



INTERVENTI URGENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA DEI TRATTI DI MAGGIOR RISCHIO E ALLA MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE DINAMICHE EROSIVE NEI PUNTI DI MAGGIOR INTENSITÀ E INCIDENZA NELLA LINEA COSTIERA

Progetto Preliminare

Il Sindaco
Luigi Tedeschi

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Sara Angius

Responsabile dell'Ufficio Tecnico
Ing. Alessandro Naitana

GRUPPO DI LAVORO



Criteria Srl (Mandataria)

Città:Ricerche:TERritorio:Innovazione:Ambiente
via Cugia, 14 09129 Cagliari (Italy)
tel. +39 070303583 - fax +39 070301180
E-mail: criteriaweb.com;
www.criteriaweb.com

Arch. Paolo Falqui – *direttore tecnico*

Geol. Maurizio Costa – *direttore tecnico*

Ing. Francesca Etzi



PRIMA INGEGNERIA STP S.S.(mandante)

Via G. Civinini, 8 – 57128 Livorno
p.iva 01530730496
Tel/Fax 0586 372660
E-mail: info@primaingegneria.it;
www.primaingegneria.it

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Pietro Chiavaccini

Ing. Nicola Buchignani

Ing. Nicola Verzoni

Progettazione

Ing. Nicola Buchignani

Ing. Pietro Chiavaccini

Geol. Maurizio Costa

Ing. Francesca Etzi

Arch. Paolo Falqui

Ing. Silvia Putzolu

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Nicola Verzoni

Geologia e Geotecnica

Geol. Maurizio Costa

Geol. Antonio Pitzalis

Geol. Giuseppe Serventi

Monitoraggio Ambientale e aspetti naturalistici

Biol. Patrizia Carla Sechi

Nat. Riccardo Frau

Biol. Francesca Frau

Geol. Enrico Paliaga

Analisi meteomarine Ing. Pietro Chiavaccini

Sicurezza

Ing. Nicola Buchignani

GIS e Cartografia

Cinzia Marcella Orrù

1.8 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DEL PARAGGIO COSTIERO DI SU PALLOSU

INDICE

1.	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	3
1.1.	Premessa	3
1.2.	Generalità sugli obiettivi ed i requisiti del monitoraggio	4
1.3.	Sintesi delle azioni di progetto e modalità operative	5
1.4.	Fattori ambientali oggetto del monitoraggio	5
2.	MONITORAGGIO SPIAGGIA EMERSA, COMPENDIO DUNARE E ZONE UMIDE.....	7
2.1.	Inquadramento generale.....	7
2.2.	Riferimenti normativi	8
2.3.	Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio	8
2.4.	Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche	8
2.4.1.	Linea di riva e piede della duna.....	8
2.4.2.	Assetto morfo-volumetrico della spiaggia.....	9
2.4.3.	Assetto morfo-planimetrico della zona umida, specchio acqueo e foce	10
2.5.	Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio	10
2.6.	Frequenza e periodicità del monitoraggio	13
2.7.	Contenuti del report di rilievo	14
2.8.	Limiti di accettabilità dei valori.....	15
2.9.	Formato dati da consegnare	16
3.	MONITORAGGIO SPIAGGIA SOMMERSA E TIPOLOGIA FONDALI MARINI	17
3.1.	Inquadramento generale.....	17
3.2.	Riferimenti normativi	17
3.3.	Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio	17
3.4.	Localizzazione e specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche.....	18
3.5.	Frequenza e periodicità del monitoraggio	20
3.6.	Contenuti del report di rilievo	20
3.7.	Limiti di accettabilità dei valori.....	21
3.8.	Formato dati da consegnare	22
4.	MONITORAGGIO METEOMARINO: ELEMENTI CLIMATICI, CORRENTI MARINE E MOTO ONDOSO	23
4.1.	Inquadramento generale.....	23
4.2.	Riferimenti normativi	24
4.3.	Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio	24
4.4.	Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche	25
4.5.	Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio	26

4.6.	Frequenza e periodicità del monitoraggio	28
4.7.	Contenuti del report di rilievo	28
4.8.	Limiti di accettabilità dei valori.....	29
4.9.	Bibliografia di riferimento	29
5.	MONITORAGGIO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E AMBIENTALI DEI SEDIMENTI DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA	30
5.1.	Riferimenti normativi	30
5.2.	Caratterizzazione e classificazione ecotossicologica.....	31
5.1.	Caratterizzazione e classificazione chimica	31
5.1.	Caratterizzazione e classificazione fisica.....	32
5.2.	Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche	34
5.3.	Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio	34
5.4.	Frequenza e periodicità del monitoraggio	35
5.5.	Contenuti del report di rilievo	36
6.	MONITORAGGIO DEI CARATTERI FISICO-CHIMICI E MICROBIOLOGICI DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE.....	37
6.1.	Inquadramento generale.....	37
6.2.	Riferimenti normativi	37
6.3.	Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio	39
6.4.	Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche	42
6.5.	Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio	43
6.6.	Frequenza e periodicità del monitoraggio	43
6.7.	Contenuti del report di rilievo	44
6.8.	Limiti di accettabilità dei valori.....	44
7.	MONITORAGGIO DELLE BIOCENOSI MARINE	45
7.1.	Inquadramento generale.....	45
7.2.	Riferimenti normativi	45
7.3.	Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio	45
7.4.	Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche	46
7.5.	Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio	47
7.6.	Frequenza e periodicità del monitoraggio	47
7.7.	Contenuti del report di rilievo	47
7.8.	Limiti di accettabilità dei valori.....	47
8.	STIMA DEI COSTI	48

1. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

1.1. Premessa

Nell'ambito della Conferenza dei Servizi preliminare tenutasi il 26 luglio 2016 presso gli uffici della Direzione Generale dell'Assessorato della Difesa dell'Ambiente della Regione Autonoma della Sardegna in via Roma 80, ai fini dell'acquisizione dei pareri e di tutti gli assenti previsti dalle vigenti normative di settore, il Servizio Valutazioni Ambientale dell'Assessorato suddetto, ha stabilito che gli interventi previsti fossero riconducibili alla tipologia delle opere finalizzate alla mitigazione dell'erosione costiera, così come indicati al punto 7. Lettera I) dell'Allegato B1 della DGR 34/33 del 2012; ciò determinava la conseguente esigenza che il progetto fosse sottoposto all'attenzione degli Enti competenti per la procedura di assoggettabilità alla V.I.A. e alla Valutazione di Incidenza Ambientale, in quanto il sito di intervento Su Pallosu risulta limitrofo al SIC ITB030038 "Stagno di Putzu Idu (Salina Manna e Pauli Marigosa)". Il Servizio della Tutela della Natura e Politiche Forestali del medesimo Assessorato, nell'ambito della valutazione delle coerenza del progetto con gli obiettivi e le finalità del finanziamento concesso al Comune di San Vero Milis e a seguito del ricevimento delle integrazioni richieste ai progettisti in conferenza dei servizi, con propria nota del 19.09.2016 - Prot. n.17650, esprimeva il nulla osta alla progettazione e realizzazione delle opere previste nel Progetto Preliminare limitatamente al Lotto A, con l'esigenza che venisse redatto un programma di monitoraggio ambientale per la località "Su Pallosu" e trasmesso preventivamente allo stesso servizio.

La realizzazione di interventi complessi in contesti dinamici e ad alta valenza naturalistico-ambientale, come quelli previsti nel progetto preliminare per l'ambito di Su Pallosu, pone il problema di garantire l'armonizzazione degli stessi con l'ambiente marino costiero interessato, utilizzando tutte le soluzioni tecnico-progettuali, anche di notevole impegno, che rendano possibile il conseguimento di tale obiettivo. In questi termini, vista l'esigenza di conoscere preventivamente quale fosse l'entità degli impatti ambientali inducibili, in un contesto fisiografico la cui dinamica evolutiva risulta allo stato attuale poco conosciuta, si è ritenuto necessario predisporre un Piano di Monitoraggio Ambientale con l'obiettivo di analizzare e tenere sotto controllo gli effetti sull'ambiente delle opere previste a Su Pallosu. Tale finalità è stata perseguita nel presente Piano con la predisposizione di un programma rappresentativo delle modalità tecniche e procedurali per l'acquisizione di una serie di indicatori chimico-fisici e di parametri biotici e abiotici dell'ambito, che fossero funzionali alla costruzione del quadro conoscitivo di fondo del paraggio costiero interessato (monitoraggio ante-operam) e che permettessero di verificare lo stato dell'ambiente in fase di esecuzione (monitoraggio in itinere) e in fase di esercizio delle opere (monitoraggio ex post).

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), così sviluppato, illustra i contenuti, i criteri, le metodologie, l'organizzazione e le risorse economiche che saranno impiegate per attuare il Piano stesso, tenendo conto della normativa generale e di settore esistente a diverso livello, comunitario, nazionale e regionale.

1.2. Generalità sugli obiettivi ed i requisiti del monitoraggio

Per monitoraggio ambientale si intende l'insieme dei controlli, effettuati periodicamente o in maniera continua, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo, di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali che possono subire impatti dalla realizzazione e/o dall'esercizio delle opere. Il MA persegue i seguenti obiettivi:

- Eseguire un monitoraggio ante-operam, in-operam e post-operam del paraggio costiero di Su Pallosu relativamente agli interventi previsti nel progetto;
- Correlare gli stati ante operam, in corso d'opera e post operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale.
- Determinare, a seguito del monitoraggio ante-operam, lo stato di qualità ambientale e le tendenze evolutive del sistema marino costiero interessato e verificare successivamente, attraverso una analisi comparativa, lo stato di alterazione dell'ambiente in fase di realizzazione e di esercizio delle opere.
- Verificare la conformità alle previsioni di impatto individuate in fase di progetto per quanto attiene le fasi di costruzione e di esercizio dell'Opera.
- Garantire, durante la fase di costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive.
- Verificare l'efficacia delle misure di mitigazione, se previste.
- Fornire agli enti competenti gli elementi necessari per la corretta esecuzione delle procedure di controllo.
- Effettuare, nelle fasi di costruzione e di esercizio, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti, e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate negli atti autorizzativi di progetto dagli enti competenti in materia ambientale.

Conseguentemente il PMA deve soddisfare i seguenti requisiti:

- Attraverso il monitoraggio ex-ante, definire le dinamiche funzionali e morfoevolutive del paraggio costiero di Su Pallosu;
- Individuare parametri ed indicatori facilmente misurabili ed affidabili, nonché rappresentativi dell'assetto funzionale e strutturale delle varie componenti ambientali biotiche e abiotiche.
- Definire la scelta del numero, delle tipologie e della distribuzione territoriale delle stazioni di misura in modo rappresentativo dei livelli di interferenze potenziale e della sensibilità/criticità delle componenti interessate.
- Prevedere la frequenza delle misure adeguata alle componenti che si intendono monitorare.
- Prevedere la restituzione periodica programmata delle informazioni e dei dati in maniera strutturata e georeferenziata, di facile utilizzo ed aggiornamento, e con possibilità sia di correlazione con eventuali elaborazioni modellistiche, sia di confronto con i dati istituzionali ed esistenti.

- Stimare il costo del monitoraggio per le varie modalità di rilevamento, analisi e controllo per le tre fasi (ante-operam, corso d'opera e post-operam).

1.3. Sintesi delle azioni di progetto e modalità operative

Per il sito di Su Pallosu le tipologie intervento sono declinate in due lotti funzionali e considerate l'uno complementare all'altro. Il primo intervento (Lotto A) prevede opere di tipo "morbido", a basso impatto ambientale, realizzate con manufatti di origine naturale, facilmente removibili e con funzionalità limitata nel tempo, in quanto propedeutici agli interventi strutturali di difesa costiera, quali il ripascimento e le eventuali opere di protezione dal mare, da realizzarsi con il Lotto B.

Gli interventi del primo lotto (Lotta A) sono quindi riconducibili alle seguenti tipologie:

- Opere di protezione al piede del corpo dunare e delle formazioni detritiche costiere rispetto all'azione erosiva dei frangenti;
- Opere di protezione delle superfici dunari dai fenomeni di dilavamento e di deflazione eolica indotti dalla fruizione incontrollata.

Con un lotto successivo (Lotto B) è stato ipotizzato un intervento di ripascimento per migliorare la difesa della costa, a completamento della palificata in legno protettiva del piede dunare. Le palificate esplicano la loro funzione solo nel caso di eventi estremi e nel breve periodo, pertanto una soluzione di maggiore durata è stata prevista con il ripascimento, eventualmente protetto con manufatti idonei per la mitigazione dell'azione erosiva da parte delle correnti litoranee e del moto ondoso. Intervento attuabile, tuttavia, solo a seguito di uno studio approfondito e di un corretto inquadramento idrodinamico del paraggio costiero e dell'unità fisiografica di riferimento.

1.4. Fattori ambientali oggetto del monitoraggio

Le componenti ambientali e i parametri chimico-fisici e biologici oggetto di controllo nell'ambito del monitoraggio ambientale dell'intervento, sono state definite sulla base degli studi e delle analisi preliminari sulle potenziali interferenze tra opere in progetto e componenti ambientali di Su Pallosu, sviluppate nello Studio di Prefattibilità Ambientale e nello Studio Preliminare Ambientale. Pertanto, l'insieme dei parametri che verranno acquisiti nel monitoraggio dovranno essere rivolti principalmente a sviluppare le seguenti analisi e valutazioni:

- analisi della dinamica morfoevolutiva del paraggio costiero di Su Pallosu, in particolare nelle fasi precedenti l'inizio dei lavori del Lotto B (Ex-Ante) e successivamente alla conclusione degli stessi (Ex-Post);
- verifica delle eventuali alterazioni dei fattori ambientali durante l'esecuzione (In-Operam);
- verifica e controllo delle alterazioni delle componenti ambientali successivamente alla ultimazione dell'intervento del Lotto B (Ex-Post).

Per quanto attiene le componenti ambientali oggetto di monitoraggio, queste comprendono principalmente:

- a) spiaggia emersa, compendio dunare e zone umide Su Pallosu, per quanto attiene l'assetto morfometrico e geomorfologico;
- b) spiaggia sommersa e tipologia fondali marini almeno fino alla profondità di chiusura, con riferimento all'assetto morfo-batimetrico;
- c) clima meteomarinico, per quanto attiene i parametri anemometrici, regime correntometrico e ondometrico;
- d) sedimenti della spiaggia emersa e sommersa, per quanto attiene parametri granulometrici, mineralogici e ambientali;
- e) acque marino-costiere, per quanto attiene i caratteri fisico-chimici quali temperatura, pH, conducibilità, salinità, ossigeno disciolto, potenziale redox e torbidità;
- f) biocenosi marine, con attenzione allo stato di consistenza e di qualità.

