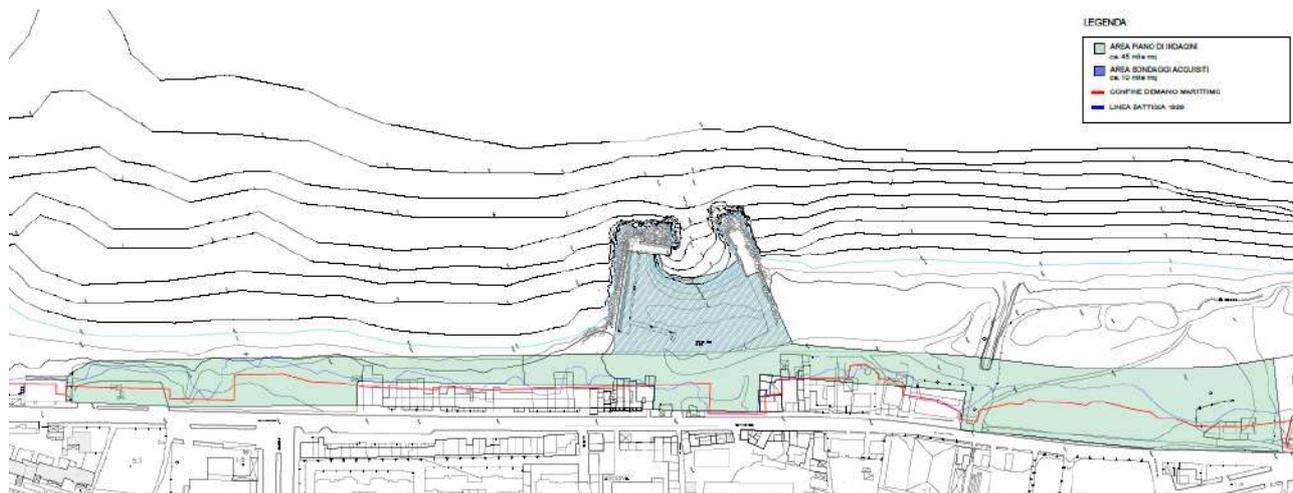


Fig. 2 – Area interessata dalle indagini

## 3. PIANO INDAGINI

### 3.1 Indagini geologiche pregresse svolte sul sito

Allo stato attuale per l'area in oggetto sono disponibili limitate informazioni derivanti da precedenti indagini. Nello specifico sono disponibili le risultanze di n.9 sondaggi (n.7 a terra – S0096 – S0097- S0098 – S0099 – S0144 – S0529 – S0530 e n.2 a mare – SO 380 e SO381 ). Stratigrafie e risultati dell'indagine sismica sono riportate nell'**Allegato A\_Risultati Precedenti Indagini**

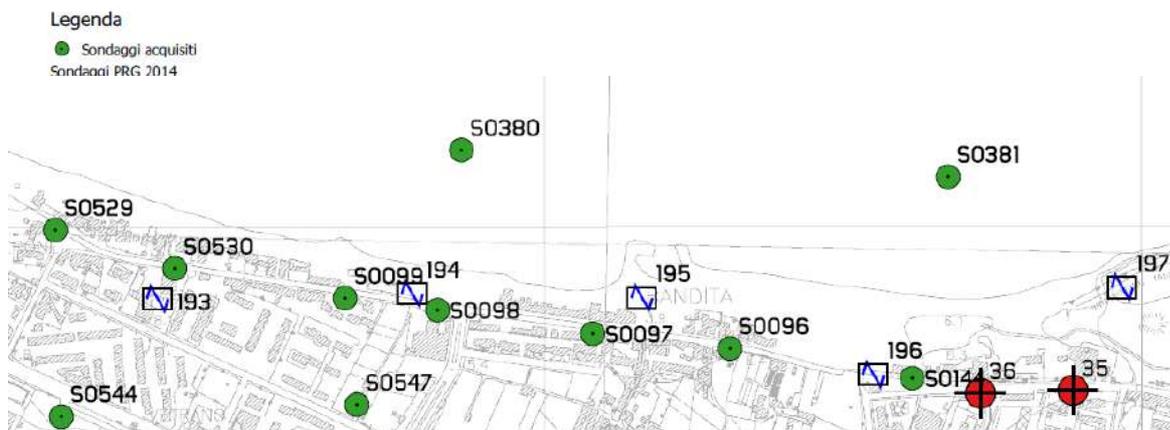


Fig. 3.1.1 – Ubicazione punti di campionamento geognostici e sismici esistenti

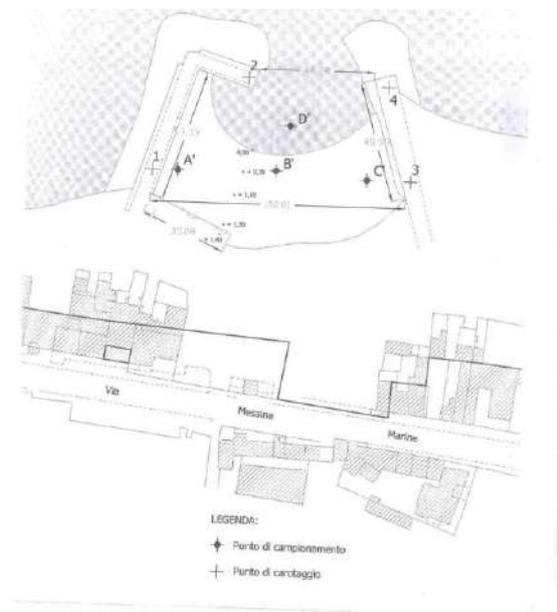
### 3.2 Indagini ambientali pregresse svolte sulla costa sud

Considerata l'origine antropica dei materiali che costituiscono gran parte della costa, nel corso degli anni sono state effettuate numerose indagini ambientali, i cui risultati sono riportati nell'**Allegato A\_Risultati Precedenti Indagini**.

#### 3.2.1. Presso il porto della Bandita

Considerata l'origine dei materiali che hanno determinato l'interrimento è stato giudicato opportuno effettuare delle indagini conoscitive sulla loro natura.

A tal fine, in coordinamento con l'ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente), è stato redatto un piano di indagini, con "Prelievo dei campioni per lo svolgimento di attività analitiche relative alla caratterizzazione dei sedimenti", affidato alla ditta *Geoservice* che ha eseguito i prelievi nel corso del 2015. Il carotaggio è stato effettuato nei punti di campionamento programmati, documentato nella planimetria riportata a seguire, ad eccezione del punto "C". Il campionamento originariamente previsto in detto punto è stato poi effettuato in area limitrofa in un punto denominato "E".



Relativamente alle specifiche dei prelievi, sono stati previsti:

- N.3 sondaggi (in corrispondenza dei punti denominati A', B', C', a rotazione a carotaggio continuo, con carotiere di diametro minimo 12 cm, spinti ad una profondità media di 2,00 m dal livello più alto di interrimento del porto (+1,10 circa dal l.m.m.) per il prelievo di n.2 campioni indisturbati per ogni sondaggio con le modalità seguenti: - N.1 campione intermedio di 50 cm rappresentativo dello spessore superiore di sedimenti al di fuori del l.m.m. (top soil) e n.1 campione intermedio di 50 cm in corrispondenza della franchigia capillare secondo le prescrizioni date sul posto in accordo con il personale di ARPA Sicilia. I campioni prelevati dovranno essere conservati in contenitori di vetro da 1Kg.

- N.1 sondaggio (in corrispondenza del punto denominato D') all'interno dello specchio acqueo del porto della Bandita, in corrispondenza del centro del porticciolo prossimo alla batimetrica di m 2,00 circa, secondo le prescrizioni date sul posto in accordo con il personale ARPA Sicilia con le modalità seguenti: N.1 campione di 50 cm con operatore munito di liner, con caratteristiche idonee a prelevare intero spessore e comunque non inferiore ai primi 20 cm. Il campione prelevato dovrà essere conservato in un contenitore di vetro da 1Kg. Dal punto del prelievo dovrà essere prelevato un campione di sedimento sufficiente anche per il confezionamento di un campione di sedimento in n.1 contenitore di polietilene sterile e n.2 sacchi di poliestere.

A questi sondaggi, ai fini di una corretta progettazione della profondità di dragaggio, si aggiunge l'esecuzione di 4 sondaggi (...) fino alla profondità della scogliera di base, al fine di determinare la profondità reale del massiccio di coronamento anche con l'ausilio di carotiere provvisto di corona diamantata. I campioni sono stati esaminati dall'ARPA Sicilia. Gli esiti delle indagini sono documentati nei Rapporti di Prova e sintetizzati nella nota di trasmissione al Comune, n.0030043

del 18.05.2015 – riprodotta, unitamente ai rapporti, nell'allegato alla presente relazione denominato "R1.a – Analisi dei campioni – Rapporti di prova dell'ARPA". Nella nota di trasmissione l'ARPA rende noto che sono stati esaminati i seguenti campioni:

- Campione n.1 Sondaggio B' – Campione Top-soli: profondità m- 0,30 – 1,50 (codice campione 201503047PA1358);
- Campione n.2 Sondaggio B' – Campione frangia capillare: profondità m 2,00 – 2,80 (codice campione 201503047PA1359);
- Campione n.3 Sondaggio A' – Campione Top-soli: profondità m- 0,30 – 1,50 (codice campione 201503047PA1360);
- Campione n.4 Sondaggio A' – Campione frangia capillare: profondità m 2,40 – 3,500 (codice campione 201503047PA1361);
- Campione n.5 Sondaggio D' – Campione Sedimento marino: Batimetrica m.1,90 Top-soli: profondità m- 0,30 – 1,50 (codice campione 201503047PA1362);
- Campione n.6 Sondaggio E' – Campione Top-soli: profondità m- 0,30 – 1,50 (codice campione 201503047PA1358);
- Campione n.7 Sondaggio E' – Campione frangia capillare: profondità m 1,80 – 2,50(codice campione 201503047PA1363).

