

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

RELAZIONI GENERALI

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 02 D 09 RG ID0102 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M. Coccato	ottobre 2017	F. Cabas	ottobre 2017	P. Carlesimo	ottobre 2017	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Angelo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A20783 A. Vittozzi gennaio 2018
B	Consegna al CSLLPP	M. Coccato	gennaio 2018	F. Cabas	gennaio 2018	P. Carlesimo	gennaio 2018	

n. Elab.:197

INDICE

1	PREMESSA	4
2	STATO ATTUALE DEI LUOGHI E CAUSE DEL DISSESTO	5
2.1	DESCRIZIONE STATO DI FATTO	5
2.2	CAUSE DEL DISSESTO	8
3	STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE E REGIME VINCOLISTICO	9
3.1	PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	9
3.2	RETE NATURA 2000	11
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO	12
4.1	MOTIVAZIONI SCELTA PROGETTUALE	12
4.2	DESCRIZIONE INTERVENTI PREVISTI	13
4.2.1	<i>Pennelli intercettatori</i>	13
4.2.2	<i>Ripascimento</i>	14
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE ADOTTATI E SINTESI DEI RISULTATI	16
5.1	CRITERI METODOLOGICI ADOTTATI	16
5.2	SINTESI STUDI METEOMARINI	16
5.3	SINTESI STUDI IDRODINAMICI	18
5.4	SINTESI STUDIO MORFOLOGICO	21
5.4.1	<i>Inquadramento geomorfologico del litorale</i>	21
5.4.2	<i>Attuali fenomeni di trasporto solido litoraneo</i>	25
5.4.3	<i>Analisi sedimentologica</i>	26
5.5	SINTESI STUDIO MORFODINAMICO	28
5.6	SINTESI RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO DELLE SCOGLIERE	31
6	CANTIERIZZAZIONE	32
6.1	AREE DI CANTIERE	32

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	3 di 38

6.1.1	Area tecnica di cantiere	32
6.1.2	Aree operative di cantiere	32
7	TEMPISTICHE E FASI REALIZZATIVE DELLE OPERE	36
8	IMPORTO DEI LAVORI	38

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica illustrativa è stata redatta nell'ambito del progetto definitivo dell'intervento di ripascimento del litorale di S. Alessio Siculo, ricompreso tra i lavori della linea ferroviaria Catania-Siracusa, raddoppio Giampilieri-Fiumefreddo.

L'elaborato è strutturato secondo le seguenti sette sezioni principali (Capitoli):

- **CAPITOLO 2 - STATO ATTUALE DEI LUOGHI E CAUSE DEL DISSESTO:** a partire dall'inquadramento territoriale generale delle aree in esame, si analizza in maniera approfondita la condizione attuale dei luoghi e si individuano le cause che hanno intaccato lo stato di equilibrio del litorale oggetto di intervento.
- **CAPITOLO 3 - STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE E REGIME VINCOLISTICO:** le aree oggetto di intervento vengono inquadrare in relazione al regime vincolistico e normativo vigente.
- **CAPITOLO 4 - DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO:** sulla base delle conoscenze acquisite attraverso lo studio approfondito dello stato attuale dei luoghi e delle origini del dissesto in atto, ed in relazione ad ulteriori condizioni al contorno, vengono dettagliatamente descritte le singole parti d'opera.
- **CAPITOLO 5 - CRITERI DI PROGETTAZIONE ADOTTATI E SINTESI DEI RISULTATI:** vengono illustrati i criteri seguiti per la redazione degli studi specialistici elaborati a supporto della progettazione, riportando una breve sintesi dei contenuti di ogni elaborato e dei risultati conseguiti.
- **CAPITOLO 6 - CANTIERIZZAZIONE:** in cui vengono date delle indicazioni sulle aree di cantiere.
- **CAPITOLO 7 – TEMPISTICHE E FASI REALIZZATIVE:** sulla base dei lavori da effettuare viene stimata la tempistica dell'intervento rispetto alle fasi realizzative previste.
- **CAPITOLO 8 - IMPORTO DEI LAVORI:** si riporta la stima dell'importo dei lavori e l'incidenza delle diverse categorie di opere previste.

2 STATO ATTUALE DEI LUOGHI E CAUSE DEL DISSESTO

2.1 Descrizione stato di fatto

L'area di intervento si estende per circa 2 km. Risulta delimitata a Nord dalla foce del torrente d'Agrò e a Sud dal promontorio roccioso di Capo Sant'Alessio (cfr. Figura 2-1).

Il litorale oggetto di studio è caratterizzato da una costa bassa sabbiosa-ciottolosa, in condizioni di erosione, caratterizzato per quasi tutta la sua estensione dalla presenza di importanti interventi antropici.

Tali interventi sono individuabili sia nel retrospiaggia:

- strada lungomare;
- infrastrutture edilizie;

che sulla stessa spiaggia emersa:

- muro di sostegno della strada lungomare;
- scogliera radente in massi naturali cementati, a protezione del suddetto muro di sostegno della strada, estesa per quasi tutta la lunghezza del litorale;
- presenza di stabilimenti balneari durante la stagione estiva;

nonché sulla spiaggia sommersa:

- scogliera soffolta in massi naturali di III e IV categoria, subparallela a riva, collocata su fondali compresi tra -5 m s.l.m. e -7 m s.l.m. ad una distanza dal litorale variabile tra 60 e 100 m. La barriera soffolta presenta allo stato attuale una quota di coronamento posta a circa -2 m s.l.m. e un unico varco localizzato in corrispondenza dell'esistente condotta sottomarina del depuratore.



Figura 2-1: Inquadramento area di intervento

Procedendo da Nord verso Sud il litorale (spiaggia emersa) può essere suddiviso in tre aree:

- **Area 1** - dalla Foce del Torrente d'Agrò fino alla via Trento (per una lunghezza di circa 1 km): la larghezza della spiaggia si riduce progressivamente, passando da un'ampiezza massima di circa 60 m fino a diventare di qualche metro in prossimità dell'Area adiacente.
- **Area 2** - da Via Trento a Via Salice ($L \approx 0.4$ km): la spiaggia emersa risulta essere ormai quasi completamente inesistente. L'Area 2 risulta essere la zona più esposta all'azione erosiva del moto ondoso e, a protezione della strada lungomare, vi è solamente la scogliera radente il cui piede viene scavato continuamente dalle mareggiate.
- **Area 3** - da via Salice fino a Capo Sant'Alessio ($L \approx 0.5$ km): la larghezza della spiaggia torna a crescere, fino a raggiungere un'ampiezza di 30 m nei punti più estesi.



Figura 2-2: Individuazione area di intervento

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	7 di 38



Figura 2-3: Foto Area 1



Figura 2-4: Foto Area 2



Figura 2-5: Foto Area 3

2.2 Cause del dissesto

Lo sviluppo dei centri abitati costieri avvenuto dagli anni '60 ad oggi, con edifici ed opere di urbanizzazione realizzati in prossimità delle spiagge e di vie di comunicazione a ridosso del litorale, ha reso alcuni tratti molto vulnerabili all'erosione.

Nel caso specifico del litorale di S.Alessio Siculo oggetto di intervento, le cause del dissesto possono essere riconducibili a:

- realizzazione di sbarramenti artificiali lungo il torrente Agrò e conseguente cementificazione dei corsi fluviali (canalizzazioni, arginature, opere di difesa idraulica, ecc.), che hanno prodotto una drastica riduzione degli apporti solidi al mare e quindi il progressivo arretramento della linea di costa.
- l'attività antropica che, a causa della realizzazione sia della strada litoranea che dei vari insediamenti turistici, ha prodotto uno smantellamento dell'apparato fronte-mare, alterando l'assetto naturale della fascia litoranea e creando così le condizioni favorevoli per l'azione erosiva del mare. In particolare, i muri a parete verticale realizzati sulla spiaggia (in zone raggiungibili dalla risalita delle onde) favoriscono il verificarsi di fenomeni di riflessione del moto ondoso. Di conseguenza, in occasione di forti mareggiate nel tratto antistante l'opera, si verifica una migrazione di sedimenti verso il largo, a discapito del materiale originario costituente l'arenile che ne risulta così impoverito.

3 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE E REGIME VINCOLISTICO

3.1 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Il litorale di S. Alessio Siculo, si estende lungo la costa Nord-orientale Ionica della Sicilia, nella provincia di Messina.

L'area oggetto di intervento ricade all'interno dell'unità fisiografica n.3 (da Capo Scaletta a Nord fino a Capo Schisò a Sud) e ha una lunghezza totale di circa 37,119 Km.

L'Unità è delimitata a Nord dall'Unità fisiografica n° 2 che si estende da Capo Peloro a Capo Scaletta e a Sud con l'Unità n° 4 che è compresa tra Capo Schisò ed il Porto di Catania.

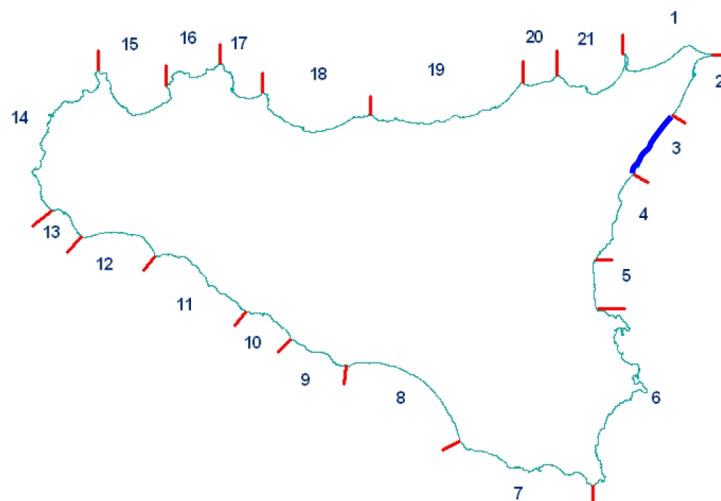


Figura 3-1: Inquadramento unità fisiografica n.3

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Siciliana riporta, per ogni località individuata:

- la lunghezza del tratto di costa in erosione;
- la classe di magnitudo (variabile da M1 a M4), intesa come “severità” del fenomeno erosivo delle spiagge;
- il livello di pericolosità (variabile da P1 a P4), riferito all'effettivo stato di pericolo proprio del sito, in relazione alla presenza di un fenomeno erosivo della fascia costiera ed alla frequenza dei fenomeni censiti;
- il grado di attenzione (variabile da E2 a E3 per le spiagge), rappresentativo di tutti gli elementi che possono subire danni in conseguenza del verificarsi del fenomeno;
- il livello di rischio (variabile da R1 a R4), dato dalla combinazione del livello di pericolosità P con il grado di attenzione E.

Relativamente al litorale di S. Alessio Siculo, i risultati degli studi del P.A.I. possono essere sinteticamente illustrati nella seguente tabella:

Tabella 3-1: Sintesi risultati P.A.I.