In ogni caso l'attività di monitoraggio dovrà essere sviluppata coerentemente con quanto previsto dal DM n. 173 del 15 luglio 2016, relativo al "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini". Il monitoraggio dovrà quindi essere commisurato ai volumi e alla qualità del materiale di ripascimento, nonché alle caratteristiche dell'area ricevente e deve prevedere fasi successive (Ante operam, in corso d'opera e Post operam), che considerino almeno i seguenti parametri riferiti ai fondali e alla colonna d'acqua:

- granulometria dei sedimenti superficiali dell'area di ripascimento e delle aree limitrofe;
- livelli di torbidità nell'area e nelle immediate vicinanze del sito da ripascere;
- principali popolamenti fito-zoobentonici e, nel caso di interventi di notevole entità (> 40.000 m³), anche analisi della struttura della comunità presenti nel sito di ripascimento e nell'area circostante, ripetendo le medesime indagini eseguite nella fase di caratterizzazione dell'area di intervento, con particolare riferimento alla presenza di *Posidonia oceanica*; in tal caso l'indagine deve essere estesa al limite superiore della prateria, valutando anche eventuali effetti sul suo stato di salute.

2. MONITORAGGIO SPIAGGIA EMERSA, COMPENDIO DUNARE E ZONE UMIDE

Spiaggia emersa, spiaggia sommersa compendio dunare e zone umide costituiscono distinti elementi di uno stesso sistema, strettamente dipendenti l'uno dall'altro. Per questa ragione, i cambiamenti che interessano una di queste componenti hanno un'influenza diretta o indiretta sulle variazioni delle altre. Il principale obiettivo di un'analisi morfometrica di dettaglio della fascia costiera (dalla chiusura della spiaggia sommersa fino al piede della duna o zona umida quando presente) attuata tramite l'acquisizione, elaborazione ed analisi dei dati morfologici e topo-batimetrici, è quello di individuare e misurare le caratteristiche morfologiche della spiaggia emersa, sommersa, delle dune costiere e delle zone umide delle aree indagate.

La ripetizione multi-temporale "ex-ante", "in operam" e "post-operam" permette di comprendere ed analizzare le variazioni dell'andamento topografico e batimetrico delle aree indagate, di confrontare sezioni e profili e di eseguire computi di variazioni volumetriche dei sedimenti litoranei. Prevedendo un'acquisizione periodica di dati morfologici e volumetrici sarà possibile una stima del bilancio sedimentario del sistema spiaggia-duna, ed in particolare comprendere il regime sedimentario del paraggio ed eseguire le stime sulle possibili variazioni indotte dalle opere in progetto all'interno dell'unità fisiografica, fornendo preziose informazioni sull'efficacia degli interventi di protezione costiera. In generale, l'analisi morfologica applicata alle diverse componenti del paraggio costiero di riferimento, si rivela di fondamentale importanza per individuare e valutare eventuali criticità presenti all'interno del sistema, sia di origine antropica che naturale quali ad esempio quelle legate a fenomeni di erosione e/o ad eccessiva pressione antropica.

2.1. Inquadramento generale

L'unità fisiografica del litorale di su Pallosu/Sa Rocca Tunda, situato all'estremità settentrionale della Penisola del Sinis, si sviluppa con continuità per circa 3 km con direzione E-W tra i promontori di Scala 'e Sali a Est e di Su Pallosu a Ovest, andando ad impostarsi sulla piattaforma carbonatica tortoniano-messiniana del Sinis. Il contesto geomorfologico della spiaggia di Su Pallosu è caratterizzato da una tipologia ad arco originatasi a seguito dell'emersione del cordone litorale che ha isolato la zona umida di "Pauli Sa Marigosa" dal mare; la spiaggia si estende per oltre 3000 metri mostrando tuttavia una modesta profondità massima (30/35 m). L'area di retrospiaggia è occupata nel settore nord occidentale da un affioramento di arenarie eoliche sovrastate da depositi eolici attuali non consolidati e parzialmente stabilizzati dalla vegetazione, entrambe interessate da una ripa d'erosione alta da 2 a 6 metri; mentre il settore sud occidentale mostra il profilo trasversale tipico del cordone litorale con stagno retrostante, e un complesso dunare frammentato e degradato. Il settore orientale di retrospiaggia, un tempo sede di un vasto complesso dunare ormai rimpiazzato dell'insediamento residenziale di "Sa Rocca Tunda", conserva i corpi dunari residuali tra la spiaggia e la prima fila di abitazioni.

2.2. Riferimenti normativi

Non esistono a oggi riferimenti normativi che definiscono in maniera univoca modalità di esecuzione di un monitoraggio delle spiagge. Tuttavia è presente una significativa letteratura che tratta dell'argomento a cui ci si è riferiti per la definizione delle procedure di monitoraggio da seguire nella spiaggia oggetto degli interventi. In particolare è stato fatto riferimento al "Disciplinare tecnico di rilevamento degli indicatori fisici di caratterizzazione e monitoraggio" della Regione Sardegna, contenute nel volume: *La rete per il monitoraggio delle spiagge - applicazioni ed esperienza sviluppate nel progetto Resmar*. Sono stati inoltre presi riferimenti tecnici e procedurali da altre pubblicazioni scientifiche tra cui in particolare il manuale "PODIS: Difesa delle coste e salvaguardia dei litorali", del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territori.

2.3. Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio

La scelta degli elementi fisici da monitorare è connessa con la sensibilità e vulnerabilità che le diverse componenti ambientali del settore in esame hanno e avranno rispetto alle azioni di progetto previste, e con la rappresentatività degli stessi rispetto alla definizione delle tendenze evolutive del sistema sabbioso e lacustre. I parametri individuati e selezionati sono quelli la cui misura consente di stabilire in maniera univoca le variazioni morfologiche e volumetriche della spiaggia emersa, con particolare riferimento a:

- Linea di riva e del piede della duna;
- Assetto morfo-volumetrico della spiaggia
- Assetto morfo-planimetrico della zona umida, specchio acqueo e foce.

2.4. Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche

2.4.1. Linea di riva e piede della duna

Il rilevamento della linea di riva, riguarda l'individuazione della posizione planimetrica della linea di riva ripetuta ad intervalli temporali prestabiliti. La linea di riva è definita come l'intersezione tra il livello medio delle maree e la costa, data l'obiettivo difficoltà operativa del determinare l'esatta posizione della linea di riva, questa operazione dovrà avvenire in condizioni meteo marine favorevoli. Il passo di campionamento dovrà essere tale da evidenziare tutte le possibili morfologie della spiaggia intertidale, con particolare attenzione ad eventuali affioramenti del substrato roccioso, relitti o manufatti antropici e comunque non superiore al metro. In presenza di berma vegetale a Posidonia oceanica spiaggiata (banquette), il limite della banquette sarà considerata linea di riva.

Il rilevamento del piede della duna, riguarda l'individuazione della posizione planimetrica della

rottura di pendenza che, in settore di alta spiaggia, individua appunto il piede della duna, generalmente stabilizzata da vegetazione arbustiva ed arborea. In presenza di dune incipienti, interessate da sporadica vegetazione psammofila, esse andranno evidenziate nel profilo di spiaggia.

2.4.2. Assetto morfo-volumetrico della spiaggia

Le misure morfometriche della spiaggia emersa mediante rilevazione di profili trasversali, sono finalizzati alla valutazione delle variazioni morfologiche della spiaggia. Nel caso specifico, le misure, oltre a registrare le naturali modificazioni cicliche stagionali, devono altresì evidenziare eventuali modificazioni morfologiche a seguito della realizzazione degli interventi in oggetto. In tal senso dovranno essere confrontati i profili morfometrici acquisiti durante le diverse fasi stagionali.

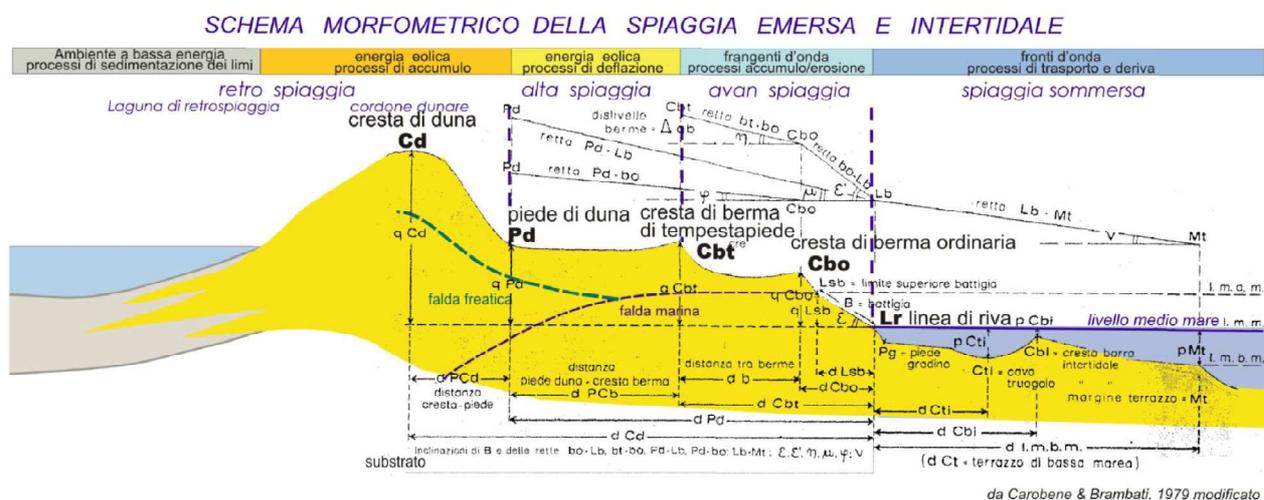


Figura 1 - Schema morfometrico generale della spiaggia di riferimento per il monitoraggio (da Carobene e Brambati, 1975 - modificato)

Il rilevamento dei profili del sistema sabbioso litoraneo dovrà comprendere, oltre al settore dunare rilevato a partire dal limite interno delle formazioni eoliche, il retrospiaggia, a partire dal piede della duna, l'avanspiaggia, la fascia peri-intertidale della spiaggia sommersa fino alla massima profondità batimetrica operativamente raggiungibile di -0,60 / -1 m, in maniera tale da essere in continuità ed avere la massima sovrapposizione possibile con i profili batimetrici. Dovrà essere identificato il punto origine del profilo specificando se piede della duna, cresta della duna, manufatto esistente o altro.

Dovranno essere rilevate le posizioni xyz dei seguenti elementi morfologici: *limite interno duna Lid*; *cresta di duna Cd*; *piede di duna Pd*; *quando presenti dune incipienti Din*; *cresta di berma di tempesta Cbt*; *quando presenti diversi ordini di berma Cb(n)*; *cresta di berma ordinaria Cbo*; *linea di riva Lr*; *piede del gradino Pg*; *cresta barra sommersa Cbs*; *piede barra sommersa Pbs*;. Inoltre, deve essere valutata la pendenza media della spiaggia e discriminati i depositi di duna

embrionale in alta spiaggia e le "banquette" a Posidonia in avanspiaggia. Dovrà essere opportunamente annotata l'eventuale presenza di elementi o alterazioni antropiche, quali movimenti terra, scavo o deposito, manufatti in calcestruzzo, legno, metallo etc. I profili saranno acquisiti in *Modalità statica*, ovvero acquisizioni puntuali con cadenza spaziale genericamente fissata ad 1 m e tempo di acquisizione pari a circa 5 sec. Dovranno essere intercettate e rilevate tutte le rotture di pendenza significative in corrispondenza di elementi geomorfologici rilevanti.

2.4.3. Assetto morfo-planimetrico della zona umida, specchio acqueo e foce

La zona umida di Pauli Marigosa rappresenta un sistema stagnale retrolitorale alimentato prevalentemente da interazioni idrogeologiche con il mare. Gli apporti idrici di acqua dolce diretti e legati al ruscellamento possono essere considerati estremamente limitati. La zona umida presenta caratteri idrici variabili da condizioni astatiche a tipicamente stagnali. Lo stagno di Pauli Marigosa, in virtù della sua marcata relazione con il mare, costituisce un importante indicatore fisico-ambientale utile per meglio comprendere l'evoluzione del tratto costiero in esame. L'osservazione delle ortofoto storiche infatti, suggerisce un progressivo passaggio della zona umida da condizioni tipicamente astatiche fino alle attuali condizioni stagnali semipermanenti, evidenziando una maggiore influenza freatica del mare sul contenuto idrico all'interno del bacino idrico. Questo aspetto può essere interpretato con la progressiva erosione del setto sedimentario di separazione tra mare e zona umida. In tal senso il monitoraggio deve prevedere la definizione dell'assetto geomorfologico della zona umida, individuandone i limiti verso mare e verso terra ed i rapporti idrologici ed idrogeologici con il mare e l'entroterra.

Il rilevamento della zona umida sarà atto a identificare la loro estensione e variazioni stagionali con particolare riferimento alla presenza o meno di bocche di laguna durante le stagioni umide, in tal caso, per la bocca di laguna si procederà al rilevamento come per la linea di riva.

2.5. Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio

I profili morfometrici trasversali della spiaggia dovranno avere un orientamento il più possibile perpendicolare alla linea di riva, il piano dei tracciati teorici dovrà essere mantenuto immutato per tutte le campagne di rilievo, in maniera da garantire la perfetta confrontabilità dei profili acquisiti in momenti diversi. Nelle figure seguenti è rappresentato a titolo esemplificativo un piano dei profili teorici. Lo scopo del rilievo topografico è quello di integrare i dati rilevati sotto il livello dell'acqua dal sistema SBES con la morfologia della spiaggia emersa.

Il rilievo dovrà essere eseguito con ricevitore satellitare GNSS (Global Navigation Satellite System) tipo Trimble 5800, in modalità RTK fisso (Real Time Kinematic), sistema di riferimento WGS84 (World Geodetic System 84), e con margine di errore sui punti battuti che varia al massimo dai 2 ai 4 cm. I profili saranno orientati perpendicolarmente alla linea di riva e la spaziatura tra i profili è di 25 m l'uno dall'altro. Punti d'origine dei profili e loro orientamento devono essere mantenuti invariati per tutte le campagne di rilevamento "ex-ante", "in operam" e "post operam" per

favorire il confronto ed evidenziare i trend evolutivi. La linea di riva sarà rilevata senza soluzione di continuità con un punto ogni 5 m, nel minor intervallo di tempo possibile, avendo cura, se possibile, di includere ad inizio e fine rilievo i capi saldi di riferimento (affioramenti del substrato litoide o manufatti) e i punti di intersezione con i profili morfometrici. Anche per le zone umide deve essere previsto un piano dei profili teorici da acquisire che rimarrà immutato per tutta la durata del monitoraggio. Per una estensione di 3000m della spiaggia si stima che sarà necessario acquisire circa 120 profili trasversali morfometrici di dettaglio, aventi una lunghezza media di circa 80 m.