Nel rapporto si dichiara, inoltre, che "Sui campioni sopra indicati, ad esclusione del campione D', sono state determinate le concentrazioni di idrocarburi  $12 < C > 40$ , metalli (cromo VI, Mercurio, alluminio, antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo totale, ferro, manganese, nichel, piombo, rame, selenio, stagno, tallio, vanadio, zinco) e fitofarmaci; nel campione n.5 Sondaggio D' – Campione sedimento marino, oltre i parametri sopra indicati sono stati determinati anche i parametri microbiologici. I risultati delle analisi dei campioni non evidenziano superamenti delle Concentrazioni di Soglia di Contaminazione (CSC) previste nella colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del titolo V del D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii. per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale. Sussistono solo alcune criticità da approfondire relativamente al parametro organo stannici, in relazione al limite di 1 mg/kg previsto dall'allegato 5 sopracitato per la colonna A, nell'ipotesi in cui il materiale in questione debba essere riutilizzato per ripascimenti o reimpieghi. In particolare l'analisi dello stagno nel top soil del sondaggio A' (campione 3 – profondità 0,30 – 1,50 m) dà come risultato un valore di concentrazione pari a 10,4 mg/kg, mentre il campione di fondo sempre del sondaggio A (campione 4 – profondità 2,40 m – 3,50 m) dà una concentrazione 0,91 mg/kg. Stessa criticità si osserva nel sondaggio E' top soil con una concentrazione di 21,1 mg/kg e nel campione E' fondo con una concentrazione di 9,0 mg/kg. Comunque, qualora il rifiuto dovesse essere rimosso e smaltito, la presenza di stagno nelle quantità riscontrate, anche ammettendo che si trovi tutto sotto forma di composti organo stannici, non renderebbe il rifiuto stesso, classificabile come pericoloso. Sarà tuttavia necessario, in funzione della scelta economica dello smaltimento sottoporre il rifiuto ad un apposito test di cessione per lotti omogenei." In relazione alle informazioni oggi disponibili è possibile ritenere che la presenza di organostannici è dovuta alla episodica attività di verniciatura delle imbarcazioni, che alcuni pescatori effettuano in sito. Anche la presenza di idrocarburi è riconducibile all'attività dei pescatori, in quanto potrebbe essere dovuta alla perdita di carburante. Considerata che la destinazione di Porto Peschereccio, ad ogni modo, è assimilabile a quella commerciale e non a quella residenziale e/o di verde pubblico, in realtà è più corretto fare riferimento non alla colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del titolo V del D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii., come indicato nella nota dell'ARPA, ma alla colonna B.

In riferimento ai valori della colonna B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del titolo V del D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii., non sussiste alcun superamento dei valori di CSC anche per i parametri degli organo stannici – sostituiti, nell'allegato 5 richiamato, allo stagno con L.116 del 2014 – in

considerazione che il valore limite è pari a 350 ed i valori dei sondaggi "A" ed "E" sopra richiamati (10,4 – 21,1 e 9,0) sono tutti notevolmente inferiori. Considerate le criticità evidenziate nel rapporto dell'ARPA e la necessità di effettuare approfondimenti, finalizzati, in particolare, ad individuare le corrette modalità di smaltimento del materiale, a seguito di individuazione del codice CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) e di definizione delle Classi di Qualità del terreno, sono state effettuate ulteriori analisi sui campioni già prelevati. Dette analisi sono state affidate alla stessa Ditta che ha eseguito i carotaggi (ai sensi dell'art.57 comma 5 del D.Lgs.163/06 e ss.mm.ii.). In particolare è stata richiesta l'analisi dei materiali di tre campioni precedentemente prelevati ed, in particolare dei seguenti campioni:

- Campione n.3 Sondaggio A' – Campione Top Soil profondità 0,30 -1,50;
- Campione n.6 Sondaggio E' – Campione Top Soil profondità 0,30 -1,50;
- Campione n.7 Sondaggio E' – Campione Frangia Capillare profondità 1,80 – 2,20;

Per la specifica delle nuove analisi da effettuare è stato fatto espresso riferimento ai parametri riportati al paragrafo 2.2.1 del "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini – ICRAM APAT" che è stato allegato al capitolato, ed, in particolare a quelli elencati alla Tabella 2.1.a riportata a pag.22 del Manuale. E' stato richiesto, inoltre, di effettuare le "Analisi eco tossicologiche" previste al paragrafo 2.2.2 dello stesso Manuale, secondo quanto ivi previsto e, a seguito delle analisi, per mezzo di Laboratorio accreditato, l'assegnazione del codice CER al materiale e la definizione delle Classi di Qualità ai fini della definizione delle opzioni di gestione compatibili, così come nella tabella 2.2 del Manuale ICRAM. I risultati delle analisi, riportate nell'allegato alla presente Relazione denominato "R1.b -Analisi dei campioni – Codice CER e Classe di Qualità dei materiali", confermano quanto già riscontrato dall'ARPA. Il materiale di cui ai campioni esaminati è stato classificato "Non pericoloso" con codice CER "170506 – Materiali di dragaggio diverso da quello di cui alla voce 170505\*". Visti i rapporti di prova del Laboratorio CEFIT, esaminati i valori analitici dei parametri riportati, viene evidenziato che:

- I valori dei metalli Cd e Hg sono compresi tra il livello chimico di base (LCB) ed il livello chimico limite (LCL);
- I valori dei composti organo stannici (come Sn) risultano superiori al Livello Chimico Limite nei campioni 1601140041 (Campione 3 – sondaggio A') e 1601110043 (Campione 6-sondaggio E'); il valore dello Stagno risulta in tutti e tre i campioni superiore alla Tab.1 Allegato 5 del D.Lgs 152/06;
- I parametri ecotossicologici posizionano la tossicità acuta del sedimento nella colonna A (tab.2.4). In base a ciò, secondo quanto previsto dalla Tab 2.6, e quanto riportato nell'elaborato fornito dalla Ditta, il sedimento può essere classificato nella classe B2 (tab.2.6).

Detto materiale, pertanto, può essere utilizzato o ricollocato secondo la seguente priorità:

1. Riutilizzi a terra in siti ad uso commerciale e industriale secondo quanto previsto dalla tabella 1 dell'Allegato 5 del D.Lgs n152/06 ( $S_n > 1$ ),
2. Deposizione all'interno di bacini di contenimento con impermeabilizzazione laterale e di fondo;
3. Smaltimento presso discarica a terra.

### 3.2.2. Presso l'ex discarica di Acqua dei Corsari

Tra il 23 agosto e il 17 settembre 2004 è stata condotta una campagna di indagini nel sito consistente in:

- n° 15 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di profondità compresa tra 10 e 28 m;
- n° 6 piezometri a tubo aperto, installati nei sondaggi S3, S5, S8, S12, S14, S15;
- n° 6 pozzetti esplorativi della profondità di circa 4 m;
- indagine con metodo Georadar distribuita su 9 aree per un totale di 1.366 m di rilievo;
- prelievo di n° 33 campioni di terra dalle carote dei sondaggi;
- prelievo di n° 6 campioni di acqua all'interno dei piezometri;
- prelievo di n° 4 campioni di acqua di mare;
- prelievo di n° 4 campioni di sedimento del fondo marino.

Gli analiti ricercati sulle acque (campioni di acqua dai piezometri e campioni di acqua a mare), e sui terreni, sono riportati rispettivamente in Tabella 1 e Tabella 2. La planimetria con l'ubicazione dei punti di campionamento è riportata in allegato 5. Il sondaggio S15, che rappresenta l'indagine sul "fondo naturale" (bianco), è stato ubicato sulla via Messina Marine.

L'analisi dei dati relativi al campionamento delle acque ha rivelato una concentrazione di solfati superiore alla soglia prevista di 250 mg/l.

L'elevato valore di concentrazione dei solfati può essere giustificato dall'innalzamento periodico della superficie marina, che interferisce con la falda alterandone la salinità. Per cui può legittimamente ritenersi l'assenza di inquinamento da solfati.

In corrispondenza del sondaggio S3, si è rilevata una concentrazione di piombo pari a 15 µg/l, molto superiore rispetto alla media degli altri 5 campioni (< 0,1 p.g/1). Per quanto riguarda tutti gli altri parametri analizzati per le acque non sono stati rilevati superamenti dei valori di soglia previsti per legge, pertanto, gli esiti della caratterizzazione citata, non rilevano pregiudizio della qualità delle acque di falda. Per quanto riguarda le analisi effettuate sui terreni, si è rilevato un andamento delle concentrazioni di piombo piuttosto irregolare nella parte occidentale della discarica e più regolari e decrescenti nella parte orientale. Il valore massimo (superiore a quello di soglia) è localizzato nell'area occidentale all'interno della discarica ed è ubicato poco al di sotto della quota di 6 m s.l.m. In base alle analisi delle concentrazioni di piombo, può escludersi la presenza di processi migratori di inquinanti di entità rilevante, sia in senso areale che in senso verticale. Analoghe considerazioni sono state ricavate per il rame e lo zinco. In corrispondenza al sondaggio S5-campione C1 (profondità 4,80-6,00 m) si è ritrovata una concentrazione di piombo pari a 124,5 mg/Kg superiore al valore di soglia (100 mg/Kg). L'andamento delle concentrazioni di idrocarburi pesanti, ha mostrato valori piuttosto bassi in quasi tutta l'area della discarica, ad eccezione della zona est, nella quale due campioni superano i limiti di soglia previsti (50 mg/Kg): il campione S8-C2 (profondità 15,00-16,00 m) a quota 0,30 m s.l.m (57 mg/Kg) ed il campione S8bis-C2 a quota 1,40 m s.l.m. (66,1 mg/Kg). Tali valori sono certamente imputabili ad accumuli localizzati e circoscritti, e non determinano influenza sulle aree limitrofe, che presentano concentrazioni molto basse e per buona parte inferiori a quella del campione bianco (17,4 mg/Kg). In corrispondenza al campione C1 (profondità 7,00- 8,00 m) del sondaggio S8bis è stata rinvenuta una concentrazione di rame di 162,2 mg/Kg superiore al valore soglia (150 mg/Kg).

Un risultato insolito risulta quello relativo al campione C1 (profondità 8,00-10,00 m) del sondaggio S15, in cui si è rilevato un valore di concentrazione di Zinco di 185,4 mg/Kg superiore al valore soglia (150 mg/Kg).

Nel 2007 è stata svolta una successiva attività di caratterizzazione da parte della Società Sviluppo Italia Aree Produttive S.p.A delegata dal Commissario per l'Emergenza Rifiuti e la Tutela delle Acque

in Sicilia. Gli esiti di tale caratterizzazione, validati dall'A.R.P.A., costituiscono la base informativa dello svolgimento della presente Analisi di Rischio.

Nello specifico sono stati realizzati n. 35 sondaggi (S1÷S35) più altri 8 attrezzati a piezometro (PZ01÷PZ08). Poiché lo sviluppo del sito è caratterizzato da soggiacenze della falda disuniformi, si è ritenuto utile ai fini dell'applicazione dell'AdR suddividere preliminarmente l'area in tre zone caratterizzate ciascuna da un livello di profondità della falda pressoché omogeneo. Tale operazione appare necessaria al fine di descrivere nel modo più verosimile possibile il fenomeno di lisciviazione e successiva eventuale contaminazione della falda, che è correlata direttamente alla profondità della stessa; le tre aree sono quelle indicate nell'allegato VI alla presente relazione.

Nella tabella di seguito riportata, si indicano le verticali di indagine in esse presenti e il valore di soggiacenza media riscontrato.

Area	Sondaggi	Soggiacenza media [m dal p.c.]
1	S1, S2, S3, S4, S7, S8, S11, S16, S17, S19, S24, S26, S28, S29, PZ02, PZ04, PZ05, PZ06	6
2	S9, S10, S12, S13, S14, S15, S18, S20, S21, S22, S23, S25, S27, PZ03	25
3	S5, S6, S30, S31, S32, S34, S35, S36, S37	13

Per ciascuna area si indicano parametri per i quali sono stati riscontrati valori di concentrazione eccedenti la CSC di riferimento per terreni ad uso verde/ricreativo, suddividendo la matrice insatura in suolo superficiale (da 0 a 1 m da p.c.) e suolo profondo (al di sotto di 1 m da p.c.).