Comune	Lungh spiaggia	Magnitudo	Pericolosità	Elementi a rischio	Rischio
S. ALESSIO SICULO					
S. Alessio (F. d'Agrò 2)	1054	M3	P3	E3	R4
S. Alessio sud 1	796	M2	P4	E3	R4
S. Alessio sud 2	182	M3	P3	E3	R4

Per completezza di trattazione, a seguire si riporta lo stralcio della carta di classificazione del Pericolo e del Rischio relativo all'area oggetto di intervento:

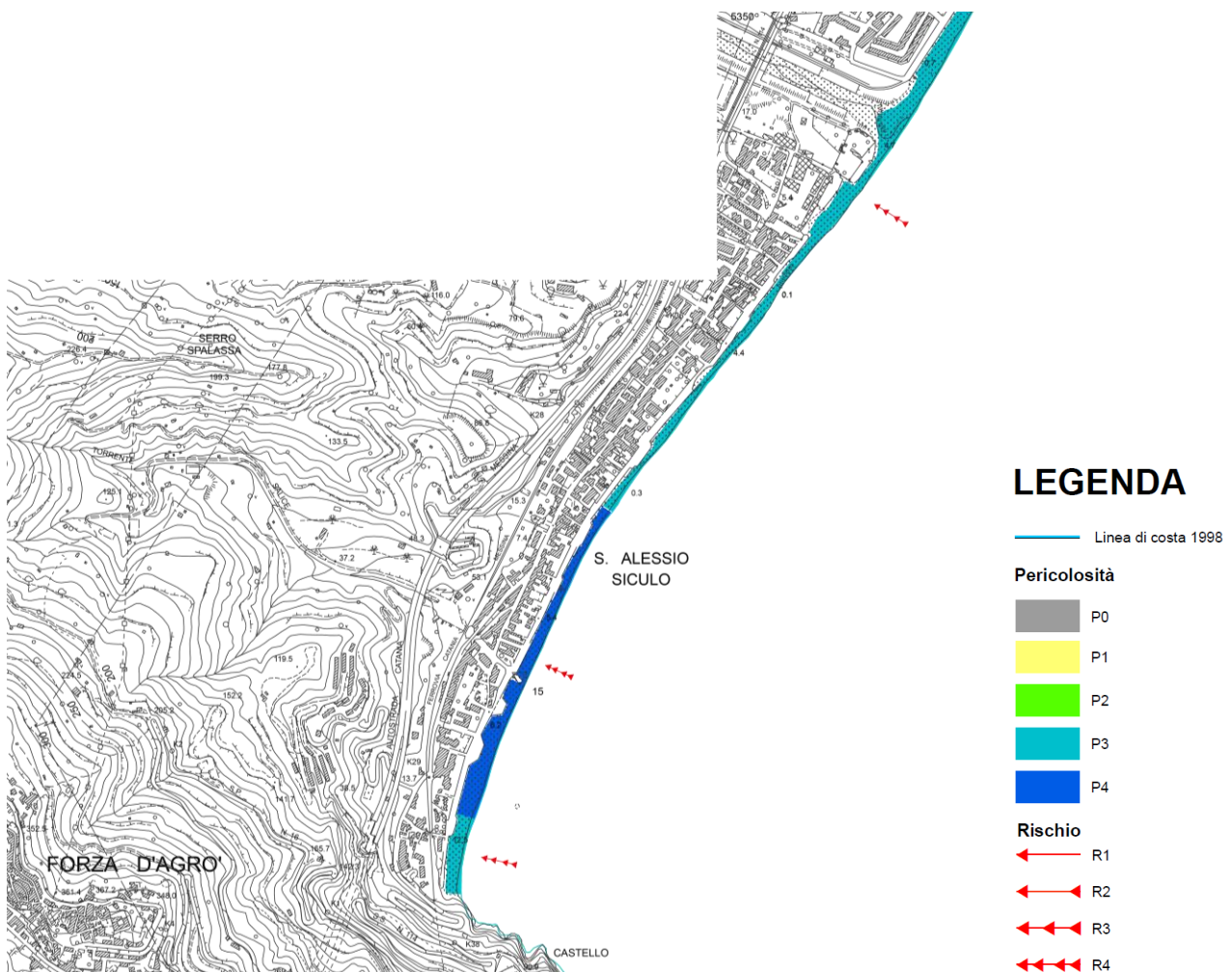


Figura 3-2: Stralcio carta della Pericolosità e del Rischio

3.2 Rete Natura 2000

La Rete Natura 2000, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE, cosiddetta “*Direttiva Habitat*”, è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità.

Tale rete è costituita dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE “*Uccelli*”, concernente la conservazione degli uccelli selvatici, e dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla “*Direttiva Habitat*”, successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC).

L'area oggetto di intervento, come deducibile dalla seguente Figura 3-3, non entra in contrasto con la rete Natura 2000, non ricadendo in aree né ZPS, né SIC.

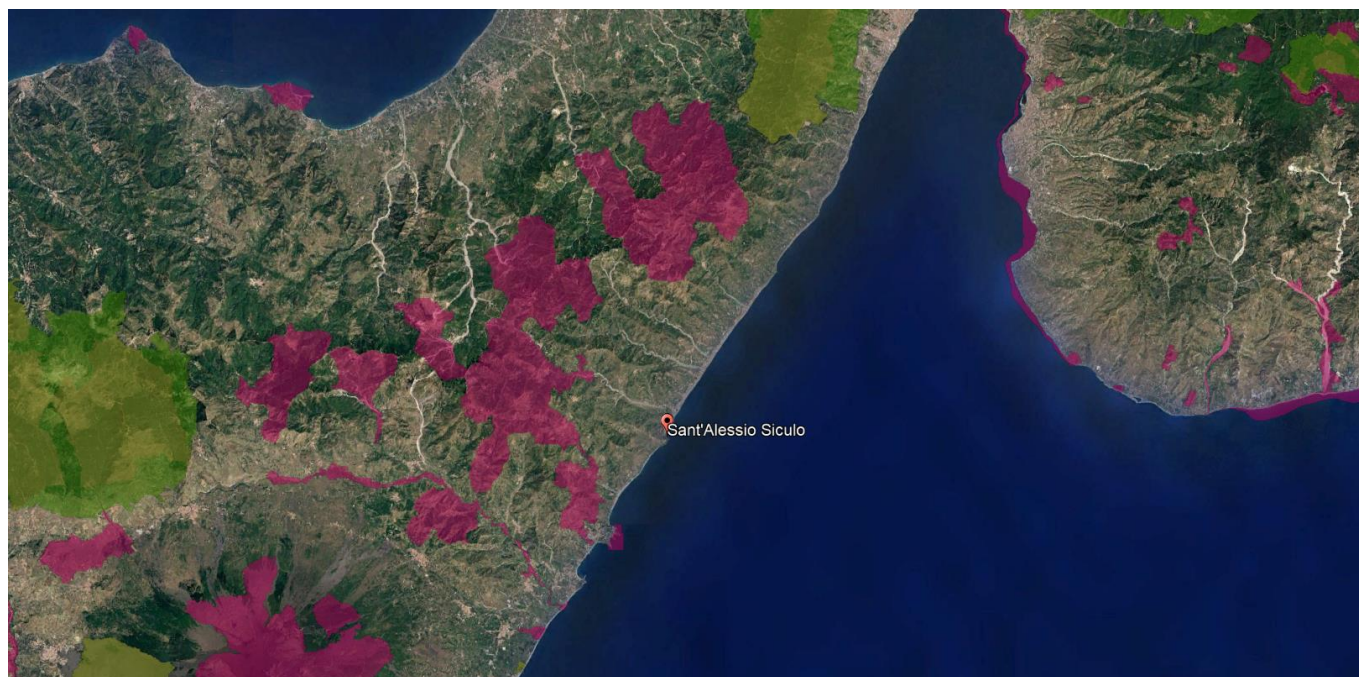


Figura 3-3: Inquadramento area di intervento nella Rete Natura 2000

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO

4.1 Motivazioni scelta progettuale

Al fine di identificare, fra le opzioni di intervento teoricamente perseguibili, la soluzione complessivamente preferibile, sono stati tenuti in considerazione i seguenti elementi di valutazione:

- impatto sui litorali adiacenti all'intervento;
- prevedibile evoluzione dell'arenile a breve/medio termine;
- livello di protezione delle infrastrutture retrostanti;
- qualità dell'arenile e coerenza con i materiali presenti;
- livello di fruibilità per la balneazione;
- impatto ambientale in fase di costruzione;
- impatto ambientale in fase di esercizio;
- importo dei lavori e costi di manutenzione.

Alla luce di tutte le condizioni al contorno sopra riportate, la tipologia d'intervento preferibile è risultata certamente essere quella "mista", costituita da un intervento di ripascimento protetto da adeguate opere di stabilizzazione. Infatti, si ritiene che la realizzazione del solo intervento di ripascimento, viste le condizioni idrodinamiche attuali, non garantirebbe adeguate performances temporali.

È inoltre importante sottolineare come l'impiego delle opere di stabilizzazione vada inteso non solo quale mera capacità delle stesse di conferire maggiore protezione e stabilità nel tempo al corpo di spiaggia ricostruita, ma, in senso ben più ampio, in termini idraulico marittimi ed ambientali. Le opere di stabilizzazione, pertanto, vanno identificate al fine di:

- minimizzare gli impatti sottoflutto;
- conferire alla nuova linea di riva un andamento quanto più vicino alle condizioni di equilibrio di medio termine;
- evitare la formazione di correnti localizzate;
- conferire al nuovo sistema litoraneo una comportamento idrodinamico bilanciato ed uniforme.

Tali valutazioni hanno portato alla identificazione di una soluzione progettuale preferibile, costituita dal ripascimento (con idonei materiali) contenuto solo lateralmente, mediante il minimo numero indispensabile di opere di stabilizzazione trasversali alla riva (pennelli).

La funzione dei pennelli sarà quella di intercettare ed arrestare il trasporto solido di fondo per tutta la lunghezza degli stessi, fino alla barriera sommersa esistente.

La presenza dei pennelli determina una sensibile riduzione (variabile dal 30 al 50%) dei valori massimi della velocità della corrente longitudinale lungo il profilo di calcolo, con particolare riferimento alle altezze d'onda significative di 2.0 e 3.0 m.

La riduzione della velocità della corrente, riscontrata per tutte le simulazioni eseguite negli studi a corredo del progetto definitivo è tale che anche il trasporto solido in sospensione risulta ridotto.

4.2 Descrizione interventi previsti

Gli interventi previsti dal presente progetto definitivo per la difesa del tratto di litorale di Sant'Alessio coprono un'estensione di litorale di circa 2.0 km e consistono nella realizzazione delle seguenti opere:

- n. 5 pennelli parzialmente sommersi, realizzati con massi naturali di 3^a categoria (3-7 tonnellate), al fine di intercettare ed arrestare il trasporto solido di fondo per tutta la lunghezza degli stessi fino alla barriera sommersa esistente, oltre che comportare una riduzione della velocità della corrente, tale da diminuire il trasporto solido in sospensione;
- versamento di circa 626.000 m³ di sabbia, idonea per il ripascimento e proveniente dai materiali di smarino delle gallerie.

Le caratteristiche geometriche delle opere in progetto, gli ambiti ed i volumi di versamento, sono riportate nei successivi paragrafi e negli appositi elaborati grafici, cui si rimanda per maggiori dettagli.

4.2.1 Pennelli intercettatori

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di 5 Pennelli costituiti da un doppio strato di massi naturali di terza categoria (3-7 tonnellate), con la funzione di intercettare il trasporto solido per tutta la lunghezza degli stessi e fino alla barriera sommersa esistente.

