



Città di Palermo

COMUNE DI PALERMO



Servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria relativi all'esecuzione delle indagini integrative, aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e Redazione del Progetto Definitivo ed Esecutivo dell'intervento di "Messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di acqua dei Corsari"



PIANO DELLE INDAGINI

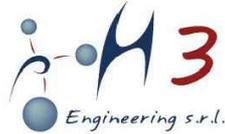
PROGETTISTI: Mandatari

PRO GREEN AMBIENTE
S.C.p.A



Mandanti

pH3 Engineering
S.r.l. Unipersonale



DINAMICA S.r.l.



GEO R.A.S. S.r.l.



ORION Progetti
S.r.l.s

Geol.
Luigi Butticiè

Codice elaborato:

PI.10.00

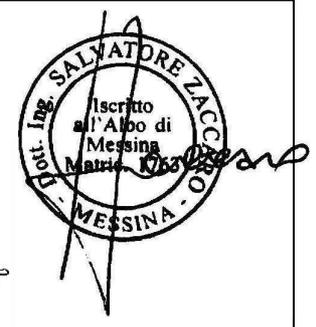
Titolo elaborato:

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Scala:

- : - - - - -

Timbri



Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Giovanni Sarta

Rev.	Data:	Descrizione revisione	Eseguito:	Controllato:	Approvato:
A	12/2021	Emissione Piano delle Indagini	PC-DF-LB-SLS-SZ	ATI	G.Scarfò
B	02/2022	Integrazione in esito a riscontro ARPA Sicilia del 09/02/2022 N. 0006856	PC-DF-LB-SLS-SZ	ATI	G.Scarfò
C					

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO AREE DI STUDIO	6
3	RILIEVO BATIMETRICO E MORFOLOGICO DELLA SPIAGGIA SOMMERSA E DELLE CORRENTI MARINE	8
3.1	<i>INDICAZIONI PRELIMINARI</i>	8
3.2	<i>ELABORAZIONE DATI FOTOGRAMMETRICI, CREAZIONE MODELLO DIGITALE ED ESTRAZIONE DELLA NUVOLA DI PUNTI</i>	8
3.3	<i>RESTITUZIONE CARTOGRAFICA E RISULTATI</i>	8
3.4	<i>SISTEMA DI POSIZIONAMENTO SUPERFICIALE E PIATTAFORMA INERZIALE</i>	9
3.5	<i>SISTEMA MULTIBEAM ECHOSOUNDER (MBES)</i>	12
3.6	<i>SISTEMA AUTONOMO DI SUPERFICIE (ASV)</i>	15
3.7	<i>RILIEVO CORRENTI MARINE.</i>	18
4	RILIEVO TOPOGRAFICO, CON DRONE, DELLA LINEA DI COSTA E DELLA SPIAGGIA EMERSA	19
5	INDAGINI GEOLOGICHE	20
5.1	<i>SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO</i>	20
5.2	<i>INDAGINI INDIRETTE</i>	22
5.2.1	Tomografie elettriche	22
5.2.2	Stese sismiche	23
5.2.3	Indagine georadar	24
5.2.4	Indagine magnetometriche	25
6	INDAGINI AMBIENTALI INTEGRATIVE IN OSSERVANZA DELLE PRESCRIZIONI DELLA CDS DEL 14.11.2018	27
6.1	<i>INDAGINI SOIL GAS</i>	27
6.2	<i>INDAGINI PER LA DETERMINAZIONE DELLE CONCENTRAZIONI NEL SUOLO E SOTTOSUOLO DI COMPOSTI ORGANOSTANNICI</i>	29
7	INDAGINI SUPPLEMENTARI BIOLOGICHE ED ARCHEOLOGICHE	32
7.1	<i>INDAGINI ARCHEOLOGICHE</i>	32
7.1.1	Rilievo Sub Bottom Profiler e Magnetometrico	32

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

7.2	<i>INDAGINI BIOLOGICHE</i>		36
7.2.1	Mappatura delle biocenosi	36	
7.2.2	Campionamento delle biocenosi e Indagini biologiche e ambientali	39	
7.2.3	Video ispezioni subacquee	46	
8	VALUTAZIONI QUANTITATIVE ED ECONOMICHE (CME)		48
9	VALUTAZIONI QUANTITATIVE ATTIVITA' EXTRA CONTRATTUALI		49
9.1	<i>INDAGINI AMBIENTALI INTEGRATIVE IN OSSERVANZA DELLE PRESCRIZIONI DELLA CDS DEL 14.11.2018</i>		49
9.1.1	Analisi dei composti organo stannici nel suolo.	49	
9.1.2	Analisi soil gas	49	
9.2	<i>INDAGINI SUPPLEMENTARI BIOLOGICHE ED ARCHEOLOGICHE</i>		50
10	CONCLUSIONI		51

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

1 PREMESSA

Con Determina Dirigenziale n. 10767 del 13.10.2021 è stata aggiudicata definitivamente al raggruppamento di imprese costituito da PRO GREEN AMBIENTE SOC. COOP. p. A. (capogruppo) e PH3 ENGINEERING s.r.l., DINAMICA s.r.l., GEO R.A.S. s.r.l., ORION PROGETTI s.r.l.s., Geol. Luigi Buttice, l'incarico per l'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari. In data 16.11.2021 è stato sottoscritto il contratto. Il presente documento, in ottemperanza all'incarico affidato, illustra il piano delle indagini integrative redatto sulla scorta degli indirizzi generali contenuti nei documenti posti a base di gara. Si prevede, pertanto, che siano effettuate le seguenti attività:

- Rilievo batimetrico e morfologico della spiaggia sommersa e delle correnti marine
- Rilievo topografico, con drone, della linea di costa e della spiaggia emersa
- Indagini geologiche (Prospezioni Georadar, Indagini e Prove di Laboratorio)

Alla luce dei nuovi dati sito specifici reperiti sia da indagini precedentemente eseguite nell'area (informazioni recentemente messe a disposizione dalla stazione appaltante) che dal sopralluogo realizzato in sito con la Stazione Appaltante ed inoltre considerando quanto prescritto dal parere ARPA Sicilia del 09.02.2022 prot. 6856 e dalle norme relativamente alle informazioni base da fornire per realizzare una corretta progettazione, è stato ritenuto necessario rimodulare i contenuti del piano.

Le indagini, come pianificate nel presente documento, definiranno i dati sito specifici strettamente necessarie ed utili al dimensionamento delle soluzioni progettuali individuate nei documenti di gara.

Le indagini avranno l'obiettivo di:

- definire con maggiore dettaglio gli assetti lito-stratigrafici e sismo-stratigrafici in modo da determinare l'input sismico di progetto;
- parametrizzare geotecnicamente i litotipi rinvenuti in modo da definire un adeguato modello geotecnico attraverso cui dimensionare le opere;
- determinare in dettaglio la topografia dell'area di intervento;
- ricostruire in dettaglio la morfologia della spiaggia sommersa;
- studiare le dinamiche prevalenti legate alle correnti marine;
- verificare le eventuali interferenze delle attività di indagini e progettuali con i sottoservizi.

La disposizione delle indagini come riportate nel seguente documento è stata definita in coerenza con quanto indicato nei documenti di gara ed in modo da riscontrare il parere ARPA Sicilia del 09.02.2022 prot. 6856.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

In relazione alle indicazioni ARPA Sicilia che ha richiesto di aumentare il numero di sondaggi per il prelievo dei composti organo stannici all'interno dell'area della discarica (stralcio parere riportato nella successiva figura 0) è stato previsto di realizzare ulteriori 3 terebrazioni in modo da prevedere 6 sondaggi interni rispetto ai 3 precedentemente pianificati. I 3 sondaggi integrativi saranno spinti sino alla profondità di 3 metri dal piano campagna. In totale saranno realizzati 24 campionamenti di terreno per la determinazione dei composti organo stannici.

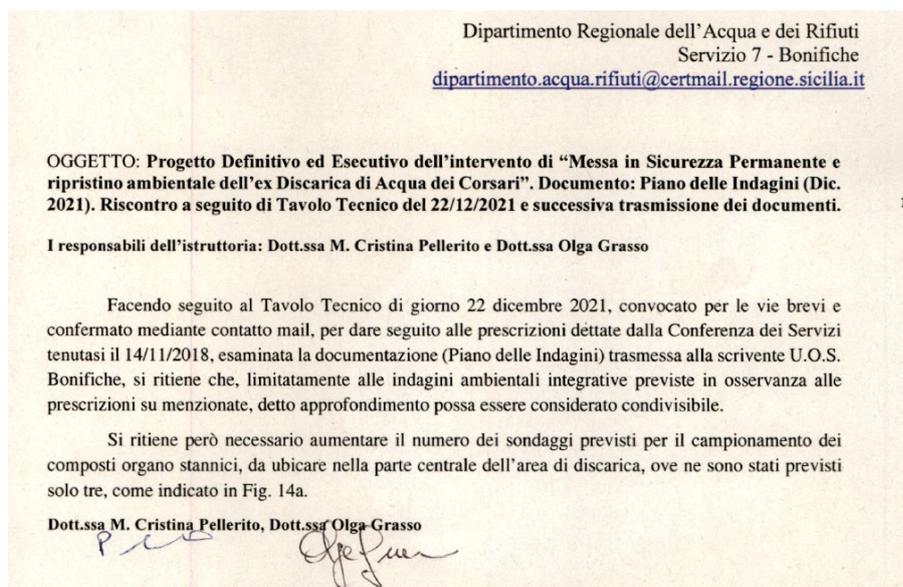


Figura 0 . Estratto parere ARPACal del 09.02.2022

Le ultime due sezioni del presente documento (paragrafi 6 e 7) descrivono le ulteriori indagini non previste a base di gara che dall'analisi degli atti autorizzativi, delle peculiarità del contesto ambientale e degli interventi da mettersi in opera sono ritenute necessarie per:

- riscontrare quanto richiesto dalla conferenza dei servizi del 14.11.2018 di approvazione del progetto di fattibilità tecnico ed economico posto a base di gara, in cui si richiede la ricerca dei parametri organostannici all'interno della matrice suolo e sottosuolo e lo studio di eventuali emissioni di biogas dal corpo di discarica.
- ottenere i nulla osta necessari degli Enti preposti per la valutazione delle incidenze e degli impatti delle opere costiere e marine da realizzarsi. L'area, infatti, è caratterizzata da un alto potenziale archeologico e biocenotico per cui vigono dei vincoli per la sua tutela; diviene necessario, come prescrivono le norme e regolamenti di settore, determinare quali possano essere le incidenze e gli impatti delle opere sull'ecosistema marino e valutare le potenzialità archeologiche del sito in modo da risolvere eventuali interferenze. Risulta,

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

quindi, indispensabile indagare il contesto biotico ed abiotico attraverso indagini dirette sito specifiche. Informazioni basilari per la redazione degli studi ambientali ed archeologici necessari all'ottenimento dei nulla osta da parte degli Enti Competenti. Per questo motivo sono indicate le indagini archeologiche e biologiche sui fondali e sulla biocenosi presente nell'area di intervento che, a parere degli scriventi, devono essere realizzate unitamente ed a seguire i relativi Studi sulle Incidenze (VINCA) e sugli Impatti (SIA) allo stato non oggetto del presente affidamento.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

2 INQUADRAMENTO AREE DI STUDIO

Le aree di studio su cui si svilupperà il piano delle indagini sono riportate nel documento Distinta delle prestazioni oggetto di appalto e dei corrispondenti corrispettivi 27 All.3c. In questo documento sono indicate le aree di studio relativamente al rilievo batimetrico, rilievo topografico e l'ubicazione dei sondaggi da realizzare (indagini geologiche). L'area del rilievo batimetrico si estende per un fronte di 2045 m lungo la costa prospiciente l'area della discarica e per una profondità dalla costa di circa 300 m, il limite dell'area indagata sarà rappresentato dall'isobota -12 m.

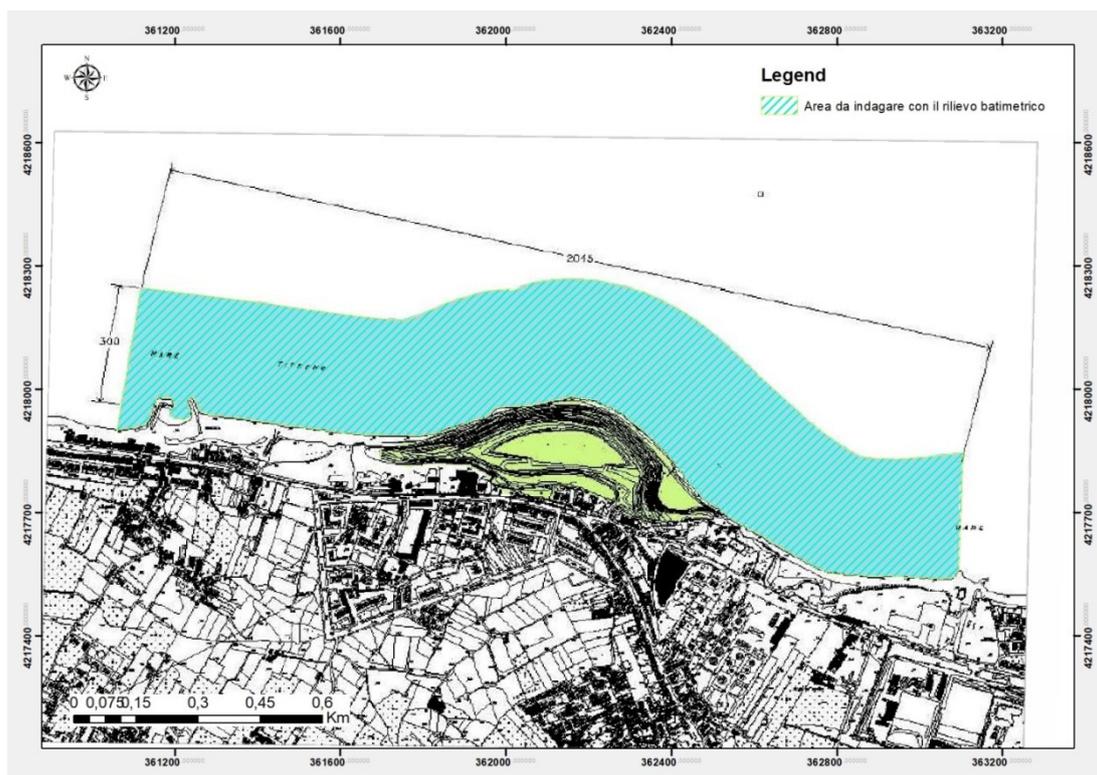


Figura 1 . Area del rilievo batimetrico.

Per quanto riguarda il rilievo topografico l'area da indagare è pari a 25 ha e riguarda un fronte di 2 km lungo il tratto di costa su cui è ubicata il sito dell'ex discarica.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari



Figura 2 . Area del rilievo topografico.