Area 1		
SONDAGGIO	SS	SP
S1	Sn	Sn
S2	Sn, DDT	Sn
S3	Sn, Pb	Sn, DDT
S4	Sn, DDT, PCB	Hg, Sn, DDT
S7	Sn, DDT	Sn, Pb, Cu, DDT, HC>12
S8	Sn, DDT	Sn, Zn, DDT, As
S11	Sn, DDT, HC>12, Bnz (pirene), Bnz (ghi), Ind_pirene	Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Bnz (pirene), Bnz (ghi), Bnz (a,e), Ind_pirene, HC>12
S16	Sn, DDT, Clordano	Sn, Pb, Zn, DDT, Clordano, HC>12
S17	Sn, DDT, HC>12, AS	Sn, Pb, Ta, Zn, DDT, HC>12, Bnz (pirene)
S19	Pb, Sn, Bnz (antracene), Bnz (pirene), Bnz (ghi), Bnz_b_Fluor, DBnz (a,e), Ind_pirene, DDT, PCB, HC>12	As, Cu, Sn, Bnz (antracene), HC>12
S24	Sn, DDT, Pb	Sn, As, Cu, DDT, HC>12
S26	Sn, DDT, HC>12	Sn, DDT, HC>12
S28	Sn	Sn, Bnz (pirene)
S29	Sn	Sn
PZ02	Pb, Sn	Pb, Sn
PZ04	Sn, Bnz(pirene), DDT, PCB	Sn, DDT
PZ05	Sn, PCB, HC>12	Sn, HC>12
PZ06	Pb, Sn, Zn	Sn, HC>12
		(ghi), DDT, HC>12, Indpirene
S21	Sn, HC>12	Sn, Pb, DDT, HC>12
S22	Pb, Sn, Zn, DDT, PCB	Sn, As, DDT, Pb, Zn, PCB, HC>12
S23	Sn, DDT	Sn, Pb, DDT, HC>12
S25	Sn, DDT, PCB	Sn, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Bnz (pirene), Bnz (ghi), DDT, Clordano, PCB, HC>12
S27	Sn	Sn, Pb, DDT, HC>12
PZ03	Sn, DDT, Clordano	Sn, DDT, Clordano
Area 3		
SONDAGGIO	SS	SP
S5	Sn, DDT, Bnz (pirene)	Sn, Hg, DDT, Bnz (pirene)
S30	Sn, DDT, HC>12	DDT, HC>12
S31	Sn, DDT, HC>12, Zn, Bnz (pirene), PCB	As, Hg, Pb, DDT, PCB, HC>12, Bnz (pirene)
S32	Sn, HC>12, Bnz (pirene), PCB	Sn, As
S34	Sn	Sn, Zn, DDT, HC>12
S35	Sn, Hg, Pb, DDT, Clordano	Sn, DDT, Pb
S36	Sn, DDT, HC>12, Cu	Sn, Bnz (pirene), Bnz (ghi), Indpirene, DDT, HC>12
S37	Sn, HC>12, Pb	Sn

### 3.2.3 Indagini nel tratto di costa che insiste presso la Foce dell'Oreto

#### Indagine del 2004 (All.1)

Le indagini sono state effettuate dalla CADA con risultati datati Agosto 2004. La finalità allora delineata era quella di definire se il sito è definibile "inquinato e/o potenzialmente inquinato" così come indicato alle lettere b) e c) art.2 del D.M. 471/99 e quindi da assoggettare a procedure di bonifica di cui alla lettera f) dello stesso articolo, oppure se trattasi di area assoggettabile alle procedure di "ripristino dei luoghi" previste al punto 3, art.14 del D.Lgs.22/97. Ciò in ragione della eventualità che i suoli su cui sono stati depositati non risultano definibili come inquinati in quanto le singole sostanze aventi potere contaminante non sono presenti concentrazioni superiori ai limiti di cui alla Tabella A Allegato 1 del DM 471/99. A tal fine è stato compiuto:

- Un sopralluogo;
- La classificazione merceologica dei rifiuti di superficie;
- Il prelievo di suolo e di rifiuti;
- Valutazioni.

Nel corso del sopralluogo è stato constatato che nel sito sono presenti: sfabbricidi, terra e rocce da scavo, materiali ingombranti ed altri rifiuti speciali provenienti da attività produttive.

E' stato constatato, inoltre, che in prossimità della battigia non sono presenti significativi acquiferi su cui eseguire indagini chimico fisiche. La Caratterizzazione merceologica è stata effettuata dei soli materiali visibili nel fronte a mare, ove si constata la presenza di:

- Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione a cui è possibile poter assegnare il Codice CER 17 01 07 (miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche non contenenti sostanze pericolose);
- Rifiuti Ingombranti a cui è possibile poter assegnare il Codice CER 20 03 07.
- Miscugli di terre e rocce da scavo (non rientranti nella definizione di rifiuto così come previsto dalla L.443/2001.
- Caratterizzazione chimico fisica (su prelievo di campioni di superficie).

Sono stati prelevati:

Campioni di graniglia contenuta all'interno di appositi sacchi in plastica recanti al dizione "Cooriquarz";

Materiale di consistenza fibrosa;

ed, inoltre:

prelievo di sei campioni di suolo ad una profondità di 20 – 30 cm dal piano di calpestio;

Non sono stati prelevati campioni in profondità, per i quali necessitavano apposti carotaggi.

Vista la norma di riferimento allora vigente (punto 2 dell'art.17 del D.Lgs 22/97 e lettere b) e c) art.2 del D.M. 471/99), dalle analisi compiute si deduce che:

Lo strato di suolo su cui insistono i rifiuti solidi presenta concentrazioni contaminanti tali da poterlo definire come "inquinato o potenzialmente inquinato" (lettere b) e c) art.2 del DM 471/99);

A carico dello stesso suolo, dovrebbero essere attivate le procedure di "bonifica" così come definite alla lettera f) del citato art.2 del DM471/99.

Nelle considerazioni conclusive si dichiara che va definito ed attuato, un "piano della investigazione iniziale" con prelievo di campioni anche in profondità.

### **Indagini del 2009 (All.2)**

Sono stati effettuati:

- N° 3 Sondaggi Geognostici: mediante perforazione a Carotaggio Continuo, per un Totale complessivo di 40,00 metri di perforazione;
- Prelievo di N° 9: campioni rimaneggiati su cui eseguire le prove geotecniche di laboratorio;
- Prelievo di N° 4: Campioni di terre per le analisi chimiche, prelevati a diverse quote e messi in appositi contenitori ermetici;
- Prelievo di N° 2: Campioni di acque sotterranee, prelevati in corrispondenza di 2 sondaggi attrezzati come piezometri;
- Fornitura ed Installazione di m 25 di Piezometro a Tubo Aperto;
- Fornitura ed Installazione di N° 2 Pozzetti di Protezione;
- Effettuate N° 2 prove di permeabilità secondo il metodo Lefranc;
- Esecuzione di N° 6 Prove S.P.T. in foro;
- Scavo di trincee per un totale di 880 m<sup>3</sup> ;
- Esecuzione di analisi chimiche su n° 2 campioni di acque, n° 4 campioni di terre e n° 5 campioni di rifiuto.
- 

I risultati delle indagini (All.2), che restituiscono la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche del suolo, sono riportate in calce al presente documento.

### 3.3 Caratterizzazione stratigrafica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Per approfondire la conoscenza dell'area oggetto di intervento si dovrà prevedere quindi l'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche, finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche, geotecniche e alla caratterizzazione sismica del suolo del sito, come dettagliato nel seguito.

Per la campagna di indagine si prevede:

- 1) **Carotaggi** - - Sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo, nei punti indicati nella **fig. 3.3.1** e individuabili nell'elaborato grafico "**Lotto2\_Punti di Campionamento**", utilizzando ove necessario carotiere semplice o doppio o metodologia equivalente, atti alla ricostruzione dettagliata del profilo stratigrafico mediante l'esame delle carote prelevate. Dovrà inoltre tenersi in debito conto dell'approntamento delle attrezzature e del loro spostamento e della idonea conservazione del materiale in cassette catalogatrici. Ciascun sondaggio deve essere ubicato topograficamente riferendo la quota del boccaforo e la sua posizione a un sistema di caposaldi fissi. Vanno previste opere provvisorie per l'accesso ai luoghi (sistemazioni del terreno e predisposizione piste di accesso).
- 2) **Prelievo di campioni** - Si prevede il prelievo di 3 campioni indisturbati e 2 rimaneggiati per ogni foro a diverse profondità. In particolare, le profondità di prelievo, misurate a partire dal piano campagna o fondo marino, saranno:
  - a. -1m;
  - b. -2m (-5 metri per i sondaggi S05, S06, S08)
  - c. nella sezione di carota compresa nel passaggio tra il terreno di riporto e la formazione di base.

Per il prelievo di campioni indisturbati dovranno essere utilizzate metodologie e utensili adeguati alla natura dei terreni e in ogni caso da sperimentare direttamente in situ. Le carote prelevate con i sondaggi dovranno essere conservate in apposite cassette catalogatrici sulle quali saranno indicate la denominazione del sondaggio, le profondità di prelievo delle carote e dei campioni indisturbati, la fine battuta, "FB", la presenza di vuoti e di cavità attraversati, etc..

Le cassette dovranno essere accuratamente conservate al coperto, su sito da individuarsi a carico dell'A.C. Tutti i campioni vanno fotografati. I campioni a contenuto d'acqua vanno conservati in doppio sacchetto di plastica.

- 2) **Prove in situ** - lungo le verticali di sondaggio va prevista l'esecuzione di prove penetrometriche (SPT) nei terreni sabbiosi, nella misura di almeno 3 prove ogni sondaggio. Una prova SPT sarà svolta ad una profondità compresa -1m da p.c. e il passaggio tra il terreno di riporto e la formazione di base; le restanti due prove saranno effettuate ad una profondità compresa tra la succitata quota del terreno di riporto e la formazione di base ed il fondo foro.
- 3) **Rilevazione livelli di falda** - Relativamente a n.2 sondaggi vanno allestiti piezometri a tubo aperto ed effettuata l'osservazione della eventuale falda con lettura piezometrica. Si prevede inoltre il prelievo n.1 campione d'acqua per ciascun foro, da utilizzare per le analisi ambientali.
- 4) **Caratterizzazione sismica** - Per la caratterizzazione sismica dell'area sono previste prove di tipo Masw (n.3) . Si prevede inoltre l'esecuzione di sondaggi sismici in foro tipo Down Hole (DH) all'interno di alcuni dei fori di sondaggio preventivamente realizzati.

Le indagini, l'installazione della strumentazione e le misure dovranno essere eseguite da impresa e personale specializzato con l'assistenza e la supervisione di un geologo e di un geotecnico.