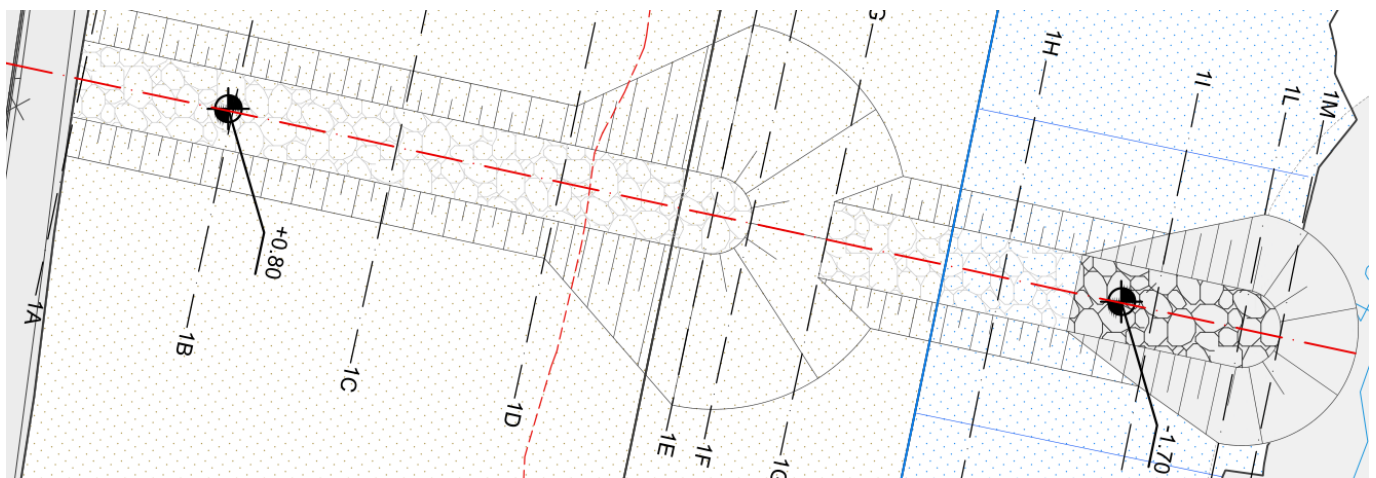


Figura 4-1: Stralcio planimetrico pennello

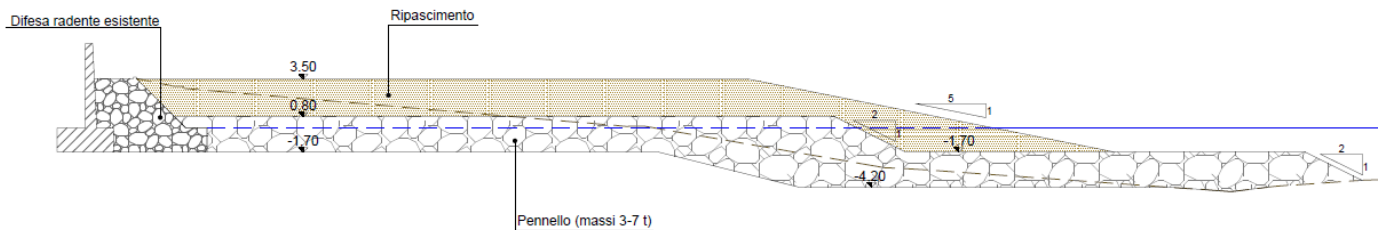


Figura 4-2: Profilo longitudinale pennello

Il tratto iniziale dei pennelli, interamente ricoperto dal materiale versato per il ripascimento, presenta le seguenti caratteristiche geometriche:

- larghezza berma 5 m;
- quota berma +0.80 m slm;
- pendenza scarpate 1:1 lungo il tronco;
- pendenza 2:1 in testata.

Il tratto terminale soffolto, non interamente ricoperto dal ripascimento, è così composto:

- larghezza berma 5 m;
- quota berma -1.70 m slm;
- pendenza scarpate 1:1 lungo il tronco;
- pendenza scarpate 2:1 in testata.

4.2.2 Ripascimento

Allo stato attuale la spiaggia di Sant'Alessio Siculo è costituita da sabbie medio-grossolane e ghiaie prevalentemente fini di colore grigio e grigio bruno.

Il volume di materiale di apporto previsto è pari a circa 626.000 m³, proveniente dalle attività di scavo delle gallerie della linea ferroviaria Catania-Siracusa, raddoppio Giampilieri-Fiumefreddo.

Le caratteristiche granulometriche e mineralogiche del materiale di prestito devono essere selezionate al fine di ottenere una spiaggia con:

- caratteristiche intrinseche di stabilità non inferiori a quelle del materiale costituente l'attuale arenile;

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	15 di 38

- comportamento non dissimile dalla attuale;
- qualità e colorazione del materiale costituente quanto più possibile simili a quello esistente.

Pertanto, al fine di stabilire la compatibilità litologica, sedimentologica e ambientale dello smarino proveniente dalle gallerie con il materiale nativo, sono stati prelevati 30 campioni di sabbia e ghiaia dalla zona costiera del litorale. Dei suddetti campioni, 6 sono stati sottoposti ad analisi petrografiche con stima semi-quantitativa delle diverse percentuali litologiche, come previsto dalla norma UNI EN 932-3:2004, fornendo esiti positivi rispetto alla compatibilità dal punto di vista petrografico del materiale di prestito.

La spiaggia di progetto, che presenta una linea di riva con un avanzamento minimo rispetto a quella attuale di 15 m, è così costituita:

- tratto orizzontale posto alla quota +3.50 m slm;
- scarpata con pendenza 5 (H) :1 (V) fino ad intercettare il profilo attuale del fondale.

Inoltre per un tratto di circa 500 m verrà effettuato un ulteriore tratto di ripascimento sommerso lungo la scogliera soffolta esistente (lato mare), con le seguenti caratteristiche:

- tratto orizzontale, della larghezza di circa 35 m, posto alla quota -3.50 m slm;
- scarpata con pendenza 5 (H) :1 (V) fino ad intercettare il profilo attuale del fondale.

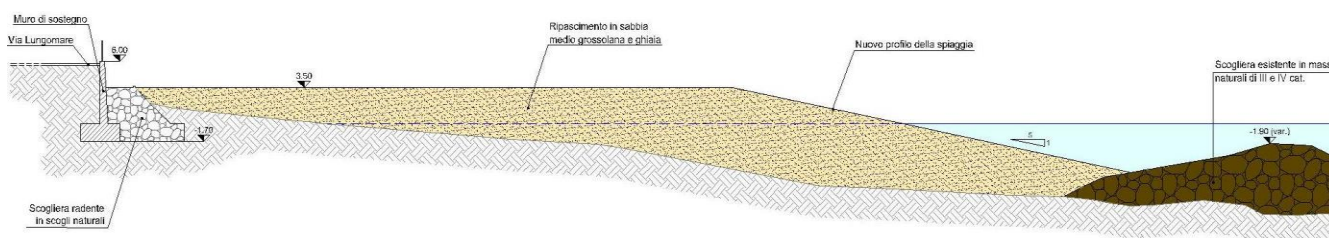


Figura 4-3: Sezione tipologica ripascimento

5 CRITERI DI PROGETTAZIONE ADOTTATI E SINTESI DEI RISULTATI

5.1 Criteri metodologici adottati

Nei capitoli precedenti è stato illustrato lo stato dei luoghi oggetto di intervento e sono state sinteticamente descritte le dinamiche che vi si riscontrano, alla luce delle quali sono state definite le caratteristiche tecniche e costruttive dell'intervento di progetto.

Nel presente capitolo saranno sinteticamente illustrati i contenuti degli studi e delle elaborazioni specialistiche sviluppate a supporto delle attività di progettazione dell'intervento, con i relativi risultati.

Per una trattazione più approfondita si rimanda agli specifici elaborati specialistici.

5.2 Sintesi studi meteomarini

Sono stati definiti i seguenti parametri progettuali meteomarini al largo del sito individuato per i lavori di ripascimento:

- “onde di progetto” (stati di mare associati a specifici tempi di ritorno) per il dimensionamento idraulico-strutturale dell'intervento di ripascimento e di “eventuali opere di difesa litoranea complementari” e responsabili dei fenomeni di evoluzione morfodinamica del profilo trasversale di spiaggia nel breve termine;
- “climi di moto ondoso” (differenziati in funzione dei periodi stagionali e dei parametri di altezza periodo e direzione) per la definizione delle “forzanti di moto ondoso” che regolano i fenomeni di evoluzione morfodinamica planimetrica del litorale nel medio e lungo termine;
- “variazioni del livello marino” differenziati nelle componenti astronomica, climatiche (sovralzi barici, di vento e di moto ondoso).

Al fine di determinare le caratteristiche del moto ondoso del paraggio in esame, è stata utilizzata la serie di dati ondametrici ricostruiti, fornita dal MeteOcean group del DICCA (gennaio 1979 - dicembre) ed appartenenti ad un database di serie storiche di moto ondoso ricostruite per l'intero bacino del Mediterraneo, con una risoluzione spaziale pari a 10 km ed una risoluzione temporale pari a 1 ora.

L'analisi dei dati ondametrici di riferimento ha permesso di definire il clima di moto ondoso che contraddistingue il paraggio di Sant'Alessio Siculo. Tale analisi è consistita nel determinare la distribuzione direzionale del moto ondoso suddividendo gli eventi della serie storica in classi di altezza d'onda e direzione di provenienza per settori di 10°; la distribuzione direzionale è stata determinata sia su base annuale che stagionale.

Dalle analisi eseguite risulta che gli stati di mare più frequenti si presentano dal settore di traversia principale (circa il 64%) copreso tra 90 e 180°N. In tale settore la frequenza degli stati di mare è del 15% per il settore di Levante, del 32% per il settore di Scirocco e del 19% per quello di mezzogiorno.

Pertanto il settore compreso tra 90°N e 180°N, che presenta i fetch maggiori, è di fatto il settore prevalente: da questo settore si presentano gli eventi più frequenti ed anche quelli più intensi (cfr **Figura 5-1**).