Tale sistema dovrà utilizzare come stazione Base gli stessi punti Topografici di quota nota sui quali ha fatto base la stazione utilizzata per il rilievo batimetrico. Le varie metodologie di rilievo dovranno essere funzionali alla restituzione di un unico modello digitale (DTM) del tratto di costa oggetto di rilievo. Dovrà essere fatto riferimento ai capisaldi della rete IGM esistenti, restituendo nei report i dati di quelli utilizzati. In assenza di capisaldi IGM nelle vicinanze delle aree di rilievo, dovranno essere istituiti in modo permanente, mediante l'apposizione di chiodi topografici posti su base idoneamente stabilizzata, almeno n. 1 Caposaldo (CPS) ogni 4km. Dei capisaldi istituiti dovrà essere eseguito il rilievo GNSS statico rapido nel Sistema WGS84-UTM-32N. I CPS istituiti dovranno essere collegati altimetricamente alla rete di livellazione IGM mediante livellazione di precisione (geometrica o trigonometrica) (errore 2cm/km) e di ognuno di essi dovrà essere fornita monografia completa di documentazione fotografica. Potranno essere istituiti CPS secondari, da utilizzare per il rilievo batimetrico e di dettaglio dell'arenile. I rilievi batimetrici e topografici saranno riferiti alle quote della linea di livellazione IGM ed il riferimento cartografico alla proiezione WGS84, Gauss Boaga fuso Ovest.



Figura 2 - area di interesse per il rilevamento e il monitoraggio del paraggio costiero emerso di Su Pallosu / Sa Rocca Tunda.

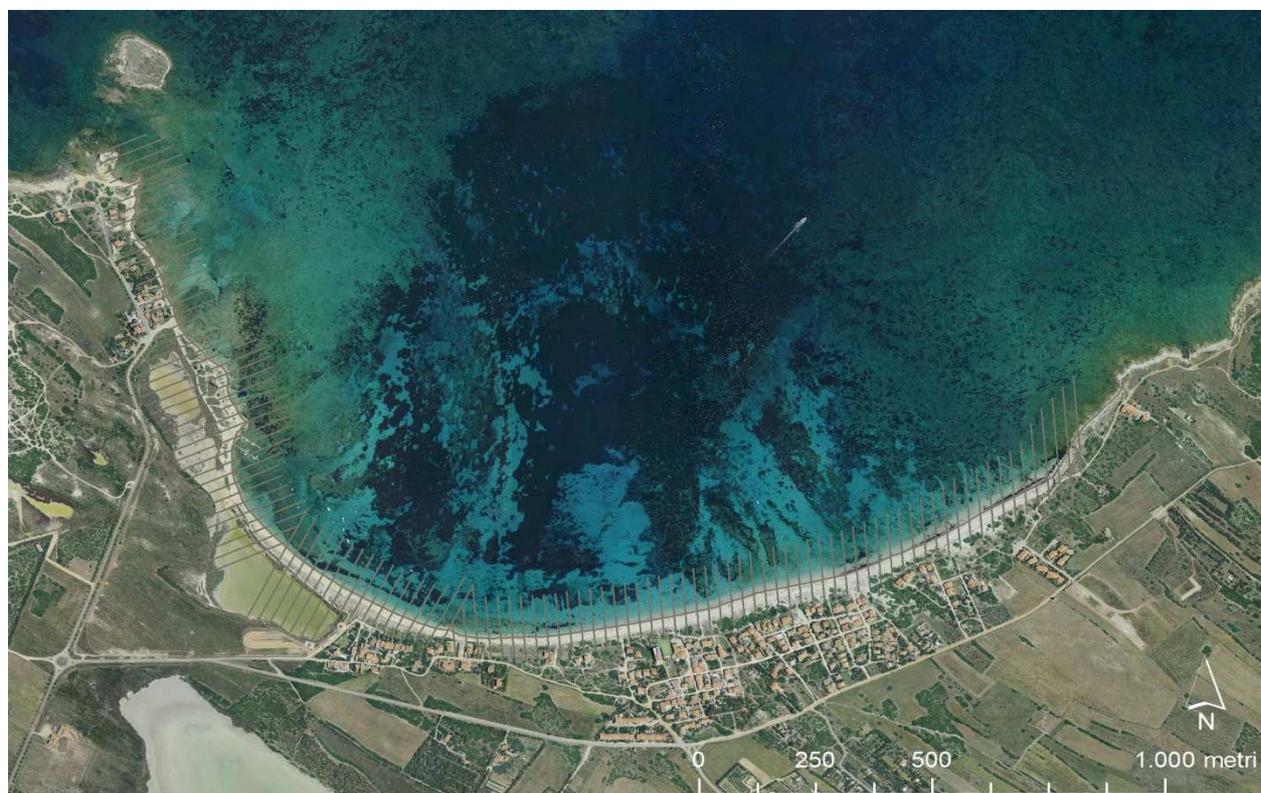


Figura 3 - Spiaggia di Su Pallosu / Sa Rocca Tunda, piano dei profili morfometrici teorici per i settori di spiaggia emersa, complesso dunare e zone umide

2.6. Frequenza e periodicità del monitoraggio

La complessità delle opere di progetto, specie in riferimento alle modalità e tempi di realizzazione richiedono una precisa programmazione, in funzione dello stato di avanzamento dei lavori, delle attività di raccolta, elaborazione e restituzione delle informazioni. Qualora si riscontrassero anomalie, occorre inoltre effettuare una serie di accertamenti straordinari atti ad approfondire e verificare l'entità del problema, determinarne la causa e indicare le possibili soluzioni.

Durata del monitoraggio:

- Ante Operam: 24 mesi a partire dalla data del primo rilievo.
- In-Operam: durata dei lavori
- Post-Operam: 60 mesi a partire dalla fine dei lavori

Numero di campagne di rilevamento:

- rilievi linea di costa: n. 2 successive stagionali (estate-inverno);
- rilievi piede della duna: n. 2 successive stagionali (estate-inverno);
- profili di spiaggia: n. 2 successive stagionali (estate-inverno);
- rilievi limite zona di umida, dello specchio acqueo e della foce: n. 2 successive stagionali (estate-inverno).

Cadenza temporale stagionale:

Tutti i rilievi topografici (profili di spiaggia, rilievo piede della duna, rilievo della linea di riva e rilievo limite zona umida e foce) dovranno essere realizzati nella stagione invernale ed in quella estiva per tutti gli anni ante-operam e post operam previsti, in maniera tale da rappresentare il litorale nella conformazione tipica delle diverse stagioni. Le misure Ante-Operam e Post-Operam dovranno essere effettuate nelle seguenti finestre temporali:

- inverno: 15 marzo - 30 marzo;
- estate: 15 luglio - 30 settembre.

Le misure In-Operam dovranno essere eseguite subito prima e subito dopo il ripascimento.

Tempistica del singolo rilievo

Tutti i rilievi devono essere rilevati in continuità di acquisizione. Il rilevamento deve concludersi nell'arco della stessa giornata se possibile. Il rilevamento della linea di riva dovrà essere realizzato in condizioni meteomarine di calma, in modo da determinare un limite della linea di riva il più possibile reale.

Capisaldi di riferimento

Laddove non già presenti dovranno essere installati i necessari punti fisici di riferimento,

agganciati alla rete geodetica nazionale, al fine di garantire precise misure sul punto x, y, z con accuratezza centimetrica. Devono essere riportati anche i punti fissi di riferimento del progetto e dell'area in esame (edifici esistenti, capisaldi, ecc), rilevati nel corso della progettazione.

La linea di riva dovrà essere rilevata senza soluzione di continuità con un punto ogni 5 m. I profili saranno orientati perpendicolarmente alla linea di riva con passo di 25 m.

Sistema di riferimento

WGS84-UTM - 32 Nord

Condizioni di acquisizione

Le campagne di rilevamento dovranno essere programmate per quanto possibile in situazioni meteo-marine ottimali e comunque tali da consentire adeguate condizioni di lavoro in campo.

2.7. Contenuti del report di rilievo

Considerata la complessità e la vastità delle informazioni da gestire, si devono identificare tecniche di sintesi dei dati (grafiche e numeriche) che semplifichino la caratterizzazione e la valutazione dello stato ambientale ante-operam, in corso d'opera e post-operam.

Nel report dovranno essere evidenziate le variazioni morfologiche della spiaggia e della duna riferite a ciascun rilievo e valutate le variazioni volumetriche dei sedimenti. Devono essere date interpretazioni circa le dinamiche in atto e le variazioni morfologiche della spiaggia nei diversi rilievi e valutati gli eventuali effetti delle opere sull'assetto della spiaggia e della duna nelle diverse fasi di realizzazione. Il report deve contenere grafici ed elaborati fotografici, testuali e cartografici utili alla rappresentazione delle dinamiche in atto. Le conclusioni del report devono contenere oltre alla sintesi dei risultati, anche eventuali considerazioni su opportuni accorgimenti e migliorie al progetto che si dovessero ritenere necessari in risposta ad eventuali processi evolutivi inaspettati connessi con la realizzazione delle opere.

Più nel dettaglio il report dovrà contenere:

- Dati geodetici, parametri di proiezione e datum orizzontale;
- Elenco e monografie dei capisaldi utilizzati;
- Equipaggiamento (schede tecniche);
- Procedure di lavoro (metodologie di rilievo, calibrazioni, processing e restituzione);
- Log delle attività;
- Risultati:
 - Analisi variazioni linea di riva (se presenti);
 - Analisi variazioni profili morfometrici (es. variazioni di pendenza, variazione posizione piede della duna);
 - Analisi variazioni volumetriche della spiaggia emersa con considerazioni su

cause/conseguenze;

- Restituzione grafica dei risultati:
 - Profili morfometrici (e loro confronto multi-temporale) in scala adeguata al riconoscimento degli elementi morfologici caratteristici (tipicamente 1:1000 orizzontale e 1:200 verticale);
 - Curve di livello con equidistanza 0.20 m
 - DTM con dimensione della cella pari a 1x1m
- Conclusioni.

2.8. Limiti di accettabilità dei valori

Le azioni progettuali in esame sono finalizzate alla creazione di un nuovo sistema spiaggia-duna a ridosso della strada e quindi, nel complesso, ci si deve aspettare un processo di stabilizzazione o accrescimento della spiaggia antistante le opere in oggetto. Tuttavia, specie in fase di realizzazione del progetto, sono possibili modificazioni morfologiche della spiaggia significative ed inaspettate, connesse con le dinamiche meteo-marine, che possono definire situazioni di criticità a carico sia delle aree limitrofe non direttamente interessate dal progetto (dune, spiaggia e zona umida di foce), sia delle opere che si stanno realizzando. In entrambi i casi, qualora si evidenziasse l'insorgere di processi in grado di compromettere la stabilità delle suddette zone, dovranno essere ipotizzati gli scenari evolutivi possibili e proposte eventuali misure di mitigazione alla direzione lavori, da attuare anche in fase di realizzazione del progetto. In particolare dovrà essere posta attenzione ai seguenti indicatori valutando la temporaneità e la reversibilità del fenomeno oltre alla relazione diretta ed indiretta con le lavorazioni in corso:

- arretramento della linea non correlabile alla variazione stagionale;
- fenomeni di scalzamento del piede della duna con conseguente formazione di ripe d'erosione;
- anomalie nella distribuzione sedimentaria lungo riva e nella morfologia lineare della spiaggia, quali cuspidi, frecce litorali, barre sabbiose sommerse, accumuli e prelievi anomali lungo riva rispetto alle condizioni di assetto geomorfologico medio della spiaggia;
- assottigliamento del setto sabbioso che separa la zona umida fluviale dal mare;
- migrazioni della bocca di foce della zona umida lungo la spiaggia e variazioni significative del limite a mare della zona umida.

Al fine di poter garantire la massima accuratezza di misura possibile ed accertare le minime variazioni di assetto morfo-volumetrico tra un rilievo e l'altro, l'accuratezza plano-altimetrica strumentale dovrà essere compresa nell'ordine dei $\pm 2/3$ cm. Per la stessa ragione è altresì indispensabile che tutte le campagne di rilievo susseguenti siano condotte applicando lo stesso modus operandi e le medesime metodologie e per quanto possibile gli stessi strumenti.

2.9. Formato dati da consegnare

- Raw data del rilievo topografico in formato XYZ (la linea di riva deve essere contenuta in questo file).
- DTM 10,0x10,0 m nei formati Surfer Grid e ASCII Grid
- Isoipse con equidistanza 0.20 m in formato Shapefile (.shp) e Cad (.dxf) (la linea di riva deve essere contenuta in questo file).
- Restituzione dei profili morfometrici in Cad (.dwg)
- Restituzione cartografica della topografia con isoipse distanziate 0.20m

3. MONITORAGGIO SPIAGGIA SOMMERSA E TIPOLOGIA FONDALI MARINI

3.1. Inquadramento generale

I fondali prospicienti la spiaggia di Su Pallosu / Sa Rocca Tunda sono caratterizzati da morfologie che evidenziano la dominanza di fenomeni erosivi, ricalcando il trend osservabile nell'antistante settore di piattaforma continentale caratterizzata da un ripiano in prevalente erosione durante i passati eventi eustatici. Il litorale è esposto ai forti venti del IV quadrante, dominanti su questa costa, che unitamente alla notevole ampiezza del fetch (oltre 500km dal III e IV quadrante), espongono la costa ai massimi livelli energetici rilevati in tutta la Sardegna. Analogamente al settore emerso, anche la spiaggia sommersa è confinata da estesi affioramenti del substrato litoide, in particolare dal promontorio di Scala 'e Sale che la separa dall'estesa spiaggia di Is Arenas a Est e dalla penisola di su Pallosu e Is. Di Sa Tonnara a Ovest. Verso il largo la presenza di una vasta seppur frammentata prateria a *Posidonia oceanica* ne determina la chiusura ben prima del raggiungimento della profondità di chiusura da un punto di vista energetico ($\lambda/2$).

3.2. Riferimenti normativi

Il protocollo per l'esecuzione dei rilievi batimetrici, seppure con le opportune semplificazioni, è il "DISCIPLINARE TECNICO PER LA STANDARDIZZAZIONE DEI RILIEVI IDROGRAFICI" (I.I.3176 – ed. 2016) dell'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana, ovvero la traduzione del IHO S-44 – IHO Standards for Hydrographic Surveys, 5^a edizione, febbraio 2008, con particolare riferimento agli Annessi I e II al suddetto disciplinare.