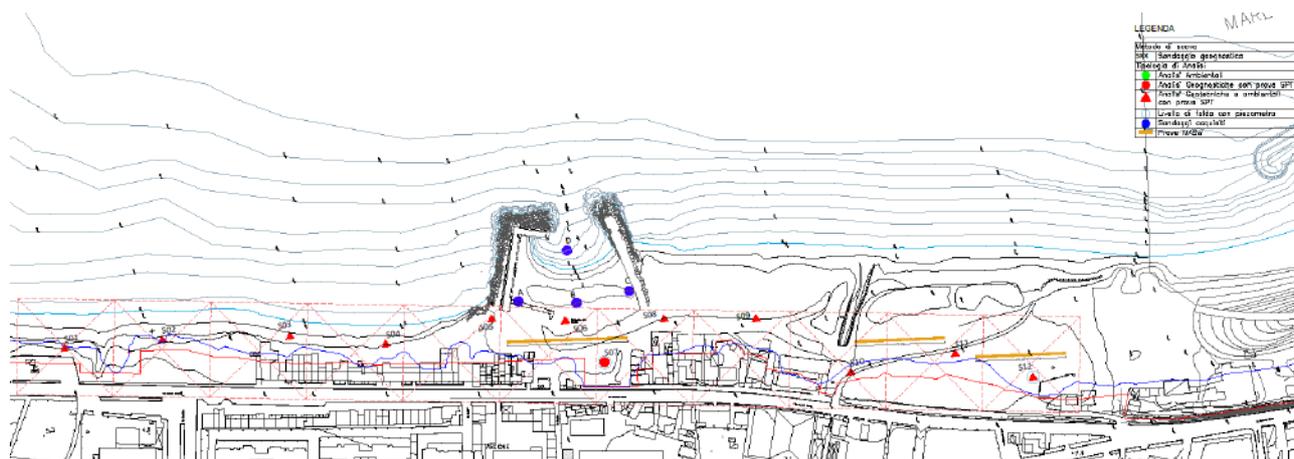


Fig. 3.3.1 – Ubicazione dei nuovi punti di campionamento geognostici e ambientali

Per le indagini geognostiche si riportano nella tabella seguente le lunghezze dei fori di sondaggio, i campioni da prelevare e le prove da eseguire.

Tab. 3.3.1 – Lunghezze e punti di campionamento sondaggi geognostici

Punto d'indagine	Profondità da p.c. o fondale marino	Sondaggi Geognostici			Sondaggi Ambientali		Prove in foro (N° prove)	Prelievo campione acqua	Prove DH
		N° campioni laboratorio		Profondità prelievo campioni	N° campioni laboratorio	Profondità prelievo campioni			
S01	15m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	1	0,50–1,00	SPT (3)**	–	–
S02	15m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	1	0,50–1,00	SPT (3)**	–	–
S03	15m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	1	0,50–1,00	SPT (3)**	–	–
S04	15m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	1	0,50–1,00	SPT (3)**	–	–
S05	20m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	3	***	SPT (3)**	–	–
S06	30m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	3	***	SPT (3)**	–	DH
S07	20m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	–	–	SPT (3)**	1 per foro	–
S08	20m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	3	***	SPT (3)**	–	–
S09	15m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	1	0,50–1,00	SPT (3)**	–	–
S10	20m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	3	***	SPT (3)**	–	–
S11	30m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	3	***	SPT (3)**	–	DH
S12	20m	3 indisturbati	2 rimaneggiati	*	3	***	SPT (3)**	1 per foro	–

Tab. 3.3.2 – Profondità campioni geotecnici e prove SPT

\* I prelievi geotecnici vanno effettuati alla profondità dal p.c. di :  
 –1 mt;  
 –2 mt (–5 mt nel caso dei sondaggi S05–S06–S08);  
 – Al passaggio tra il terreno di riporto e la formazione di base.

\*\* Le prove SPT sono 3 e vanno effettuate a profondità:  
 n.1 tra quota –1 e il passaggio tra il terreno di riporto e la formazione di base;  
 n.2 tra il passaggio tra il terreno di riporto e la formazione di base ed il fondo foro

\*\*\* Si prevede il prelievo dei campioni ambientali alle profondità di seguito indicate:  
 – da 0 a –1 metro dal piano campagna;  
 – alla profondità che comprenda la zona di frangia capillare;  
 – nella zona intermedia tra i due campioni precedenti.

**Analisi di laboratorio e prove di caratterizzazione fisica e meccanica**

Per quanto riguarda le prove di laboratorio utili a determinare il comportamento fisico-meccanico dei materiali dovranno determinarsi almeno:

- il contenuto naturale d'acqua;
- il peso dell'unità di volume;
- analisi granulometrica in parte mediante stacciatura a secco, in parte mediante stacciatura per via umida ed in parte stacciatura e sedimentazione con aerometro;
- i limiti di liquidità (ove possibile);
- la resistenza drenata, mediante prove di taglio diretto con scatola di Casagrande;
- resistenza a compressione semplice, mediante prova di rottura per compressione semplice per i campioni che ne consentono l'esecuzione.

Le indagini dovranno essere estese almeno a tutti i campioni indisturbati prelevati.

Nella tabella seguente si riportano le prove di laboratorio preventivate

Prova	Numero prove
Caratterizzazione: contenuto naturale d'acqua, peso unità di volume, prove granulometriche	36
prove di taglio diretto	108
prova di rottura per compressione semplice (almeno 5% rimaneggiati)	12

Tab. 3.3.2 – Tipologie prove di laboratorio sondaggi geognostici

### 3.4 Analisi ambientali su suolo e acque

Essendo il sito costituito fundamentalmente da materiale di riporto, come specificato in premessa, è necessario procedere alla sua caratterizzazione dal punto di vista ambientale, prevedendo indagini sui suoli e su alcuni campioni di acqua prelevati dai piezometri installati.

Le analisi ambientali sui suoli sono condotte ai sensi del DPR n.120 del 13/07/2017 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo” e il campionamento dovrà essere condotto secondo le specifiche dell'allegato 2 del DPR 120 e secondo quanto previsto dal D.lgs. 152/06.

L'ubicazione dei punti di indagine è riportata nella fig. 3.3.1 e nell'elaborato grafico “**Lotto2\_Punti di Campionamento**”. Al fine di ottenere informazioni sull'intera area di intervento, si prevede il campionamento effettuato in corrispondenza dei punti già individuati per i sondaggi geognostici, individuati sulla base di una griglia predefinita. Eventuali spostamenti rispetto alle posizioni individuate nell'elaborato grafico potranno essere effettuati in base alle esigenze specifiche.

Si prevedono **un numero di punti di indagine pari a n.12**, rispettando i criteri minimi rispettando i criteri minimi definiti all'allegato 2 del DPR 120/2017 e del D.Lgs. 152/06. Al fine di consentire la valutazione delle caratteristiche ambientali dei materiali di scavo nei punti già individuati per i sondaggi geognostici si dovrà prevedere un avanzamento a secco per le profondità necessarie e la messa in atto di tutte le cautele indispensabili per consentire il prelievo di campioni utili per analisi ambientali. Per ogni punto di indagine con profondità di scavo inferiore a 3 mt si procederà con il prelievo di 2 campioni: uno tra 0 e 1 m dal piano campagna, uno sulla zona del fondo scavo, seguendo le direttive dell'allegato 2 del DPR 120/2017. Nei punti di campionamento S05-S06-S08-S10-S11-S12 si prevede il prelievo dei campioni alle profondità di seguito indicate:

- da 0 a -1 metro dal piano campagna;
- alla profondità che comprenda la zona di frangia capillare;

- nella zona intermedia tra i due campioni precedenti.

Considerato che nel sito indagato presumibilmente non vi è presenza di falde acquifere, la franchigia capillare corrisponde alla quota al di sopra del livello del mare. I campioni andranno prelevati con ausilio di attrezzatura idonea e personale qualificato, in aliquote sufficienti per effettuare tutte le analisi necessarie e, inoltre, un'aliquota da conservare per gli Enti preposti al controllo. Poiché il suolo del sito d'intervento è in gran parte costituito da inerti di origine antropica su tutti campioni prelevati vanno effettuate ANALISI FISICO – CHIMICHE set completo, secondo quanto indicato nella tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV del D.lgs. n.152/2006 e sotto riportata, condotte da Enti e/o Istituti Pubblici di comprovata esperienza, oppure da laboratori privati accreditati da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05.

Tab. 3.4.1 – Set analitico per caratterizzazione chimico-fisiche indicato dall'All.5 alla Parte IV del D.lgs 152/2006

		A	B
		Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale(mg kg <sup>-1</sup> espressi come ss)	Siti ad uso Commerciale e Industriale(mg kg <sup>-1</sup> espressi come ss)
	Composti inorganici		
1	Antimonio	10	30
2	Arsenico	20	50
3	Berillio	2	10
4	Cadmio	2	15
5	Cobalto	20	250
6	Cromo totale	150	800
7	Cromo VI	2	15
8	Mercurio	1	5
9	Nichel	120	500
10	Piombo	100	1000
11	Rame	120	600
12	Selenio	3	15
13	Stagno	1	350
14	Tallio	1	10
15	Vanadio	90	250
16	Zinco	150	1500
17	Cianuri (liberi)	1	100
18	Fluoruri	100	2000
	Aromatici		
19	Benzene	0.1	2
20	Etilbenzene	0.5	50
21	Stirene	0.5	50
22	Toluene	0.5	50
23	Xilene	0.5	50
24	Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	1	100
	Aromatici policiclici(1)		
25	Benzo(a)antracene	0.5	10
26	Benzo(a)pirene	0.1	10
27	Benzo(b)fluorantene	0.5	10
28	Benzo(k,)fluorantene	0.5	10

29	Benzo(g, h, i,)terilene	0.1	10
30	Crisene	5	50
31	Dibenzo(a,e)pirene	0.1	10
32	Dibenzo(a,l)pirene	0.1	10
33	Dibenzo(a,i)pirene	0.1	10
34	Dibenzo(a,h)pirene.	0.1	10
35	Dibenzo(a,h)antracene	0.1	10
36	Indenopirene	0.1	5
37	Pirene	5	50
38	Sommatoria policidici aromatici (da 25 a 34)	10	100
	Alifatici clorurati cancerogeni (1)		
39	Clorometano	0.1	5
40	Diclorometano	0.1	5
41	Triclorometano	0.1	5
42	Cloruro di Vinile	0.01	0.1
43	1,2-Dicloroetano	0.2	5
44	1,1 Dicloroetilene	0.1	1
45	Tricloroetilene	1	10
46	Tetracloroetilene (PCE)	0.5	20
	Alifatici clorurati non cancerogeni (1)		
47	1,1-Dicloroetano	0.5	30
48	1,2-Dicloroetilene	0.3	15
49	1,1,1-Tricloroetano	0.5	50
50	1,2-Dicloropropano	0.3	5
51	1,1,2-Tricloroetano	0.5	15
52	1,2,3-Tricloropropano	1	10
53	1,1,2,2-Tetracloroetano	0.5	10
	Alifatici alogenati Cancerogeni (1)		
54	Tribromometano(bromoformio)	0.5	10
55	1,2-Dibromoetano	0.01	0.1
56	Dibromoclorometano	0.5	10
57	Bromodidorometano	0.5	10
	Nitrobenzeni		
58	Nitrobenzene	0.5	30
59	1,2-Dinitrobenzene	0.1	25
60	1,3-Dinitrobenzene	0.1	25
61	Cloronitrobenzeni	0.1	10
	Clorobenzeni (1)		
62	Monoclorobenzene	0.5	50
63	Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-didlorobenzene)	1	50
64	Diclorobenzeni cancerogeni (1,4 - diclorobenzene)	0.1	10
65	1,2,4 -triclorobenzene	1	50
66	1,2,4,5-tetracloro-benzene	1	25
67	Pentaclorobenzene	0.1	50
68	Esaclorobenzene	0.05	5
69	Fenoli non clorurati (1)		
70	Metilfenolo(o-, m-, p-)	0.1	25
71	Fenolo	1	60
	Fenoli clorurati (1)		
72	2-clorofenolo	0.5	25
73	2,4-diclorofenolo	0.5	50
74	2,4,6 - triclorofenolo	0.01	5
75	Pentaclorofenolo	0.01	5
	Ammine Aromatiche (1)		
76	Anilina	0.05	5
77	o-Anisidina	0.1	10
78	m,p-Anisidina	0.1	10
79	Difenilamina	0.1	10
80	p-Toluidina	0.1	5
81	Sommatoria Ammine Aromatiche (da 73 a 77)	0.5	25
	Fitofarmaci		
82	Alador	0.01	1
83	Aldrin	0.01	0.1
84	Atrazina	0.01	1
85	α-esacloroesano	0.01	0.1