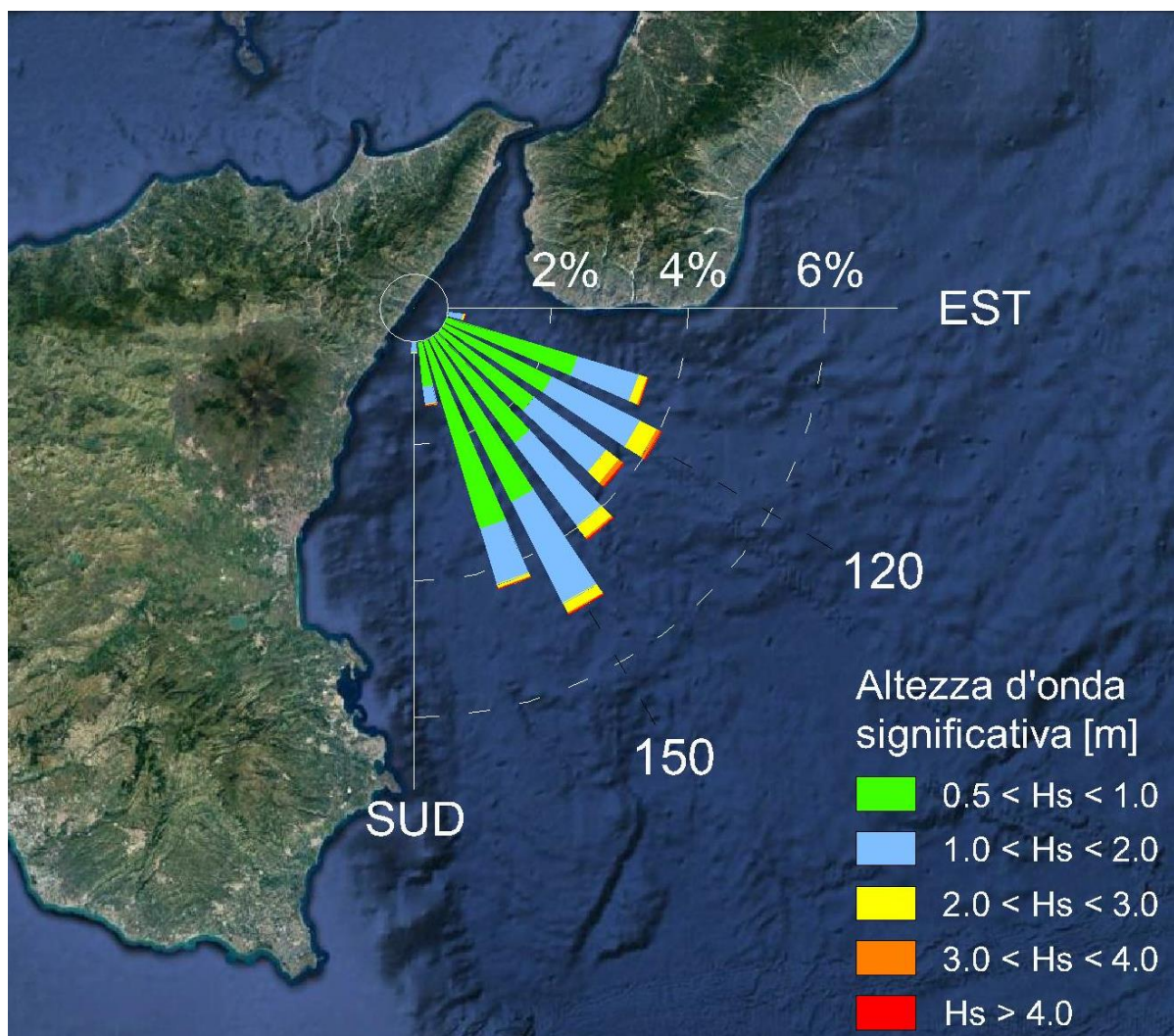


Figura 5-1: Distribuzione direzionale annuale degli stati di moto ondoso

Per la determinazione della cosiddetta "onda di progetto" in acqua profonda è stata eseguita un'elaborazione statistica delle altezze d'onda maggiori relative alla serie storica di riferimento. Mediante regolarizzazione della serie di eventi estremi, secondo note funzioni probabilistiche, è stato possibile ricavare le caratteristiche del moto ondoso (definite in termini di altezza significativa e periodo) da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza).

5.3 Sintesi studi idrodinamici

Gli studi idrodinamici hanno riguardato le caratteristiche “idrodinamiche” nel breve, medio e lungo termine in funzione dei seguenti parametri idromorfologici associati alle “onde di progetto” ed ai “climi di moto ondoso” in corrispondenza del sito individuato per i lavori di ripascimento:

- “correnti litoranee” lungo la fascia litoranea per uno sviluppo longitudinale che ricomprende adeguatamente il sito in esame
- “profondità di chiusura idrodinamica”
- “altezza di swash”
- “larghezza della fascia dei frangenti”
- caratteristiche delle forzanti delle correnti longitudinali e trasversali associate al moto ondoso e “potenziali” capacità di trasporto solido litoraneo.

Nell'ambito degli studi è stata eseguita anche una propagazione inversa e diretta del moto ondoso dal largo verso riva.

Per quanto riguarda la propagazione inversa, è stata determinata la distribuzione direzionale del moto ondoso per 5 punti in costa lungo il litorale. Tale operazione ha messo in evidenza, oltre ad una generalizzata riduzione dell'angolo di apertura del settore di traversia, un eterogeneo clima di moto ondoso lungo il litorale. Il dato che emerge è che l'articolata batimetria e la presenza di due canyon condizionano fortemente la propagazione del moto ondoso determinando una continua variazione delle direzioni di provenienza dominanti lungo il litorale (cfr. **Figura 5-2**).

La propagazione diretta è stata eseguita per evidenziare le condizioni di moto ondoso in costa in occasione delle mareggiate. In particolare, sono state considerate tre direzioni di provenienza del moto ondoso (90-120-150°N) e tre livelli di frequenza del moto ondoso (tempo di ritorno 1-10-50 anni) in modo tale da riprodurre gli effetti non solo delle mareggiate estreme ma anche di quelle più frequenti. A titolo di esempio nella **Figura 5-3** sono riportati i risultati della propagazione in costa di una mareggiata con tempo di ritorno cinquantennale per diverse direzioni di provenienza.

Sulla base del lavoro svolto sono stati calcolati i flussi di energia, sia medi sia associati alle mareggiate, che hanno confermato una generale tendenza al trasporto dei sedimenti da Nord verso Sud.

Gli studi hanno previsto anche delle simulazioni numeriche di dettaglio (cfr. **Relazione idrodinamica**) volte a verificare l'efficacia dei pennelli nei confronti del trasporto solido longitudinale. I pennelli, oltre a intercettare il trasporto solido di fondo (bloccato per tutta la lunghezza dello stesso fino alla barriera sommersa), riducono sensibilmente anche quello in sospensione con un sensibile beneficio in quanto la deriva dei sedimenti risulta mitigata.

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	19 di 38

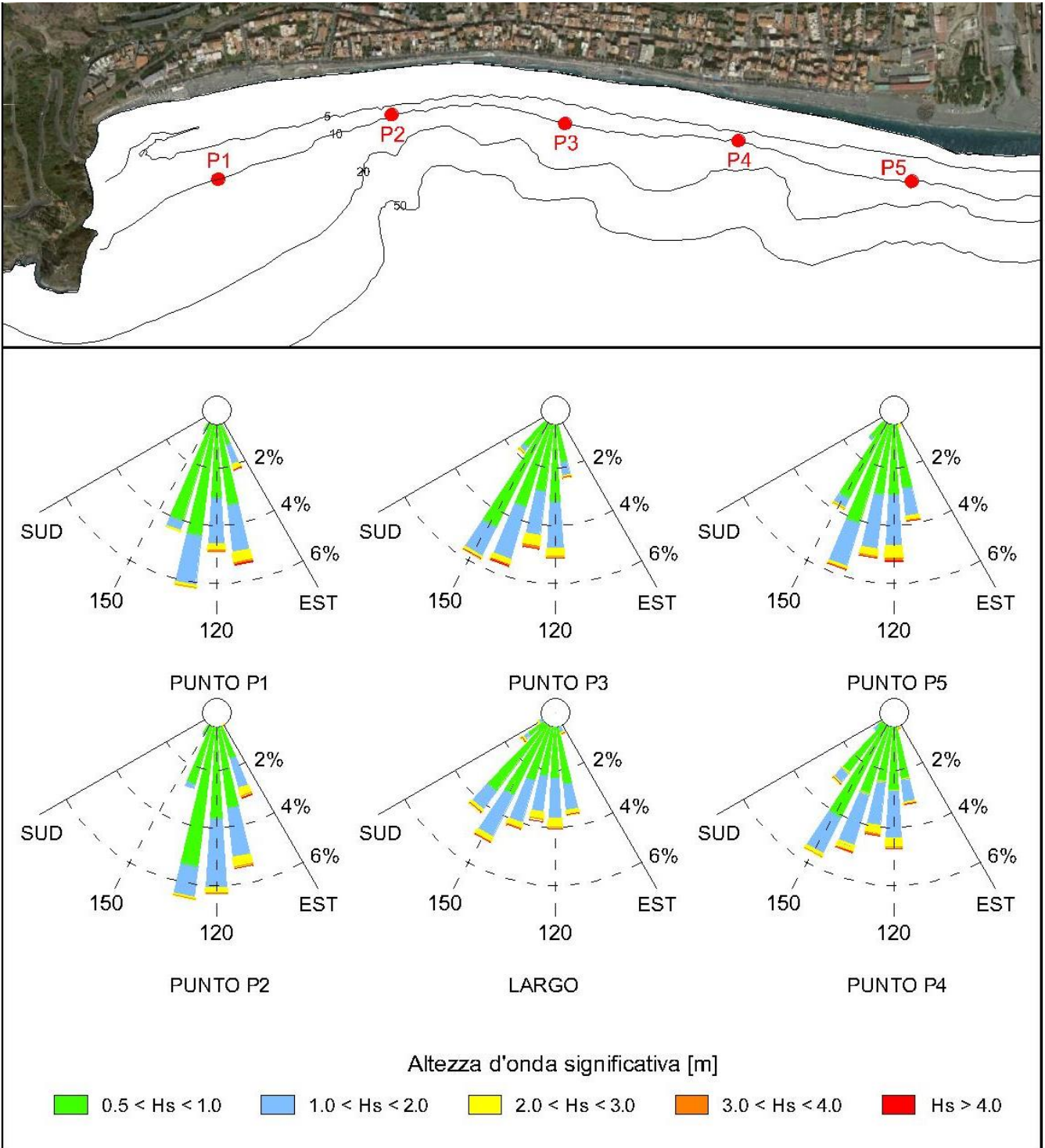


Figura 5-2: Diagrammi polari della distribuzione percentuale annuale per classi di Hs e direzione di provenienza degli eventi di moto ondoso in costa e al largo di Sant'Alessio Siculo

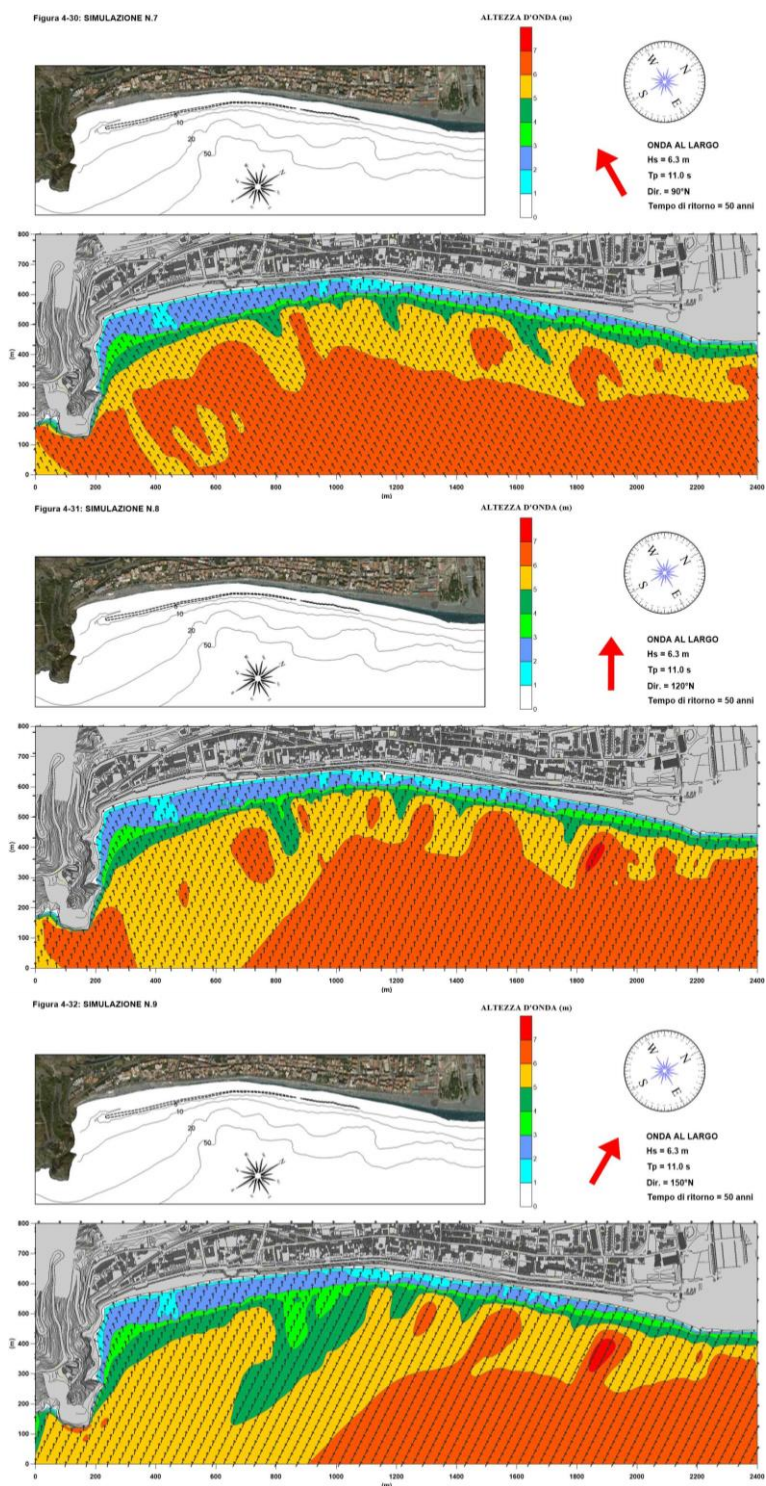


Figura 5-3: Propagazione in costa delle mareggiate con tempo di ritorno cinquantennale