Per quanto riguarda le indagini geologiche saranno sviluppate in ottemperanza alle informazioni contenute nei documenti di gara sull'area rappresentata nella seguente figura (area indagini geologiche con linea rossa) che contiene il perimetro dell'area di discarica indicato nel documento analisi di rischio e di indirizzo alla progettazione.

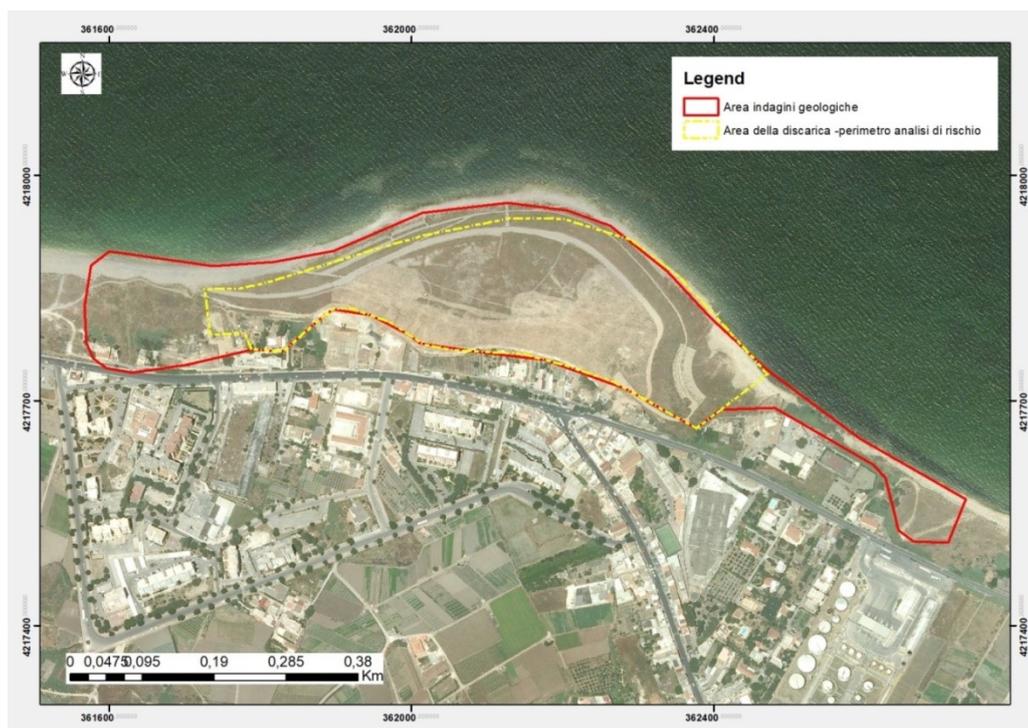


Figura 3 . Area indagini geologiche

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

3 RILIEVO BATIMETRICO E MORFOLOGICO DELLA SPIAGGIA SOMMERSA E DELLE CORRENTI MARINE

A seguire, inquadrata l'area da indagare (cfr. paragrafo 2), si riportano le metodologie e le procedure da seguire facendo anche riferimento alle attrezzature necessarie affinché il risultato atteso sia quello ottimale.

3.1 Indicazioni preliminari

Si prevede il rilievo batimetrico per **un tratto di costa di circa 2.000 m, fino a una profondità di circa 300 m dalla costa in modo da indagare sino alla batimetrica - 12 m**, con asse baricentrico rispetto all'area oggetto di intervento, al fine di disporre di un dataset batimetrico (oltre che topografico) completo per un'esaustiva analisi modellistica dei particolari fenomeni idrodinamici (*focusing energetico*) che si instaurano in detta area, tenendo conto delle esistenti strutture di protezione costiera.

Per quanto attiene ai rilievi topo-batimetrici di dettaglio è auspicabile l'impiego combinato di:

- un **Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR)** per la parte topografica, mediante la tecnica dello *Structure From Motion*;
- un **Sistema Multi Beam Echo Sounder (MBES)** per la parte batimetrica, da installare sia su un'imbarcazione che su sistema ASV (*Automatic Surface vehicle*) da impiegare in acque a ridotto pescaggio o difficilmente raggiungibili da imbarcazione.

Tutti i rilievi dovranno essere svolti nel pieno **rispetto del Disciplinare Tecnico per la standardizzazione dei rilievi Idrografici**, edito dall' **Istituto Idrografico della Marina Italiana** e saranno **eseguiti da Idrografi di Classe A** con mezzo nautico conforme alla vigente normativa di riferimento.

3.2 Elaborazione dati fotogrammetrici, creazione modello digitale ed estrazione della nuvola di punti

I fotogrammi acquisiti dal volo drone saranno importati e processati con apposito software (*PIX4D o similare*) che, attraverso una serie di passaggi di processing, consentirà di estrarre la nuvola di punti e il modello digitale del terreno, entrambi georeferenziati, sui quali generare curve di livello sovrainposte all'ortofoto.

L'impiego del sistema RTK e la verifica dei punti con i grigliati GK2 consentiranno di **referire tutte le misurazioni svolte al Livello Medio Mare (L.M.M.)**; analogamente la linea di costa, che potrebbe risultare frastagliata e interessata da numerosi artefatti in quanto naturalmente soggetta al moto ondoso, in fase di post-processing sarà sottoposta ad **apposite operazioni di filtraggio e di rettifica cartografica** per renderla quanto più possibile conforme allo stato reale.

3.3 Restituzione cartografica e risultati

I risultati del rilievo saranno processati ed interpretati al fine di produrre un'**accurata cartografia rappresentativa dell'area investigata**.

I principali parametri geodetici utilizzati per la restituzione dei dati sono:

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Datum	WGS84
Proiezione	UTM
Zona UTM	33 N
Falso Est	500000
Falso Nord	0
Meridiano centrale	15° EST
Fattore di scala	0.9996

I risultati ottenuti dalla combinazione tra i dati restituiti dal rilievo MultiBeam e dal drone consentiranno di avere un **unico grid di riferimento XYZ** che potrà essere esportato in vari formati per l'impiego in ambiente sia CAD che BIM. I dati saranno inoltre perfettamente gestibili in ambiente GIS.

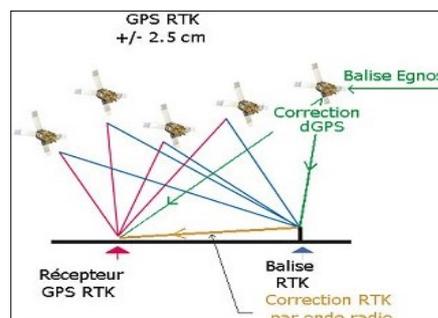
La cartografia riporterà tutte le indicazioni di progetto, le informazioni geodetiche utilizzate, gli offset e tutte le informazioni necessarie per la corretta leggibilità dell'elaborato grafico.

3.4 Sistema di posizionamento superficiale e piattaforma inerziale

Il posizionamento e la correzione dei movimenti dell'unità da impiegare per i rilievi marini, dovrà essere garantita da una specifica piattaforma inerziale di ultima generazione che consenta di avere un **sistema di posizionamento GPS RTK** con precisione centimetrica, un **sistema di correzione di Pitch, Roll e Heave** e una **girobussola**, tutto integrato e con risoluzione angolare accuratissima (nella figura a lato è rappresentato uno dei sistemi allo stato dell'arte, l'**Applanix Pos Mv Wavemaster**).



Il **Sistema di posizionamento globale (GPS)** infatti definisce un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile che, attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in orbita, fornisce a un terminale mobile o ricevitore GPS informazioni sulle coordinate geografiche, in ogni condizione meteorologica, ovunque sulla Terra o nelle sue immediate vicinanze ove vi sia un contatto privo di ostacoli con almeno quattro satelliti del sistema (vedi figura a lato). La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore, con un grado attuale di accuratezza dell'ordine dei metri.



Per le indagini in oggetto, vista la **necessità di una risoluzione sia orizzontale che verticale di pochi centimetri**, si auspica l'impiego di un sistema RTK costituito da un gps Base (da installare in corrispondenza di un caposaldo certo e comunque collegato alla

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

rete Geodetica Nazionale del Istituto Geografico Militare) e un GPS Rover da installare sul natante e che riceve le correzioni dalla base in real time.

Il segnale RTK ricevuto in modalità RTCM, permetterà l'esecuzione di rilievi RTK di precisione centimetrica tramite ricezione del segnale di correzione direttamente sul dispositivo. In tal modo, ricevendo la correzione dal GPS Base, si sarà garantito il risultato finale di avere in real time i dati di posizione corretti con precisione centimetrica, sia sul piano orizzontale che su quello verticale, consentendo così la correzione delle variazioni di marea direttamente in fase di acquisizione delle stesse.

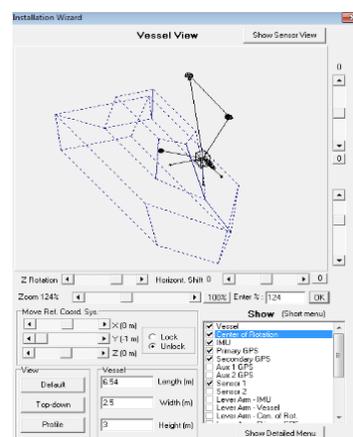
In particolare, utilizzando un software di acquisizione dei dati batimetrici come il QPS QINSy (o similare), il modulo di geodesia ivi presente consentirà l'inserimento della differenza fra la quota ellissoidica e la quota ortometrica di un caposaldo IGMI (Istituto Geografico Militare Italiano) prossimo alla zona da investigare, in modo da riportare e verificare tutte le quote al livello medio mare, conformemente agli standard dell'Istituto Idrografico della Marina Italiana.

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione dovrà essere garantita da una specifica suite idrografica (QPS QINSy o similare), a sua volta interfacciata via LAN con una piattaforma inerziale (ad esempio la INS Applanix). La piattaforma generalmente consiste in un sistema di navigazione inerziale assistito da una coppia di ricevitori GNSS (GNSS Aided Inertial Navigation System) ad altissime prestazioni, che permette una precisa georeferenziazione di rilievi idrografici fornendo una soluzione a sei gradi di libertà: latitudine, longitudine, quota, rollio, beccheggio, heading, heave e sincronia temporale.

Il sistema Applanix succitato, progettato specificamente per fornire dati di posizione e compensazione di assetto per sonar multibeam, integra tutti i componenti necessari per controllare il posizionamento e l'assetto dell'imbarcazione (Gyro, MRU e GNSS), consentendo precisioni superiori, installazioni semplici e veloci e assenza di errori di sincronia. L'integrazione dei vari componenti sfrutta la tecnica "Tightly Coupled" che consente, tra le altre cose, di mantenere le informazioni di posizione e assetto anche in caso di totale o parziale assenza momentanea di satelliti.

L'MRU (Motion Reference Unit), integrato al sistema, garantisce la correzione dei movimenti di roll, pitch e heave dell'imbarcazione. Tale sistema, dispone di un'apposita funzione di autocalibrazione interna che corregge gli offset di installazione, rendendo il sistema quanto più performante possibile.

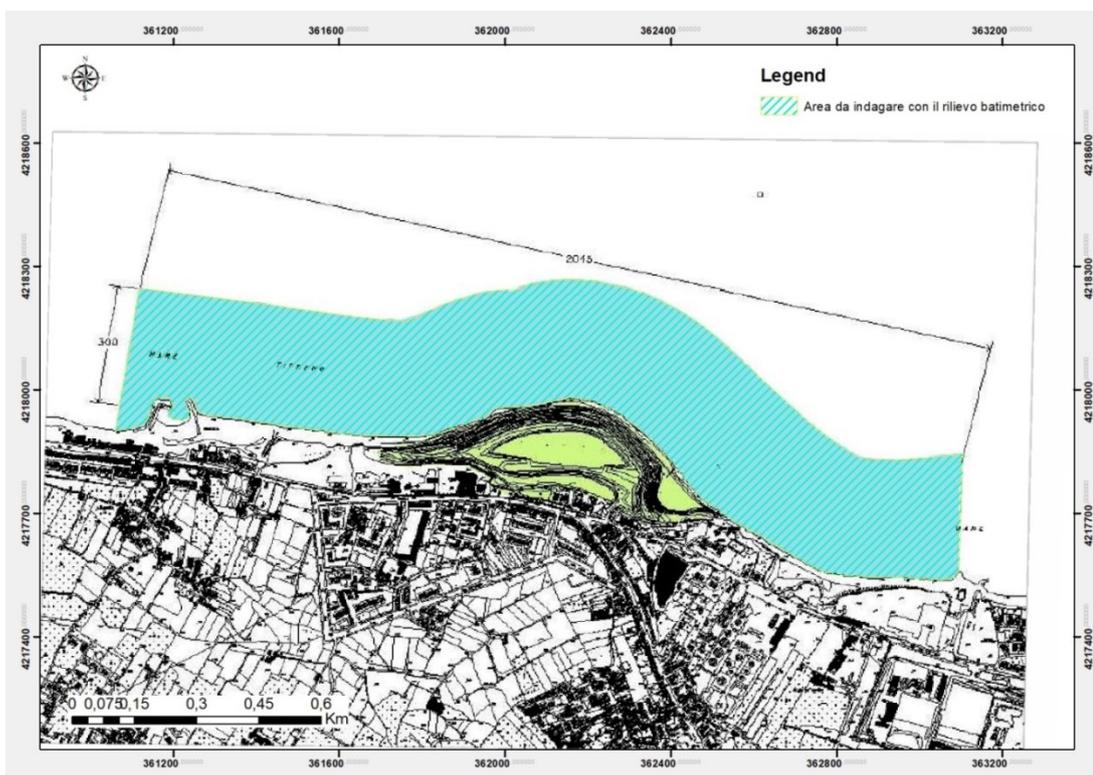
Al fine di ridurre al minimo gli errori di disallineamento dovuti all'installazione degli strumenti, in fase di montaggio occorrerà procedere con un controllo metrologico tramite



RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Accertato il corretto funzionamento del sistema, il passo successivo sarà quello di generare un piano di navigazione ottimale per coprire interamente l'area da rilevare. Il piano di navigazione da seguire nell'area di indagine sarà preventivamente inserito nel software di navigazione in modo da essere visualizzato durante le operazioni di acquisizione, facilitando così la guida in rotta dell'imbarcazione e garantendo una statistica in real time di quanto acquisito o ancora da acquisire.



3.5 Sistema multibeam echosounder (MBES)

Per l'esecuzione del rilievo batimetrico si impiegherà preferibilmente un **ecoscandaglio multifascio (MBES)** con caratteristiche tecniche idonee per la tipologia di rilievi in oggetto. Il sistema MBES è costituito da un corpo esterno in alluminio che va in acqua e rappresenta la parte acustica dello strumento (installato con l'impiego di una flangia in acciaio su un apposito palo), sul quale sono montati:

- il trasduttore
- l'idrofono
- una unità elettrica rappresentata dalla *power unit (PU)* che converte il segnale acustico in impulso elettrico visualizzando sul monitor un sonogramma.



RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

La PU a sua volta è collegata via LAN con un PC sul quale è installato specifico software idrografico, con il compito di gestire i dati acquisiti e interfacciarli con i dati ricevuti dalle altre periferiche, oltre a effettuare la visualizzazione e il controllo dei dati in tempo reale.

Così come per il sistema di posizionamento superficiale, anche per il Sistema MBES è previsto, propedeuticamente all'inizio delle operazioni di rilievo, un controllo metrologico a mezzo Total Station o Laser Scanner.

Il *trasduttore* del sistema generalmente installato mediante flangia e palo in acciaio inox, in corrispondenza di una murata dell'imbarcazione, utilizzando un sostegno in acciaio inox in grado di garantirne la stabilità nella posizione (*vedi figura a lato*).

Installato il trasduttore, dovrà essere eseguito un classico *bar-check* a bordo (a mezzo di apposito peso collegato a rullina metrica al fine di verificare la corretta lettura dei valori di profondità) e un *setting* dei valori di gain, TVG e range, finalizzati a rendere quanto dettagliati e "puliti" possibile i dati acquisiti.

Il range laterale usato per le operazioni, variabile a seconda della profondità riscontrata, sarà impostato sempre in maniera tale da consentire un *overlap* di copertura tra linee adiacenti, al fine di garantire la **copertura completa di acquisizione dell'intera area di interesse**.

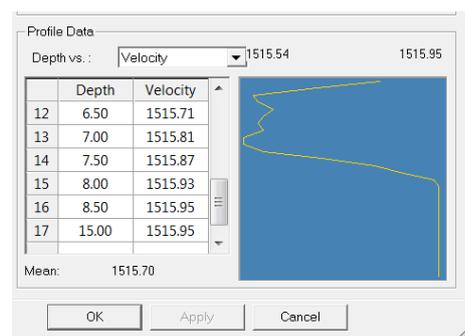
All'inizio delle operazioni di misura e a ripetizione con intervalli di almeno 6 ore, sarà misurato il **profilo della velocità del suono** per la correzione del fascio acustico del sistema MBES (*Beam Forming*), attraverso un *profilatore (CTD-SVP)*, capace di effettuare la misura acustica diretta con intervallo di profondità pari a 0,50 m e fino alla massima profondità raggiungibile nell'area di interesse.

Inoltre, al fine di avere sempre una correzione in real time del beam forming, in prossimità del trasduttore del MBES verrà installata una sonda svx che invierà in modo continuo il valore di velocità del suono.

Installati tutti i componenti strumentali ed eseguiti tutti i controlli pre-work a mezzo di apposite "*Activity Check List*", si potrà procedere alla esecuzione delle operazioni di calibrazione del sistema MBES, necessarie per compensare il disallineamento tra il sensore di orientamento, il sensore di assetto e il trasduttore.

Seguendo le specifiche del costruttore del sistema, le calibrazioni dovranno essere eseguite su una zona con fondale parzialmente piatto e parzialmente inclinato, secondo la seguente fasistica:

- percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale piatto e calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione perpendicolare alla linea si effettuerà la **compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di rollio (Figura 5)**;
- percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale inclinato e calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione



RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

parallela alla linea si effettuerà la **compensazione dell'inclinazione del trasduttore rispetto al piano di beccheggio** (Figura 6);

- localizzato un oggetto ben definito sul fondo (*outcrop*) e percorrendo due linee adiacenti in direzione opposta, il valore di calibrazione risultante rappresenterà la correzione angolare necessaria per ottenere la corrispondenza dell'oggetto nella visione in pianta, ottenendo così la **compensazione della deviazione in azimuth tra la girobussola ed il trasduttore** (Figura 4)
- la **correzione di marea** avverrà in tempo reale, già in fase di acquisizione; a tal fine si registreranno sia i valori di altezza ellissoidica (come richiesto dal disciplinare tecnico dell'Istituto Idrografico della Marina Italiana – I.I. 3176, ed.2016) che i valori stessi di marea, grazie al corretto setting applicato nel software di acquisizione dati impiegato e di cui è riportata una schematizzazione semplificata in Figura 5.

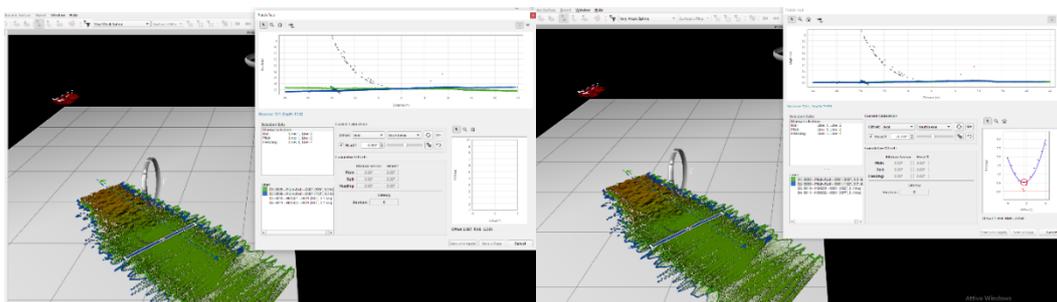


Figura 4 Calibrazione rispetto al piano di rollio: a sinistra "roll" non corretto, a destra valori calibrati

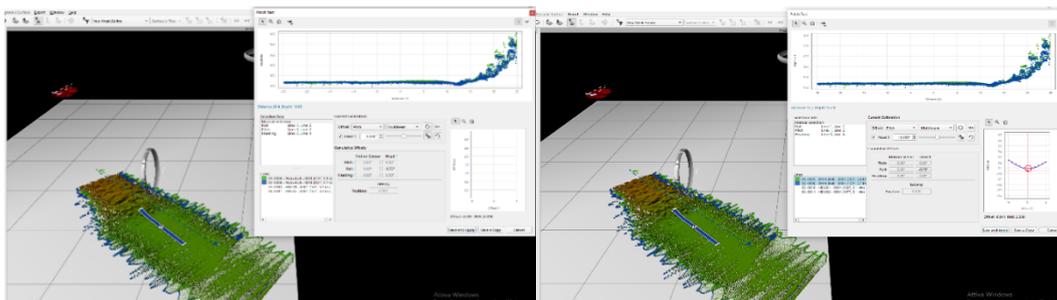


Figura 5 Calibrazione rispetto al piano di beccheggio: a sinistra "pitch" non corretto, a destra valori calibrati

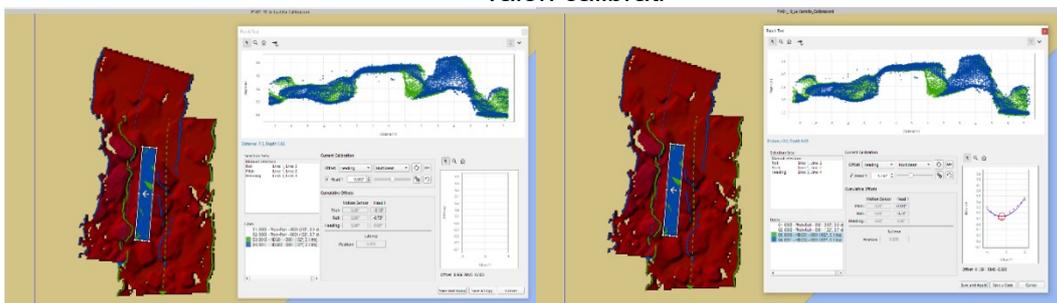


Figura 6 Calibrazione del sistema: a sinistra "heading" non corretto e a destra dopo la correzione

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

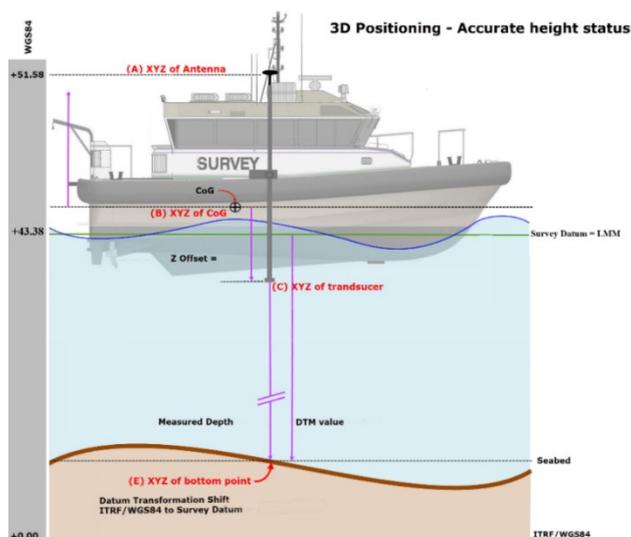


Figura 7 Schema della verifica degli offsets con misurazioni degli offset per l'applicazione della correzione di marea in Rtk

L'acquisizione dei dati batimetrici dovrà essere effettuata a copertura completa nell'intera area di indagine con un **overlap mai inferiore al 30%**, ad eccezione di alcune porzioni in cui il basso fondale potrebbe rendere difficoltoso e non in linea con gli standard di sicurezza l'impiego dell'imbarcazione. In tal caso, per dare continuità al rilievo batimetrico, si farà uso di un **sistema ASV (Autonomus Surface Veichle)** su cui installare lo stesso spread strumentale (MBES-Applanix, ecc.) che consenta di eseguire il rilievo batimetrico anche nelle zone a ridotto pescaggio, come descritto al successivo paragrafo 3.6.

3.6 Sistema Autonomo di Superficie (ASV)

Per l'esecuzione del rilievo batimetrico in aree a ridotto pescaggio o di difficile navigabilità per una imbarcazione, potrà essere impiegato un **sistema di navigazione alternativo di superficie autonomo (ASV)** costituito da due tubolari idrodinamici montati insieme tramite un telaio in alluminio su cui viene installata la strumentazione necessaria allo scopo; l'unità dotata di due motori elettrici subacquei (*thruster*) a controllo elettronico, il che rende il sistema operabile anche all'interno di aree marine protette o soggette a vincoli naturalistici. Il sistema risulta costituito da due componenti principali: l'**unità Rover** ovvero la piattaforma mobile su cui si installano i sistemi di acquisizione e una **Ground Station** a terra da cui si ha il pieno controllo del veicolo e dei sistemi di acquisizione, sia in remoto che in tempo reale. Il collegamento fra la stazione a terra e il veicolo è garantito sia da una connessione dedicata mediante radio modem Wi-Fi operante su doppia banda 2.8 – 5.4 Ghz (normalmente impiegata dove non si ha un'adeguata copertura internet) sia da una connessione telefonica. Entrambe le tipologie di collegamento offrono la possibilità di gestire le fasi di acquisizione in tempo reale, permettendo tutte quelle operazioni che normalmente l'operatore svolge direttamente a bordo dell'imbarcazione. Inoltre, sempre grazie al network dedicato, vi è la

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

possibilità di prelevare i dati registrati e di poterne avere una copia di *back-up* ancora prima di aver completato la missione.

Questa modalità di acquisizione dati è indispensabile in corrispondenza delle barriere soffolte e di altre emergenze subacquee sulle quali sarà difficile impiegare imbarcazioni con pescaggio normale.

Il sistema, oltre all'esecuzione del rilievo in modo autonomo previa generazione di un piano di navigazione (Figura 8), offre la possibilità di intervento umano tramite *radio-controller*, al fine di operare in piena sicurezza.



Figura 8 Tipologia di Sistema ASV in fase di mobilitazione e in fase operativa



Figura 9 Control Ground Station e creazione del piano di navigazione da usare per i rilievi

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

La fase conclusiva dei rilievi batimetrici a mezzo sistema MBES, dovrà essere svolta utilizzando un apposito modulo di post-processing del software di acquisizione dei dati che consenta di operare un'approfondita valutazione dei dati secondo tre passaggi fondamentali:

- correzione della posizione, mediante un modulo che definisca i criteri base per la selezione automatica dei dati anomali (spikes) dovuti a salti del sistema di posizionamento e permetta di intervenire manualmente per eliminare registrazioni non accurate;
- correzione della profondità, mediante un modulo che applichi all'intero dataset la compensazione di marea;
- controllo statistico dei dati, basato sulla definizione di una serie di parametri e regole empiriche utili per l'estrazione di un dataset di misure affidabili.



I dati batimetrici così controllati e filtrati saranno elaborati al fine di ottenere un **modello digitale del fondo (DTM)** consistente con la risoluzione del rilievo e adeguato alla scala di rappresentazione richiesta.

Nel caso in esame, si prevede la **realizzazione di un grid con risoluzione di 0.25 x 0.25 m, combinato con il grid ricavato dal rilievo SAPR per la parte emersa**, al fine di fornire un unico dataset su cui poter eseguire tutte le modellazioni numeriche, oltre a permettere la generazione di una specifica cartografia tematica.



Figura 10. Esempio di restituzione attesa

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

3.7 Rilievo correnti marine.

Per quanto riguarda i rilievi sulle correnti marine nell'ambito delle indagini batimetriche saranno reperiti i seguenti dati:

- regime delle maree registrati dalla stazione mareografica della Rete Mareografica Nazionale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) di Palermo);
- condizioni meteomarine (moto ondoso e regime anemologico) al largo del paraggio acquisite dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova con serie temporale certa delle condizioni meteomarine;

Dati che consentiranno di redigere uno studio correntometrico ed un modello matematico da utilizzare per il dimensionamento degli interventi progettuali.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

4 RILIEVO TOPOGRAFICO, CON DRONE, DELLA LINEA DI COSTA E DELLA SPIAGGIA EMERSA

Il Rilievo topografico sarà realizzato, con drone, e con le opportune strumentazioni a terra riguarderà la ricostruzione della linea di costa e della spiaggia emersa per una superficie di circa 25 ettari. Il livello di precisione della fotorestituzione tramite SW SFM sarà pari a 5 cm. Il rilievo topografico riportato in DWG sarà rappresentato secondo una griglia regolare secondo le coordinate metriche indicate dalla committenza (UTM, Gauss boaga). Sarà prodotta la seguente documentazione:

- - 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),

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

5 INDAGINI GEOLOGICHE

5.1 Sondaggi geognostici e prove di laboratorio geotecnico

Si prevede l'esecuzione di n. 21 sondaggi geognostici profondi m 20,00, per un totale di m 420,00 di carotaggio continuo da eseguirsi con carotiere semplice o doppio secondo le necessità. Si prevede inoltre di realizzare in seguito al parere ARPA Sicilia ulteriori 3 sondaggi spinti sino ad una profondità di 3 metri dal p.c. per, quindi, un totale di ulteriori 9 m di carotaggio continuo. Si prevede un'aliquota di carotaggio con l'ausilio di corone diamantate per l'attraversamento di strati di roccia tenace (nella fattispecie calcareniti). Inoltre durante l'esecuzione dei sondaggi:

- verranno prelevati n. 60 campioni in totale di terreni e rocce (indisturbati e rimaneggiati) da sottoporre a prove ed indagini di laboratorio;
- verranno eseguite n. 40 prove SPT, atte alla caratterizzazione insito dei terreni;
- verranno eseguite n. 2 prove di permeabilità.