3.3. Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio

La suddivisione dell'area di indagine in spiaggia emersa e sommersa è una semplificazione metodologica attuata per motivi pratici di acquisizione ma il corpo di spiaggia è unico, e come tale gli elementi morfometrici da monitorare durante l'esecuzione dei rilievi batimetrici sono strettamente connessi a quanto rilevato nei settori di spiaggia emersa. In particolare, per la definizione delle tendenze evolutive del sistema di spiaggia e soprattutto la stima dell'assetto morfo-volumetrico della stessa è necessario avere un dataset solido e coerente.

I principali elementi morfometrici da individuare saranno quindi (quando presenti):

- Gradino, truogolo, barre sommerse e canali;
- Affioramenti del substrato litoide;
- Determinazione della profondità di chiusura della spiaggia (affioramenti del substrato litoide, prateria a *Posidonia oceanica* e/o raggiungimento di $\lambda/2$, ovvero la profondità a partire dalla quale non si ha più interazione del moto ondoso con i sedimenti);
- Batimetria del fondo marino (mediante Single Beam).

Contestualmente al rilievo batimetrico si renderà opportuno lo studio della morfologia del fondale tramite rilievo Side Scan Sonar (Sonar a scansione laterale) che consente di ottenere informazioni sulla natura e distribuzione dei sedimenti, condizioni e distribuzione della prateria di *Posidonia oceanica* e altre biocenosi marine, nonché l'individuazione di eventuali criticità ambientali o evidenze archeologiche.

3.4. Localizzazione e specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche

I profili morfometrici del settore marino dovranno avere un orientamento il più possibile perpendicolare alla linea di riva, a questi si aggiungerà una serie di profili di controllo trasversali ai primi ugualmente distanziati di 25m, ottenendo una maglia di 25x25m; il piano delle rotte teoriche dovrà essere mantenuto immutato per tutte le campagne di rilievo in maniera da garantire la perfetta confrontabilità dei profili acquisiti in momenti diversi. Di seguito un piano dei profili teorici a titolo di esempio.

Punti d'origine dei profili e loro orientamento devono essere mantenuti invariati per tutte le campagne di rilevamento "ex-ante", "in operam" e "post operam" per favorire il confronto ed evidenziare i trend evolutivi.

Durante l'esecuzione del rilievo batimetrico, particolare attenzione dovrà essere posta nell'area di raccordo con il rilievo topografico al fine di garantire sufficiente sovrapposizione tra i due.

Il rilevamento batimetrico sarà eseguito con ecoscandaglio single-beam avente emissione conica con doppia frequenza di risonanza, laddove la frequenza minore non sia superiore ai 50 kHz (con ampiezza non superiore a 20°) e quella maggiore non sia superiore ai 200 kHz (con ampiezza non superiore a 10°). In ogni caso, la risoluzione minima dello strumento dovrà essere dell'ordine di ± 1 cm. Il posizionamento in mare, durante il rilievo batimetrico, dovrà essere garantito con ricevitore satellitare GNSS (Global Navigation Satellite System) tipo Trimble 5800 o equivalente, in modalità RTK (Real Time Kinematic), sistema di riferimento WGS84 (World Geodetic System 84), e con margine di errore sui punti battuti che varia dai 2 ai 6 cm. La frequenza di acquisizione del dato batimetrico non dovrà essere inferiore a una battuta al secondo (1Hz).

Il rilevamento Side Scan Sonar è una tecnica di rilievo acustico per lo studio indiretto della morfologia dei fondali marini, con particolare riferimento alle facies e strutture sedimentarie e geologiche nonché fornire informazioni riguardanti la distribuzione delle biocenosi che caratterizzano i fondali. Per questo scopo e viste le basse profondità, sarà opportuno acquisire i dati con uno strumento ad altissima risoluzione, ovvero operante ad alte frequenze (600/1600kHz) e capace di una risoluzione across track inferiore ai 2 cm, il rilievo dovrà essere eseguito con un overlap minimo tra le linee del 50%. Il rilievo, una volta georiferito e mosaicato dovrà essere interpretato e restituito cartograficamente. Nell'analisi post-processing della morfologia del fondo si ritiene opportuno che questa venga condotta a seguito dei risultati granulometrici e mineralogici sui campioni di sedimento di fondo, pianificato e condotto successivamente al rilievo SSS.



Figura 4 - Area teorica di interesse per i rilievi batimetrici (single beam) e morfologici (Side Scan Sonar) del fondale



Figura 5 - Piano dei profili teorici da acquisire a mare mediante Single Beam: transetti trasversali e linee di controllo hanno spaziatura di 25m

3.5. Frequenza e periodicità del monitoraggio

Durata del monitoraggio:

- Ante Operam: 24 mesi a partire dalla data del primo rilievo.
- In-Operam: durata dei lavori
- Post-Operam: 60 mesi a partire dalla fine dei lavori

Numero di campagne di rilevamento:

- Ante-Operam: annuali (1 il primo anno e 1 il secondo anno) .
- In-Operam: il rilievo In-Operam dovrà essere eseguito subito dopo il ripascimento
- Post-Operam: biennali a partire dalla fine lavori

Cadenza temporale stagionale:

I rilievi dovranno essere realizzati preferibilmente in un'unica giornata o comunque nel minor arco di tempo possibile e dovranno rispettare le seguenti finestre temporali:

- inverno: 15 marzo - 30 marzo
- estate: 15 luglio - 30 settembre

I rilievi dovranno essere eseguite sempre nella stessa finestra temporale per tutte le campagne di rilevamento "ex-ante" e "post operam" per favorire il confronto ed evidenziare i trend evolutivi.

Tempistica del singolo rilievo

Tutti i rilievi devono essere rilevati in continuità di acquisizione. Il rilevamento deve concludersi nell'arco del più breve tempo possibile.

Capisaldi di riferimento

Potranno essere istituiti CPS secondari, da utilizzare per il rilievo batimetrico e di dettaglio dell'arenile. I rilievi batimetrici e topografici saranno riferiti alle quote della linea di livellazione IGM ed il riferimento cartografico alla proiezione WGS84, Gauss Boaga fuso Ovest.

Sistema di riferimento

WGS84-UTM - 32 Nord

Condizioni di acquisizione

Le campagne di rilevamento dovranno essere programmate per quanto possibile in situazioni meteo-marine ottimali e comunque tali da consentire adeguate condizioni di lavoro in campo.

3.6. Contenuti del report di rilievo

Come per la spiaggia emersa, anche per la spiaggia sommersa, si devono identificare tecniche

di sintesi dei dati (grafiche e numeriche) che semplifichino la caratterizzazione e la valutazione dello stato ambientale ante-operam, in corso d'opera e post-operam.

Nel report dovranno essere evidenziate le variazioni morfologiche della spiaggia sommersa riferite a ciascun rilievo e valutate le variazioni volumetriche dei sedimenti all'interno dell'unità fisiografica. Dovranno essere date interpretazioni circa le dinamiche in atto e le variazioni morfologiche della spiaggia nei diversi rilievi e valutati gli eventuali effetti delle opere sull'assetto della spiaggia nelle diverse fasi di realizzazione. Il report deve contenere grafici ed elaborati fotografici, testuali e cartografici utili alla rappresentazione delle dinamiche in atto. Le conclusioni del report devono contenere oltre alla sintesi dei risultati, anche eventuali considerazioni su opportuni accorgimenti e migliorie al progetto che si dovessero ritenere necessari in risposta ad eventuali processi evolutivi inaspettati connessi con la realizzazione delle opere.

Più nel dettaglio il report dovrà contenere:

- Dati geodetici, parametri di proiezione e datum orizzontale;
- Elenco e monografie dei capisaldi utilizzati;
- Equipaggiamento (schede tecniche);
- Procedure di lavoro (metodologie di rilievo, calibrazioni, processing e restituzione);
- Log delle attività;
- Risultati:
 - Analisi variazioni linea di riva (se presenti)
 - Analisi variazioni profili morfometrici sia in spiaggia emersa sia in spiaggia sommersa (es. migrazione barre, variazioni di pendenza, variazione piede della duna)
 - Analisi variazioni volumetriche sia in spiaggia emersa sia in spiaggia sommersa con considerazioni su cause/conseguenze
- Restituzione grafica dei risultati:
 - Profili morfometrici (e loro confronto multitemporale) in scala adeguata al riconoscimento degli elementi morfologici caratteristici (tipicamente 1:1000 orizzontale e 1:200 verticale);
 - Isobate con equidistanza 0,20 m sia per la parte emersa che per quella sommersa;
 - Morfologia dei fondali e tessitura del sedimento
- DTM con dimensione della cella pari a 10,0X10,0 m
- Conclusioni

3.7. Limiti di accettabilità dei valori

Al fine di poter garantire la massima accuratezza di misura possibile ed accertare le minime variazioni di assetto morfo-volumetrico tra un rilievo e l'altro, l'accuratezza plano-altimetrica

strumentale dovrà essere compresa nell'ordine dei $\pm 2/3$ cm. Per la stessa ragione è altresì indispensabile che tutte le campagne di rilievo susseguenti siano condotte applicando lo stesso modus operandi e le medesime metodologie e per quanto possibile gli stessi strumenti.

3.8. Formato dati da consegnare

- Raw data del rilievo batimetrico in formato XYZ
- Raw data del rilievo SSS (Formato XTF o nativo dello strumento)
- DTM 10,0x10,0 m nei formati Surfer Grid e ASCII Grid
- Singole strisciate e mosaico rettificato e georiferito del rilievo SSS in formato GeoTiff
- Isobate con equidistanza 0, 20 m in formato Shapefile (.shp) e Cad (.dxf)
- Restituzione dei profili morfometrici in Cad (.dwg)
- Restituzione cartografica della Batimetria con isobate distanziate 0.20 m
- Restituzione cartografica della natura dei fondali (carta tipologie di fondale e tessitura per il settore sommerso).

4. MONITORAGGIO METEOMARINO: ELEMENTI CLIMATICI, CORRENTI MARINE E MOTO ONDOSONO

4.1. Inquadramento generale

Elementi Climatici

Un'ampia gamma di parametri climatici come la temperatura, la velocità e la direzione del vento, le precipitazioni e la pressione atmosferica hanno avuto e continuano ad avere un forte impatto sulla geomorfologia della costa. Questi processi naturali, nonostante possano essere caratterizzati su ampia scala spaziale, ad esempio riferendosi alle stazioni della Rete Mareografica Nazionale (RMN) oppure alle stazioni dell'ARPAS, non sono mai uniformi e necessitano (al fine di monitorare l'evoluzione di un paraggio costiero) una caratterizzazione locale. La decisione di monitorare i dati meteoroclimatici nell'area di interesse fa riferimento a linee guida ricavate dalla letteratura nazionale e internazionale. In particolare la Regione Autonoma Sardegna (RAS) tramite la divulgazione delle "Linee guida per la gestione integrata delle spiagge"¹ forza gli addetti al monitoraggio ambientale ad individuare le attività operative idonee a misurare i processi e le modificazioni che avvengono lungo la costa (dinamica litoranea). Infine, come indicato dall'esperienza EuroSION² è fondamentale raccogliere tutte le informazioni necessarie per un'analisi integrata dei dati a supporto della gestione della fascia costiera. EuroSION indica i dati meteorologici tra gli elementi minimi fondamentali che dovrebbero essere contenuti in un Sistema Informativo della Costa.

Correnti marine e moto ondoso

La caratterizzazione del clima meteomarinico, in particolare delle condizioni correntometriche e ondose di un paraggio costiero è fondamentale per diverse finalità:

1. definire la probabilità di occorrenza di agitazioni estreme prevedibili durante la vita economica di un'opera marittima al fine di disporre e dimensionare correttamente le opere di difesa;
2. ricostruire il regime ondoso medio, la dinamica dei flussi correntometrici e sedimentari al fine di comprendere la tendenza evolutiva della linea di riva e la morfodinamica litoranea.

L'analisi dei parametri meteomarini permette di individuare le condizioni climatiche e di esposizione del litorale. In questi termini l'esposizione di un paraggio è data dall'intensità delle agitazioni ondose che possono raggiungerlo per effetto dei venti foranei, cioè dei venti provenienti dal largo.

¹ <http://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=612&s=246771&v=2&c=5126&idsito=23>

² <http://www.euroSION.org/reports-online/reports.html>

Il monitoraggio, in particolare nella fase ante-operam e post-operam dovrà essere effettuato assieme ad uno studio meteomarinario che tenga conto delle caratteristiche del paraggio e dei dati storici esistenti e che consenta di valutare il clima di moto ondoso incidente. Tale studio dovrà analizzare anche la propagazione da largo verso riva e la circolazione idrodinamica costiera, tarando i modelli progressivamente con i dati diretti ricavati dal monitoraggio in sito.

A tal fine il monitoraggio dei fattori meteomarini persegue i seguenti obiettivi:

- Caratterizzazione dei paraggi e dei fetch geografici di riferimento;
- Determinazione del regime di moto ondoso, correntometrico e sedimentologico;
- Definizione dell'onda a largo attraverso modelli di generazione da vento;
- Analisi della propagazione dell'onda verso riva;
- previsione degli effetti sul sistema marino costiero conseguente l'alterazione dei parametri meteo marini;
- determinazione dei fattori responsabili dei fenomeni di erosione costiera e di arretramento della linea di riva.

4.2. Riferimenti normativi

Non esiste in ambito nazionale una normativa specifica che definisce le modalità di acquisizione di dati meteorologici. Esistono però standard internazionali di acquisizione dei dati che fanno riferimento al World Meteorological Organization – WMO l'organizzazione facente parte dell'ONU che si occupa di meteorologia e clima. Oltre alle norme WMO per individuare la procedura di monitoraggio idonea si fa riferimento a informazioni tecniche e linee guida ricavate dalla letteratura nazionale, in particolare alle "Linee guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici" redatto dall'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (Giovanni Braca, 2013).

4.3. Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio

Elementi Climatici

I parametri meteorologici, utili al monitoraggio dell'area d'indagine sono riportati nella tabella seguente e rappresentano i parametri fondamentali misurati dalla meteorologia internazionale.

Tabella 1 Parametri fondamentali per la misurazioni meteorologiche dell'area da monitorare

PARAMETRO	UNITA' DI MISURA
Precipitazioni atmosferiche	(mm)
Direzione prevalente Velocità del vento	(gradi rispetto al Nord) (nodi, m/s, mph)
Umidità relativa dell'aria	(%)
Temperatura	(°C)
Pressione atmosferica	(hpa)

Correnti marine e moto ondoso

I parametri minimi che si intende monitorare riguardano la direzione e velocità delle correnti in celle di campionamento distribuite su tutta la colonna d'acqua e distanti tra loro non più di 50 cm, tali da poter ricostruire il profilo correntometrico dal fondo alla superficie.