5.4 Sintesi studio morfologico

5.4.1 Inquadramento geomorfologico del litorale

Fino alla prima metà del secolo scorso, l'evoluzione morfologica del litorale di Sant'Alessio è stata il risultato del delicato equilibrio dinamico tra gli apporti solidi dei retrostanti bacini idrografici (in particolare quelli della Fiumara d'Agrò) ed i processi di trasporto solido litoraneo associati al moto ondoso incidente, "schermato" in qualche misura dal promontorio roccioso dell'omonimo Capo Sant'Alessio.

La conformazione planimetrica d'insieme e la sua tendenza evolutiva possono essere distinti in due scenari principali schematizzati nella **Figura 5-4** in funzione degli apporti solidi fluviali:

- se questi sono maggiori delle componenti (longitudinale e trasversale) del trasporto solido associato al moto ondoso, l'apparato di foce del corso d'acqua si protende in mare con graduale avanzamento anche delle spiagge limitrofe;
- se gli apporti solidi fluviali si riducono e soprattutto se non riescono a compensare il trasporto solido litoraneo indotto dal moto ondoso si verifica un progressivo smantellamento del delta fluviale e anche le spiagge limitrofe, dopo una prima fase in cui sono comunque alimentate dallo smantellamento dell'apparato di foce, tendono ad arretrare disponendosi parallelamente alla risultante dei fronti d'onda incidenti secondo una conformazione di equilibrio che riflette condizioni di trasporto solido litoraneo nullo.

In prossimità della foce, a causa del diverso orientamento della linea di costa rispetto alla direzione dei fronti d'onda, il trasporto solido longitudinale associato al moto ondoso è comunque divergente e molto più intenso. Allontanandosi dall'apparato di foce la linea di riva tende ad allinearsi parallelamente alla risultante del moto ondoso e di conseguenza il trasporto solido litoraneo tende ad annullarsi. Il trasporto solido litoraneo si annulla anche in corrispondenza di eventuali caposaldi rocciosi sempre che la conformazione di questi sia in grado di intercettare entrambe le componenti (longitudinale e trasversale) del suddetto trasporto.

Tali tendenze evolutive, in assenza di elementi di interferenza antropica, sono correlate alle variazioni nel tempo sia degli apporti solidi fluviali sia delle condizioni di esposizione al moto ondoso del litorale in termini non solo di intensità e frequenza delle mareggiate più intense ma in particolare dalla direzione risultante del clima moto ondoso.

L'evoluzione morfologica del tratto di litorale compreso tra la foce della fiumara d'Agrò ed il promontorio di Sant'Alessio nel passato ha ricalcato essenzialmente lo scenario di tipo A della **Figura 5-4**. Infatti nonostante la risultante del trasporto solido litoraneo sia generalmente diretta da sud-est verso nord-est ⁽¹⁾, storicamente l'avanzamento della foce della fiumara d'Agrò e l'azione di ridosso esercitato dal promontorio di Sant'Alessio hanno determinato la migrazione dei sedimenti apportati dalla fiumara anche verso sud-est con la formazione di una fascia di spiaggia (prevalentemente ghiaiosa) e di un ampio ed alto cordone dunale a tergo.

Una chiara testimonianza di questa conformazione d'insieme si ha dalla cartografia IGM (scala 1:25.000 ²⁾ riportata nella seguente **Figura 5-5**.

¹ Per maggiori dettagli si rimanda agli studi specialistici Meteomarino e Idrodinamico redatti sempre dalla Modimar.

² Reperita sul sito web <http://www.pcn.minambiente.it> del Portale Cartografico Nazionale gestito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, MATTM.

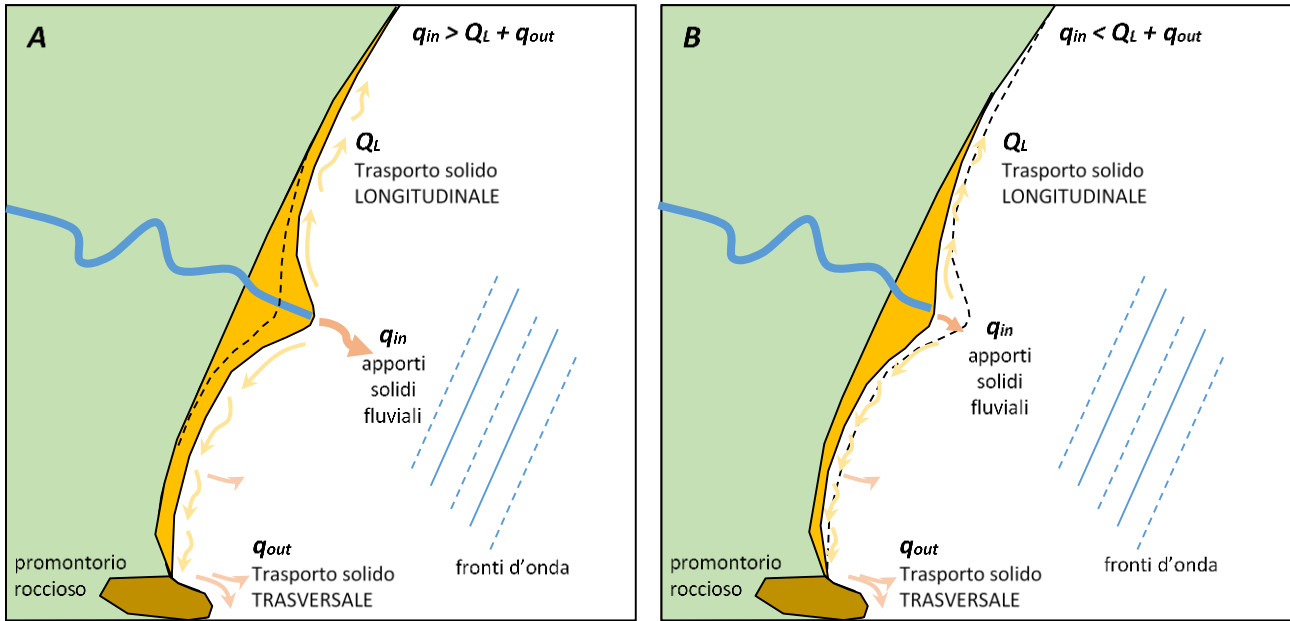


Figura 5-4: Schema evolutivo della fascia litoranea in presenza di una foce fluviale e di un promontorio: Caso A – Accrescimento per apporti solidi fluviali superiori al trasporto solido litoraneo; Caso B – Erosione per apporti solidi fluviali inferiori al trasporto solido litoraneo



Figura 5-5: Conformazione d'insieme del litorale in esame sino all'inizio degli anni '60 del secolo scorso (fonte PCN-MATTM)

Da questa cartografia si evince che almeno sino agli anni '60 del secolo scorso il tratto terminale della fiumara d'Agrò era ancora privo di opere di regimazione idraulica (argini laterali e briglie trasversali) ed era contraddistinto da un ampio delta di foce. Anche in corrispondenza della foce del piccolo Torrente Salice si riconosce un apparato di foce. La spiaggia emersa prospiciente l'abitato di Sant'Alessio Siculo aveva una larghezza media di circa 60-75 m anche perché questa non era ancora stata delimitata ed in parte occupata dalle infrastrutture del lungomare (muro di sostegno della strada litoranea, difesa radente al piede, piazzole di sosta e rampe di accesso al mare).

Solo negli ultimi decenni questo tratto di litorale segue l'evoluzione dello scenario B (della **Figura 5-4**) e ciò è dovuto non solo ai minori apporti solidi fluviali (conseguenza diretta della regimazione ed antropizzazione dell'originario alveo di piena) ma anche alla presenza sia delle opere rigide, che sostengono e proteggono tutta la strada del lungomare, sia del sistema di barriere sommerse (realizzate in più fasi dall'inizio di questo secolo) che ormai si sviluppa per circa 1,4 km praticamente senza soluzione di continuità.

Nell'ambito del presente progetto definitivo è stato condotto un rilievo batimetrico dei fondali il cui confronto con la carta nautica ed i precedenti rilievi batimetrici ha evidenziato (**Figura 5-6**) la presenza dei seguenti elementi che condizionano l'attuale evoluzione morfologica del litorale:

- un recente (2016-2017) marcato avanzamento della spiaggia emersa in corrispondenza del tratto di sbocco a mare della fiumara d'Agrò;
- l'attuale presenza (2017) di tratti di litorale con larghezze della spiaggia inferiori a 10 m ⁽³⁾;
- fondali sono regolari dalla linea di riva sino all'isobata di -5,0 m s.l.m. ma oltre questa profondità, proprio nel tratto mediano del tratto di litorale in esame, presentano una concavità molto accentuata (l'isobata di -50,0 m s.l.m. si colloca a meno di 250 dalla fascia litoranea emersa) con una scarpata ripida che favorisce la dispersione oltre la fascia attiva del trasporto solido litoraneo;
- un sistema di difesa radente, prolungato e riqualificato più volte negli ultimi decenni, che ormai si sviluppa senza soluzione di continuità ⁽⁴⁾ dalla sponda in destra idraulica della fiumara d'Agrò sino alle pendici del promontorio roccioso di Capo Sant'Alessio;
- un sistema di barriera debolmente sommersa, posto in opera per stralci funzionali nel corso degli ultimi decenni, che di fatto fronteggia tutta la strada litoranea (Via Lungomare) e sostanzialmente si sviluppa lungo l'isobata di -5,0 m s.l.m.; la sua conformazione, con un andamento plano-altimetrico alquanto irregolare, è chiaramente condizionata dall'assetto morfologico dei fondali.

³ I tratti più esigui inferiori anche a 5 m sono nella zona centrale del lungomare di Sant'Alessio Siculo proprio dove il "tessuto" del contesto urbano (difesa radente, strada del lungomare ed abitazioni) dagli anni 70 ad oggi è più avanzato proprio a discapito dell'originario assetto morfologico della spiaggia e retrospiaggia.

⁴ Oltre all'articolata struttura composita (muro di sostegno in c.a. e scogliera radente in scogli cementati) che per uno sviluppo di circa 1,7 km delimita lato mare la strada litoranea (via Lungomare che inizia circa 100 m a nord-est di via Siena e prosegue verso sud-ovest sino alla struttura alberghiera "Elhotel") sono presenti tratti di difesa radente in massi naturali posti in opera secondo la tipologia a gettata (località contrada Siena più prossima alla foce della Fiumara) oppure a "muratura" con paramento inclinato a 45° e cementato (tratto più prossimo al promontorio di Sant'Alessio).