Inoltre n. 5 sondaggi verranno attrezzati con piezometro a tubo aperto al fine della rilevazione dei livelli di falda, per un totale di n. 5 rilievi di falda successivi alla conclusione dei lavori di geognostica. **La disposizione dei sondaggi è stata definita in coerenza con quanto indicato nei documenti di gara e in modo da riscontrare l'osservazione ARPA Sicilia del 09.02.2022 prot. 006856.**

Disposizione sondaggi: obiettivi attesi

Verifica delle caratteristiche geotecniche e sismostratigrafiche dell'area, verifica della presenza di falda per la ricostruzione della carta idrogeologica

I campioni prelevati nel corso dei sondaggi verranno sottoposti a prove atte alla caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi indagati.

Le perforazioni saranno eseguite mediante carotaggio continuo a secco, evitando il surriscaldamento del terreno e limitando l'uso di acqua non contaminata come fluido di perforazione solo nel caso in cui si verifichi l'impossibilità di procedere all'infissione a secco. La velocità di rotazione dovrà sempre essere moderata, in modo da limitare l'attrito tra suolo e attrezzo campionatore e, ad ogni manovra di al massimo di un metro, dovrà seguire l'infissione del rivestimento.

Si prevede di realizzare i piezometri messi in opera con una colonna di tubi in PVC rigido del diametro di 4" e saranno posti in opera entro un foro rivestito con una tubazione provvisoria di diametro utile (152 mm).

I piezometri raggiungeranno la profondità massima di 20 m dal p.c.. Le profondità di esecuzione dei sondaggi potranno subire variazioni sulla base di quanto effettivamente riscontrato in fase di perforazione.

Le perforazioni attrezzate a piezometro verranno completate posizionando, nel tratto di intersezione con l'acquifero, appositi filtri e pre-filtri in grado di trattenere le componenti solide più fini della roccia serbatoio, prevenendo l'intasamento delle micro-fessure del tubo in PE e la conseguente perdita di efficienza della captazione. Il filtro dovrà prevedere una percentuale di fessure almeno doppia rispetto al valore della porosità efficace dell'acquifero

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

intercettato. Un buon pre-filtro ambientale è costituito usualmente da ghiaietto a granulometria uniforme di natura silicea. Il filtro andrà esteso per 1,0 m al di sopra della sommità del tratto fenestrato. All'interno dello spazio anulare compreso tra il tubo piezometrico e le pareti del foro andrà prevista, successivamente all'immissione del ghiaietto, la posa in opera di sabbia per uno spessore di 0,2 m al di sopra del dreno, sormontata da un setto impermeabile di bentonite per lo spessore di 0,5 m, ultimando l'operazione con il riempimento dell'intercapedine fino alla superficie con miscela di cemento e bentonite (1,8 kg/L) per isolare il manto drenante, evitare l'eventuale infiltrazione di acque dalla superficie e rendere solidale il piezometro con le pareti del foro.

Prima di effettuare qualsiasi tipo di cementazione, andranno eseguite le operazioni di spurgo, in modo da permettere al ghiaietto di assestarsi all'interno dello spazio anulare esterno al tubo piezometrico. Lo spurgo sarà eseguito per eliminare i residui di perforazione; le acque da esso derivanti sono considerate rifiuti e, pertanto, andranno gestite conformemente alla normativa vigente.

Le attrezzature di perforazione, venute in contatto con il terreno potenzialmente contaminato, verranno lavate e pulite, ove necessario, tra un sondaggio e l'altro e, se necessario, tra una manovra e l'altra al fine di evitare possibili fenomeni di contaminazione incrociata. I liquidi derivanti da questa operazione devono essere raccolti in vasche di idonea volumetria e successivamente trasferite su cisternette o cisterna scarrabile per essere smaltite coerentemente alle previsioni normative sui rifiuti.

Le perforazioni saranno eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti estranei, con l'adozione dei seguenti accorgimenti:

- rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate;
- uso di rivestimenti, corone e scarpe non verniciate;
- eliminazione di gocciolamenti di olii dalle parti idrauliche;
- pulizia dei contenitori per l'acqua.

Le carote ottenute dovranno essere riposte in cassette catalogatrici ognuna a 5 scomparti da 1 m, identificate e fotografate. L'affidataria provvederà a riunire le cassette catalogatrici in un luogo protetto, evitando che le stesse siano esposte ad agenti atmosferici, dove saranno custodite sino all'approvazione degli esiti della caratterizzazione, prima di essere smaltite ad onere e cura della stessa Affidataria.

Poiché i piezometri costituiscono una via di accesso diretto al sottosuolo e alla falda acquifera, per scongiurare il pericolo di ingresso di contaminanti o materiali estranei ciascuna testa pozzo sarà adeguatamente protetta. La bocca-pozzo sarà posta a quota circa 0,2 m superiore rispetto al p.c., per impedire l'ingresso di acque di ruscellamento. La testa dei pozzi andrà protetta con idoneo cappellotto colorato, prevedendo la chiusura con lucchetto da consegnare alla Committenza alla conclusione delle attività.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

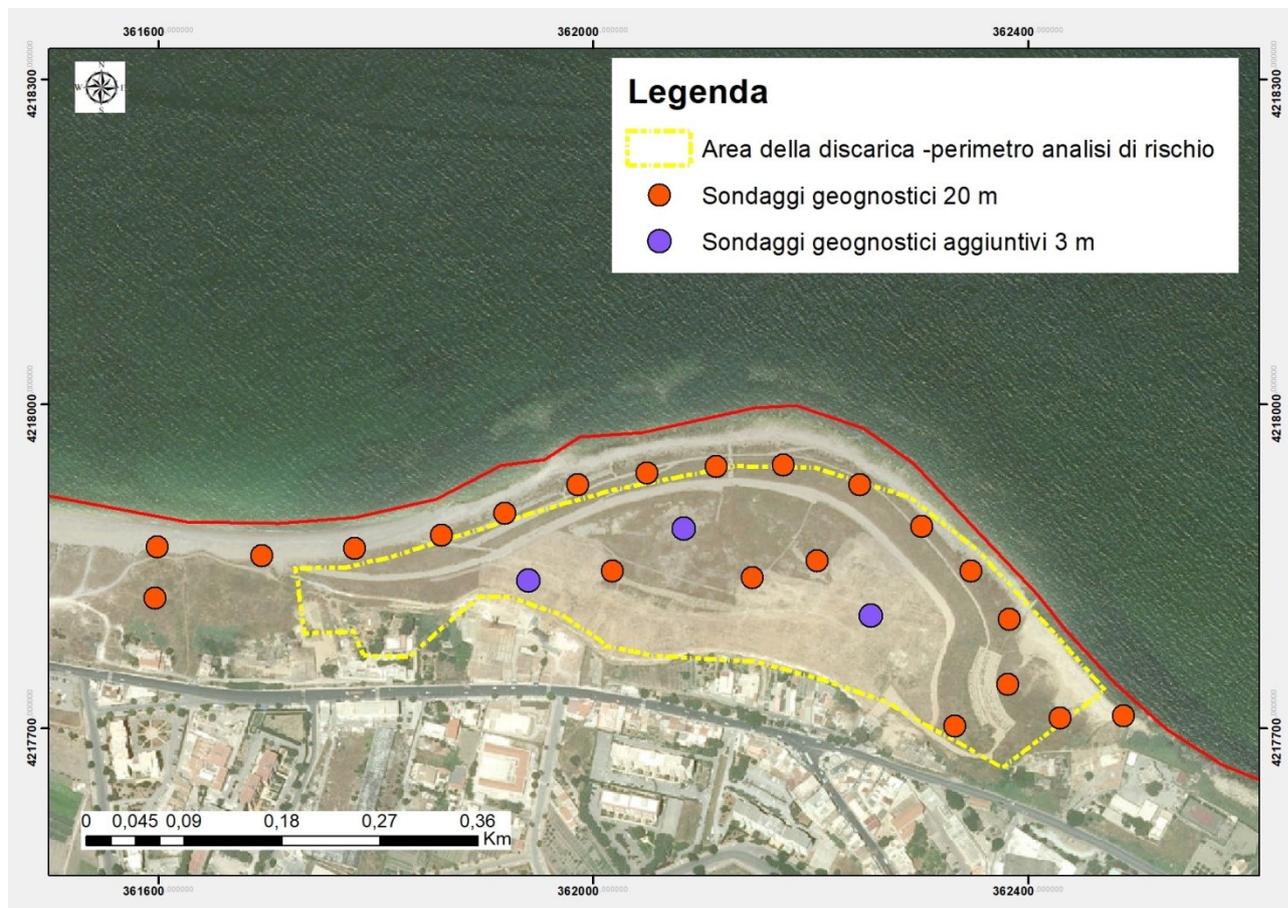


Figura 11 . Disposizione sondaggi geognostici

5.2 Indagini indirette

5.2.1 Tomografie elettriche

Descrizione del metodo geoelettrico

Il metodo geoelettrico con misura di resistività si basa sulla misura della resistenza elettrica opposta dal terreno al passaggio di una corrente elettrica appositamente prodotta mediante l'ausilio di un apparato energizzante che invia corrente con una certa potenza ad appositi elettrodi infissi nel terreno. Il potenziale elettrico generato dal campo così prodotto, viene misurato utilizzando altre coppie di elettrodi mediante l'uso di un potenziometro di alta precisione. Conoscendo la posizione degli elettrodi di corrente rispetto a quelli in cui viene misurata la differenza di potenziale (elettrodi di potenziale) sarà possibile calcolare la resistività apparente del terreno. Nel metodo multielettrodo si dispone di un adeguato numero di elettrodi che vengono alternativamente utilizzati sia come elettrodi di corrente che come elettrodi di potenziale, in modo da ottenere un

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

elevato numero di misure di resistività disposte lungo un allineamento in varie posizioni e profondità, in maniera da costruire dei profili di resistività apparenti.

Metodologia di acquisizione

Per tutte le stese elettrodiche realizzate dovranno utilizzati quattro canali di acquisizione simultanea dei valori di potenziale, energizzando su due elettrodi di corrente ed effettuando ogni lettura di potenziale generato su quattro coppie di elettrodi con dispositivo dipolo-dipolo, dove le coppie di elettrodo (corrente e potenziale) sono tra loro latitanti, con il punto di misura posto sul centro simmetrico tra le coppie di misura. Questo dispositivo è particolarmente sensibile al rilievo delle variazioni laterali di resistività. Le misure di campagna sono da realizzarsi in maniera automatica, ma con il costante controllo dei dati che saranno acquisiti. La disposizione multielettrodica dovrà permettere, in fase di elaborazione, di operare a software al fine del calcolo delle resistività reali di ogni singola stesa elettrodica (inversione 2D), tale da fornire informazioni sulle resistività reali dei terreni per modelli bi-dimensionali (tomografie di resistività) per le misure eseguite in linea agli stendimenti.

Elaborazione

Il passaggio dai valori di resistività apparente, misurati in campagna, a modelli bi-dimensionali di resistività e caricabilità reale del terreno, da eseguirsi tramite l'inversione dei dati utilizzando appositi software. L'inversione consiste nel produrre dei modelli di resistività e caricabilità reale ipotetici su cui vengono calcolati dei valori sintetici di resistività apparenti in relazione al tipo di array utilizzato.

Disposizione delle geoelettriche: obiettivi attesi

La disposizione delle indagini geoelettriche è stata stabilita in modo da poter ricostruire l'abbanco dei rifiuti ottenendo informazione sia la sua estensione spaziale che sulla geometria di abbanco. Le informazioni sulla caricabilità dei terreni date dalle indagini con la tecnica della polarizzazione indotta dovrebbero dare delle informazioni per la ricostruzione delle dinamiche di migrazione del percolato. Attraverso le indagini sarà ricostruito un modello di georesistività e caricabilità in cui saranno riportate delle aree con valori anomali (maggiore caricabilità e/o minore resistività) su cui andare a sviluppare le indagini dirette.

5.2.2 Stese sismiche

Indicazioni metodologiche

Le differenze elastiche dovute alle frequenti variazioni litologiche, determinano variazioni di velocità delle onde sismiche con gradienti spesso molto elevati, sia in senso verticale che laterale. Le prospezioni sismiche dovranno essere realizzate con un numero di canali d'acquisizione pari ad almeno 24, adottando una spaziatura intergeofonica compresa fra 2 e 5 m. Dovrà essere effettuato, per ciascun stendimento, un congruo numero di punti di energizzazione (shots), per la cui precisa ubicazione si rimanda ai modelli di velocità allegati. Per meglio apprezzare le variazioni laterali di velocità dovrà essere eseguita un'elaborazione tomografica tramite un processo d'inversione dei dati (WET).

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

I dati acquisiti dall'elaborazione dei sismogrammi costituiscono i primi tempi d'arrivo degli impulsi sismici longitudinali (onde di compressione) ai vari geofoni dello stendimento. Il metodo d'interpretazione da utilizzare è del tipo tomografico, che consente di evidenziare, in maniera migliore, eventuali variazioni laterali di velocità.

I risultati dell'elaborazione saranno presentati in forma grafica nei seguenti elaborati:

- Modello di velocità: rappresenta il risultato ottimale ottenuto; le velocità sono rappresentate in scale cromatiche comprese tra il minimo ed il massimo valore determinato.
- Percorso dei raggi sismici: consente di verificare il percorso dei raggi sismici e, conseguentemente, la copertura raggiunta. Anche in questo caso la rappresentazione è ottenuta utilizzando una scala cromatica.
- Diagramma delle dromocroni: visualizza le dromocroni misurate in campagna con quelle calcolate (cross).

Disposizione indagini sismiche: obiettivi attesi

La disposizione delle indagini sismiche prevede che le stese si sviluppino nella zona di bordo del corpo della discarica in modo da poter indagare in accoppiata con le indagini geoelettriche l'andamento del limite dell'abbanco principale. Le stese sono sviluppate in parte all'interno ed in parte all'esterno indagando così l'andamento spaziale e in profondità del contrasto di impedenza sismica tra terreni e rifiuti. Inoltre sarà condotta su una stesa un'indagine tipo MASW in modo da verificare la categoria di suolo relativa alle amplificazioni sismiche attese.