86	$\beta$ -esacloroesano	0.01	0.5
87	$\gamma$ -esacloroesano (Lindano)	0.01	0.5
88	Clordano	0.01	0.1
89	DDD, DDT, DDE	0.01	0.1
90	Dieldrin	0.01	0.1
91	Endrin	0.01	2
	Diossine e furani		
92	Sommatoria PCDD, PCDF (conversione T.E.)	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$
93	PCB	0.06	5
	Idrocarburi		
94	Idrocarburi Leggeri C inferiore o uguale a 12	10	250
95	Idrocarburi pesanti C superiore a 12	50	750
	Altre sostanze		
96	Amianto	1000 (*)	1000 (*)
97	Esteri dell'acido ftalico (ognuno)	10	60

Si prevede di effettuare anche l'analisi sulle acque prelevate dai piezometri installati all'interno di alcuni fori. Verrà prelevato un campione di acqua per ogni piezometro. I parametri da analizzare, in aggiunta a quelli di base (**pH, Potenziale Redox, Temperatura e Conducibilità**) sono indicati nella tabella 2 dell'Allegato 5 della Parte IV del D.lgs 152/2006.

Tab. 3.4.2– Set analitico per caratterizzazione chimico-fisiche campioni d'acqua indicato dall'All.5 alla Parte IV del D.lgs 152/2006

N° ord	SOSTANZE	Valore limite ( $\mu$ /l)
METALLI		
1	Alluminio	200
2	Antimonio	5
3	Argento	10
4	Arsenico	10
5	Berillio	4
6	Cadmio	5
7	Cobalto	50
8	Cromo totale	50
9	Cromo (VI)	5
10	Ferro	200
11	Mercurio	1
12	Nichel	20
13	Piombo	10
14	Rame	1000
15	Selenio	10
16	Manganese	50
17	Tallio	2
18	Zinco	3000
INQUINANTI INORGANICI		
19	Boro	1000
20	Cianuri liberi	50
21	Fluoruri	1500
22	Nitriti	500
23	Solfati (mg/L)	250
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
24	Benzene	1
25	Etilbenzene	50
26	Stirene	25
27	Toluene	15
28	para-Xilene	10
POLICLICI AROMATICI		
29	Benzo(a) antracene	0.1
30	Benzo (a) pirene	0.01
31	Benzo (b) fluorantene	0.1

32	Benzo (k,) fluorantene	0.05
33	Benzo (g, h, i) perilene	0.01
34	Crisene	5
35	Dibenzo (a, h) antracene	0.01
36	Indeno (1,2,3 - c, d) pirene	0.1
37	Pirene	50
38	Sommatoria (31, 32, 33, 36 )	0.1
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI		
39	Clorometano	1.5
40	Triclorometano	0.15
41	Cloruro di Vinile	0.5
42	1,2-Dicloroetano	3
43	1,1 Dicloroetilene	0.05
44	Tricloroetilene	1.5
45	Tetracloroetilene	1.1
46	Esadlorobutadiene	0.15
47	Sommatoria organoalogenati	10
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI		
48	1,1 - Dicloroetano	810
49	1,2-Dicloroetilene	60
50	1,2-Dicloropropano	0.15
51	1,1,2 - Tricloroetano	0.2
52	1,2,3 - Tricloropropano	0.001
53	1,1,2,2, - Tetracloroetano	0.05
ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI		
54	Tribromometano	0.3
55	1,2-Dibromoetano	0.001
56	Dibromoclorometano	0.13
57	Bromodiclorometano	0.17
NITROBENZENI		
58	Nitrobenzene	3.5
59	1,2 - Dinitrobenzene	15
60	1,3 - Dinitrobenzene	3.7
61	Cloronitrobenzeni (ognuno)	0.5
CLOROBENZENI		
62	Monoclorobenzene	40
63	1,2 Diclorobenzene	270
64	1,4 Diclorobenzene	0.5
65	1,2,4 Triclorobenzene	190
66	1,2,4,5 Tetraclorobenzene	1.8
67	Pentaclorobenzene	5
68	Esadlorobenzene	0.01
FENOLI E CLOROFENOLI		
69	2-clorofenolo	180
70	2,4 Diclorofenolo	110
71	2,4,6 Triclorofenolo	5
72	Pentaclorofenolo	0.5
AMMINE AROMATICHE		
73	Anilina	10
74	Difenilamina	910
75	p-toluidina	0.35
FITOFARMACI		
76	Alaclor	0.1
77	Aldrin	0.03
78	Atrazina	0.3
79	alfa - esacloroesano	0.1
80	beta - esacloroesano	0.1
81	Gamma - esacloroesano (lindano)	0.1
82	Clordano	0.1
83	DDD, DDT, DDE	0.1
84	Dieldrin	0.03
85	Endrin	0.1
86	Sommatoria fitofarmaci	0.5

## 4. PIANO DI CARATTERIZZAZIONE

Dal punto di vista tecnico-amministrativo le procedure da utilizzare in caso di fenomeni di contaminazione della matrice suolo e delle acque sotterranee sono disciplinate dal D.Lgs.152/06, Titolo V Parte IV.

L'iter tecnico-amministrativo per la valutazione dei fenomeni di contaminazione di un sito "potenzialmente" inquinato ha il suo inizio con la redazione del "Piano di Caratterizzazione", da produrre in conformità all'Allegato 2 parte IV titolo V del D.Lgs. 152/06.

Il Piano di Caratterizzazione identifica l'insieme delle attività che, a partire da un quadro conoscitivo ottenuto tramite l'esito delle indagini preliminari con il presente incarico, permettono di ricostruire in maniera esaustiva i fenomeni di contaminazione a carico delle matrici ambientali, in modo da ottenere le informazioni di base a supporto delle decisioni realizzabili e sostenibili per le eventuale messa in sicurezza e/o bonifica definitiva.

Secondo il D.Lgs 152/06 – Parte IV – Titolo V - Allegato 2 Criteri Generali per la caratterizzazione dei siti contaminati - per caratterizzazione si intende il processo costituito dalle seguenti fasi:

1. Ricostruzione storica delle attività produttive svolte sul sito.
2. Elaborazione del **Modello Concettuale Preliminare** del sito e predisposizione di un piano di indagini ambientali finalizzato alla definizione dello stato ambientale del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee.
3. Esecuzione del piano di indagini e delle eventuali indagini integrative necessarie alla luce dei primi risultati raccolti.
4. Elaborazione dei risultati delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee.
5. Elaborazione del **Modello Concettuale Definitivo**.
6. Identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili - sui quali impostare gli eventuali interventi di messa in sicurezza e/o di bonifica, che si rendessero successivamente necessari a seguito dell'analisi di rischio- calcolati mediante analisi di rischio eseguita secondo i criteri di cui in Allegato 1.

Secondo quanto riportato nell'Allegato 2:

*Il piano di indagini dovrà contenere la dettagliata descrizione delle attività che saranno svolte in campo ed in laboratorio per la caratterizzazione ambientale del sito. Il Proponente dovrà includere in tale documento le specifiche tecniche per l'esecuzione delle attività (procedure di campionamento, le misure di campo, modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, metodiche analitiche, ecc.) che una volta approvate dalle Autorità Competenti, prima dell'inizio dei lavori, costituiranno il protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.*

*Le fonti potenziali di inquinamento sono definite sulla base del Modello Concettuale Preliminare del sito e comprendono: luoghi di accumulo e stoccaggio di rifiuti e materiali, vasche e serbatoi interrati e fuori terra, pozzi disperdenti, cumuli di rifiuti in contenitori o dispersi, tubazioni e fognature, ecc...*

*Le indagini avranno l'obiettivo di:*

- *verificare l'esistenza di inquinamento di suolo, sottosuolo e acque sotterranee; definire il grado, l'estensione volumetrica dell'inquinamento; delimitare il volume delle aree di interrimento di rifiuti;*
- *individuare le possibili vie di dispersione e migrazione degli inquinanti dalle fonti verso i potenziali ricettori;*

- ricostruire le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area al fine di sviluppare il modello concettuale definitivo del sito;
- ottenere i parametri necessari a condurre nel dettaglio l'analisi di rischio sito specifica;
- individuare i possibili ricettori.

A tal fine devono essere definiti:

- l'ubicazione e tipologia delle indagini da svolgere, sia di tipo diretto, quali sondaggi e piezometri, sia indiretto, come i rilievi geofisici;
- il piano di campionamento di suolo, sottosuolo, rifiuti e acque sotterranee;
- il piano di analisi chimico-fisiche e le metodiche analitiche;
- la profondità da raggiungere con le perforazioni, assicurando la protezione degli acquiferi profondi ed evitando il rischio di contaminazione indotta dal campionamento
- le metodologie di interpretazione e restituzione dei risultati.