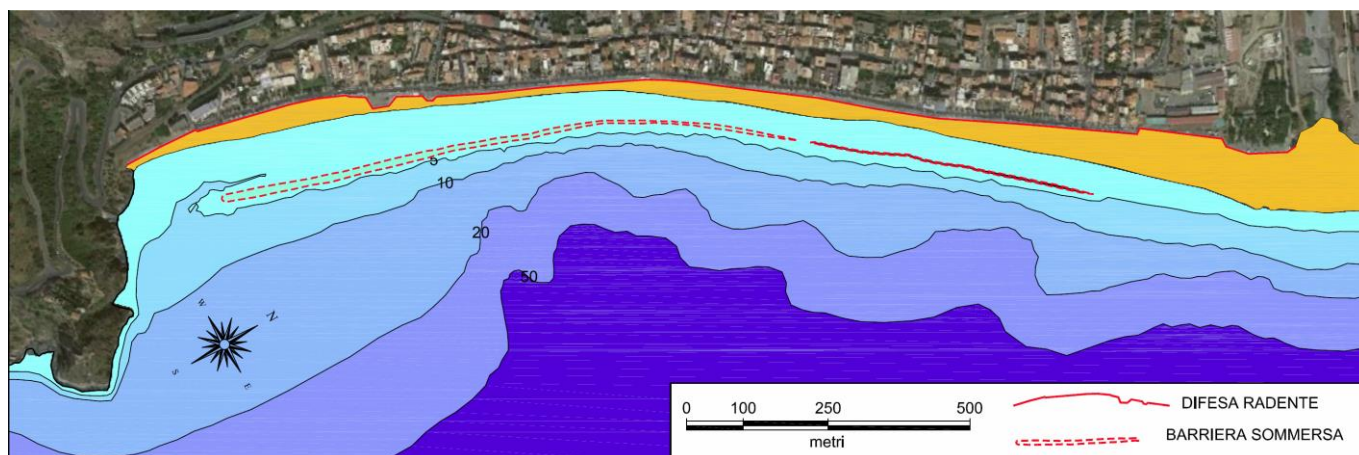


Figura 5-6: Rappresentazione schematica dell'attuale fascia litoranea di Sant'Alessio Siculo (2017).

Nell'immagine aerea della seguente (**Figura 5-7**) sono schematizzati i principali processi di evoluzione morfologica che attualmente interessano il litorale di Sant'Alessio Siculo e che sono in buona parte esaltati proprio dalla presenza della barriera sommersa e della difesa radente.



Figura 5-7: Schematizzazione dei processi di evoluzione morfologica che attualmente interessano il litorale in esame e dei principali elementi di interferenza antropica

Come ampiamente documentato dai numerosi filmati reperibili sul web, la barriera sommersa incrementa il sovrizzo del livello marino mentre la difesa radente aumenta i fenomeni di riflessione del moto ondoso.

L'effetto combinato di queste due opere di difesa litoranea, soprattutto in occasione delle mareggiate più intense può esaltare i fenomeni di tracimazione del moto ondoso e di dispersione dei sedimenti verso il largo a discapito della stabilità della spiaggia emersa.

Rimandando allo studio specialistico di morfodinamica per l'analisi di dettaglio dell'effetto combinato di queste opere sulle tendenze evolutive del litorale in esame, in questa sede si evidenzia che i fenomeni di erosione della spiaggia di Sant'Alessio Siculo, riconducibili alla riduzione degli apporti solidi della fiumara d'Agrò ed alla antropizzazione del retrospiaggia, non possono ritenersi ancora validamente contrastati dalle opere di difesa realizzate in questi ultimi decenni.

Anche per questo motivo l'efficacia degli interventi di ripascimento realizzati negli ultimi anni si è esaurita nel breve termine ed allo stato attuale come oggettivamente documentato dai recenti rilievi topografico e batimetrico (primavera 2017) il tratto di litorale in esame presenta nuovamente evidenti fenomeni di erosione costiera che compromettono la salvaguardia del litorale e delle opere civili presenti lungo la costa in particolare a discapito delle attività turistico-balneari con ripercussioni di carattere socio-economico non trascurabili.

5.4.2 Attuali fenomeni di trasporto solido litoraneo

Nell'ambito dello studio sono state analizzate le tendenze evolutive del tratto di litorale compreso tra la foce della fiumara d'Agrò ed il promontorio roccioso di Capo Sant'Alessio. Lo studio è stato condotto sulla base delle posizioni storica assunta dalla linea di riva desunta da immagini ortofotografiche relative al periodo 2007-2016 appositamente digitalizzate e geo-referenziate integrandole anche con la linea di riva rilevata in occasione delle indagini di campo svolte nella primavera del 2017.

Le analisi condotte sulle variazioni della posizione della linea di riva (relative sia ad anni contigui sia al margine della retrostante difesa radente) hanno consentito una valutazione oggettiva della tendenza evolutiva in atto nel breve e medio termine.

Sulla base delle variazioni della linea di riva avvenute nel tempo è stato inoltre possibile, sotto opportune ipotesi semplificative, determinare la componente longitudinale del trasporto solido, causa principale dei processi evolutivi di una spiaggia esposta direttamente al moto ondoso, applicando l'equazione di bilancio dei sedimenti al volume di controllo in esame.

La comprensione del regime di trasporto solido ipotizzato sulla base delle variazioni in quest'ultimo decennio della posizione della linea di riva fornisce una valutazione oggettiva dei processi di erosione in atto.

I risultati ottenuti indicano che l'evoluzione e la stabilità del litorale in esame è sicuramente condizionata dalla presenza sia del promontorio di Capo Sant'Alessio sia dell'apparato di foce della fiumara d'Agrò ed in particolare della variazione temporale degli apporti solidi di questo bacino idrografico.

Partendo da Capo Sant'Alessio la deriva longitudinale dei sedimenti è diretta verso nord-est (quindi convenzionalmente negativo rispetto al sistema di riferimento utilizzando) ed aumenta con una certa regolarità raggiungendo i valori massimi (negativi) nel tratto mediano pari ad almeno - 9.200 m³/anno riferendosi all'intero intervallo temporale esaminato (2005-2017) mentre recentemente (2016-2017) ha raggiunto anche i - 48.500 m³/anno. Procedendo verso nord-est la presenza dell'apparato di foce della fiumara d'Agrò determina una graduale riduzione della componente longitudinale del trasporto solido tanto che in prossimità della foce assume valori positivi. In generale questo andamento della componente longitudinale del trasporto solido litoraneo determina un bilancio negativo per il tratto di litorale posto più a sud-ovest con marcati gradienti che riflettono tassi di erosione elevati anche nel breve termine. Invece, nel restante tratto del litorale (procedendo dalla zona mediana verso la fiumara) dove la componente longitudinale (negativa) del trasporto solido tende a diminuire si registrano condizioni di bilancio solido positivo cui sono associati fenomeni di accrescimento della spiaggia.

Complessivamente gli apporti solidi attribuibili alla fiumara d'Agrò sono superiori alla risultante delle perdite trasversali. L'analisi diacronica condotta indica che:

- recentemente (2016-2017) gli apporti solidi della fiumara sono stati dell'ordine dei 22.600 m³/anno a fronte dei circa 12.000 m³/anno dispersi oltre la fascia attiva dalle correnti trasversali;
- in termini globali e riferendosi all'intero periodo analizzato (2005-2017) gli apporti solidi fluviali hanno un rateo medio alquanto limitato pari a circa 2.400 m³/anno a fronte di almeno 1.600 m³/anno del rateo medio di dispersione dei sedimenti verso il largo.

5.4.3 Analisi sedimentologica

L'analisi sedimentologica è stata condotta sulla base dei dati derivati dalle analisi granulometriche effettuate presso il laboratorio della geoLAB s.r.l. per i 30 campioni superficiali prelevati nell'ambito della specifica campagna di indagine commissionata da ITALFERR e condotta nella primavera del 2017. Per i dettagli di queste attività di indagine si rimanda ai relativi elaborati tecnici.

Al fine di una più esaustiva analisi delle caratteristiche sedimentologiche che attualmente contraddistinguono il litorale di Sant'Alessio Siculo, anche a seguito degli interventi di ripascimento attuati in quest'ultimo decennio, sono state esaminate anche le prove di laboratorio condotte su 24 campioni prelevati lungo la fascia litoranea (emersa e sommersa) e su 20 campioni prelevati nell'area del Torrente "Fiumara d'Agrò" desunte dal progetto esecutivo di ripascimento del 2008. L'insieme delle caratteristiche granulometriche rappresentative dei sedimenti che attualmente (2017) compongono la fascia litoranea di Sant'Alessio ha permesso di definire il relativo "fuso granulometrico" cui fare riferimento per la selezione dei sedimenti da porre a ripascimento del litorale in esame.

L'analisi comparativa delle curve granulometriche e dei tabulati di calcolo relativi alle indagini condotte nel 2008 con quelle più recenti del 2017, conferma che le attuali caratteristiche sedimentologiche del litorale di Sant'Alessio Siculo riflettono condizioni di estrema eterogeneità, sicuramente condizionate dagli ultimi ripascimenti. Nell'insieme le analisi sedimentologiche condotte forniscono utili elementi oggettivi sulla compatibilità, per i prossimi ripascimenti del litorale di Sant'Alessio, del materiale lapideo proveniente dai lavori di escavazione delle gallerie ferroviarie purché opportunamente vagliato e selezionato al fine di rientrare all'interno del fuso granulometrico che attualmente caratterizza questo litorale riportato nella **Figura 5-8**.