Le grandezze rilevate del moto ondoso devono permettere la stima almeno dei seguenti parametri: altezza significativa dell'onda (H_s), del periodo di picco (T_p) e direzioni di provenienza.

4.4. Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche

Elementi Climatici

Le dinamiche meteo climatiche (parametri di monitoraggio) necessarie a caratterizzare il paraggio costiero dovranno essere acquisite tramite l'installazione di una stazione meteorologica. Si richiedono preferibilmente caratteristiche tecniche e accuratezze strumentali conformi alle norme WMO. Pertanto è preferibile che sia installato un anemometro misuratore della velocità del vento e della sua direzione, da posizionare ad almeno 10 m da suolo, conforme alle normative europee su EMC e rispondente alle prescrizioni di dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale. Il sensore dovrà essere del tipo ad ultrasuoni, adatto a condizioni climatiche in ambiente marino e collegato ad uscite MBUS per l'acquisizione dei dati (Campo di misura: $0=360^\circ$; Risoluzione: 2° ; Sensibilità: 0,25 m/s; Accuratezza: $\pm 3\%$; Campo di funzionamento: $0 \div 50$ m/s; Temperatura di funzionamento: $-30 + 60^\circ\text{C}$; Tempo di campionamento 10sec).

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche e le precisioni minime richieste dei vari sensori:

PARAMETRO	CARATTERISTICHE E PRECISIONE
Precipitazioni atmosferiche	0-9999ml ($\pm 10\%$) / risoluzione 0.3mm-10mm
Direzione prevalente (gradi rispetto al Nord)	$\pm 5^\circ$
Velocità massima del vento	0 - 160km/h ($\pm 1\text{m/s}$)
Umidità relativa dell'aria	10 - 99% ($\pm 5\%$) / risoluzione 1 %
Temperatura	$-40 - 65^\circ\text{C}$ ($\pm 1^\circ\text{C}$) /risoluzione 0.1°C ;
Pressione atmosferica	300-1100hpa ($\pm 3\text{hpa}$) / risoluzione 0.1hpa

Correnti marine e moto ondoso

Il monitoraggio prevede la registrazione dei dati correntometrici ed ondometrici nella zona di dinamica attiva del paraggio costiero in esame. L'acquisizione dei parametri può avvenire tramite un sensore acustico, basato sul principio "Acoustic Doppler". Il sistema genera altissime frequenze acustiche che - tramite l'effetto Doppler - consentono di misurare lo spostamento dei corpuscoli presenti in sospensione nell'acqua e quindi di rilevare i dati correntometrici in più punti

distribuiti lungo l'intera colonna d'acqua, oltre ai dati ondametrici in una cella di circa 2 m di ampiezza.

I rilevamenti diretti dei parametri correntometrici ed ondametrici devono essere eseguiti all'interno della dinamica attiva del paraggio costiero, ma all'esterno della zona di frangimento dell'onda, dipendente dal valore limite di ripidità dell'onda.

A titolo di esempio le caratteristiche principali del sistema di rilevazione possono essere le seguenti:

- Frequenza acustica: 1 MHz
- Frequenza di acquisizione dei campioni: 1 Hz
- Intervallo di velocità della corrente: ± 10 m/s
- Accuratezza del dato: 1% del valore misurato ± 0.5 cm/s
- Utilizzo del metodo PUV per la stima dei dati ondametrici, basato sulla misura della pressione dinamica (P) e delle velocità orbitali (U e V) delle onde.

La configurazione del rilievo correntometrico e ondametrico deve rispettare i seguenti parametri minimi ed essenziali:

- Altezza della singola cella (Cell size): 0.50 m
- Distanza della prima cella dalla testata del sensore AquaPro (Blanking distance): 0.40 m
- Intervallo tra 2 misurazioni consecutive (Profile interval e Wave interval): 10.800 s = 3 ore
- Durata della singola misurazione (Average interval) : 60 s
- Dimensione verticale della cella usata per la costruzione dello spettro delle velocità dell'onda (Wave cell size): 2.00 m
- Numero di campioni da acquisire per la costruzione degli spettri ondametrici (Number of wave samples): 1024

Per tutto il periodo di rilevazione i parametri misurati devono comprendere almeno:

- Profondità (m)
- Temperatura (°C)
- Velocità della Corrente (m/s) in ogni singola cella
- Direzione della Corrente (°) in ogni singola cella
- Altezza Significativa (H_s) e Altezza Massima (H_{max}) (m) dell'onda
- Direzione dell'onda (°)
- Periodo di Picco (T_p) e Periodo Medio (T_m) dell'onda (s)

4.5. Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio

Elementi Climatici

Al fine di assicurare la migliore qualità delle rivelazioni per il posizionamento della strumentazione si fa riferimento alle norme internazionali del WMO. Nella Tabella sottostante sono riportate le

condizioni determinanti per la posizione dei sensori.

Tabella 2 Fattori da tenere in considerazione per il posizionamento della stazione meteorologica

SENSORE	ALTEZZA DAL SUOLO (m)	LOCALIZZAZIONE
Termo/Igrometro	Tra 1.7m e i 2m	Su superficie erbosa e distante almeno 10 m da edificio più vicino
Pluviometro	2m	In campo aperto lontano almeno 10 m da altri ostacoli
Anemometro	Tra 2.5m e i 10m	In campo aperto

Nel caso in cui la quota di posizionamento del sensore anemometrico risulti essere inferiore ai 10 m sarà necessario applicare formule correttive per stimare le misure all'altezza standard di 10 m. Allo scopo di garantire misure meteorologiche omogenee (variazioni dovute unicamente alle modificazioni metereologi che e/o del clima) e rappresentative dell'area monitorata è stata individuata un'area idonea al posizionamento della stazione meteorologica (Figura 6). Parte della zona individuata come idonea ricade nell'area SIC denominata Stagno di Putzu Idu (Salina Manna e Pauli Marigosa) codice ITB030038.



Figura 6 - Area potenzialmente idonea al posizionamento della stazione meteorologica

Correnti marine e moto ondoso

Il sensore acustico per il rilevamento delle correnti e del moto ondoso dovrà essere ubicato nel paraggio costiero di Su Pallosu / Sa Rocca Tunda di interesse, all'interno della zona di dinamica attiva, ma a profondità maggiori rispetto a quella di frangimento, dipendente dal valore limite di ripidità dell'onda. La sua collocazione dovrà essere individuata a seguito del rilievo batimetrico e dovrà essere scelta in un settore caratterizzato da morfologia regolare del fondale per un intorno di almeno 10 metri. In ogni caso, il sito di posizionamento non dovrà essere influenzabile da alti morfologici nelle direzioni di provenienza delle onde. Prima dell'installazione dovranno essere acquisite tutte le necessarie autorizzazioni e permessi.

4.6. Frequenza e periodicità del monitoraggio

Durata del monitoraggio

- Ante-Operam: 24 mesi.
- In-Operam: durata dei lavori
- Post-Operam: 24 mesi a partire dalla fine dei lavori

Cadenza temporale

- In continuo, con le frequenze definite di seguito

Numero di campioni

- *Correnti e moto ondoso*: Intervallo tra 2 misurazioni consecutive: 10.800 s = 3 ore; Durata della singola misurazione per la corrente: 60 s; Numero di campioni da acquisire per la costruzione degli spettri ondametrici (Number of wave samples): 1024
- *Dati vento*: ogni ora, oppure 10 sec con media nei 10 minuti. In ogni caso, in sincronizzazione con l'acquisizione dei dati correntometrici e ondametrici.

Sistema di riferimento

- Posizionamento delle stazioni nel sistema di riferimento WGS84-UTM - 32 Nord

4.7. Contenuti del report di rilievo

Elementi climatici

I dati ottenuti dalla stazione meteorologica saranno utilizzati come supporto per la redazione dei report geomorfologici/meteorologici, in quanto costituiscono un quadro di riferimento ambientale per l'analisi dei processi morfodinamici in atto sul paraggio costiero.

Il report conterrà la rappresentazione grafica delle serie temporali dei parametri acquisiti, mediante spettrogrammi o grafici normalmente adottati.

Lo scarico dei dati dalla centralina meteo dovrà avvenire periodicamente su supporto informatico in un formato digitale editabile di tipo ASCII; la serie completa dei dati, comprensiva

della data e dell'ora di campionamento, sarà consegnata alla stazione appaltante al termine dell'attività di monitoraggio, assieme ad un documento descrittivo della struttura dei dati.

In altri termini, la serie dei dati meteorologici dovrà essere accompagnata da un insieme d'informazioni (metadato), nel quale siano indicati ad esempio il tipo di strumento di rilevamento, il modello e il numero di serie, la posizione georiferita e quotata del punto di rilevamento, la precisione dello strumento, lo standard di rilevamento, valore di qualità del dato, ecc. La disponibilità di tale insieme d'informazioni consentirebbe un'elaborazione e un'analisi più idonea e soprattutto una più corretta interpretazione dei risultati.

Correnti marine e moto ondoso

Grafici, diagrammi e tabelle rappresentative dei parametri acquisiti della corrente e del moto ondoso nel periodo di campionamento. Le elaborazioni minime ed essenziali devono comprendere almeno le statistiche sulla direzione e sulla velocità della corrente e del moto ondoso nel periodo di rilievo (minima, media, massima, deviazione standard, ecc.), la frequenza relativa (%) della velocità in funzione della direzione, sia per la corrente che per il moto ondoso, rappresentati in forma di diagramma direzionali, di istogrammi, di spettrogrammi, ecc.

Devono essere riportati gli spettrogrammi dei parametri di funzionamento della strumentazione di rilievo, il cui andamento può essere indicativo dello stato di qualità del dato, di eventuali perturbazioni esterne o interventi umani. I dati disaggregati devono essere in formato tabellare, editabile e processabili.

4.8. Limiti di accettabilità dei valori

Il regolare controllo e la manutenzione degli strumenti deve essere tale da garantire la continuità dell'acquisizione dei dati e la qualità delle misurazioni, in modo da evitare o ridurre al minimo le discontinuità delle serie temporale. Si consiglia di redigere un apposito diario di manutenzione degli strumenti (inserito all'interno dei metadati), da consegnare al termine del monitoraggio.

I dati acquisiti dovranno rispettare i valori minimi di accuratezza indicati.

4.9. Bibliografia di riferimento

Giovanni Braca, M. B. (2013, Gennaio). Linee guida per l'analisi e l'elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici. ISPRA, Manuali e Linee Guida 84/13 .

5. MONITORAGGIO DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E AMBIENTALI DEI SEDIMENTI DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA

I sedimenti presenti all'interno di un determinato sistema sabbioso costituiscono uno dei principali fattori, insieme all'assetto geomorfologico ed al clima meteomarinario, che guidano e controllano l'evoluzione del litorale. Infatti da un lato il trasporto solido regola il rapporto tra i processi idrodinamici e le risposte morfologiche della spiaggia e, al tempo stesso, le modalità di distribuzione dei sedimenti, costituiscono la risultante di tali interazioni.

L'obiettivo dell'analisi sedimentologica è quello di ausilio alla comprensione e definizione, attraverso il riconoscimento della distribuzione granulometrica e mineralogica nel settore emerso e sommerso, delle dinamiche geomorfologiche e sedimentarie del paraggio. La sintesi di tali considerazioni è rappresentata da analisi sui flussi sedimentari e sulla distribuzione spaziale dei sedimenti attraverso l'utilizzo di opportune tecniche di elaborazione statistica dei dati.

Oltre alla definizione dei parametri fisici e mineralogici del sedimento, sui campioni del materiale sedimentario prelevato, dovrà essere realizzata la caratterizzazione e classificazione ecotossicologica e chimica.

Per quanto riguarda l'area sommersa del settore in esame si evidenzia, in generale, una grande diffusione di affioramenti rocciosi riferibili a beach rock o a piattaforme di abrasione marina scolpite sulle formazioni terrigene del substrato, all'interno delle quali sono presenti discontinui depositi sabbiosi prevalentemente distribuiti nel settore antistante il settore orientale dell'arco sabbioso. Questi depositi non appaiono ad una prima interpretazione visiva da ortofoto, particolarmente estesi e profondi. Significativa appare inoltre la presenza di prateria di Posidonia, anche se in prossimità della costa, essa appare fortemente frammentata.

Il settore emerso è invece dominato da un arco di spiaggia esteso circa 3 km, delimitato internamente da formazioni dunari attuali e da estesi corpi sabbiosi di origine eolica riferibili a sistemi paleodunari pleistoceniche. Dalla rielaborazione sedimentaria di queste ultime formazioni deriva l'attuale assetto morfo-sedimentario del sistema di spiaggia.

5.1. Riferimenti normativi

Per la caratterizzazione e classificazione dei materiali il riferimento normativo principale è il Decreto Ministeriale n. 173 del 15 luglio 2016 e relativo allegato tecnico, recante le modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. In questi termini, si ritiene necessario individuare i parametri e gli indicatori di monitoraggio coerentemente con quanto definito nel citato dispositivo normativo. In particolare trattandosi di aree costiere non portuali la caratterizzazione dei sedimenti può la procedura semplificata del Percorso II.

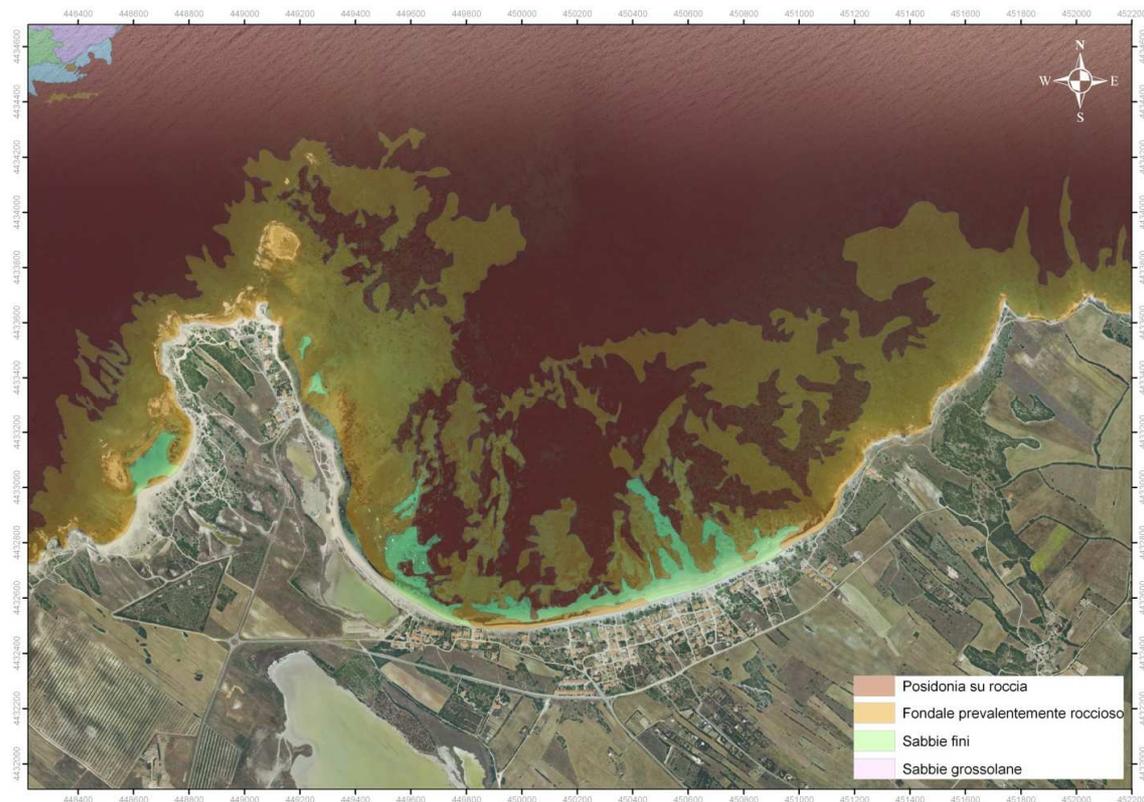


Figura 7: caratterizzazione morfo-sedimentaria dei fondali prospicienti l'arco sabbioso di Su Pallosu (progetto SIDIMAR – Ministero dell'Ambiente)

5.2. Caratterizzazione e classificazione ecotossicologica

Per quanto riguarda la caratterizzazione e classificazione ecotossicologica si rimanda alle indicazioni del Decreto Ministeriale n. 173.