#### Ubicazione dei punti di campionamento

L'ubicazione dei punti di campionamento deve essere stabilita in modo da corrispondere agli obiettivi indicati nei criteri generali. Per ogni matrice ambientale investigata (suolo, sottosuolo, acque sotterranee) si possono presentare due principali strategie per selezionare l'ubicazione dei punti di sondaggio e prelievo:

1. la scelta è basata sull'esame dei dati storici a disposizione e su tutte le informazioni sintetizzate nel modello concettuale preliminare e deve essere mirata a verificare le ipotesi formulate nel suddetto modello in termini di presenza, estensione e potenziale diffusione della contaminazione; questa scelta è da preferirsi per i siti complessi qualora le informazioni storiche e impiantistiche a disposizione consentano di prevedere la localizzazione delle aree più vulnerabili e delle più probabili fonti di contaminazione ["ubicazione ragionata"]
2. la scelta della localizzazione dei punti è effettuata sulla base di un criterio di tipo casuale o statistico, ad esempio campionamento sulla base di una griglia predefinita casuale; questa scelta è da preferirsi ogni volta che le dimensioni dell'area o la scarsità di informazioni storiche e impiantistiche sul sito non permettano di ottenere una caratterizzazione preliminare soddisfacente e di prevedere la localizzazione delle più probabili fonti di contaminazione ["ubicazione sistematica"]

A seconda della complessità del sito, i due approcci di cui sopra possono essere applicati contemporaneamente in funzione del differente utilizzo delle aree del sito. In particolare, nella scelta dei punti di indagine si terrà conto della diversità tra aree dismesse e/o libere da impianti e aree occupate da impianti, collocando i punti di campionamento in corrispondenza dei punti di criticità, valutando nel contempo la configurazione impiantistica e lo schema dei relativi sotto servizi. Oltre ai criteri di cui sopra, l'applicazione di tecniche indirette di indagine, là dove applicabili (analisi del gas interstiziale del suolo, indagini geofisiche indirette, ecc.), potrà essere utilizzata al fine di determinare una migliore ubicazione dei punti di indagine diretta (prelievi di terreno e acqua) ed ottenere una maggiore copertura areale delle informazioni. In tal caso il proponente potrà presentare un piano di indagini per approfondimenti successivi utilizzando le indagini indirette per formulare il modello concettuale preliminare del sito e concordando con le Autorità competenti modalità di discussione ed approvazione degli stati di avanzamento delle indagini. In tal caso il piano di indagini dovrà contenere una dettagliata descrizione della validità e della applicabilità delle tecniche di indagine indirette utilizzate.

Al fine di conoscere la qualità delle matrici ambientali (valori di fondo) dell'ambiente in cui è inserito il sito potrà essere necessario prelevare campioni da aree adiacenti al sito. Tali campioni verranno utilizzati per determinare

*i valori di concentrazione delle sostanze inquinanti per ognuna delle componenti ambientali rilevanti per il sito in esame; nel caso di campionamento di suoli, la profondità ed il tipo di terreno da campionare deve corrispondere, per quanta possibile, a quelli dei campioni raccolti nel Sito.*

#### Selezione de/le sostanze inquinanti da ricercare

*La selezione dei parametri dovrà avvenire essenzialmente sulla base seguente processo:*

- *Esame del ciclo produttivo e/o dei dati storici del sito (processo industriale, materie prime, intermedi, prodotti e reflui generati nel caso di un'area industriale dismessa; materiali smaltiti nel caso di una discarica; prodotti coinvolti nel caso di versamenti accidentali, eventuali analisi esistenti, etc.), per la definizione di un "set standard" di analiti (sia per le analisi dei terreni sia per quelle delle acque sotterranee) concettualmente applicabile, nel corso delle indagini, alla generalità delle aree di interesse.*
- *Esame dello stato fisico, della stabilità e delle caratteristiche di reale pericolosità delle sostanze individuate nel "set standard" di analisi di cui al punto precedente per eseguire solo su queste la caratterizzazione completa di laboratorio;*

*Nei punti distanti dalle possibili sorgenti di contaminazione si potrà inoltre selezionare un numero limitato di parametri indicatori, scelti sulla base della tossicità e mobilità dei contaminanti e dei relativi prodotti di trasformazione.*

*Il percorso logico di cui sopra dovrà essere validato prima dell'inizio dei lavori con l'approvazione del Piano di Indagini presentato dal proponente. Si potrà valutare la possibilità e l'opportunità di modulare il piano analitico in funzione delle peculiarità delle varie sub aree di interesse, individuando set specifici.*

#### Modalità di esecuzione sondaggi e piezometri

*I sondaggi saranno eseguiti, per quanta possibile, mediante carotaggio continuo a infissione diretta, rotazione/rotopercussione a secco, utilizzando un carotiere di diametro idoneo ed evitando fenomeni di surriscaldamento.*

*I sondaggi da attrezzare a piezometro saranno realizzati, per quanta possibile, a carotaggio continuo a rotazione/rotopercussione a secco, utilizzando un carotiere di diametro idoneo.*

#### Campionamento terreni e acque sotterranee

*Tutte le operazioni che saranno svolte per il campionamento delle matrici ambientali, il prelievo, la formazione, il trasporto e la conservazione del campione e per le analisi di laboratorio dovranno essere documentate con verbali quotidiani.*

*Dovrà inoltre essere riportato l'elenco e la descrizione dei materiali e delle principali attrezzature utilizzati.*

*Il piano di indagini dovrà contenere una dettagliata descrizione delle procedure di campionamento dei terreni e delle acque, le misure da effettuare in campo, le modalità di identificazione, conservazione e trasporto dei campioni, che una volta approvate dalle Autorità Competenti, prima dell'inizio dei lavori, costituiranno l'unico protocollo applicabile per la caratterizzazione del sito.*

*Ogni campione è suddiviso in due aliquote, una per l'analisi da condurre ad opera dei soggetti privati, una per archivio a disposizione dell'ente di controllo.*

*L'eventuale terza aliquota, quando richiesta, sarà confezionata in contraddittorio solo alla presenza dell'ente di controllo, sigillando il campione che verrà firmato dagli addetti incaricati, verbalizzando il relativo prelievo.*

*La copia di archivio verrà conservata a temperatura idonea, sino all'esecuzione e validazione delle analisi di laboratorio da parte dell'ente di controllo preposto.*

### Terreni

I criteri che devono essere adottati nella formazione di campioni di terreno che si succedono lungo la colonna di materiali prelevati sono:

- ottenere la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti per strati omogenei dal punto di vista litologico;
- prelevare separatamente, in aggiunta ai campioni previsti per sondaggio, materiali che si distinguono per evidenze di inquinamento o per caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche e litologico-stratigrafiche. Analisi di campo e analisi semiquantitative (p.es. test in sito dello spazio di testa) potranno essere utilizzate, laddove applicabili, per selezionare tali campioni e per ottenere una maggiore estensione delle informazioni sulla verticale. I campioni relativi a particolari evidenze o anomalie sono formati per spessori superiori ai 50 cm.

Per corrispondere ai criteri indicati, da ciascun sondaggio i campioni dovranno essere formati distinguendo almeno:

- campione 1: da 0 a -1 metro dal piano campagna;
- campione 2: 1 m che comprenda la zona di frangia capillare;
- campione 3: 1 m nella zona intermedia tra i due campioni precedenti.

Con eccezione dei casi in cui esista un accumulo di rifiuti nella zona satura, la caratterizzazione del terreno sarà concentrata sulla zona insatura. Quando il campionamento dei terreni è specificatamente destinato a composti volatili, non viene previsto il campionamento in doppia aliquota.

Il campione dovrà essere formato immediatamente a seguito dell'estrusione del materiale dal carotiere in quantità significative e rappresentative. Un apposito campione dovrà essere prelevato nel caso in cui si debba provvedere alla classificazione granulometrica del terreno.

Quando sono oggetto di indagine rifiuti interrati, in particolare quando sia prevista la loro rimozione e smaltimento come rifiuto, si procederà al prelievo e all'analisi di un campione media del materiale estratto da ogni posizione di sondaggio.

I sondaggi, dopo il prelievo dei campioni di terreno, saranno sigillati con riempimento dall'alto o iniezione di miscele bentonitiche dal fondo.

### Acque sotterranee

Ai fini del presente documento si intende rappresentativo della composizione delle acque sotterranee il campionamento dinamico.

Qualora debba essere prelevata solamente la fase separata di sostanze non miscibili oppure si sia in presenza di acquiferi poco produttivi, può essere utilizzato il campionamento statico.

Qualora sia rinvenuto nei piezometri del prodotto surnatante in fase libera, occorrerà provvedere ad un campionamento selettivo del prodotto; sui campioni prelevati saranno condotti i necessari accertamenti di laboratorio finalizzati alla sua caratterizzazione per determinarne se possibile l'origine.

### Metodiche analitiche

Le attività analitiche verranno eseguite da laboratori pubblici o privati che garantiscano di corrispondere ai necessari requisiti di qualità. Le metodiche analitiche applicate dovranno essere concordate fra le parti prima dell'inizio dei lavori, in fase di approvazione del piano di indagine proposto.

### Analisi chimica dei terreni

Ai fini di ottenere l'obiettivo di ricostruire il profilo verticale della concentrazione degli inquinanti nel terreno, i campioni da portare in laboratorio dovranno essere privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

Le analisi chimiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

#### Analisi chimica delle acque

Le analisi chimiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite (...)

#### RAPPRESENTAZIONE DELLO STATO DI CONTAMINAZIONE DEL SOTTOSUOLO

Tutti i risultati analitici ricavati nel corso delle fasi di indagine costituiscono la base di dati a cui riferirsi per definire il modello concettuale del sito e definire il grado e l'estensione della contaminazione nel sito.

L'obiettivo è quello di raccogliere e rappresentare tutti gli elementi che servono a definire: l'estensione dell'area da bonificare; i volumi di suolo contaminato; le caratteristiche rilevanti dell'ambiente naturale e costruito; il grado di inquinamento delle diverse matrici ambientali.

L'elaborazione dei risultati analitici deve esprimere l'incertezza del valore di concentrazione determinato per ciascun campione: in considerazione della eterogeneità delle matrici suolo, sottosuolo e materiali di riporto la deviazione standard per ogni valore di concentrazione determinato, da confrontare con i valori di concentrazione limite accettabili, dovrà essere stabilita sulla base del confronto delle metodologie che si intendono adottare per il campionamento e per le analisi dei campioni di terreno e di acqua.

Nella relazione che accompagna la presentazione dei risultati delle analisi devono essere riportati i metodi e i calcoli statistici adottati nell'espressione dei risultati e della deviazione standard.

I risultati delle attività di indagine svolte sul sito e in laboratorio devono essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi, di rappresentazioni grafiche e cartografiche, tra cui devono essere realizzate:

- carte geologiche, strutturali ed idrogeologiche;
- carte dell'ubicazione delle indagini svolte e dei punti di campionamento;
- carte piezometriche, con evidenziazione delle direzioni prevalenti di flusso e dei punti di misura;
- carte di rappresentazione della contaminazione.

In particolare, carte di rappresentazione della isoconcentrazione dei contaminanti (es. curve di isoconcentrazione) potranno essere utilizzate principalmente per le acque sotterranee e applicate alla contaminazione del terreno qualora le condizioni di omogeneità del sottosuolo lo consentano.

Per i Siti di Interesse nazionale, potrà essere realizzata una banca-dati informatizzata collegata ad un Sistema Informativo Territoriale (SIT/GIS) per permettere la precisa archiviazione di tutti i dati relativi al sito e dei risultati di ogni tipo di investigazione.

#### ELABORAZIONE DI UN MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO DEL SITO

L'elaborazione di un Modello Concettuale Definitivo del sito è mirata alla rappresentazione dell'interazione tra lo stato di contaminazione del sottosuolo, ricostruita e rappresentata conformemente al paragrafo precedente, e l'ambiente naturale e/o costruito.

Il Modello Concettuale costituisce pertanto la base per l'applicazione dell'Analisi di Rischio che dovrà verificare gli scenari di esposizione in esso definiti.