5.2.3 Indagine georadar

Il metodo georadar (GPR) si basa sulla proprietà dei terreni di trasmettere onde elettromagnetiche ad alta frequenza e misura il tempo di andata e ritorno di tali onde quando esse vengono riflesse da una superficie di discontinuità elettromagnetica. Lo strumento invia, mediante un'antenna, un impulso multifrequenza nel suolo da indagare. Quando le onde elettromagnetiche incontrano sul loro cammino una discontinuità fisica che comporti una diversa velocità di propagazione, parte dell'energia incidente viene riflessa e ritorna all'antenna, generando un impulso di forma simile a quello trasmesso, anche se distorto in frequenza e fase. La banda di frequenze utilizzate può variare tra 50 e oltre 3000 Mhz; la scelta entro tale intervallo di possibilità dipende dal dettaglio che si vuole ottenere e dalla profondità da indagare, perché la frequenza è direttamente proporzionale al potere risolutivo ed inversamente proporzionale alla profondità di indagine. Il risultato finale di una scansione radar è costituito da una serie di segnali nel dominio del tempo, che definiscono la successione degli orizzonti attraversati e la loro posizione verticale, dipendente dalle velocità di propagazione delle onde nei materiali attraversati. In generale, escludendo la permittività magnetica in quanto poco variabile, la propagazione degli impulsi elettromagnetici nel sottosuolo, in termini di velocità e assorbimento, dipendono dalla costante dielettrica relativa e dalla conducibilità elettrica; il crescere di quest'ultima, in particolare, è causa dell'assorbimento del segnale che

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

viene rapidamente dissipato in calore, con conseguente diminuzione della profondità di investigazione.

Considerate le finalità dell'indagine, l'indicazione è di utilizzare un'antenna centrata sulla frequenza di circa 450 Mhz, in maniera da avere un buon grado risolutivo e mantenere una profondità di investigazione teorica di circa 2.5 - 3.0 metri. È necessario adottare una tecnologia che consenta di investigare con elevata risoluzione gli oggetti più superficiali e, al contempo, raggiungere maggiori profondità di investigazione nella parte dello spettro a più bassa frequenza.

Il processo d'elaborazione dovrà avere come risultato la ricostruzione di modelli bi-dimensionali, che consentono d'individuare le anomalie associabili ad interfacce di contatto tra terreni con caratteri elettromagnetici differenti e, soprattutto, ad intercettare oggetti sepolti, definendone la profondità e la forma indicativa.

5.2.4 Indagine magnetometriche

Descrizione del metodo magnetico. Il metodo magnetico si basa sulla misura delle variazioni localizzate del Campo Magnetico Terrestre (CMT) o del suo gradiente, provocate dalla presenza di oggetti sepolti che interferiscono con il campo naturale in quanto possiedono proprietà magnetiche differenti rispetto al terreno che li ingloba.

Le variazioni, o anomalie magnetiche, che vengono rilevate riflettono la differenza esistente tra la suscettività magnetica (proprietà caratteristica degli elementi) delle diverse formazioni/strutture presenti e la suscettività media del terreno che le contiene.

Le anomalie osservabili, sono in genere di due tipi:

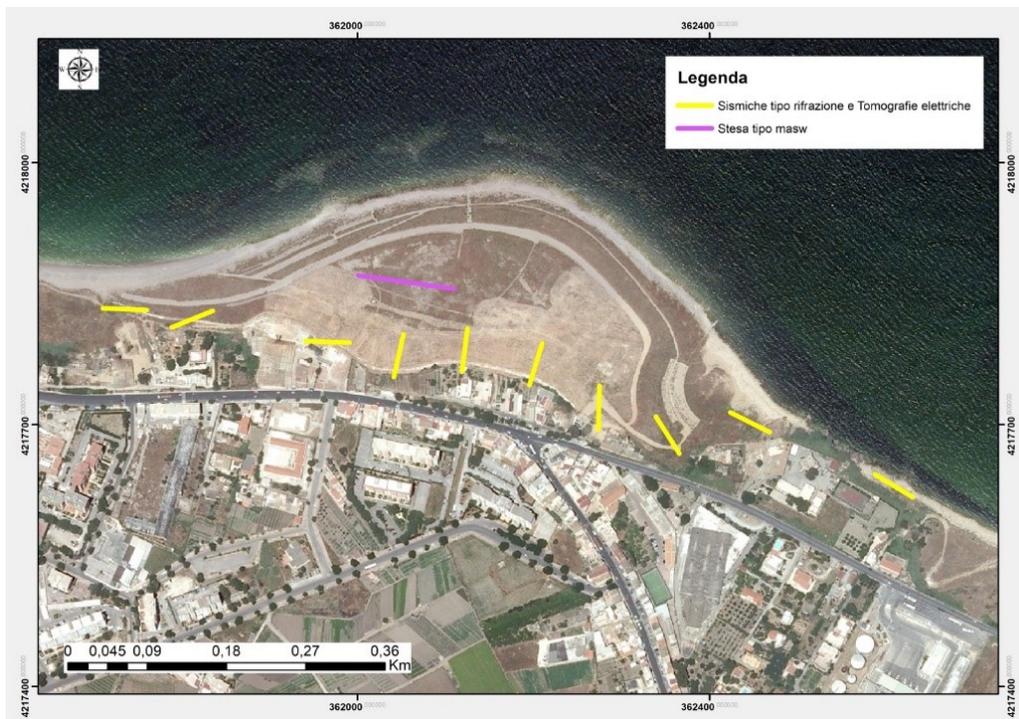
- dovute a variazioni della suscettività magnetica di elementi interrati non ferromagnetici (con suscettività magnetica di minima entità positiva o negativa) rispetto al terreno che le contiene. L'anomalia dovuta ad un muro in elementi lapidei in questo caso è negativa in quanto il suolo ha una maggiore suscettività magnetica degli elementi lapidei che costituiscono la struttura; lo stesso accade in corrispondenza di cavità, quale una tomba ecc.;
- anomalie magnetiche positive molto intense sono quelle provocate da oggetti interrati di natura ferromagnetica (ad esempio di ferro). In questo caso l'oggetto determina una forte;
- influenza sul CMT distorcendo il campo naturale. Se l'oggetto ha dimensioni ridotte, geometricamente si produce un'anomalia di carattere dipolare con una zona ad anomalia positiva affiancata da una ad anomalia negativa.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari



Figura 12 . Disposizione indagini magnetometrica e georadar



RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Figura 13 . Distribuzione indagini sismiche e geoelettriche.

6 INDAGINI AMBIENTALI INTEGRATIVE IN OSSERVANZA DELLE PRESCRIZIONI DELLA CDS DEL 14.11.2018

In questo paragrafo sono indicate le indagini per valutare le eventuali emissioni di biogas dall'abbanco della discarica e per la definizione delle concentrazioni dei parametri organostannici nel suolo e sottosuolo, attività prescritte con la Conferenza dei servizi del 14.11.2018 con cui è stato approvato il progetto di fattibilità tecnico ed economico posto a base di gara.

6.1 Indagini soil gas

Le determinazioni in sito di Soil gas saranno effettuate con l'impiego di Analizzatore portatile accoppiato ad una cappa convogliatrice in pvc.

Il sistema dovrà consentire, attraverso una pompa aspirante interna ad elevata prevalenza ed una serie di sensori IR ed elettrochimici, la rilevazione di CO₂, CH₄, CO, O₂, nonché di H₂S e NH₃, dell'indice di esplosività LEL, della T° e della pressione. Una delle più recenti problematiche ambientali riguarda proprio il monitoraggio delle discariche per rifiuti. Oltre al problema legato all'eventuale impatto ambientale e dimensionale, una delle tematiche più di attualità riguarda il monitoraggio dei contaminanti chimici immessi nell'aria o confinati nel sottosuolo.

Le masse formanti rifiuti accumulati nei siti di discariche sono composti per la maggior parte da materiale biodegradabile, composto principalmente da matrici animali e vegetali, da materiale cartaceo e legno.

Tutti questi materiali evolvono in un processo di decomposizione grazie all'ausilio di batteri che avviando tale processo generano i gas presenti in discarica. I gas di discarica sono una miscela di composti estesa, dominata nella fase iniziale da Anidride Carbonica (CO₂), gas principalmente presente in discarica, ma anche da una elevata presenza di Idrogeno. Il Metano si sviluppa dopo l'inizio del processo di decomposizione delle sostanze biodegradabili.

Tutti gli altri gas prodotti dipendono dalla tipologia di rifiuti che sono stoccati e sono diversi a seconda del sito e dal tempo di stoccaggio.

Disposizione indagini tipo soilgas: obiettivi attesi

In relazione all'estensione dell'area possono essere previste 10 misure di soilgas. Si attende dai dati ricavati di conoscere informazioni sulla presenza di un flusso di soilgas, sulla sua intensità e sulla sua composizione.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari



Figura 14. Distribuzione indagini Soil gas.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

6.2 Indagini per la determinazione delle concentrazioni nel suolo e sottosuolo di composti organostannici

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, disposti nell'area in coerenza con le indicazioni presenti nei documenti di gara (fig. 14a) e nel rispetto delle indicazioni espresse da ARPA Sicilia con parere 6856 del 09.02.2022, sarà effettuato un campionamento ambientale dei composti organostannici.

Vista l'indicazione presente in conferenza dei servizi (stralcio verbale riportato in fig. 14b) con cui si chiede di definire "... in maniera puntuale il rischio connesso a vapori da inquinante stagno..." il campionamento sarà indirizzato a determinare la concentrazione dei composti organostannici nel primo metro di suolo (orizzonte suolo superficiale). Nell'area della discarica il campionamento interesserà la copertura terrigena che con continuità è presente al di sopra dell'abbanco. Saranno previsti il prelievo di 24 campioni per la determinazione dei composti organostannici nel comparto Suolo Superficiale 0-1 m dal p.c.

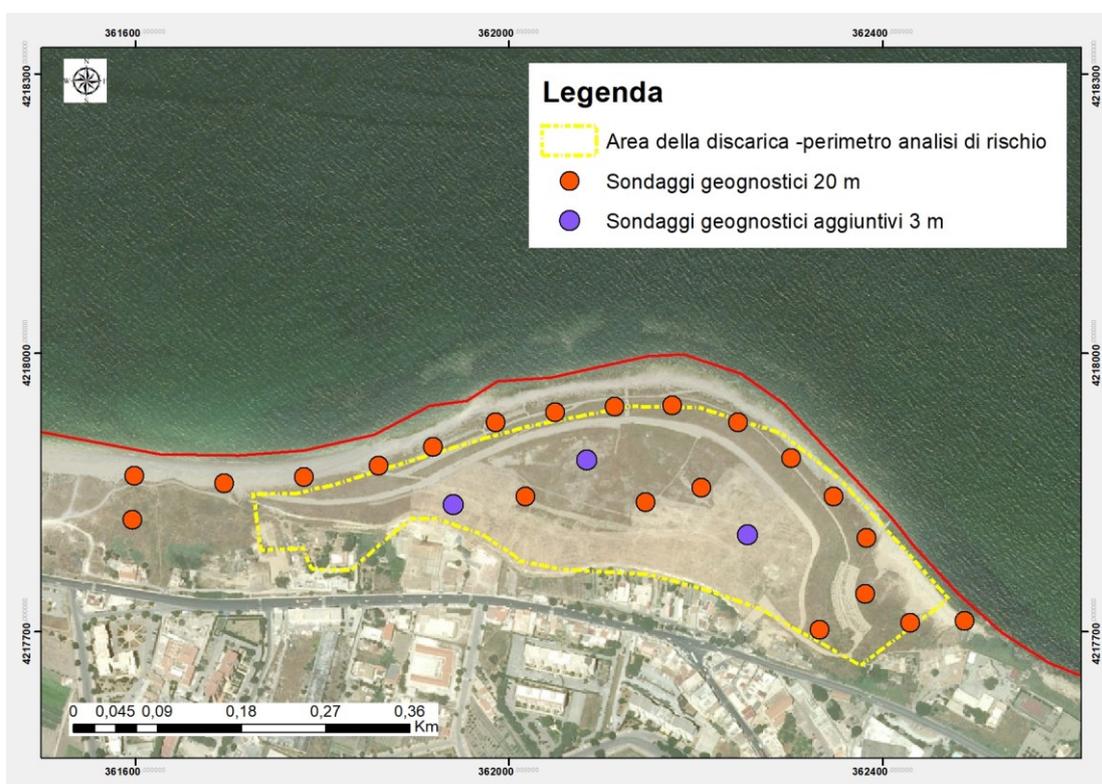


Figura 14a. Distribuzione sondaggi con il prelievo dei parametri organostannici.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Sulla base del principio di precauzione - e a maggior tutela della salute pubblica - il tavolo stabilisce, su suggerimento della Dott.ssa Lo Giudice - e in coerenza con le conclusioni rassegnate nell'Analisi di Rischio:

- di procedere alla ricerca di composti organostannici che non sono stati indagati dalla caratterizzazione eseguita, in quanto parametri non previsti dalla normativa al tempo vigente, ma che possono essere oggetto di indagini integrative come previsto dal bando del POFESR

2

relativo all'intervento e che risultano necessari per definire in maniera puntuale il rischio connesso a vapori da inquinante stagno;

- di modificare gli elaborati di progetto, prevedendo una tipologia di copertura che garantisca l'assenza di dispersione di vapori nell'ambiente esterno.

Figura 14b. Stralcio verbale Cds del 14.11.2018.

Di seguito si descrivono le metodologie da utilizzare per realizzare il campionamento e l'analisi chimica.

I campioni saranno prelevati all'interno dei sondaggi geognostici all'esterno dell'area, verranno conservati in contenitori di vetro, chiusi e nastrati; sulle etichette saranno riportate il n. del sondaggio Sx Cx, la data e la quota di prelievo. In particolare, i campioni contenenti sostanze degradabili verranno posti immediatamente in contenitori in vetro o in polietilene, in base al comportamento delle sostanze da ricercare, eventualmente additivati con sostanze conservanti non interferenti con le analisi, tenuti chiusi, al buio ed al riparo da fonti di calore e, ove necessario, in frigorifero e saranno avviati all'analisi nel più breve tempo possibile. Nella formazione del campione da predisporre per l'analisi dei composti volatili, onde limitare la volatilizzazione di tali sostanze, si provvederà a ridurre i tempi di esposizione all'aria dei materiali. In questo caso le operazioni di formazione del campione saranno condotte immediatamente dopo la deposizione della carota nell'apposito contenitore, prima della deposizione in cassetta, catalogatrice e prima di procedere alle operazioni di descrizione. Con una paletta/spatola in acciaio inox opportunamente decontaminata saranno prelevate porzioni di materiali solidi, selezionando casualmente alcune aliquote su tutta la lunghezza della colonna da campionare. Il materiale prelevato con la spatola sarà immediatamente inserito in un contenitore idoneo e con tappo a tenuta, da riempire completamente e sigillare immediatamente.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico-fisiche;
- i contenitori devono essere completamente riempiti di campione, sigillati, etichettati e inoltrati subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelievo. Nel caso siano da determinare inquinanti facilmente degradabili o volatili e la consegna dei campioni ai laboratori di analisi non possa avvenire in tempi brevi, si dovrà procedere alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato;
- le operazioni di formazione del campione devono essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

I parametri da analizzare per i terreni saranno i seguenti:

Parametro	Metodica	UdM
Composti organostannici	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Frazione granulometrica < 2 mm	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met II.1 parte 2	%p/p
Frazione granul. > 2 mm e < 2 cm	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met II.1 parte 2	%p/p

I risultati saranno comparati con i limiti di concentrazioni soglia (CSC) stabiliti dal D.Lgs. 152/06 Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V, Tab. 1 (A) per siti a destinazione d'uso verde e residenziale per quanto riguarda la matrice terreno.