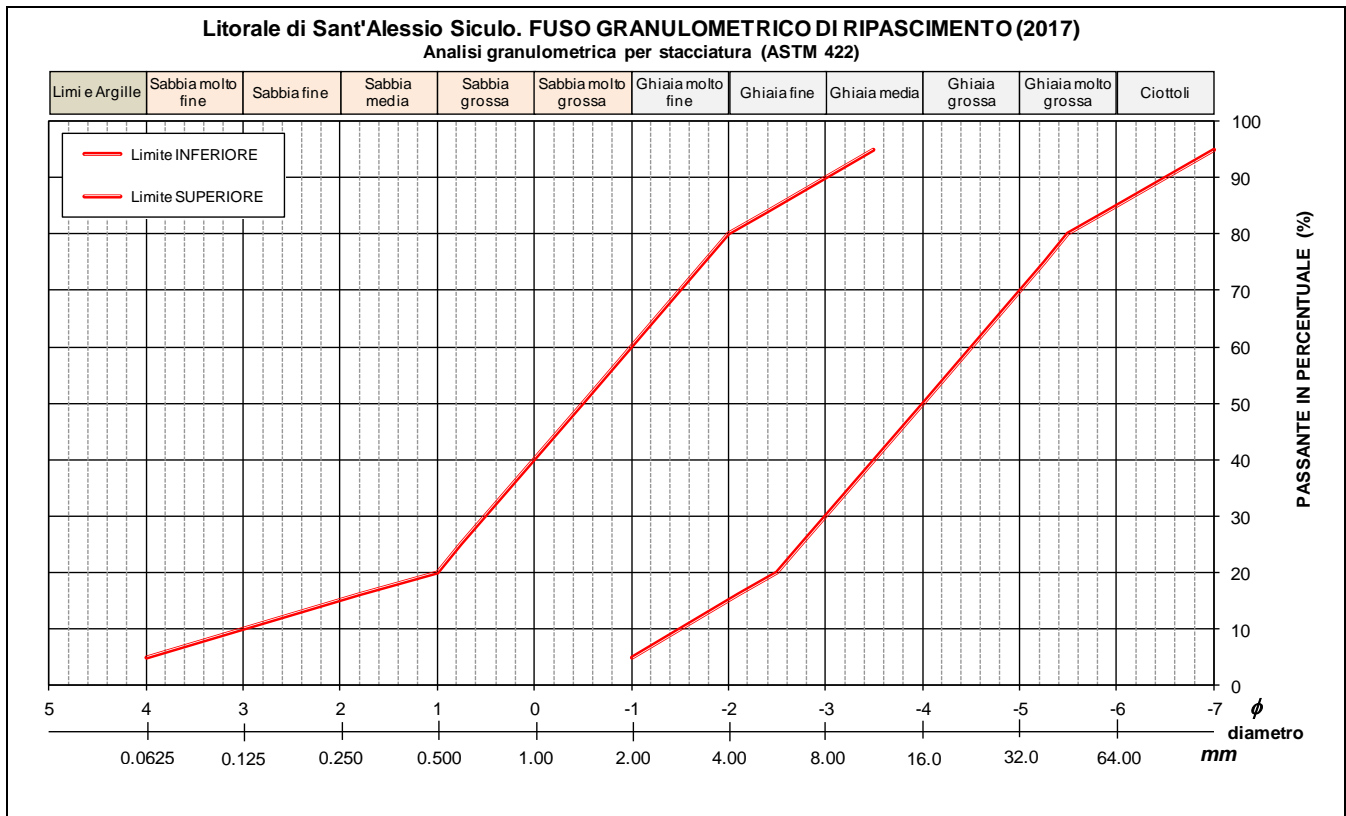


Figura 5-8: Fuso granulometrico di riferimento per il ripascimento del litorale di Sant'Alessio Siculo

L'analisi sedimentologica costituisce anche un'utile base di riferimento per le attività di monitoraggio del litorale che però dovranno essere correttamente pianificate per consentire un'esaustiva analisi della distribuzione areale dei parametri caratteristici dei sedimenti cui fare riferimento ed in particolare per definire l'interazione tra le caratteristiche tessiturali della "sorgente detritica" (peraltro già condizionata dagli interventi di ripascimento effettuati negli ultimi anni) e le condizioni energetiche a cui il sedimento risulta sottoposto ad opera del moto ondoso frangente e delle correnti litoranee.

5.5 Sintesi Studio Morfodinamico

Lo Studio Morfodinamico è stato eseguito con l'obiettivo di supportare le attività di progettazione dell'intervento di ripascimento del litorale di Sant'Alessio. A tal scopo sono stati applicati specifici modelli numerici (classificati dalla letteratura specializzata come "Beach Models") per la simulazione dei principali processi di morfodinamica litoranea indotti, nel breve, medio e lungo termine dal moto ondoso incidente e schematizzati in funzione delle relative componenti trasversale e longitudinale del trasporto solido associato all'azione del moto ondoso.

Per quanto riguarda l'evoluzione nel breve termine (singole mareggiate) è stato utilizzato il modello SBEACH con il quale sono stati simulati diversi scenari di intervento.

Per lo scenario attuale le simulazioni eseguite hanno evidenziato una tendenza all'erosione a ridosso del piede esterno della scogliera sommersa e all'escavazione al piede della difesa radente per le mareggiate più intense.

Per quanto riguarda gli scenari di intervento sono stati considerati due profili di ripascimento caratterizzati dalla stessa larghezza di spiaggia (riferita al livello medio marino), ma con una diversa quota di sommità per il tratto orizzontale del profilo di ripascimento. In particolare per il profilo tipo A è stata considerata una quota pari a +3.5 m s.l.m. e per il profilo tipo B una quota pari a +2.0 m s.l.m.. Le simulazioni eseguite hanno evidenziato una maggiore "resilienza" del profilo tipo A nei confronti dell'azione erosiva in occasione delle mareggiate e una maggiore attenuazione del moto ondoso con conseguenti benefici sia per la stabilità della difesa radente sia per i possibili fenomeni di tracimazione del moto ondoso.

Un ulteriore insieme di simulazioni sono state eseguite per valutare l'efficacia di un versamento aggiuntivo di sabbia a ridosso della scogliera sommersa sul lato esterno da abbinare all'intervento tipo A di cui sopra. Il versamento aggiuntivo è di tipo sommerso, della larghezza di circa 30 m con quota di sommità pari a -3.5 m sul l.m.m..

Riguardo a questo tipo di intervento, limitato ad alcune zone sufficientemente distanti dai "canyon" che ne comprometterebbero l'efficacia, risulta che i benefici dovuti al ripascimento della spiaggia emersa risultano ancora più marcati nel caso si estenda il versamento di sedimenti anche alla spiaggia sommersa.

Per quanto riguarda l'evoluzione nel medio e lungo termine è stato utilizzato il modello ad "una linea" GENESIS con il quale sono stati verificati diversi scenari di intervento simulando l'evoluzione del litorale su un orizzonte temporale di 10 anni. L'analisi delle diverse opzioni di intervento simulate (riportate nella **Figura 5-9**) ha consentito di trarre le seguenti conclusioni:

- **Opzione 0 - nessun intervento.** Gli apporti solidi della Fiumara d'Agrò sono insufficienti a mantenere in equilibrio la spiaggia, pertanto in assenza di interventi la fascia di spiaggia emersa è destinata a ridursi drasticamente nei prossimi dieci anni fino ad annullarsi su buona parte del litorale;
- **Opzione 1 - ripascimento puro senza ricariche.** Nel caso si operi un intervento di ripascimento importante della spiaggia emersa (dell'ordine dei 530.000 m³ come quello simulato) senza opere

rigide e senza interventi manutentivi consistenti in versamenti di sabbia annuali, i benefici iniziali si esaurirebbero rapidamente e la spiaggia emersa sarebbe destinata ad arretrare nel corso di dieci anni fino a ritornare alla posizione attuale (marzo 2017);

- **Opzione 1 bis - ripascimento puro con ricariche.** Per mantenere nel tempo i benefici del ripascimento iniziale è necessario eseguire degli interventi di “ricarica” per un quantitativo annuale pari a 150.000 m³;
- **Opzione 2 - ripascimento e pennelli.** Nel caso di realizzazione dei pennelli si evidenzia una buona tenuta della posizione della linea di riva anche in assenza di interventi di ricarica. La larghezza della spiaggia emersa tende a ridursi su buona parte del litorale mantenendosi stabile nella parte centrale. Nel caso di versamenti annuali di ricarica (opzione 2 bis) dell'ordine dei 20.000 m³/anno è possibile mantenere nel tempo una larghezza della spiaggia emersa prossima a quella ottenuta con il versamento iniziale;
- **Opzione 3 - ripascimento e pennelli con rifiorimento della barriera sommersa.** Anche in questo caso non sono stati contemplati di interventi di ricarica e si evidenzia una buona tenuta della posizione della linea di riva. Inoltre, la larghezza della spiaggia emersa risulta mediamente superiore rispetto all'opzione 2, anche se più articolata nello spazio, mantenendo dei valori prossimi a quelli iniziali su una porzione più ampia del litorale. Nel caso di versamenti annuali di ricarica (opzione 3 bis) dell'ordine dei 15.000 m³/anno è possibile mantenere nel tempo una larghezza della spiaggia emersa prossima a quella ottenuta con il versamento iniziale.

Pertanto, l'efficacia nel tempo dell'intervento di ripascimento del litorale di Sant'Alessio comporta degli oneri aggiuntivi rispetto al solo versamento di sedimenti iniziale. La scelta progettuale di fondo consiste nell'intervenire annualmente con consistenti versamenti manutentivi o nell'abbinare al ripascimento la realizzazione di pennelli e/o un eventuale rifiorimento della scogliera prevedendo nel tempo dei versamenti di ricarica di modesta entità e ampiezza da definire sulla base delle attività di monitoraggio. La scelta definitiva dipende, oltre che dalla disponibilità di sedimenti idonei, anche dagli aspetti finanziari, ovvero dall'articolazione nel tempo delle risorse economiche da impiegare.

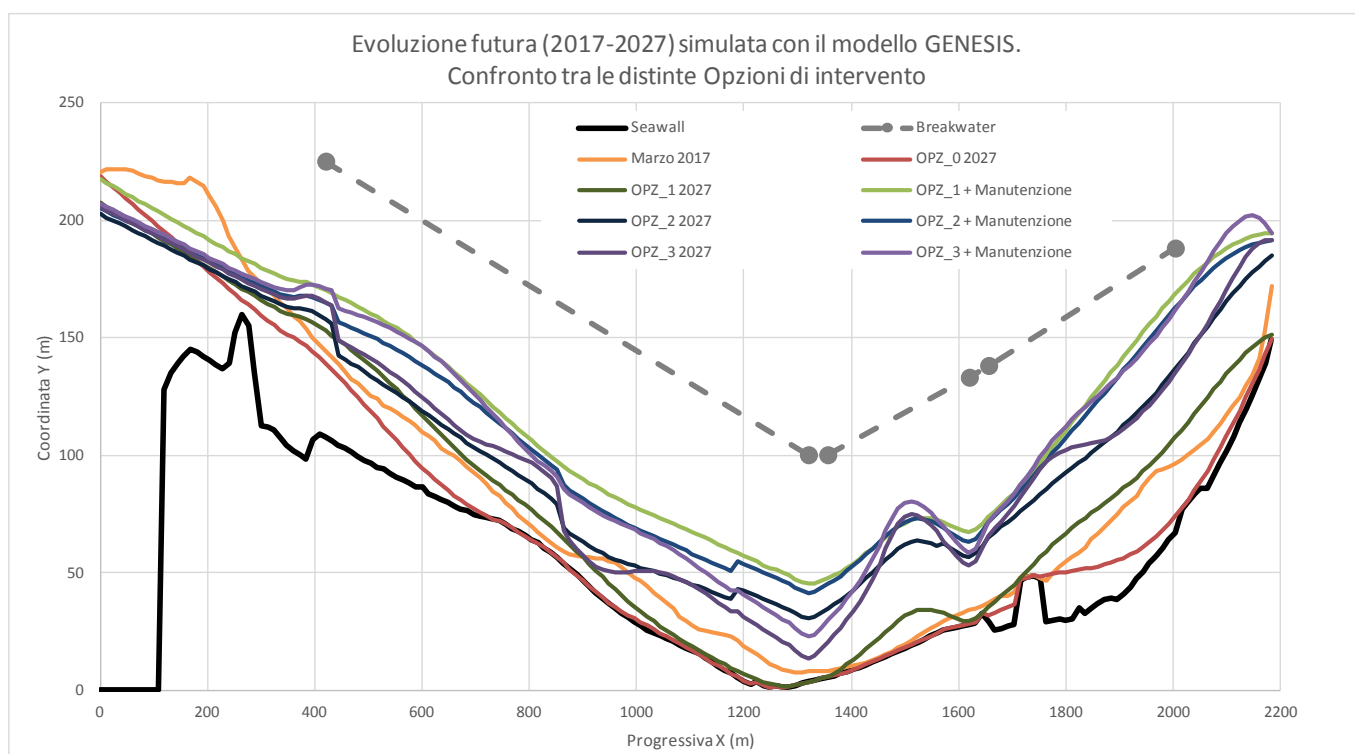


Figura 5-9: Confronto dei risultati del modello GENESIS per le distinte opzioni di intervento considerate

5.6 Sintesi Relazione di dimensionamento delle scogliere

Nella progettazione l'obiettivo primario è stato quello di garantire la stabilità idraulica dei massi costituenti i pennelli soggetti all'azione del moto ondoso incidente in condizioni di mareggiata.