5.1. Caratterizzazione e classificazione chimica

La caratterizzazione chimica potrà seguire il percorso II indicato dal Decreto Ministeriale n. 173. In particolare le analisi chimiche seguiranno le analisi ecotossicologiche e, in funzione del grado di tossicità, si potranno seguire due procedure:

Caratterizzazione chimica mirata: sui campioni classificati con tossicità bassa o assente e con informazioni idonee e sufficienti è possibile procedere all'analisi di una lista ridotta di parametri chimici (parametri mirati). Su questi campioni devono essere analizzati i soli parametri chimici di cui non siano disponibili le informazioni, mentre per ciascuno degli altri parametri viene assunto il valore di concentrazione corrispondente alla media geometrica di tutti i valori considerati idonei.

Caratterizzazione chimica standard: sui campioni classificati con tossicità media o alta o per i quali le informazioni non siano ritenute idonee e/o sufficienti, si deve procedere con l'analisi dei parametri chimici standard di cui alla tabella seguente.

PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Cr _{tot.} , Cr VI*, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V*, Al*, Fe*	0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg (altri)
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenaffilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaffene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria	1 µg kg ⁻¹
IDROCARBURI C>12*		5 mg kg ⁻¹
PESTICIDI ORGANOCOLORURATI	Aldrin, Dieldrin, Endrin, α-HCH, β-HCH, α-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro epossido	0,1 µg kg ⁻¹
POLICLOROBIFENILI	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	0,1 µg kg ⁻¹
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutil, Dibutil, Tributilstagno e loro Sommatoria	1 µg kg ⁻¹
CARBONIO ORGANICO TOTALE O SOSTANZA ORGANICA TOTALE		0.1%
SOMMAT. T.E. PCDD,PCDF (DIOSSINE E FURANI) E PCB DIOSSINA SIMILI*	Elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.lgs 172/2015	D.Lgs 172/2015

Per ulteriori specifiche di caratterizzazione e classificazione si rimanda a quanto contenuto nel d Decreto Ministeriale n. 173.

5.1. Caratterizzazione e classificazione fisica

Per quanto riguarda la caratterizzazione fisica dei sedimenti, sempre secondo le indicazioni del Decreto ministeriale, i parametri di riferimento sono sintetizzati nella tabella seguente:

Parametri Fisici	Descrizione
descrizione macroscopica	Colore, odore, presenza di concrezioni, residui di origine naturale e/o antropica
granulometria	Frazioni granulometriche al ½ φ Dove φ = -log ₂ (diametro in mm/diametro unitario in mm)
mineralogia	Principali caratteristiche mineralogiche da tecniche diffrattometriche a raggi X

La descrizione macroscopica deve essere riportata nella “scheda di campo”, di cui al paragrafo 1.1, del Decreto ministeriale.

I campioni dovranno essere suddivisi in classi dimensionali secondo la scala di Udden e Wentworth, (1922), con intervalli interi di $1/2$ di ϕ .

Dovranno essere riportate le principali classi granulometriche per ciascun campione analizzato:

- ghiaia (> 2 mm);
- sabbia ($2 \text{ mm} < x < 0,063$ mm);
- pelite (silt: $0,063 \text{ mm} < x < 0,004$ mm + argilla: $< 0,004$ mm).

Millimeters (mm)	Micrometers (μm)	Phi (ϕ)	Wentworth size class	Rock type	
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate/ Breccia	
256		-8.0	Cobble		
64		-6.0	Pebble		
4		-2.0	Granule		
2.00		-1.0	Very coarse sand		
1.00		0.0	Coarse sand	Sandstone	
1/2	500	1.0	Medium sand		
1/4	250	2.0	Fine sand		
1/8	125	3.0	Very fine sand		
1/16	63	4.0	Coarse silt		
1/32	31	5.0	Medium silt	Siltstone	
1/64	15.6	6.0	Fine silt		
1/128	7.8	7.0	Very fine silt		
1/256	3.9	8.0	Clay	Mud	Claystone
0.00006	0.06	14.0			

Figura 8: Classificazione granulometrica secondo la scala di Wentworth (o Udden-Wentworth)

Ogni singola frazione sarà pesata valutandone la percentuale rispetto al peso totale.

A partire dai dati granulometrici sarà realizzata una curva di frequenza granulometrica e una curva cumulativa su cui saranno ricavati alcuni parametri statistici (Folk e Ward, 1957), tra cui la mediana, la media, la moda e il coefficiente di cernita.

Per quanto riguarda la caratterizzazione mineralogica e la determinazione delle diverse fasi cristalline presenti, questa deve essere realizzata attraverso la tecnica dell'analisi della struttura dei cristalli mediante diffrazione dei raggi X (XRD). Dall'esame dello spettro di diffrazione dei raggi X è possibile risalire al gruppo spaziale dei cristalli e poi alla distribuzione degli atomi o ioni nella cella elementare. Le determinazioni si basano sulla misura delle intensità delle riflessioni date da ciascun piano reticolare del cristallo. Infatti i raggi X sono diffusi dagli elettroni e perciò le intensità di tali riflessioni dipendono dalla distribuzione della densità elettronica nei piani che le

hanno generate, distribuzione che è legata al modo con cui gli atomi sono legati nella struttura. Nell'analisi mineralogiche dovranno essere distinte le seguenti componenti terrigene: quarzo, feldspati s.l., miche s.l., litoclasti (metamorfici, magmatici, calcarei ecc.), minerali accessori, granuli antropici e la componente bioclastica. L'obiettivo di tali analisi granulometriche e mineralogiche, oltre a soddisfare le esigenze normative di compatibilità delle opere previste, è anche quello di fornire informazioni utili per lo studio della morfodinamica della spiaggia emersa e sommersa e valutare le sue dinamiche evolutive a seguito della realizzazione degli interventi, sia in termini quantitativi determinati da spostamenti volumetrici dei sedimenti, sia qualitativi espressione dei caratteri granulometrici e mineralogici del sedimento.

5.2. Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche

La tecnica di campionamento da utilizzare, trattandosi di prelievi di campioni di materiale per indagini fisiche, chimiche e mineralogiche da effettuare entro i primi 50 cm di sedimento, è quella che prevede l'utilizzo di benne o box-corer. La quantità di materiale prelevata per ciascun campione deve essere sufficiente a garantire tutte le analisi richieste. Per le Modalità di prelievo, conservazione ed analisi dei campioni, si rimanda a quanto specificato nel Decreto Ministeriale n. 173.

5.3. Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio

La localizzazione dei punti di campionamento segue i criteri tecnici contenuti nel Decreto Ministeriale 15 luglio 2016, n. 173.. In particolare si è seguito il percorso di caratterizzazione semplificato come previsto dal decreto, trattandosi di aree costiere non portuali. La procedura prevede la sovrapposizione di una griglia a maglia quadrata di lato fino a 200 m e, all'interno di ciascun quadrato della maglia All'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) e per tutte le tipologie deve essere individuato un punto di campionamento, rappresentativo dell'area unitaria, posizionato in funzione del volume di materiale, della morfologia del fondale e della distanza dal punto delle aree unitarie contigue. A seguito dei risultati e della conseguente analisi interpretativa dell'assetto geomorfologico e sedimentario del fondale derivante dal rilievo *Side Scan Sonar*, il numero e la distribuzione dei campioni potrà essere ottimizzato in funzione delle reali condizioni di distribuzione sedimentaria nel settore sommerso.

Per quanto riguarda i punti di campionamento nel settore emerso, sono stati individuati in funzione dei caratteri geomorfologici attuali del sistema sabbioso emerso lungo le tracce dei profili di spiaggia da rilevare. In particolare nel tratto centrale e orientale della spiaggia, dove la spiaggia appare maggiormente strutturata, sono stati previsti due punti di campionamento per ogni profilo, uno in corrispondenza della battigia, l'altro in corrispondenza della berma di tempesta. Nel tratto orientale, in virtù dell'esiguità del deposito sabbioso, è stato previsto un solo

punto di campionamento in corrispondenza della battigia. Sono previsti n° 53 prelievi di campioni di sedimento, di cui 32 a mare in corrispondenza di depositi sabbiosi sommersi, e 21 nella spiaggia emersa. Di seguito si riporta lo stralcio cartografico dei campionamenti e le coordinate dei punti di prelievo.

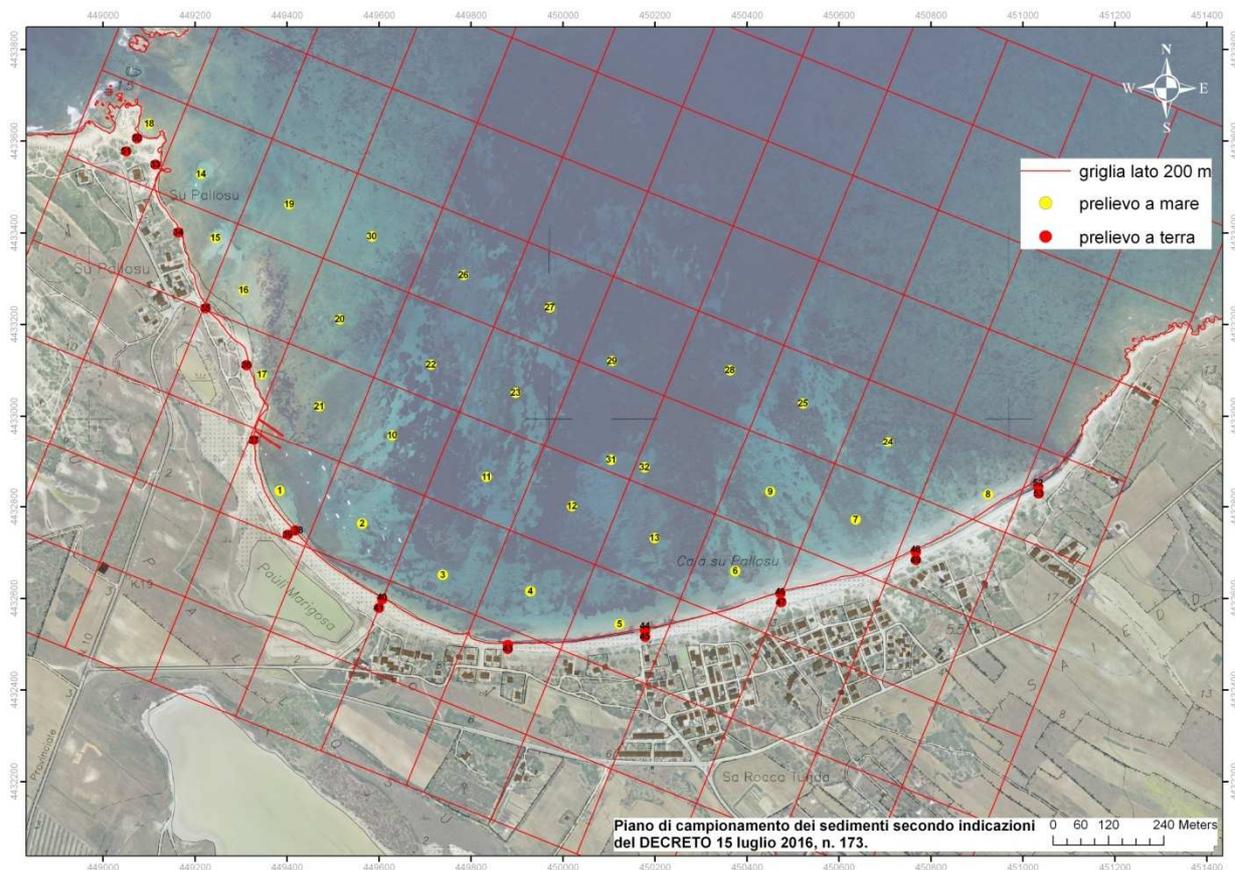


Figura 9: Stazioni teoriche di campionamento

5.4. Frequenza e periodicità del monitoraggio

Durata del monitoraggio:

- Ante-Operam: 24 mesi.
- In-Operam: durata dei lavori
- Post-Operam: 60 mesi a partire dalla fine dei lavori

Numero di campioni:

53 prelievi di campioni di sedimento, di cui 32 a mare, e 21 a terra.

A seguito dei risultati e della conseguente analisi interpretativa dell'assetto geomorfologico e sedimentario del fondale derivante dal rilievo *Side Scan Sonar*, il numero e la distribuzione dei campioni potrà variare in funzione delle esigenze del monitoraggio e delle reali condizioni di

distribuzione sedimentaria nel settore sommerso.

Cadenza temporale:

- Ante-Operam: 1 campionamento, da effettuarsi di preferenza nel periodo estivo.
- Post-Operam: 1 campionamento da effettuarsi entro i 12 mesi dalla conclusione dei lavori.

Sistema di riferimento

- WGS UTM zone 32 N

5.5. Contenuti del report di rilievo

Il report deve contenere oltre alle schede rappresentanti le analisi di laboratorio, anche le considerazioni conclusive redatte da un tecnico abilitato sui risultati. Dovranno essere fatte considerazioni sul punto di campionamento in riferimento all'assetto geomorfologico della spiaggia nel momento del prelievo delle sabbie, specificando in quale ambito geomorfologico di spiaggia emersa e sommersa ci si colloca. I risultati delle analisi sedimentologiche dovranno essere finalizzate alla costruzione di una cartografia dei sedimenti nei fondali di riferimento, ed alla comprensione dei meccanismi di dinamica geomorfologica e sedimentaria attraverso l'utilizzo di opportune tecniche di elaborazione statistica dei dati.