Le campagne di campionamento saranno svolte in contraddittorio con l'ARPA Sicilia competente per il territorio. Se richieste dall'Ente competente, prima dell'avvio delle operazioni di campo saranno condotte delle prove di inter-calibrazione tra il laboratorio dell'Affidataria dell'intervento ed il laboratorio che opererà il contraddittorio. L'impresa concorderà, in contraddittorio, tutte le fasi di esecuzione con ARPA Sicilia e dovrà scrupolosamente attenersi a tutte le prescrizioni legittimamente impartite da questo o da altri Enti in tutta la fase esecutiva del lavoro.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

7 INDAGINI SUPPLEMENTARI BIOLOGICHE ED ARCHEOLOGICHE

Ai fini dello studio Archeologico ed Ambientale si riportano le specifiche che dovranno essere poste in essere, a parere degli scriventi, per ottenere i dati necessari per la valutazione dell'incidenza (VINCA) e dell'impatto ambientale (VIA) sugli interventi da realizzare e, quindi, al fine di ottenere i necessari nulla osta.

7.1 Indagini archeologiche

Lo studio sulle potenzialità archeologiche del sito dovrà essere curato da **esperto Archeologo iscritto nell'Elenco Nazionale del MiBACT degli Operatori Abilitati** e vedrà la trattazione sia della fase operativa di indagine che dei rapporti con gli Enti competenti (tra cui la Soprintendenza del Mare della regione Sicilia).

La Relazione Archeologica dovrà contenere la raccolta di tutte le informazioni bibliografiche relative alla zona soggetta ad indagine e dovrà essere corredata da apposita **"Verifica preventiva dell'interesse archeologico"** (VPIA).

Al fine di minimizzare i tempi e le necessità di impiego di operatori in immersione diretta, si provvederà, inizialmente, alla esecuzione di una serie di indagini geofisiche sull'intera area di interesse, da realizzarsi mediante la realizzazione di specifico rilievo sismo-acustico a mezzo sistema Sub Bottom Profiler e Magnetometro.

I dati ottenuti saranno ovviamente integrati con quanto rilevato con le indagini a mezzo Side Scan Sonar e Multi Beam Echo Sounder previste e già trattate nei paragrafi precedenti.

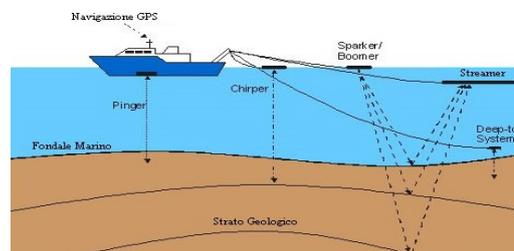
7.1.1 Rilievo Sub Bottom Profiler e Magnetometrico

L'indagine sismo-acustica tramite sistema **Sub Bottom Profiler (SBP)** consiste, in linea di principio, nella produzione di uno scoppio e la conseguente registrazione delle relative riflessioni che si generano.



Le onde prodotte tenderanno a

propagarsi in tutte le direzioni e, dopo un cammino lungo l'intera colonna d'acqua sottostante, penetreranno nel sottosuolo marino. Giunte all'interfaccia tra acqua e terreno, trattandosi di mezzi caratterizzati da differenti proprietà fisiche (tra cui impedenza acustica, densità, ecc.), le onde saranno in parte trasmesse verso strati più profondi e in parte riflesse verso la superficie, dove saranno ricevute dagli idrofoni appositamente posizionati, atti a trasmettere i segnali ricevuti all'unità di registrazione ad esse collegata.



Qui i dati verranno visualizzati in tempo reale generando la sezione sismica e, contemporaneamente, immagazzinati nelle unità di memoria dedicate per le successive fasi di processing.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Per le indagini sismo-stratigrafiche ad alta risoluzione si potranno utilizzare sistemi all'avanguardia (come il sistema chirp SBP SyQwest Bathy2000PC riportato nella figura a lato o, in alternativa, un sistema SPARKER multitips) che, in base alla natura geologica del fondale, consentiranno di ottenere profili stratigrafici estesi fino ad una profondità fino a 40 m al di sotto del fondale marino.

Il sistema impiegato generalmente costituito da un topside (*power unit*) installato a bordo di mezzo nautico interfacciato con il PC consentirà la gestione e registrazione dei file e della navigazione mediante un sistema di trasduttori (da 2 a 4) da 3.5-12kHz montato su un palo disposto su un lato dell'imbarcazione.

Per una maggiore accuratezza nei rilievi, inoltre, l'indagine dovrà essere svolta con entrambe le frequenze di lavoro.

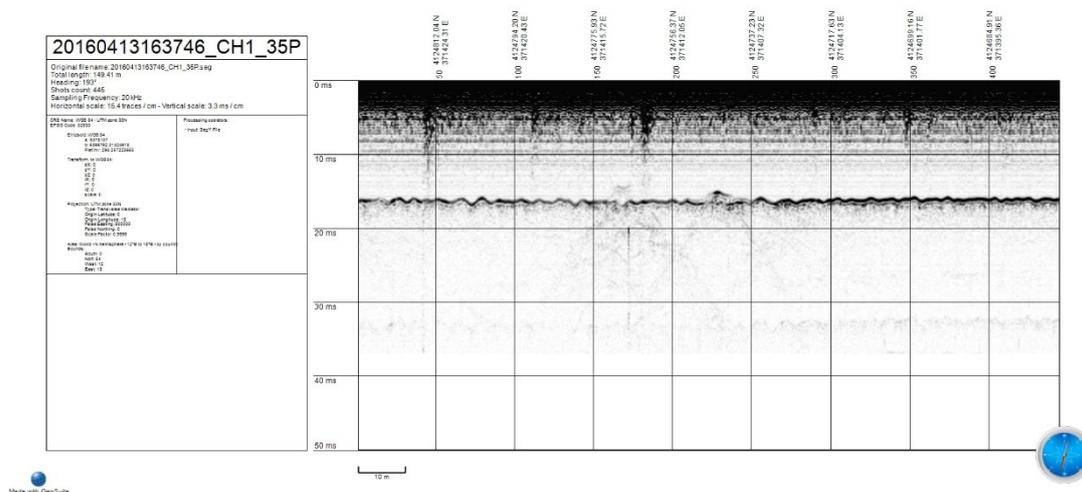


Figura 15 Profilo sismo stratigrafico (SBP) in cui si identifica la presenza di un target sepolto e affiorante

I rilievi dovranno essere eseguiti secondo un **piano di navigazione a linee parallele con un'interlinea di 5 m** al fine di ottimizzare i tempi di indagine e la qualità del dato geofisico.

La penetrazione massima che il segnale sismico può raggiungere nel dato SBP dipende dalla colonna d'acqua e dalla tipologia di substrato attraversato dalle onde acustiche.

Tutti i profili sismici verranno presentati in tempi doppi (*TWT*) e in m, inserendo prima dell'inizio delle operazioni giornaliere il valore di velocità del suono ricavato dalla sonda di velocità *SVP*.

Per l'elaborazione dei dati si impiegheranno software dedicati in cui la procedura di processing prevede un controllo preliminare sullo spettro delle frequenze registrate al fine di poter eliminare eventuali rumori.

Successivamente si procederà con la rimozione della colonna d'acqua mediante gli operatori *Mute* e *Normalize* al fine di normalizzare il segnale sismico e l'operatore *Swell filter* per correggere il fenomeno del moto ondoso e linearizzare in modo corretto le superficie degli

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

orizzonti sismici. Altri operatori generalmente applicati sono *filtri "passa-banda"* (2000-4000 Hz), *Gain* e *Trace Mixing* che permettono di rendere più chiaro il profilo sismico.

Una volta processato il dato si interpreteranno i profili sismici acquisiti attraverso la digitalizzazione degli orizzonti stratigrafici e la localizzazione di eventuali target presenti, opportunamente inseriti in una *Target List* riportante l'identificativo (ID), le coordinate metriche in formato lat. e long. e lo spessore di interro.

Al termine sarà generata una cartografia che evidenzia le rotte acquisite e tutti i relativi target riconosciuti.

Al fine di dare una migliore interpretazione a quello che potrebbe essere un potenziale target di natura archeologica, **ad integrazione del dato sismo-acustico, si provvederà all'esecuzione di un survey magnetometrico mirato all'identificazione di specifiche anomalie magnetiche** (generate ad esempio dalle zavorre delle antiche navi, dai chiodi del fasciame, ecc.).

La finalità dell'attività di acquisizione magnetica marina mediante un magnetometro è quello di caratterizzare da un punto di vista geomagnetico l'area di interesse e, più in dettaglio, individuare possibili oggetti ferromagnetici presenti sul fondo o dentro la coltre sedimentaria (*oggetti sepolti*) ascrivibili a possibili ordigni e/o altro materiale di natura antropica.

L'attività di prospezione magnetica generalmente è condotta con l'utilizzo di un sensore magnetico ai vapori di Cesio in configurazione longitudinale, che permette l'identificazione di eventuali anomalie del Campo Magnetico Terrestre (CMT), coniugando costi, rapidità di indagine e risultati.

Il sistema è costituito da tre elementi principali: un emettitore di fotoni, una camera contenente vapore di Cesio e un cuscino gassoso che avvolge i primi due. A questi sensori primari si aggiunge un altimetro per avere informazione sull'altezza alla quale si trova lo strumento dal fondo e uno *chassis*, il cosiddetto *Tow fish*, che racchiude tutte le componenti sopra elencate e su cui sono installati una serie di pesi e di pinne stabilizzatrici.

Il principio operativo si basa sulla capacità di un atomo di Cesio di poter esistere in tutti i sei livelli energetici (orbitali elettronici); quando un atomo di Cesio all'interno della camera incontra un fotone proveniente dall'emettitore, salta ad uno stato energetico più elevato ed emette quindi il fotone, ricadendo ad uno stato di energia più basso.

Questo passaggio viene utilizzato per la calibrazione del magnetometro: si lascia il sensore per circa 15 minuti poggiato sul fondo lontano da eventuali sorgenti magnetiche per effettuare l'autocalibrazione dello stesso e far sì che lo strumento si imposti sul valore del CMT locale dell'area da indagare.

Successivamente, quando il sensore viene esposto ad eventuali anomalie del CMT (*effetto Zeeman*), si producono dei salti negli orbitali elettronici che si identificano nelle ricadute con relative emissioni energetiche misurabili, tradotte in "picchi" sulla finestra del software usato per l'acquisizione (*figura 14*).

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

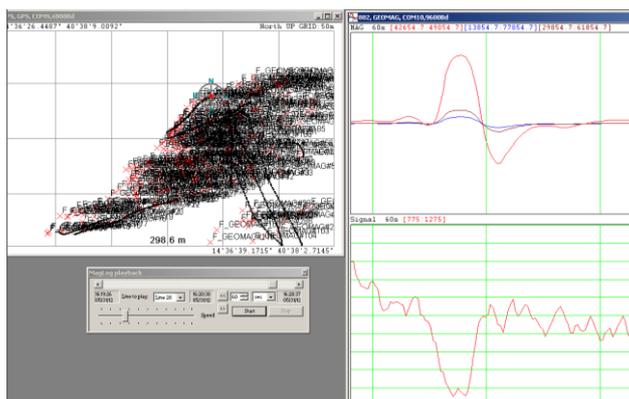


Figura 16 Acquisizione dati magnetometrici: finestra di acquisizione ed esempio di anomalia magnetica rilevabile con il sistema impiegato

La strumentazione utilizzata per le indagini è quindi composta da un GPS in modalità RTK, un software di navigazione, due personal computer, di cui uno atto alla navigazione e l'altro all'acquisizione dei dati magnetometrici, un magnetometro ai vapori di Cesio oltre ad idonea imbarcazione, regolarmente abilitata.

L'area indagata rilevata principalmente secondo **linee parallele alla costa con una spaziatura compresa tra 3 e 5 metri consentirà il migliore risultato**. Il limite minimo di acquisizione è preventivamente fissato alla **profondità minima operativa** per lo spread mezzo nautico-magnetometro di circa 1 m.

Generalmente l'intensità del picco rilevato è proporzionale alla quantità di materiale ferromagnetico presente.

I vari picchi legati alle anomalie magnetiche saranno riportati su una cartografia in scala idonea, in modo da valutare la reale distribuzione dei vari oggetti ferromagnetici presenti sul fondo marino nelle aree indagate (Figura 17).

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

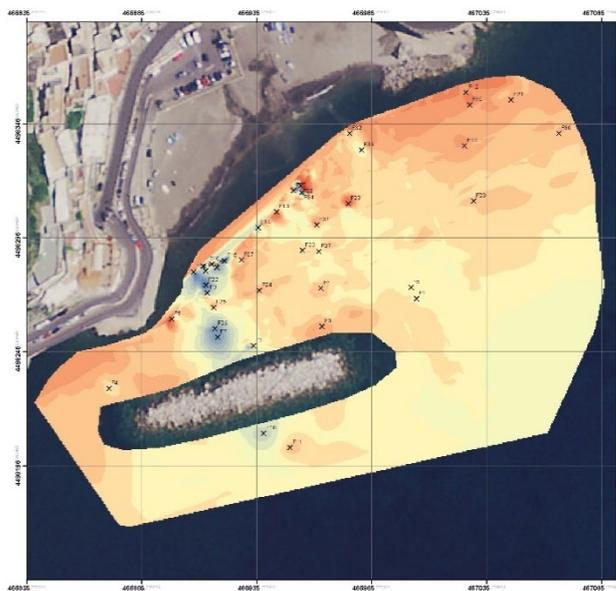


Figura 17 Restituzione dei dati magnetometrici: disposizione dei target sovrapposti rispettivamente alle carte del CMT e delle anomalie magnetiche

Sia i dati restituiti dal SBP che quelli magnetometrici **saranno opportunamente restituiti in cartografia**, e su questa a sua volta sarà riportata la sovrapposizione con l'impronta delle opere di protezione costiera in progetto e tutti i **dati dovranno essere acquisiti e restituiti con datum WGS84 e sistema di coordinate metriche UTM.**

Tutti i rilievi strumentali saranno eseguiti sotto la supervisione dell'archeologo incaricato e i target più rappresentativi saranno oggetto di specifica ispezione diretta a mezzo Operatore Tecnico Subacqueo, che procederà, di concerto con l'archeologo ed eventualmente con il supporto degli Enti preposti, alla esecuzione di una serie di saggi preliminari, finalizzati ad appurare la vera natura del target identificato.

7.2 Indagini biologiche

Per lo studio della componente biologica, si adotterà una strategia di indagine multidisciplinare ampiamente accettata nella comunità scientifica e perfettamente conforme alla normativa vigente in termini di interventi di ripascimento, come descritto nei successivi paragrafi.