Il Modello Concettuale Definitivo include:

- le caratteristiche specifiche del sito in termini di stato delle potenziali fonti della contaminazione (attive, non attive, in sicurezza, ecc.);
- grado ed estensione della contaminazione del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee del sito e dell'ambiente da questo influenzato; a tale fine dovranno essere individuati dei parametri specifici di rappresentazione (ad esempio; concentrazione media della sorgente secondaria di contaminazione);
- percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati nello scenario attuale (siti in esercizio) o nello scenario futuro (in caso di riqualificazione dell'area).

Informazioni di dettaglio sulla formulazione del Modello Concettuale Definitivo ai fini dell'applicazione dell'Analisi di Rischio sono riportate nell'Allegato 1. In particolare, nel caso di siti in esercizio, il modello concettuale dovrà inoltre includere tutte le informazioni necessarie per stabilire le priorità di intervento per la eventuale verifica delle sorgenti primarie di contaminazione e la messa in sicurezza e bonifica del sottosuolo. Parte integrante del modello concettuale del sito e la definizione del modello idrogeologico dell'area che descrive in dettaglio le caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi superficiali e profondi in quanto possibili veicoli della contaminazione.

Relativamente alla verifica della concentrazione di soglia di contaminazione è necessario fare riferimento all'ALLEGATO 5 - Parte IV – Titolo V - del D.Lgs 152/06.

Più in generale e per quanto non definito dalla norma di Legge sopra riportata, è possibile fare riferimento al "Manuale per le indagini ambientali" dell' "Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e dei servizi tecnici" del quale si riportano alcuni stralci.

#### **Gas interstiziale**

*In Italia, come anche in molti paesi europei e del resto del mondo, la legislazione ambientale non pone limiti di concentrazione massima ammissibile per i contaminanti presenti nel suolo in fase gassosa. Per questo motivo l'analisi dell'atmosfera del suolo (cosiddetto gas interstiziale o gas del suolo) è utilizzata come ausilio nella definizione preliminare d'aree ad elevata concentrazione di sostanze volatili da sottoporre successivamente ad indagini dirette del suolo, sottosuolo e acque sotterranee. Questo tipo d'indagine (spesso indicato col termine anglo-sassone di soil gas survey) è generalmente utilizzato in corrispondenza di punti vendita carburanti, parchi serbatoi, reti interrato, sia con lo scopo di mirare meglio il posizionamento dei sondaggi e/o piezometri, sia per approfondire le indagini nell'intorno di un punto risultato contaminato da composti volatili.*

*Le norme italiane non danno indicazioni sul numero e sulla posizione dei punti di monitoraggio del gas interstiziale. La "Standard Guide for Soil Gas Monitoring in the Vadose Zone (ASTM D 5314)" evidenzia che la definizione della griglia di campionamento è funzione del livello di dettaglio dell'indagine, delle condizioni geologiche e idrogeologiche del sito, precisando che per applicazioni finalizzate alla definizione dell'estensione di un suolo contaminato o di un pennacchio di contaminazione delle acque sotterranee, si può usare una griglia con celle di estensione tra 9 e 36 mq, con un lato di lunghezza variabile tra 3 e 6 m.*

*La stessa pubblicazione indica l'ubicazione dei punti di monitoraggio lungo profili come uno strumento utile in alcune situazioni, quali l'individuazione di perdite in corrispondenza di una tubazione interrata, fornendo un intervallo di campionamento compreso tra 8 e 30 m.*

*La profondità di prelievo è generalmente compresa tra 1 e 2 m; profondità maggiori richiederebbero l'uso di attrezzature che renderebbero non più conveniente il monitoraggio dei gas sia in termini economici sia*

*di tempo impiegato. Anche se più frequentemente il campionamento avviene in corrispondenza di una sola profondità, ciò non esclude la possibilità di effettuare più campionamenti lungo la stessa verticale (ad esempio a 1 m e 1,5 m dal piano campagna).*

*In termini di validità dei risultati acquisiti, si deve sempre tenere conto di quanto già discusso nel capitolo sui gas del suolo (Cap. 1), in particolare della volatilità dei contaminanti e della presenza di strati a bassa permeabilità che limitano la propagazione dei gas.*

#### **Sondaggi**

*Il D. Lgs. 152/06 non fornisce indicazioni sul numero dei sondaggi da effettuare nel sito. Tali indicazioni erano invece riportate nell'allegato 2 al D.M. 471/99, che suggeriva un numero minimo di sondaggi da effettuare in funzione della superficie del sito da investigare (vedi tabella seguente).*

Estensione in mq	Numero sondaggi
<10.000	Almeno 5
<b>10.000 - 50.000</b>	<b>Da 5 a 15</b>
50.000-250.000	Da 15 a 60
250.000-500.000	Da 60 a 120
>500.000	Almeno 2 per ogni 10.000 mq

Il rapporto è stato anche rappresentato in Figura 9.10, in modo da facilitare la determinazione del numero di sondaggi da effettuare in un sito con una determinata superficie.

L'ubicazione dei punti di campionamento deve essere stabilita in modo da corrispondere agli obiettivi indicati nei criteri generali. Per ogni matrice ambientale investigata (suolo, sottosuolo, materiali di riporto, acque sotterranee, acque superficiali, atmosfera del suolo) e per gli ammassi di rifiuti stoccati. Si possono presentare due principali strategie per selezionare l'ubicazione dei punti di sondaggio e prelievo:

1. una ubicazione ragionata, in cui la scelta è basata sulla caratterizzazione del sito e sul modello concettuale fornito e può essere mirata a verificare le ipotesi formulate sulla presenza di contaminanti o sulle caratteristiche ambientali del sito
2. una ubicazione sistematica, in cui la scelta della localizzazione dei punti è effettuata sulla base di un criterio di tipo casuale o statistico, ad esempio campionamento sulla base di una griglia predefinita o casuale; questa scelta è da preferirsi ogni volta che le dimensioni dell'area o la scarsità di informazioni storiche e impiantistiche sul sito non permettano di ottenere una caratterizzazione soddisfacente e di prevedere la localizzazione delle più probabili fonti di contaminazione (vedi anche par. 2.2.2).

Nel caso in cui si proceda all'ubicazione ragionata, essa dovrà riferirsi alle aree di potenziale interesse ai fini della caratterizzazione così come definite nelle pagine precedenti. In questo caso, è bene riportare nella planimetria delle indagini da effettuare sia l'ubicazione dei sondaggi sia la posizione delle aree appena citate in modo da evidenziare la loro correlazione.

Nel caso in cui si proceda con una disposizione a griglia, il lato d'ogni maglia potrà variare da 25 a 100 m secondo il tipo e le dimensioni del sito oggetto d'indagine. I punti di indagine potranno essere localizzati in corrispondenza dei nodi della griglia (ubicazione sistematica) oppure all'interno di ogni maglia in posizione opportuna (ubicazione sistematica casuale), oppure posizionati casualmente all'interno delle maglie della griglia a seconda dei dati conoscitivi ottenuti dalla fase di indagine preliminare o della situazione logistica (presenza di infrastrutture, ecc.). Nei siti d'interesse nazionale si suggerisce una maglia iniziale con 50 m di lato, che in siti particolarmente estesi può raggiungere i 100 m di lato in corrispondenza di aree verdi, salvo infittimenti in caso di rilevamento di contaminazione.

Né il D.M. 471/99 né il D.Lgs 152/06 forniscono indicazioni sulla profondità da raggiungere con i sondaggi, che però è frequentemente indicata nei protocolli formulati per alcuni siti d'interesse nazionale (per es. Porto Marghera). Nel caso le conoscenze riguardanti la geologia siano scarse, può essere utile spingere alcuni dei sondaggi a profondità superiori a quelle previste, in modo tale da avere un quadro più chiaro dell'assetto geologico e idrogeologico del sito.

A questo proposito, è da evidenziare come l'allegato non preveda che la profondità dei sondaggi debba essere uguale a quella dei piezometri, vista la sostanziale differenza d'obiettivi. Questa osservazione, di poco conto nel caso di falde superficiali, acquista una forte rilevanza economica in presenza di falde a profondità maggiori.

### **Piezometri**

Come per i sondaggi, il D.Lgs 152/06 non indica quantità precise di piezometri da installare, mentre il D.M. 471/99 forniva il numero di piezometri da installare in funzione della superficie del sito, così come riportato nella Figura 9.10.

Estensione in mq	Numero sondaggi
< 50.000	almeno 4
50.000 – 100.000	almeno 6
100.000 – 250.000	almeno 8
>250.000	Almeno 1 ogni 25.000 mq

Come evidente, il numero dei piezometri per ettaro è minore di quello previsto per i sondaggi, coerentemente con le caratteristiche di diffusione dei contaminati nelle acque sotterranee. Il grafico mostra la relazione tra la superficie del sito e il numero di piezometri.

L'ubicazione dei piezometri deve essere fatta sulla base della caratterizzazione idrogeologica dell'area, del modello concettuale del sito e delle caratteristiche dell'acquifero che si intende campionare (ad esempio superficie piezometrica, permeabilità, direzione prevalente del flusso) in modo da poter caratterizzare univocamente l'influenza del sito sulle caratteristiche complessive degli acquiferi in esame e la mobilità degli inquinanti nelle acque sotterranee. Almeno un piezometro per ciascun acquifero considerato deve essere installato immediatamente a monte idrogeologico del sito, definito sulla base dei dati bibliografici o di

indagini pregresse, in modo da costituire il valore di riferimento delle acque sotterranee "in ingresso" nell'area oggetto di indagine ed almeno uno per ciascun acquifero considerato deve essere localizzato immediatamente a valle del sito, in modo da verificare le caratteristiche delle acque di falda "in uscita" dal sito. Nella stragrande maggioranza dei casi è d'uso, sia per motivi economici sia logistici, installare i piezometri sfruttando alcuni dei fori realizzati per i sondaggi; la loro ubicazione "risente" quindi di quella dei sondaggi stessi. All'interno di tale pratica, possono comunque essere utilizzati criteri diversi: costruire dei transetti posti perpendicolarmente all'ipotetica direzione di deflusso, con l'obiettivo di verificare la qualità delle acque sotterranee in corrispondenza di differenti sezioni dello stabilimento, o ubicare i piezometri a valle idrogeologica delle potenziali aree di contaminazione, in modo da verificare il loro eventuale impatto sulla qualità delle acque sotterranee.

A differenza del D.Lgs. 152/06, che non dà indicazioni sulla profondità dei piezometri, il D.M. 471/99 prescriveva che la profondità dei piezometri doveva comunque interessare almeno la base del primo acquifero individuato e comunque profondità non inferiori a due terzi dello spessore dell'acquifero stesso. Eventuali falde sospese dovevano essere considerate individualmente, al fine di una completa ricostruzione idrogeologica dell'area.

Questa prescrizione, di facile applicazione nel caso di acquiferi superficiali con spessori dell'ordine di pochi metri, comporta viceversa alcune difficoltà tecniche e oneri economici significativamente maggiori nel caso di acquiferi non superficiali e di spessore considerevole (vedi gli acquiferi multistrato, tipici di alcune pianure alluvionali) o sconosciuto.