In particolare il report dovrà contenere i seguenti elaborati:

- schede di analisi di laboratorio riguardo la composizione granulometrica e mineralogica;
- elaborati grafici utili per la rappresentazione dei risultati (istogramma, curva di frequenza, curva cumulativa) e definizione dei principali parametri statistici dei sedimenti (Folk e Ward, 1957);
- rappresentazioni cartografiche sulla distribuzione dei sedimenti nel settore emerso e sommerso.

I parametri statistici più significativi da individuare sono:

MODA: diametro più frequente (si deduce dalla curva di frequenza; MEDIANA (M_d): diametro corrispondente al 50% della curva cumulativa; DIAMETRO MEDIO o MEDIA (M_z o M); CLASSAZIONE o SORTING (σ) indica il grado di omogeneità o eterogeneità nella dimensione dei clasti entro un sedimento; SKEWNESS o ASIMMETRIA (Sk): la prevalenza di componenti fini o grossolani rispetto alla moda; KURTOSIS o APPUNTIMENTO (K): grado di cernita attorno alla moda principale; PRIMO PERCENTILE (C): il diametro del granulo più grossolano presente nel sedimento, strettamente legato alla velocità massima della corrente.

6. MONITORAGGIO DEI CARATTERI FISICO-CHIMICI E MICROBIOLOGICI DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE

6.1. Inquadramento generale

La conoscenza della qualità delle acque marino costiere in riferimento ai caratteri mesologici e più in generale chimico fisici, a quelli relativi alle caratteristiche trofiche e alla balneabilità rappresenta un requisito essenziale per valutare eventuali modificazioni del sistema marino attribuibili alle tendenze evolutive naturali anche in riferimento alle aree stagnali limitrofe.

6.2. Riferimenti normativi

Normativa europea

Direttiva 2000/60/CE del parlamento europeo e del consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

Normativa nazionale

- Decreto 15 luglio 2016 n.173 Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. In questi termini, si ritiene necessario individuare i parametri e gli indicatori di monitoraggio coerentemente con quanto definito nel citato dispositivo normativo, in relazione all'entità dell'intervento.
- D. M. 30 marzo 2010: Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del D.Lgs 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione.
- D. M. 14 aprile 2009 n. 56 Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo".
- D.M. Ambiente 16 giugno 2008, n. 131: Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto.
- D.Lgs 30 maggio 2008, n. 116 "Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE"
- D.Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4: "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- D.Lgs. 9 novembre 2006, n. 284: Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3

aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.

- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152: "Norme in materia ambientale".
- D.P.R. 6 giugno 1982, 470: Attuazione della direttiva CEE n.76/160 relativa alle acque di balneazione.

Normativa regionale

Programma di monitoraggio dei corpi idrici superficiali:

- Autorità di Bacino Regionale

Delibera del 13 ottobre 2009, n.5:

Programma di monitoraggio dei Corpi Idrici Superficiali del distretto idrografico della Sardegna, ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE) - Approvazione del Programma di Monitoraggio.

- Giunta Regionale

Delibera del 4 dicembre 2009, n. 53/22:

Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE). Programma di monitoraggio dei Corpi Idrici Superficiali del distretto idrografico della Sardegna.

All. 1, 53/22

All. 2 53/22

Caratterizzazione dei corpi idrici superficiali

- Autorità di Bacino Regionale

Delibera del Comitato Istituzionale del 13 ottobre 2009, n.4

Caratterizzazione dei Corpi Idrici Superficiali del distretto idrografico della Sardegna, ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE) - Approvazione dell'identificazione dei corpi idrici per le diverse categorie dell'analisi delle pressioni e degli impatti.

- Giunta Regionale

Delibera del 4 dicembre 2009, n. 53/24

Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE).

Caratterizzazione dei Corpi Idrici Superficiali del distretto idrografico della Sardegna. Identificazione dei corpi idrici per le diverse categorie dell'analisi delle pressioni e degli impatti (All. 1-2-3 53/24).

Deliberazione della Giunta della Regione Sardegna n. 14/25 del 23.3.2016 Gestione e qualità delle acque di balneazione. Attuazione della Direttiva 2006/7/CE, del D.Lgs. n. 116/2008 e del D.M. 30 marzo 2010.

6.3. Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio

Le procedure di campionamento e analisi relativi al monitoraggio dei parametri chimico-fisici e microbiologici fanno riferimento alla norme IRSA-CNR, UNICHIM-UNI e ISO.

I parametri da analizzare nelle acque marino-costiere del paraggio di Su Pallosu-Sa Rucca Tunda sono quelli di base, riportati nella tabella seguente:

Parametri chimico fisici	U.M.
pH	unità pH
temperatura acqua	°C
temperatura aria	°C
conducibilità	µS/cm
salinità	psu
ossigeno disciolto	% di saturazione
trasparenza	m
torbidità	NTU
fenoli	mg/l
oli minerali	mg/l
tensioattivi	mg/l
azoto ammoniacale (X)	N µg/l
azoto nitrico (X)	N µg/l
azoto nitroso (X)	N µg/l
azoto totale	N µg/l
clorofilla "a" (X)	µg/l
fosforo totale (X)	P µg/l
ortofosfato	P µg/l
ossigeno disciolto (X)	mg/l

Parametri microbiologici	U.M.
coliformi fecali	UFC/100ml
coliformi totali	UFC/100ml
streptococchi fecali	UFC/100ml

Nella scheda di campionamento devono essere riportati almeno le seguenti indicazioni:

Parametri	descrizione
Stato del mare	Scala di Beaufort
Stato della foce	Chiusa/Aperta
Profondità del campionamento	m
variazione anomale del colore	si/no

I parametri definiti macrodescrittori e indicati con (X) nella tabella sono utilizzati per la classificazione di cui alla tabella seguente. Gli altri parametri forniscono informazioni di supporto per l'interpretazione delle caratteristiche di qualità e vulnerabilità dell'ambiente marino analizzato nonché per la valutazione dei carichi trasportati.

Lo stato ambientale delle acque marine costiere viene valutato applicando l'indice trofico riportato in tabella:

Indice trofico = $[\text{Log}_{10} (\text{Cha} \cdot \text{D\%O} \cdot \text{N} \cdot \text{P}) + 1,5] / 1,2$
Cha= clorofilla "a" (mg/m ³)
D%O= ossigeno disciolto come deviazione % assoluta della saturazione (100-O ₂ D%)
P= fosforo totale (mg/m ³)
N= N-(NO ₃ + NO ₂ + NH ₃) (mg/m ³)

Le acque costiere possono essere inoltre classificate anche in base alla scala trofica seguente:

Indice di trofia	Stato
2 – 4	ELEVATO
4 – 5	BUONO
5 – 6	MEDIOCRE
6 – 8	SCADENTE

Gli stati sopra definiti comportano le seguenti condizioni:

Stato ELEVATO	Buona trasparenza delle acque Assenza di anomale colorazioni delle acque Assenza di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque bentiche
Stato BUONO	Occasionali intorbidimenti delle acque Occasionali anomale colorazioni delle acque Occasionali ipossie nelle acque bentiche
Stato MEDIOCRE	Scarsa la trasparenza delle acque Anomale colorazioni delle acque Ipossie e occasionali anossie delle acque bentiche Stati di sofferenza a livello di ecosistema bentonico
Stato SCADENTE	Elevata torbidità delle acque Diffuse e persistenti anomalie nella colorazione delle acque Diffuse e persistenti ipossie/anossie nelle acque bentiche Morte di organismi bentonici Alterazione/semplificazione delle comunità bentoniche Danni economici nei settori del turismo, pesca ed acquacoltura

I parametri microbiologici vengono utilizzati per la classificazione delle acque di balneazione. Secondo il D.Lgs. n.116/08 per la classificazione sono richiesti gli Enterococchi Intestinali e

Escherichia coli ma possono essere anche utilizzati i Coliformi fecali e totali e gli Streptococchi fecali (secondo il D.P.R. n. 470/82) in quanto sono considerati equivalenti ai parametri *Escherichia coli* e Enterococchi Intestinali.

La classificazione è fatta secondo la tabella seguente:

Parametro	Qualità eccellente	Qualità buona	Qualità sufficiente
Enterococchi intestinali espressi in UFC/100 ml	100 Basato sulla valutazione del 95° percentile.	200 Basato sulla valutazione del 95° percentile.	185 Basato sulla valutazione del 90° percentile.
<i>Escherichia coli</i> in espressi in UFC/100 ml	250 Basato sulla valutazione del 95° percentile.	500 Basato sulla valutazione del 95° percentile.	500 Basato sulla valutazione del 90° percentile.

Il D.P.R. 470/82 prevedeva, per la finalità legata all'individuazione dell'idoneità delle acque destinate alla balneazione, il controllo dei seguenti parametri e dei relativi limiti:

Parametri	Valori limite
Coliformi totali/100 ml	2000
Coliformi fecali/100 ml	100
Streptococchi fecali/100 ml	100
Salmonella	0
pH	6 ÷ 9
Colorazione	Assenza di variazione anormale del colore
Trasparenza m	1
Oli minerali mg/l	Assenza di pellicola visibile alla superficie dell'acqua e assenza di odore < 0,5
Sostanze tensioattive che reagiscono al blu di metilene mg/l (lauril-solfato)	Assenza di schiuma persistente < 0,5
Fenoli mg/l (C6H5OH)	Nessun odore specifico < 0,05
Ossigeno disciolto % saturazione O2	70 ÷ 120
Enterovirus PFU/10 L	0

La misura della temperatura consente di controllare il problema dell'inquinamento conseguente all'immissione di energia termica nei corpi idrici.

Il pH o acidità di un campione d'acqua è un fattore chiave nel determinare quello che può esserci nell'acqua e ce n'è bisogno per le misurazioni sulla dissoluzione dell'ossigeno.

La determinazione della clorofilla "a" collega un parametro chimico direttamente alla componente biologica da cui proviene e di cui costituisce un elemento caratterizzante. Infatti la clorofilla "a" viene monitorata come indice diretto della biomassa vegetale presente.

La conducibilità è definita come la capacità di una sostanza di condurre corrente elettrica e corrisponde esattamente all'inverso della resistenza. La temperatura è un'altra variabile che influenza il valore di conducibilità.

La salinità è stata storicamente definita come la quantità di sali (misurata in grammi) contenuta in un kilogrammo di acqua di mare.

L'ossigeno disciolto, solitamente abbreviato OD, è un parametro chimico utilizzato per caratterizzare l'idoneità alla vita, per esseri viventi che utilizzano l'ossigeno, come per esempio i pesci, e il livello di inquinamento di un sistema idrico. L'eutrofizzazione e l'instaurarsi di taluni equilibri redox sono le principali cause di una diminuzione dell'ossigeno disciolto. La solubilità dell'ossigeno dipende da diversi fattori, tra i quali particolarmente degni di nota sono la legge di Henry, la quantità di sali presenti in soluzione e la temperatura.

La trasparenza dell'acqua fornisce una valutazione della densità del materiale sospeso, sia di origine biotica che abiotica.

Si definisce col termine di torbidità la riduzione della trasparenza di un campione, dovuta alla presenza di sostanze in sospensione. La torbidità rappresenta una misura aspecifica della concentrazione in peso dei solidi sospesi nel campione; non è tuttavia possibile stabilire una correlazione diretta tra queste due variabili, in quanto le proprietà ottiche di una sospensione risultano influenzate, oltre che dalla quantità, anche dalla forma, dalle dimensioni e dall'indice di rifrazione delle particelle sospese, nonché dalla lunghezza d'onda del raggio incidente.

I composti fenolici, gli oli minerali e i tensioattivi, per la loro diffusione, sono inquinanti di rilevante interesse ambientale.

6.4. Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche

Il campionamento deve essere condotto ai sensi APAT CNR IRSA 1030 Man 29 2003 e deve essere effettuato da tecnici specializzati, redigendo appositi rapporti prova.

I parametri da monitorare sono di seguito elencati. Le metodologie sono indicative e devono comunque essere concordate con l'ARPAS.

Parametri chimico-fisici

Parametro	Metodo di campionamento e analisi
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Temperatura	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003
Conducibilità	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003
Salinità	APHA 22 th Ed. 2012, 4500-O G
Ossigeno disciolto	APHA Standard Methods for the examination of Water and Wastewater ed 22nd 2012, 4500-O G
Trasparenza	APAT CNR IRSA 2120 Man 29 2003
Torbidità	APAT CNR IRSA 2110 Man 29 2003
Fenoli	EPA 3510C 1996 + EPA 8270D 2007, LANGE LCK 345
Oli minerali	APAT CNR IRSA 5160 A1 Man 29 2003
Tensioattivi	LANGE LCK 331/332/333
Azoto ammoniacale	APAT CNR IRSA 4030/A1/A2/C Man 29 2003
Azoto nitrico	HACH LANGE NITRAVER 5 EPA 300.0 1999
Azoto nitroso	APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003, EPA 300.0 1999
Azoto totale	DR LANGE LCK 138/238/338

Parametro	Metodo di campionamento e analisi
Clorofilla "a"	APAT CNR IRSA 9020 Man 29 2003
Fosforo totale	APAT CNR IRSA 4110 A2 Man 29 2003
Ortofosfato	APAT CNR IRSA 4110 A1 Man 29 2003

Parametri microbiologici

Parametro	Metodo di campionamento e analisi
Coliformi totali	APAT CNR IRSA 7010 C Man 29 2003
Escherichia coli	APAT CNR IRSA 7030/E Man 29 2003
Streptococchi fecali	APAT CNR IRSA 7040/C Man 29 2003

Per quanto concerne il sensore di torbidità per la registrazione in continuo, secondo le frequenze di seguito specificate, si riportano le specifiche tecniche di minima dello strumento:

- Intervallo di misurazione: 0 - 250 NTU
- Accuratezza della misura: 2% del valore rilevato oppure 0.5 NTU
- Lunghezza d'onda di riferimento: 850 nm \pm 5 nm
- Frequenza massima di acquisizione: 10 Hz
- Tempo di avvio (warm-up): 2 s

6.5. Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio

Le stazioni di campionamento del corpo idrico non devono essere inferiori a 4, posizionati all'interno della baia di Su Pallosu/Sa Rocca Tunda, tali che 3 siano distribuiti lungo l'arco litoraneo e 1 al centro del paraggio costiero, in posizione intermedia tra la linea di costa e il limite di chiusura del paraggio. Per ogni stazione i campionamenti dovranno essere effettuati sia in superficie che in profondità. L'altezza della colonna d'acqua è tale da ritenere sufficienti 2 campionamenti: uno di fondo a circa 0,5 m dal fondale e uno di sommità a non più di 0,5m dalla superficie.