7.2.1 Mappatura delle biocenosi

La prima fase di studio ambientale e biologico del sistema marino costiero consisterà in una approfondita indagine finalizzata all'accurata definizione della mappatura delle biocenosi. La metodica cartografica impiegata per tale mappatura comprenderà la sovrapposizione di molteplici contributi:

- informazioni derivanti dall'analisi delle immagini da satellite;
- sonogrammi restituiti da rilievi con side scan sonar;

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

- videoregistrazioni direttamente in situ mediante telecamere filoguidate (ROV) o operatori in immersione con autorespiratori (ARA).

Per l'acquisizione dei dati necessari all'elaborazione di una mappatura dettagliata delle biocenosi presenti nei fondali dell'area di studio è necessaria **l'esecuzione di un rilievo morfologico ad alta frequenza mediante un sonar a scansione laterale (SSS)** (in Figura modello tipo 3900 della Klein) che consente l'acquisizione di dati in doppia frequenza 445/900 KHz ed un range laterale di acquisizione massimo rispettivamente di 150/50 metri.

Il sistema è costituito dal sonar vero e proprio trainato dall'imbarcazione (*towfish*) e da una unità di potenza collegata ad un pc per la gestione hardware e software dello strumento.

Al fine di raggiungere agevolmente le profondità di lavoro ottimali per l'acquisizione dei dati nell'area richiesta, sarà inoltre previsto l'impiego di un verricello elettrico contenente almeno 150 m di cavo in *kevlar*.



Figura 18 Sistema SSS Klein 3900 dotato di verricello elettrico

I rilievi saranno eseguiti con idonea imbarcazione da **almeno 4 unità di personale**:

- il pilota al comando dell'imbarcazione
- due operatori in coperta addetti alla fase di lancio e recupero del towfish e alla gestione del verricello
- un operatore in cabina per provvedere alla gestione del software di navigazione e all'acquisizione e registrazione dei dati.

Qualsiasi eventuale procedura di ammaino e recupero sarà eseguita esclusivamente da **personale adeguatamente preparato e dotato di tutti i necessari dispositivi di sicurezza**. Il numero di transetti eseguiti sarà tale da **ottenere un overlap di acquisizione fino al 50% tra linee adiacenti**, in modo da garantire la copertura dell'intera area di interesse.

La georeferenziazione dei dati acquisiti verrà garantita in tempo reale impiegando insieme al side scan sonar uno specifico sistema di posizionamento subacqueo (USBL) per eliminare gli eventuali errori di posizione generati dall'impostazione manuale del layback.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Propedeuticamente all'inizio delle operazioni di rilievo sarà eseguito un *rubber test* a bordo e un *setting* dei valori di gain e TVG, finalizzati a rendere quanto più leggibile possibile i sonogrammi elaborati.

La registrazione dei dati della navigazione sarà effettuata con un apposito software idrografico che consenta di seguire il piano di navigazione e visualizzare le rotte in tempo reale.

I sonogrammi saranno acquisiti tramite workstation equipaggiata con software dedicato (in *Figura* un esempio di schermata del software *Sonar Pro*), per essere successivamente processati con altro apposito software (come ad esempio il *Sonarwiz 5* della *Chesapeake Tech*).

La prima fase di elaborazione consiste nella riproduzione e georeferenziazione dei record mediante la correzione per la rimozione della colonna d'acqua (*water column removal*) e la compensazione geometrica per la distanza inclinata (*slant range correction*).

Successivamente le registrazioni georeferenziate delle singole linee di rilievo saranno unite, con duplice finalità:

- ottenere una visione d'insieme della morfologia dell'area
- facilitare il lavoro d'interpretazione e mappatura del fondale e l'individuazione di target significativi.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

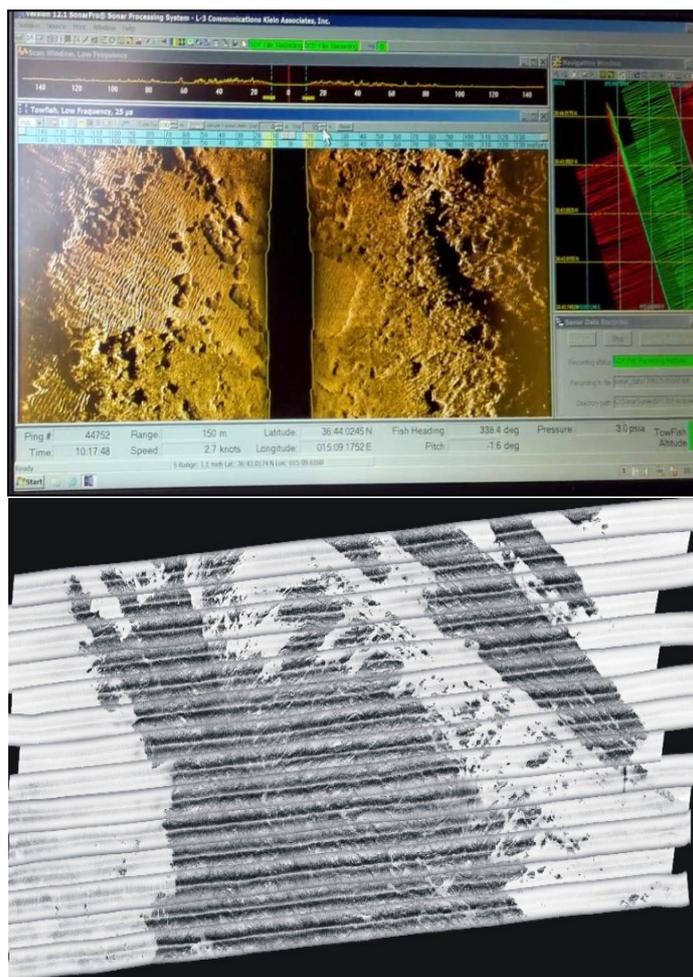


Figura 19 Registrazione dei sonogrammi (sopra); fotomosaico e unione dei singoli sonogrammi (sotto).

La taratura dei sonogrammi con le videoriprese in punti noti dell'area di indagine consentirà di "digitalizzare" in ambiente GIS le differenti tipologie di substrato individuate.

Potranno pertanto identificarsi i substrati mobili sabbiosi, facilmente individuabili per la presenza di ripple marks rispetto al substrato roccioso, variamente rappresentato.

Il prodotto finale sarà una carta tematica di dettaglio riportante le tipologie di substrato e le biocenosi presenti, da fornire sia su supporto sia digitale (sonogrammi in formato tiff, xtf, ecc. e fotomosaico georeferenziato) che cartaceo (carta del fotomosaico).

7.2.2 Campionamento delle biocenosi e Indagini biologiche e ambientali

Il campionamento e l'analisi delle comunità bentoniche sarà eseguito in accordo alla "Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoobenthos di fondi mobili" pubblicata da ISPRA.



RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Per il campionamento dei sedimenti sarà utilizzata una benna di dimensioni tali da garantire il campionamento su una superficie di 0,10 m². (in Figura è riportata la benna Van Veen da 25 l).

Al fine di ottenere una migliore attendibilità statistica dei risultati, si definiranno **almeno n. 4 stazioni per il campionamento del macrozoobenthos**, in ognuna delle quali saranno effettuate **n. 2 repliche**, per un **totale di 8 campioni**.

In aggiunta, verrà effettuata **una ulteriore replica per il campionamento di sedimenti** da destinare alle analisi di caratterizzazione granulometrica, necessaria a fornire un inquadramento più preciso delle biocenosi presenti.

Il contenuto di ogni bennata, verrà setacciato su un setaccio con maglia di 1 mm (Figura 17) e il materiale trattenuto sarà raccolto e conservato in contenitori di PED da 2 l etichettati con la data, il nome della stazione, la lettera della replica e il numero progressivo nel caso in cui ne fosse stato impiegato più di uno.

I contenitori verranno riempiti prima della chiusura con una soluzione fissativa di etanolo al 70%.



Figura 20 Recupero della benna Van Veen e setacciatura sedimenti su maglie di 1 mm

Nel caso in cui dalle indagini strumentali venga rilevata la presenza di ***Posidonia Oceanica***, si effettuerà una campagna di indagini in campo ed in laboratorio per la **determinazione dello stato di salute della prateria**.

A tal fine, saranno effettuate su almeno **3 stazioni di campionamento misure della densità**, parametro direttamente correlato con le condizioni vitali della prateria. Contemporaneamente a suddette misurazioni, gli operatori subacquei scientifici **preleveranno dei campioni di rizoma ortotropo completo di apparato fogliare** che,

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

opportunamente conservati, etichettati e trasferiti in laboratorio, verranno utilizzati per la determinazione dei parametri fenologici e lepidocronologici dai quali si estrapoleranno ulteriori indici numerici utili per ottenere informazioni importanti circa lo stato di salute e di crescita della pianta.

Le informazioni così ottenute, peraltro, rappresentano un potenziale ottimo punto di controllo in sede di valutazione sia del monitoraggio ambientale durante i lavori che degli effetti futuri dell'opera, una volta completata.

Gli 8 campioni di benthos prelevati consentiranno lo studio delle comunità bentoniche di fondi mobili, che verrà condotto da personale qualificato attraverso l'identificazione delle specie appartenenti ai taxa ritenuti i migliori indicatori delle caratteristiche ambientali (Pérès e Picard, 1964).

La prima fase dello studio consiste nell'apertura dei campioni e nel lavaggio accurato del sedimento residuo, in modo da eliminare l'eccesso di soluzione fissativa.

Il lavaggio sarà effettuato con l'uso di appositi setacci, uno con fori di maglia di 3 mm, posizionato in alto, ed uno con fori di maglia di 1 mm posizionato sotto quest'ultimo; una volta lavato, il campione verrà osservato poco alla volta al binoculare in modo da separare gli organismi animali dalla frazione inorganica e da quella organica vegetale.



Gli organismi verranno così divisi nei fondamentali gruppi tassonomici: Molluschi, Crostacei, Policheti, Echinodermi e altro (quest'ultimo comprendente Nematodi, Cnidari, Sipunculidi, Cordati ed eventuali altri gruppi ritrovati). Questa fase di smistamento, detta sorting, è propedeutica per le successive determinazioni tassonomiche della fauna bentonica ritrovata.

Gli organismi raccolti durante il sorting verranno conservati in etanolo al 70% prima di procedere con l'identificazione tassonomica, che sarà svolta con l'ausilio delle chiavi dicotomiche di riferimento specifiche per i vari gruppi animali (Fauvel, 1923; Priolo, 1968; Nordsieck, 1977; Ponder, 1983; Graham, 1988; Tebble, 1976; Poppe e Yoshiro, 1991; Sabelli et al., 1992; Chevreux, 1925; Chiarelli, 1999; Clemam, 2003) ed atlanti (Giannuzzi-Savelli et al., 1997a; 1997b; 1997c) e sarà finalizzata ad assegnarne, ove possibile, la specie di appartenenza. L'elenco delle specie individuate su ogni replica e stazione e il relativo numero di individui verrà riportato in formato elettronico su una matrice impiegata per l'elaborazione statistica dei risultati e il calcolo dei principali indici ecologici che forniscono informazioni sulla struttura della comunità.

In particolare, per ogni stazione saranno determinati:

- il numero medio di individui (N);
- il numero medio di specie (S);

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

- l'indice di diversità (Shannon e Weaver, 1963);
- l'indice di equiripartizione (Pielou, 1966);
- l'indice di dominanza (Simpson, 1949).

Saranno inoltre calcolati anche gli indici AMBI e mAMBI (AZTI Marine Biotic Index), calcolati con l'utilizzo di apposito software (come ad esempio il software omonimo sviluppato da AZTI-Tecnalia Marine Research division), utili per determinare e assegnare lo stato ecologico di un sito sulla base della struttura delle comunità bentoniche che lo popolano (Figura).

Ciò perché le comunità macrobentoniche rispondono agli stress ambientali con diverse strategie adattative, sulla base delle quali vengono distinte (Gray, 1979):

- specie con un ciclo di vita corto (r);
- specie con un ciclo vitale relativamente lungo (k);
- specie tolleranti, non soggette ad alterazioni (T).

Mettendo quindi in relazione le strategie adattive degli organismi con i livelli di perturbazione ambientale (che vanno dall'assenza di perturbazione ad una condizione azoica) gli organismi macrobentonici dei fondi molli possono essere ordinati in **cinque gruppi ecologici**, in accordo alla loro sensibilità ad un gradiente crescente di stress:

- Gruppo 1: specie molto sensibili all'arricchimento organico e presenti in condizioni non inquinate. Include carnivori specialisti e alcuni policheti tubicoli.
- Gruppo 2: specie indifferenti all'arricchimento, sempre presenti in bassa densità con variazioni non significative nel tempo. Include organismi sospensivori, carnivori meno selettivi e scavatori.
- Gruppo 3: specie tolleranti ad arricchimenti eccessivi di materia organica; queste possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimolate dall'arricchimento organico. Sono specie "surface deposit-feeders", come Spionidi tubicoli;
- Gruppo 4: specie opportuniste di secondo ordine, principalmente policheti di piccola taglia: "subsurface deposit-feeders", come Capitellidi e Cirratulidi;
- Gruppo 5: specie opportuniste di primo ordine. "Deposit-feeders" che proliferano in sedimenti ridotti.

L'indice *M-AMBI* è stato introdotto in sostituzione dell'indice *AMBI* in quanto quest'ultimo non considera la diversità tra le specie bentoniche, ma utilizza esclusivamente una scala per valutare la qualità ecologica. Il nuovo indice, invece, include nel calcolo anche la ricchezza di specie e la diversità. Il software con cui viene calcolato è il medesimo e consiste in un'**analisi statistica multivariata** in cui l'Analisi Fattoriale combina i valori di AMBI con quelli di diversità di Shannon-Wiener (H') e di numero di specie (S).

Il procedimento di classificazione valuta inizialmente l'indice AMBI, quindi si calcolano la diversità e la ricchezza specifica per ogni stazione; sulla base di queste tre variabili viene dunque assegnato un valore ecologico, variabile da *Bad* (cattivo) a *High* (elevato) (*Muxika et al., 2007*).