Nel caso ad esempio di un acquifero con una soggiacenza di 20 m dal piano di campagna e con uno spessore presunto di 60 m, i piezometri dovranno spingersi ad una profondità di circa 80 m e comunque a non meno di 60 m dal piano campagna.

Nell'ottica di un'impostazione delle indagini che mantenga l'equilibrio tra esigenze conoscitive e economiche, potrebbe risultare più redditizio un approccio a definizione crescente che preveda la realizzazione di piezometri spinti per almeno 5 metri all'interno dell'acquifero quindi, in caso di contaminazione accertata, una successiva indagine d'approfondimento che tenga conto anche delle caratteristiche fisico-chimiche dei contaminanti rilevati.

Di particolare importanza è il menzionare nel Piano di caratterizzazione il rilievo topografico di tutti i piezometri, indispensabile per formulare qualsiasi considerazione sulla direzione di deflusso della falda. Se ai fini della caratterizzazione del singolo sito è sufficiente la determinazione della quota relativa per poter ricostruire l'andamento della superficie della falda, in molti casi, in particolare nei siti d'interesse nazionale, è necessario determinare le quote assolute in modo tale da rendere confrontabili e correlabili i dati relativi a siti contigui.

Il D.M. 471/99 non forniva indicazioni per quanto riguarda il numero di campioni da prelevare in ciascun sondaggio, mentre il D.Lgs. 152/06 prevede nell'allegato 2 al Titolo V della Quarta Parte, il prelievo di tre campioni: il primo da 0 a 1m dal piano campagna, il secondo nel metro che comprende la frangia capillare, il terzo nella zona intermedia tra i due campioni, concentrando quindi il campionamento nella sola zona non satura. Questa indicazione riprende, in parte, quelle degli enti preposti all'istruttoria dei Piani di caratterizzazione che prevedevano il prelievo di tre campioni (sette superficiale, intermedio e profondo) per ciascun sondaggio, con la clausola che nel caso la stratigrafia delle perforazioni mostrasse orizzonti con maggiori evidenze di contaminazione, si dovesse procedere al prelievo dei campioni di terreno rappresentativi di tali orizzonti.

(...)

Per quanto riguarda le modalità di campionamento dei terreni si rimanda al relativo capitolo sottolineando che, in generale, il protocollo di campionamento è concordato prima delle indagini con l'ente addetto al controllo in campo (Agenzie Regionali e/o provinciali per la protezione dell'ambiente).

Prelievo dei campioni d'acqua

Nel piano vanno descritti, da parte del proponente, i metodi di spurgo del pozzo e campionamento delle acque sotterranee giustificando le ragioni che hanno portato a tali scelte.

Qui si ha l'occasione di descrivere le determinazioni quali-quantitative da effettuare durante le indagini con l'ausilio di strumenti di campo, quali il rilievo della profondità di falda, la determinazione

dei principali parametri chimico-fisici (pH, temperatura, potenziale redox, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto), l'esecuzione di prove idrogeologiche nei piezometri, l'analisi dello spazio di testa.

#### **Analisi chimiche**

Per quanto riguarda la scelta dei contaminanti non si richiede che in tutti i siti le analisi chimiche siano condotte sulla lista completa delle sostanze indicate nelle tabelle con le concentrazioni limite. Per ogni sito, sulla base delle attività pregresse, della caratterizzazione specifica, e di ogni altra fonte di informazione sono selezionate le sostanze indicatrici che permettano di definire in maniera esaustiva l'estensione, il tipo di inquinamento e il rischio posto per la salute pubblica e l'ambiente. In ogni caso le analisi dovranno comprendere le sostanze che presentano maggiore tossicità, persistenza e mobilità ambientale.

E' quindi chiaro che la scelta dei parametri da analizzare è lasciata al progettista sulla base dei dati riportati nella descrizione del sito. Ciò implica che i parametri possano comprendere anche composti non indicati nelle tabelle ma utilizzati nel sito attualmente e/o nel passato.

Per alcuni siti di interesse nazionale (per esempio Napoli Orientale) sono state elaborate, a cura degli enti preposti, delle short list che indicano le determinazioni analitiche minime da effettuare sui campioni di suolo e di acque sotterranee.

In considerazione dell'impatto che i risultati delle determinazioni analitiche hanno sui campioni di terreno e acque sotterranee, è auspicabile che le analisi chimiche siano affidate ad un laboratorio accreditato dal SINAL o da altri organismi internazionali (vedi par. 7.5).

Metodiche analitiche differenti possono produrre risultati diversi, per questo motivo è consigliabile adottare per i suoli quelle contenute nella "Raccolta 2000 - Metodi di Analisi dei suoli" redatta dal CTN SSC Centro Tematico Nazionale "Suolo e Siti Contaminati", per acque sotterranee quelle del CNR-IRSA o dell'EPA. I limiti di rilevabilità dei metodi utilizzati dovranno comunque essere conformi ai requisiti previsti dalla normativa e, ove tecnicamente possibile, 10 volte inferiori rispetto ai limiti imposti dalle norme vigenti.

Il D.M. 471/99 prevedeva che le analisi dei campioni di suolo fossero condotte sulla frazione granulometrica fine (<2 mm) ed i risultati riferiti ad essa. In caso di superamento dei limiti, era effettuata la caratterizzazione completa della frazione grossolana (>2 mm), attraverso test di cessione con acqua deionizzata satura di CO<sub>2</sub> e sull'eluato erano determinati gli inquinanti rinvenuti nei suoli sulla frazione minore di 2 mm.

Ovviamente le analisi di sostanze volatili sui campioni di suolo dovevano essere eseguite sul campione tal quale non essiccato e non sottoposto al vaglio di 2 mm. Il D.Lgs 152/06, indica di scartare in campo la frazione maggiore di 2 cm e condurre le analisi sulla frazione minore di 2 mm, determinando la concentrazione del campione riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

In considerazione del fatto che il recente D.Lgs. 152/06 prevede la redazione di un'analisi di rischio sito- specifica, le determinazioni analitiche devono comprendere anche quei parametri ad alta sensibilità quali la frazione di carbonio organico (f<sub>oc</sub>) e il pH per i quali è necessaria la misura diretta. Da ultimo, si sottolinea l'importanza di misurare il contenuto in acqua del campione poiché tale dato consente di confrontare le concentrazioni soglia calcolate mediante l'analisi di rischio (CSR, riferite al campione tal quale) con le concentrazioni tabellari (CSC, riferite alla sostanza secca). Per approfondimenti sulle tematiche riguardanti l'analisi di rischio si veda il documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" rev. 1, disponibile sul sito [www.apat.it](http://www.apat.it).

## 5. RILIEVO TOPOGRAFICO DELL'AREA DI PROGETTO

Il Rilievo topografico sarà realizzato, con drone, e con le opportune strumentazioni a terra e riguarderà la ricostruzione della linea di costa e della spiaggia emersa per una superficie di circa 13 ettari.

Il livello di precisione della foto restituzione tramite SW SFM sarà pari a 5 cm. Il rilievo topografico riportato in DWG sarà rappresentato secondo una griglia regolare secondo le coordinate metriche UTM e Gauss Boaga. Per maggiori dettagli sull'area di intervento si rimanda all'elaborato grafico **"Lotto2\_Piano dei Rilevamenti"**. La documentazione richiesta prevede i seguenti elaborati:

- Fotografie digitali dei punti focus;
- Generazione Ortofoto;
- Generazione nuvola di punti;
- Generazione modello 3D;
- Quotazione ed evidenzia punti FOCUS;
- Generazione DTM;
- Relazione sulle metodologie e strumentazioni utilizzate;
- Mappa 2D quotata, con curve di livello con equidistanza di ml 0,50 in copia cartacea ed in formato digitale editabile (DWG E DXF).

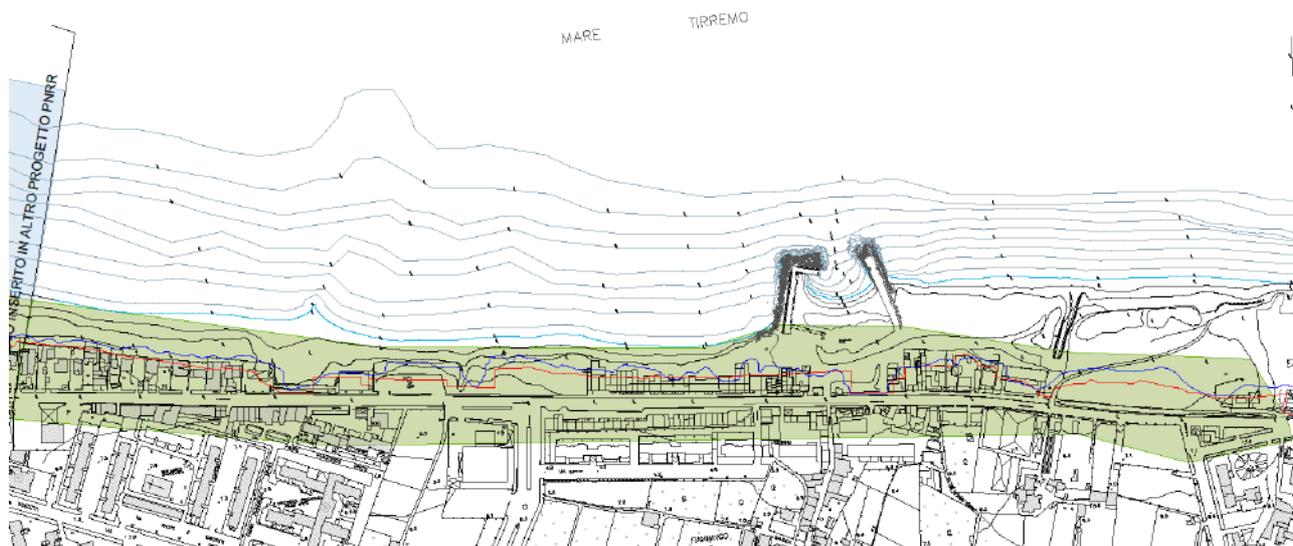


Fig. 5 – Planimetria rilievi

## 7. DEFINIZIONE DELLA MODALITA' DI ACCESSO

L'accesso all'intera area interessata dall'esecuzione dei sondaggi potrà essere effettuato dai vari varchi carrabili che si aprono sulla via Messina Marine. Per raggiungere i punti ove effettuare le indagini, ubicati nei vari settori come definiti al paragrafo 3.1, potranno essere sfruttati uno o più accessi così come indicato in fig. 7, sfruttando le piste esistenti o, se necessario, approntandone nuove.

La possibilità di sfruttare tali viabilità esistenti consente di minimizzare gli interventi propedeutici all'accesso ai luoghi. Tali interventi, qualora necessari, saranno limitati a moderati spianamenti senza l'apporto di materiale. Dall'immagine satellitare riportata nel seguito è possibile apprezzare i varchi di accesso esistenti che afferiscono alla sezione d'interesse.



*Fig. 7 – Foto satellitare con varchi accesso per le indagini*