La registrazione in continuo dei dati torbidimetrici dovrà avvenire almeno in un sito della baia, possibilmente in corrispondenza dei sensori per l'acquisizione dei dati correntometrici e ondametrici, a non meno di 1,0 m dal fondale.

6.6. Frequenza e periodicità del monitoraggio

I campionamenti avranno carattere bi-stagionale al fine di tener conto delle dinamiche presenti specialmente in riferimento agli ambiti stagnali presenti nel settore di retro spiaggia.

Per quanto riguarda il monitoraggio della Torbidità, questa dovrà essere registrata in continuo nello specchio acqueo antistante la zona interessata dall'intervento. Per il rilevamento della concentrazione dei sedimenti marini in sospensione nell'acqua (torbidità) deve essere utilizzato un sensore per tutta la durata del monitoraggio ante-operam, durante e post-operam, in ogni caso secondo gli accordi stabiliti con l'ARPAS.

Durata del monitoraggio:

- Ante-Operam: 24 mesi.
- In-Operam: durata dei lavori
- Post-Operam: 60 mesi a partire dalla fine dei lavori

Cadenza temporale

- Torbidità del corpo idrico: in continuo per tutta la durata del monitoraggio, con frequenza di campionamento sincronizzata con il rilievo dei dati correntometrici e ondometrici, prevedendo quindi una misurazione ogni 10.800 secondi (3 ore).
- Parametri chimici e microbiologici: prelievo di un campione d'acqua 2 volte all'anno (estate-inverno) nella fase Ante-Operam; 2 volte (1 nel periodo estivo e 1 invernale) l'anno successivo alla chiusura lavori.

Numero di campioni:

8 campioni di acqua per singola campagna di rilevamento.

Sistema di riferimento

WGS UTM zone 32 N

6.7. Contenuti del report di rilievo

Il report dovrà contenere i dati delle analisi effettuate e dovranno essere individuate eventuali criticità in atto sia provenienti da fonti puntuali che diffuse.

I dati ottenuti andranno quindi sottoposti ad analisi ed elaborazioni statistiche finalizzate alla definizione dello stato di fondo (bianco) e al trend conseguente l'esecuzione dei lavori. Specifiche elaborazioni devono essere condotte per l'eliminazione di valori isolati di picco (anomalous stand-alone spikes), causati da eventi occasionali privi di significatività ambientale, oltre che per l'attenuazione delle alterazioni della risposta strumentale (effetto matrice), al fine di ottenere una rappresentazione dei valori statisticamente validi.

6.8. Limiti di accettabilità dei valori

Saranno ritenuti accettabili valori inferiori ai limiti indicati nelle normative vigenti. Il regolare controllo e la manutenzione degli strumenti deve essere tale da garantire la continuità dell'acquisizione dei dati e la qualità delle misurazioni, in modo da evitare o ridurre al minimo le discontinuità delle serie temporale. Si consiglia di redigere un apposito diario di manutenzione e calibrazione degli strumenti (inserito all'interno dei metadati), da consegnare al termine del monitoraggio. I dati acquisiti dovranno rispettare i valori minimi di accuratezza indicati.

7. MONITORAGGIO DELLE BIOCENOSI MARINE

7.1. Inquadramento generale

La conoscenza dell'ambiente marino-costiero attraverso la caratterizzazione delle biocenosi presenti, rappresenta un punto di partenza fondamentale per poter valutare le criticità ambientali connesse agli effetti che si potrebbero presentare a seguito della realizzazione degli interventi nel sito di Su Pallosu.

La tipologia di interventi potrebbe interferire con le componenti bentoniche con effetti diretti o indiretti sulle comunità vegetali e animali situate nelle zone di intervento o adiacenti. Il monitoraggio di tali comunità consentirà di individuare eventuali misure di mitigazione adottabili al fine di rendere reversibili eventuali impatti che potrebbero presentarsi.

7.2. Riferimenti normativi

Nel seguito si elencano i principali riferimenti normativi di interesse protezionistico per quanto riguarda gli aspetti biotici e gli habitat di interesse comunitario:

- Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche conosciuta come Direttiva Habitat concernente la conservazione degli Habitat (Allegato I) e delle specie di interesse comunitario (altri allegati);
- Convenzione di Berna sulla conservazione della fauna e flora selvatica e degli habitat naturali adottata a Berna nel 1979 e entrata in vigore nel 1982 (Legge 5/8/1981, n. 503);
- Convenzione di Bonn (Convention on Migratory Species of Wild Animals - CMS), adottata a Bonn il 23 giugno 1979 e ratificata dall'Italia tramite la Legge n. 42 del 25 gennaio 1983.
- Convenzione di Barcellona e Protocollo SPA/BIO è stata firmata a Barcellona il 16 febbraio 1976 da 16 governi e dalla CEE. Entrata in vigore nel 1978, è stata ratificata dall'Italia con la Legge n.30 del 25 gennaio 1979 e successivamente con la Legge n. 175 del 27 maggio 1999.
- Liste Rosse Nazionali e Regionali.

7.3. Definizione degli indicatori e dei parametri di monitoraggio

Sulla base delle conoscenze bibliografiche nell'area di studio si riscontra la presenza di habitat individuati meritevoli di protezione ai sensi della convenzione di Barcellona³ e dell'allegato I della Direttiva Habitat⁴.

³ Associazione a *Posidonia oceanica* (cod. III. 5.1), Ecomorfosi di prateria a barriera (cod. III.5.1.2.), Fondi duri e rocce infralitorali (cod. III.6) e Biocenosi delle alghe infralitorali (cod. III.6.1).

⁴ 1120*, Praterie di *Posidonia* (*Posidonion oceanicae*) 1110 "Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina"

A tal proposito le attività di monitoraggio riguarderanno la verifica della presenza di tali habitat marini. Particolare attenzione dovrà essere prestata alla individuazione e quali/quantificazione dell'habitat prioritario secondo la direttiva Habitat "Praterie di Posidonia (*Posidonium oceanicae*)"(Codice 1120).

Si dovrà procedere oltreché alla identificazione della praterie di fanerogame marine alla verifica dell'eventuale presenza di altre biocenosi di elevato pregio conservazionistico (ad esempio coralligeno, beach rocks, ecc.).

Inoltre le attività di monitoraggio interesseranno la ricerca mirata di alcune specie indicatrici del valore/biodiversità dell'ambiente marino. Nello specifico:

- Magnoliophyta *Posidonia oceanica*
- Phaeophyceae *Cystoseira* spp.
- Mollusca *Pinna nobilis*, *Patella ferruginea*
- Echinodermata *Ophidiaster ophidianus*, *Paracentrotus lividus*, *Centrostephanus longispinus*

Significativa la verifica della presenza di specie bentoniche particolarmente sensibili, quali per esempio *Pinna nobilis* e *Posidonia oceanica* e la comparsa di specie opportuniste che possono alterare la struttura e la composizione originale della comunità.

Infine, dovrà essere considerata la presenza di popolazioni ittiche demersali e/o di aree di nursery, con particolare riferimento alle specie di interesse protezionistico e commerciale.

7.4. Specifiche tecniche per le modalità di rilevamento dei dati, strumenti di misura e metodiche analitiche

Per quanto riguarda la presenza di habitat sensibili il riferimento è la Rete Natura 2000 identificando oltre che la prateria di fanerogame marine la presenza di altre biocenosi di elevato pregio conservazionistico (ad esempio coralligeno, beach rocks, ecc.).

Nel caso in cui il ripascimento sia di notevole entità (> 40.000 m³), per quanto concerne l'habitat prioritario 1120 dovrà essere stimata la densità della prateria (n° di fasci fogliari al m²) al fine di valutarne lo stato di salute in termini sia qualitativi che quantitativi. Si registrerà quindi il tipo di substrato di impianto e si valuterà in termini percentuali la superficie del fondo ricoperta dalla prateria. Dovrà essere valutato anche lo stato di vitalità della *Posidonia oceanica* che costituisce la specie caratterizzante la prateria.

Per verificare la presenza di altri habitat, quali 1110, si procederà all'identificazione del patrimonio biologico presente e delle caratteristiche geomorfologiche del substrato

Per quanto attiene il monitoraggio delle comunità fito-zoobentoniche e delle specie ittiche demersali si dovrà procedere ad una osservazione diretta attraverso transetti per verificare le

presenze più significative non solo in termini conservazionistici , ma in quanto “specie indicatrici” di biodiversità e/o di perturbazioni che insistono in quest’ambito tenendo conto anche della presenza di aree di nursery specialmente per le specie protette e/o commerciali

7.5. Localizzazione delle aree e dei punti di monitoraggio

I transetti e i punti di campionamento saranno selezionati con metodo random; in ciascuna stazione saranno effettuate indagini finalizzate all’identificazione degli habitat e al censimento delle specie fisionomicamente cospicue mediante rilevamento speditivo.

Saranno utilizzate tecniche di rilevamento visivo diretto o indiretto mediante immagini fotografiche e/o filmati da analizzare in sede.

7.6. Frequenza e periodicità del monitoraggio

Le attività di monitoraggio in campo dovranno essere concentrate nel periodo primaverile-estivo e potranno ripetersi nella fase post-operam.

7.7. Contenuti del report di rilievo

Nel report saranno inseriti i dati relativi alle caratteristiche biotiche dell’area marino-costiera evidenziando le dinamiche in atto e le tendenze evolutive.

Inoltre, dovrà essere valutato lo stato di conservazione degli habitat e delle specie.

Il report dovrà contenere elaborati testuali e cartografici utili alla rappresentazione dello stato biotico del sistema marino-costiero di riferimento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla rappresentazione cartografica dell’habitat 1120. Tale habitat infatti rappresenta una biocenosi di elevato pregio conservazionistico. Dovrà essere fornita, inoltre, una check list delle specie fito-zoobentoniche e ittiche presenti specialmente quelle di maggior pregio conservazionistico e/o commerciale.

7.8. Limiti di accettabilità dei valori

Se possibile si farà riferimento ai criteri di valutazione relativi ad habitat e specie della Rete Natura 2000. In particolare per le specie si terrà conto anche delle liste rosse dell’IUCN (International Union for Conservation of Nature).

8. STIMA DEI COSTI

Di seguito viene illustrato il quadro di sintesi dei costi per l'esecuzione delle indagini previste dal presente Piano di Monitoraggio, suddivise in attività di rilevamento e controllo ante-operam, durante e post opera, per ciascuna categoria di analisi.

MA Ante-Operam San Vero Milis						Ante-Operam	
Servizi richiesti	quantità (ha)	durata (mesi)	quantità (numero)	Netto servizi	Mano d'opera (MDO)	Totale	
rilievi batimetrici tramite ecoscandaglio single beam maglia 25x25 m	300	-	1	€ 12.000,00	€ 3.000,00	€ 15.000,00	
Rilievi linea di riva e spiaggia emersa (profilo ogni 25 m)	-	-	2	€ 7.200,00	€ 1.800,00	€ 9.000,00	
rilievi morfologici tramite Side Scan Sonar	300	-	1	€ 7.200,00	€ 1.800,00	€ 9.000,00	
Rilievi meteorologici	-	24	-	€ 9.600,00	€ 2.400,00	€ 12.000,00	
rilievi correntometrici e ondametrici	-	24	-	€ 23.040,00	€ 5.760,00	€ 28.800,00	
rilievi torbidimetrici in continuo	-	24	-	€ 11.520,00	€ 2.880,00	€ 14.400,00	
carotaggi e/o prelievo di sedimenti marino-costieri emersi e sommersi	-	-	53	€ 1.908,00	€ 1.272,00	€ 3.180,00	
analisi chimico-fisiche, granulometriche e ambientali dei sedimenti marino-costieri	-	-	53	€ 37.100,00	€ 0,00	€ 37.100,00	
videoispezioni e rilievo biocenosi sommerse lungo transetti e/o aree da definire	200	-	1	€ 2.400,00	€ 1.600,00	€ 4.000,00	
campionamento e analisi chimico-fisiche, e ambientali delle acque			32	€ 17.280,00	€ 1.920,00	€ 19.200,00	
Totale				€ 129.248,00	€ 22.432,00	€ 151.680,00	
					Totale prestazioni (al netto della MDO)	€ 129.248,00	
					MDO non soggetta a ribasso	€ 22.432,00	
					Totale parziale	€ 151.680,00	
					IVA sulle prestazioni richieste (22%)	€ 26.505,60	
					TOTALE SPESA MONITORAGGIO ANTE OPERAM	€ 178.185,60	

MA In-Operam e Post-Operam San Vero Milis						In- e Post-Operam
Servizi richiesti	quantità (ha)	durata (mesi)	quantità (numero)	Netto servizi	Mano d'opera (MDO)	Totale
rilievi batimetrici tramite ecoscandaglio single beam maglia 25x25 m	300	-	2	€ 24.000,00	€ 6.000,00	€ 30.000,00
Rilievi linea di riva e spiaggia emersa (profilo ogni 25 m)	-	-	10	€ 36.000,00	€ 9.000,00	€ 45.000,00
rilievi morfologici tramite Side Scan Sonar	300	-	2	€ 14.400,00	€ 3.600,00	€ 18.000,00
Rilievi meteorologici	-	60	-	€ 24.000,00	€ 6.000,00	€ 30.000,00
rilievi correntometrici e ondometrici	-	24	-	€ 23.040,00	€ 5.760,00	€ 28.800,00
rilievi torbidimetrici in continuo	-	24	-	€ 11.520,00	€ 2.880,00	€ 14.400,00
carotaggi e/o prelievo di sedimenti marino-costieri emersi e sommersi	-	-	53	€ 1.908,00	€ 1.272,00	€ 3.180,00
analisi chimico-fisiche, granulometriche e ambientali dei sedimenti marino-costieri	-	-	53	€ 37.100,00	€ 0,00	€ 37.100,00
videoispezioni e rilievo biocenosi sommerse lungo transetti e/o aree da definire	200	-	2	€ 4.800,00	€ 3.200,00	€ 8.000,00
campionamento e analisi chimico-fisiche, e ambientali delle acque	-	-	32	€ 17.280,00	€ 1.920,00	€ 19.200,00
Totale				€ 194.048,00	€ 39.632,00	€ 233.680,00
				Totale prestazioni (al netto della MDO)		€ 194.048,00
				MDO non soggetta a ribasso		€ 39.632,00
				Totale parziale		€ 233.680,00
				IVA sulle prestazioni richieste (22%)		€ 40.585,60
				TOTALE SPESA MONITORAGGIO		€ 274.265,60