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

	MB1			MB2			MB3			MB4		
	R1	R2	R3									
Anellidi												
Archannelida		1										
Capitellidae				1			1	1	3			
Chaetopteridae									1			
Chrysopetalidae				1								
Cirratulidae										1	1	1
Dorvilleidae		1										
Eunicidae								2				2
Glyceridae							1	1	2	1		
Lumbrineridae	1	1	1	2	3		3	1		1		2
Nereididae							1	1	1			
Onuphidae		1	2									2
Ophelidae				1	4		1					
Orbinidae				1	5	9					2	1
<i>Owenia fusiformis</i>		1	1									
Paraonidae		2		2	2	1	1			1		
Sabellidae	2	5	2				1					
Spionidae	1			5	5	13				1		
Syllidae								2				
Altri												
<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri</i>							10	18	7			2
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>		1					1	1	1			
Chaetognatha			1									
Nematoda							1	1				
<i>Phascolosoma (Phascolosoma) granulatum</i>	1	1										
uova			x									

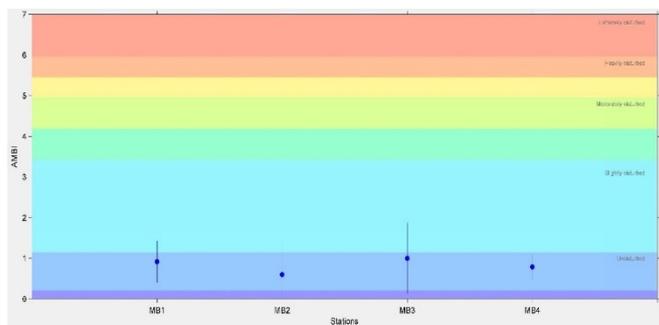


Figura 21 Restituzione delle liste faunistiche e valutazione dello stato di qualità ambientale

Le indagini in situ e il prelievo dei campioni necessari per la valutazione dello stato di salute e per il monitoraggio di Posidonia Oceanica, verranno eseguiti secondo le **modalità indicate dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)** seguendo un piano di campionamento gerarchico con almeno 3 stazioni di campionamento suddivise ognuna in tre sottoaree di circa 400 m² ciascuna.

Per ogni sottoarea verranno effettuate:

- 3 repliche per le misure di densità;
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi.

Le repliche in una stessa area verranno distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro. L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, saranno invece distanziate di circa 10 metri. In totale quindi, saranno effettuate 9 misure di densità e 3 misure di ricoprimento e prelevati 18 fasci ortotropi.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

In aggiunta, attraverso la compilazione di apposite schede di campionamento durante l'immersione, verranno ricavate informazioni sul tipo di substrato, sulla eventuale presenza di altre fanerogame o specie algali competitive e sulle tipologie di limite di Posidonia Oceanica. Le analisi di laboratorio (fenologia e lepidocronologia) sui campioni prelevati (fasci fogliari e rizomi), verranno effettuate utilizzando il materiale biologico campionato secondo il seguente schema operativo:

- analisi fenologiche: saranno analizzati 18 fasci per 3 stazioni per un totale di 54 fasci;
- analisi lepidocronologiche: saranno analizzati 18 rizomi per 3 stazioni per un totale di 54 rizomi;
- analisi degli epifiti: saranno effettuate sulla totalità dei lembo fogliari analizzati;
- analisi dei borers: saranno effettuate sulla totalità delle scaglie analizzate.

I fascicoli fogliari verranno aperti delicatamente con l'aiuto di una pinzetta, procedendo dalle foglie più esterne a quelle più interne, alternativamente a destra e a sinistra, e disponendo le foglie in successione di classe decrescente, ricavando così sia il numero di foglie per classe che il numero di foglie totali (Figura 22).



Figura 22 Foglie di Posidonia Oceanica separate dal fascicolo e disposte sul bancone per il prelievo dei dati fenologici

Le foglie saranno suddivise in adulte, intermedie e giovanili: le giovanili sono le più interne, per convenzione di lunghezza minore a 5 cm, le intermedie hanno lunghezza maggiore di 5 cm ma sono sprovviste di ligula, le adulte sono le foglie più esterne, fornite di una ligula che separa il lembo fogliare dalla base della foglia stessa.

Le **misure biometriche** (*lunghezza totale delle foglie, larghezza delle foglie, lunghezza delle basi delle foglie adulte*) saranno rilevate manualmente con l'ausilio di un righello (Reyes et al., 1995) e registrate su apposite schede per la raccolta dei dati.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Per ogni fascio, i lembi fogliari saranno ripuliti dagli epifiti con una lametta raschiando delicatamente le facce interna ed esterna; successivamente le scaglie, i lembi fogliari e gli epifiti raccolti verranno essiccati in stufa a 105°C per un'ora per determinare la **biomassa delle foglie singole e del fascio intero** e la **biomassa epifita associata** (tutto espresso in *mg di sostanza secca*).

Lo **studio lepidocronologico** dei fasci fogliari prelevati verrà effettuato con la tecnica standardizzata proposta da Pergent (1990): i rizomi vengono accuratamente puliti con acqua corrente per eliminare il sedimento presente tra le scaglie e asportare gli epifiti e gli epibionti macroscopici che lo colonizzano (*Figura 23*).



Figura 23 Particolare di organismi epifiti ed epibionti su foglia di Posidonia Oceanica

La dissezione delle scaglie viene eseguita a partire dal punto del rizoma più lontano dalle foglie, ossia dalle scaglie più vecchie verso quelle più recenti.

Le scaglie vengono staccate una alla volta, con delicatezza, con riguardo all'ordine distico d'inserzione e appoggiandole in successione sul banco (*Figura 24*).



Figura 24 Analisi lepidocronologica su rizomi di Posidonia Oceanica: Cicli di variazione annuale nello spessore delle scaglie.

Misurando lo spessore delle singole scaglie è possibile identificare un ciclo di variazione tra lo spessore minimo e quello massimo rilevato.

Eliminate tutte le scaglie, si possono contare gli anni lepidocronologici individuati e, partendo dall'anno di studio, risalire così all'età di ogni porzione di rizoma.

Attraverso il numero di scaglie comprese negli anni individuati, è possibile inoltre calcolare il numero di foglie prodotte nei rispettivi anni.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

Al fine di valutare la biomassa prodotta, le porzioni datate di rizoma vengono avvolte tra fogli di alluminio e lasciate essiccare in stufa ad una temperatura di 60°C, sino al raggiungimento del peso costante.

7.2.3 Video ispezioni subacquee

Le videoriprese da effettuarsi con un sistema R.O.V. consentiranno di distinguere con estrema affidabilità il limite superiore della prateria di *Posidonia Oceanica*, definendone contorni e distribuzione, al fine di ottenere una mappatura quanto più precisa possibile. Al contempo, sarà possibile ottenere importanti informazioni sulla presenza e composizione della fauna ittica e di altre specie sensibili non altrimenti individuabili.

Il ROV è un veicolo subacqueo dotato di telecamera, dispositivi di illuminazione, profundimetro, bussola e propulsori elettrici. Lo strumento verrà collegato, mediante un cavo ombelicale, all'unità di superficie comprendente i sistemi di alimentazione, il quadro di comando e di pilotaggio, il monitor (*sul quale sono riportati in sovrapposizione i dati di navigazione*) e il registratore digitale di immagini.

La propulsione e la direzionalità dell'unità subacquea saranno garantite da motori elettrici con eliche opportunamente orientate (*truster*).

Una *Video Overlay* permetterà inoltre di avere in sovrapposizione sulle immagini acquisite data, ora, posizione e profondità, in modo da avere anche nel dato registrato tutte le informazioni di importanza rilevante.

Tale sistema sarà impiegato in sostituzione dell'immersione diretta con operatore subacqueo sia per l'**ottimizzazione dei tempi operativi** che per una **migliore osservazione qualitativa delle caratteristiche dei fondali**, consentendo le registrazioni delle immagini di poter eseguire un'analisi dettagliata di quanto osservato anche dopo il termine delle operazioni di rilevamento subacqueo.

Grazie al ROV, (*vedi foto a lato*) inoltre, sarà possibile **investigare vaste aree** con analisi non distruttive e operare a profondità non altrimenti accessibili agli operatori subacquei.



Le riprese saranno condotte esclusivamente in condizioni di torbidità minima, al fine di garantire condizioni ottimali di registrazione, con una conseguente elevata qualità dei dati in ingresso.

La survey sarà effettuata con una velocità di avanzamento tale per cui la ripresa video del fondale sarà sempre chiara, priva di "effetto scia" e con i colori correttamente bilanciati (evitando dunque la comparsa di predominanze di uno o più colori).

Il materiale video raccolto sarà fornito unitamente ad una **dettagliata relazione di accompagnamento** che descriva quanto rilevato, a firma di biologi marini di comprovata esperienza.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relati all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

8 VALUTAZIONI QUANTITATIVE ED ECONOMICHE (CME)

La valutazione economica delle attività d'indagine è stata realizzata utilizzando, in base alle indagini sopra descritte, il prezzario della Regione Siciliana, in linea generale coerentemente con le voci riportate nei documenti posti a base di gara

Il CME individua quindi tutte le attività previste a base di gara e rimodulate alla luce di quanto sopra descritto.

Non sono state prese in esame le valutazioni economiche delle attività non comprese nell'affidamento della scrivente ATI.

Ad ogni buon fine ed ove ritenuto utile dalla Stazione Appaltante si riporta nel paragrafo a seguire l'individuazione e la quantificazione delle attività da svolgere al di fuori dall'affidamento della scrivente ATI.

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

9 VALUTAZIONI QUANTITATIVE ATTIVITA' EXTRA CONTRATTUALI

Di seguito si riportano le attività da realizzarsi nell'ambito delle attività di indagini descritte nei paragrafi 6 e 7 del presente elaborato.

9.1 Indagini ambientali integrative in osservanza delle prescrizioni della cds del 14.11.2018

9.1.1 *Analisi dei composti organo stannici nel suolo.*

La strategia di campionamento come precedentemente descritto deve essere condivisa con l'Ente di Controllo, a parere degli scriventi visti i contenuti della prescrizione indicata in Conferenza dei Servizi è necessario prelevare 20 campioni di suolo, concentrandosi sul suolo superficiale. L'orizzonte compreso tra 0 ed 1 metro infatti è la sede da cui è possibile che si inneschino le dinamiche alla base del rischio sanitario individuato dalla Conferenza dei Servizi.

Nella tabella seguente sono riportate le attività da realizzare:

Prescrizioni da Conferenza dei Servizi		
Analisi organostannici		
Descrizione	U.M.	Quantità
PRELIEVO CAMPIONI DI TERRENO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI da topsoil, carotaggio o da pozzetto esplorativo, da computarsi con le voci specifiche, comprensivo di fornitura del contenitore, sigillatura, imballaggio, conservazione in cella frigorifera e trasporto a laboratorio in contenitori isotermitici e refrigeranti.	cad	20
Preparazione estratto purificato composti organo-metallici	cad	20
Composti metallo-organici, identificazione e dosaggio	cad	20

9.1.2 *Analisi soil gas*

Per quanto riguarda lo studio sulle emissioni di soilgas è necessario, in ragione della dimensione dell'area e della natura dei rifiuti presenti mettere in opera 10 stazioni di monitoraggio di soil gas.

Nella tabella seguente è rappresentata l'attività da realizzare:

Prescrizioni da Conferenza dei Servizi		
Analisi Soli-Gas		
Descrizione	U.M.	Quantità
Soil gas (metodo MADEP)	cad	10

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

9.2 Indagini supplementari biologiche ed archeologiche

Ai fini dello studio Archeologico ed Ambientale si riportano a seguire le specifiche che dovranno essere poste in essere, a parere degli scriventi, per ottenere i dati necessari per la valutazione dell'incidenza (VINCA) e dell'impatto ambientale (VIA) degli interventi da realizzare e, quindi, al fine di ottenere i necessari nulla osta.

Si propongono nelle seguenti tabelle le attività da realizzarsi per ricostruire lo stato dei luoghi e poter redigere, quindi, gli elaborati tecnici di dettaglio. Le attività da realizzare possono essere suddivise nelle seguenti macro attività:

- Indagini geofisiche
- Relazione archeologica
- Indagini ambientali
- Indagini sulle fanerogame marine e macrobenthos

Le attività devono essere estese all'area interessata dal rilievo batimetrico. Nella tabella seguente è rappresentata l'attività da realizzare:

Indagini supplementari per Nulla Osta VINCA e VIA		
Descrizione	U.M.	Quantità
MOB E DEMOB		
Mobilizzazione personale e mezzi per attività previste e successivo demob e rientro presso sede	A corpo	1
A – INDAGINI GEOFISICHE		
Esecuzione di un'indagine sismo-acustica con sistema SBP su transetti ortogonali con interlinea 5 m da eseguire sopra l'area di impronta delle future opere da realizzare e compresa fascia di rispetto di 10 m. Inclusi post-processing dei dati, elaborazioni cartografie, contact list e report.	A corpo	1
Esecuzione di un'indagine magnetometrica con transetti ortogonali con interlinea 5 m da eseguire sopra l'area di impronta delle future opere da realizzare e compresa fascia di rispetto di 10 m. Inclusi post-processing dei dati, elaborazioni cartografie, e report	A corpo	1
Valutazione di Rischio e Impatto Archeologico redatta e a firma di Archeologo in possesso dei requisiti di cui al D.M 20 Maggio 2019 n. 244	A corpo	1
B – INDAGINI AMBIENTALI		
Misurazioni con sonda multiparametrica di T°, sal., cond., pH, O2, ORP, torbidità su n.4 transetti con 3 stazioni di campionamento per ogni transetto (12 stazioni stimate)	cad	12
C – INDAGINI SULLE FANEROGAME MARINE E MACROBENTHOS		
Rilievo morfologico con Side Scan Sonar ed elaborazione mappa delle biocenosi.	A corpo	1
Ispezioni Video per Verità a mare mediante ROV compreso sistema di posizionamento subacqueo USBL (Ultra Short Base Line) al fine di avere i video ROV correttamente georeferenziati	A corpo	1
Campionamenti e studio sullo stato di salute di P. oceanica (se presente), incluse analisi fenologiche, lepidocronologiche, calcolo indici (PREI ecc.) in accordo con le metodologie ISPRA (4 stazioni)	cad	4
Campionamenti e studio per la corretta caratterizzazione delle biocenosi macrozoobentoniche di fondo mobile, incluse analisi tassonomiche ed elaborazione indici ecologici e M-AMBI. 4 transetti/ 3 stazioni 3 REPLICHE (totale 36 campioni)	cad	36

RELAZIONE PIANO DELLE INDAGINI

Servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura relativi all'esecuzione delle indagini integrative, l'aggiornamento del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e la redazione del progetto esecutivo dell'Intervento di Messa in sicurezza Permanente e ripristino ambientale dell'ex discarica di Acqua dei Corsari

10 CONCLUSIONI

Il presente piano delle indagini consentirà di determinare i dati sito specifici utili per il dimensionamento degli interventi progettuali ottemperando alle indicazioni contenute nelle norme di settore ed agli obiettivi individuati nei documenti in fase di gara: ricostruzione in dettaglio della morfologia del fondale (rilievo batimetrico), della superficie topografica (rilievo topografico) e del modello geologico geotecnico e sismico (indagini geologiche).

A parere degli scriventi in base all'analisi degli atti di approvazione della progettazione di fattibilità tecnica ed economico ed in relazione al contesto ambientale e archeologico presente è anche necessario che siano previste le ulteriori indagini di carattere ambientale ed archeologico sopra descritte nei paragrafi 6 ,7 e 9.

In conclusione l'attuazione di tutte le indagini sopra descritte consentirà di raggiungere un livello di conoscenza adeguato dei luoghi e permettere di ottenere i nulla osta degli Enti preposti.