A tal fine si è adoperata la metodologia proposta da VAN DER MEER per il calcolo dei massi di mantellate di scogliere sommerse, che permette di determinare il diametro nominale medio dei massi (D_{n50}) in funzione di un numero di stabilità N_s^* dipendente dalla profondità h al piede dell'opera, dalla quota h_c del coronamento della struttura rispetto al fondo e dal grado di danneggiamento ammissibile S :

$$\frac{h_c}{h} = (2.1 + 0.1S)e^{-0.14N_s^*}$$

$$D_{n50} = \frac{H^{\frac{2}{3}} L^{\frac{1}{3}}}{N_s^* \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_a} - 1 \right)}$$

Il risultato della formulazione sopra riportata è che i massi costituenti i pennelli dovranno essere massi di III categoria, con peso compreso tra 3 e 7 tonnellate.

Per ulteriori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Relazione di dimensionamento delle scogliere - Ripascimento di Sant'Alessio Siculo".

6 CANTIERIZZAZIONE

6.1 Aree di cantiere

Per la realizzazione delle opere sarà impiegato un tempo complessivo dell'ordine degli anni, e nel corso dei lavori saranno previste delle interruzioni nei mesi afferenti alla stagione balneare (guigno-settembre). Pertanto, dovranno essere considerate due tipologie di aree di cantiere: un'area tecnica e delle aree operative. L'area tecnica di cantiere è destinata ai baraccamenti, alla pesatura dei mezzi di trasporto e al punto di carico dei mezzi marittimi e rimarrà installata per tutta la durata dei lavori. Le aree operative sono a loro volta di natura puntuale (per i pennelli) o diffusa (per il ripascimento). Le aree operative saranno tali solamente nei mesi da ottobre a maggio in quanto i lavori verranno sospesi in concomitanza della stagione balneare.

6.1.1 Area tecnica di cantiere

L'area tecnica di cantiere, per la quale è stata prevista un'ubicazione in prossimità della foce del torrente D'Agrò, sarà installata e manterrà la sua funzionalità per tutta la durata dei lavori anche nei periodi di interruzione concomitanti con la stagione balneare.

Tale area sarà di tipo logistico-operativa e al suo interno verranno svolte funzioni di coordinamento e controllo, direzione lavori, verifica del peso dei materiale approvvigionati (con la presenza di una "pesa"), stoccaggio provvisorio, ubicazione dei locali di ristoro e ricovero delle maestranze.

L'area sarà accessibile per mezzo di una piarda di carico ai mezzi marittimi (pontoni o moto-pontoni), che saranno impiegati per l'approvvigionamento di tutto il materiale necessario per la realizzazione del ripascimento sommerso ubicato oltre la barriera sommersa.

In alternativa è possibile prevedere di realizzare gli uffici di cantiere e i locali di ristoro e ricovero delle maestranze in altra posizione, mantenendo tuttavia nell'area indicata le restanti installazioni.

6.1.2 Aree operative di cantiere

Le aree operative di cantiere saranno quelle destinate alla costruzione dei pennelli e alla realizzazione del ripascimento.

Per quanto riguarda i pennelli, le aree occuperanno una porzione ristretta di lungomare necessaria a consentire la discesa degli automezzi che trasportano i massi naturali. L'area di lungomare occupata e debitamente delimitata da una recinzione sarà quella strettamente necessaria a garantire l'accesso alla spiaggia (cfr. **Figura 6-2**). L'occupazione dell'area sarà limitata nel tempo alla realizzazione del singolo pennello che verrà costruito da terra avanzando verso il mare. Una volta ultimato il pennello, l'area sarà riconsegnata.

Per quanto riguarda l'esecuzione del ripascimento si possono distinguere due zone: l'area in cui il ripascimento verrà eseguito utilizzando mezzi terrestri (ripascimento spiaggia emersa) e l'area in cui verrà eseguito utilizzando mezzi marittimi (ripascimento spiaggia sommersa).

Il ripascimento della spiaggia emersa dovrà essere eseguito avanzando dal promontorio verso la fiumara D'Agrò avendo cura di realizzare i pennelli prima che il fronte di avanzamento raggiunga le aree ove sono ubicati.

Per l'approvvigionamento dell'area di cantiere potranno essere previste delle aree temporanee di limitata estensione per lo sversamento dai camion del materiale di ripascimento direttamente sulla spiaggia; una volta sversato, il materiale sarà posto in opera per mezzo di pale meccaniche cingolate assistite da escavatori. Tale modalità operativa è già stata utilmente adottata per il ripascimento eseguito nel 2016.

Per porre in opera il materiale che giornalmente verrà fornito dovranno essere predisposti almeno due punti di versamento serviti ciascuno da una terna e due pale meccaniche cingolate.

Il ripascimento della spiaggia sommersa sarà eseguito utilizzando dei pontoni o motopontoni con capacità di carico dell'ordine dei 250-300 m³. L'approvvigionamento verrà eseguito trasportando il materiale con dei camion fino al punto di carico dove verrà scaricato e successivamente caricato sui mezzi marittimi per mezzo di escavatori. Per consentire l'ormeggio e il carico dei pontoni dovrà essere realizzata un'opera provvisoria da rimuovere al termine dei lavori.

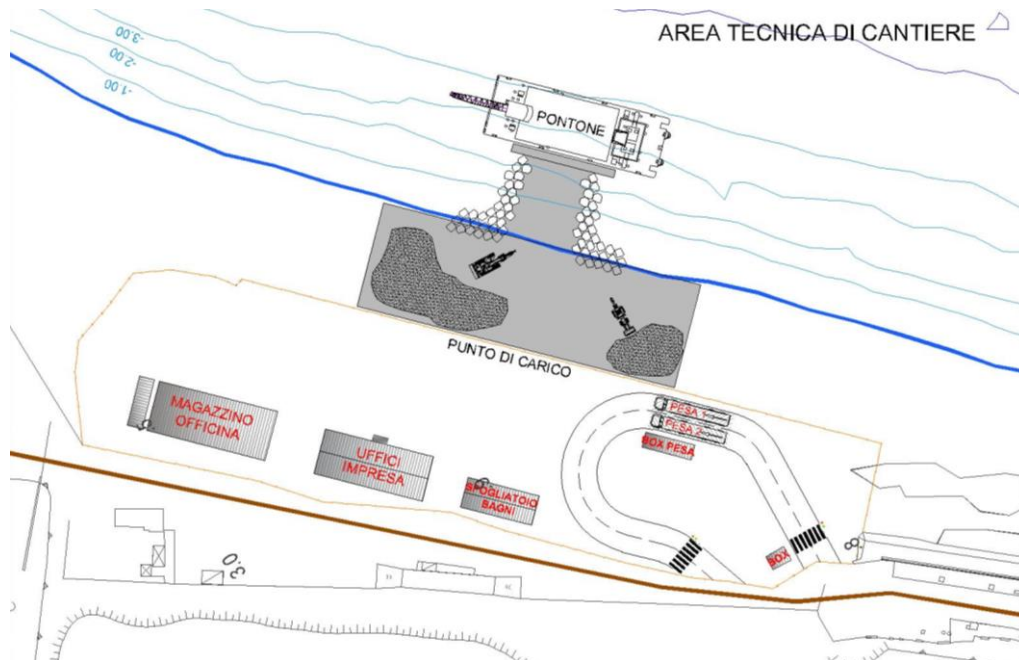


Figura 6-1: Area tecnica di cantiere

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	34 di 38



Figura 6-2: Esempio dell'area di cantiere per la costruzione di un pennello



Figura 6-3: Schema di versamento e spandimento del materiale di ripascimento

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	35 di 38

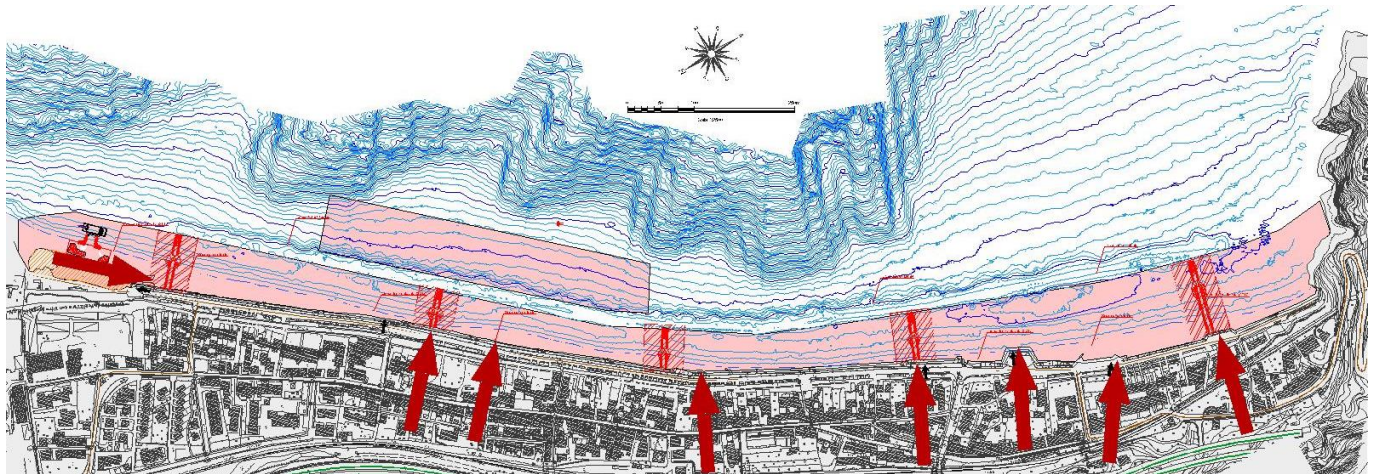


Figura 6-4: Punti di versamento del materiale di ripascimento lungo il litorale

7 TEMPISTICHE E FASI REALIZZATIVE DELLE OPERE

L'esecuzione dei lavori è condizionata dai seguenti elementi:

- i lavori devono essere sospesi nei mesi della stagione balneare (giugno-settembre);
- il volume di materiale di ripascimento che può essere posto in opera nei mesi operativi dipende dalla produzione derivante dagli scavi delle gallerie e dalla natura dei materiali scavati;
- il ripascimento della spiaggia emersa dovrà essere eseguito avanzando dal promontorio verso la fiumara D'Agrò avendo cura di realizzare i pennelli prima che il fronte di avanzamento raggiunga le aree ove sono ubicati.

Tali condizioni al contorno impongono alcune ipotesi semplificative per la stesura di un cronoprogramma di massima. Le ipotesi assunte sono le seguenti:

- 1) le operazioni di allestimento e di smobilizzo dell'area logistica di cantiere (recinzione e baraccamenti) possono essere eseguiti anche nei mesi della stagione balneare;
- 2) il volume complessivo di materiale per il ripascimento da porre in opera negli 8 mesi operativi corrisponde all'intero volume scavato nell'arco di 12 mesi.

Quest'ultima ipotesi comporta di dover prevedere delle aree di accumulo per il materiale scavato nei mesi estivi e nei mesi precedenti all'inizio dei lavori. Considerando una produzione media di scavo di circa 15.000 m³/mese, il volume complessivo di materiale da porre in opera nei mesi operativi è di circa 180.000 m³ che corrispondono a 22.500 m³/mese.

Sulla base di queste ipotesi è stata stimata una durata dei lavori pari a 42 mesi (3.5 anni) comprensiva delle interruzioni estive.

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	37 di 38

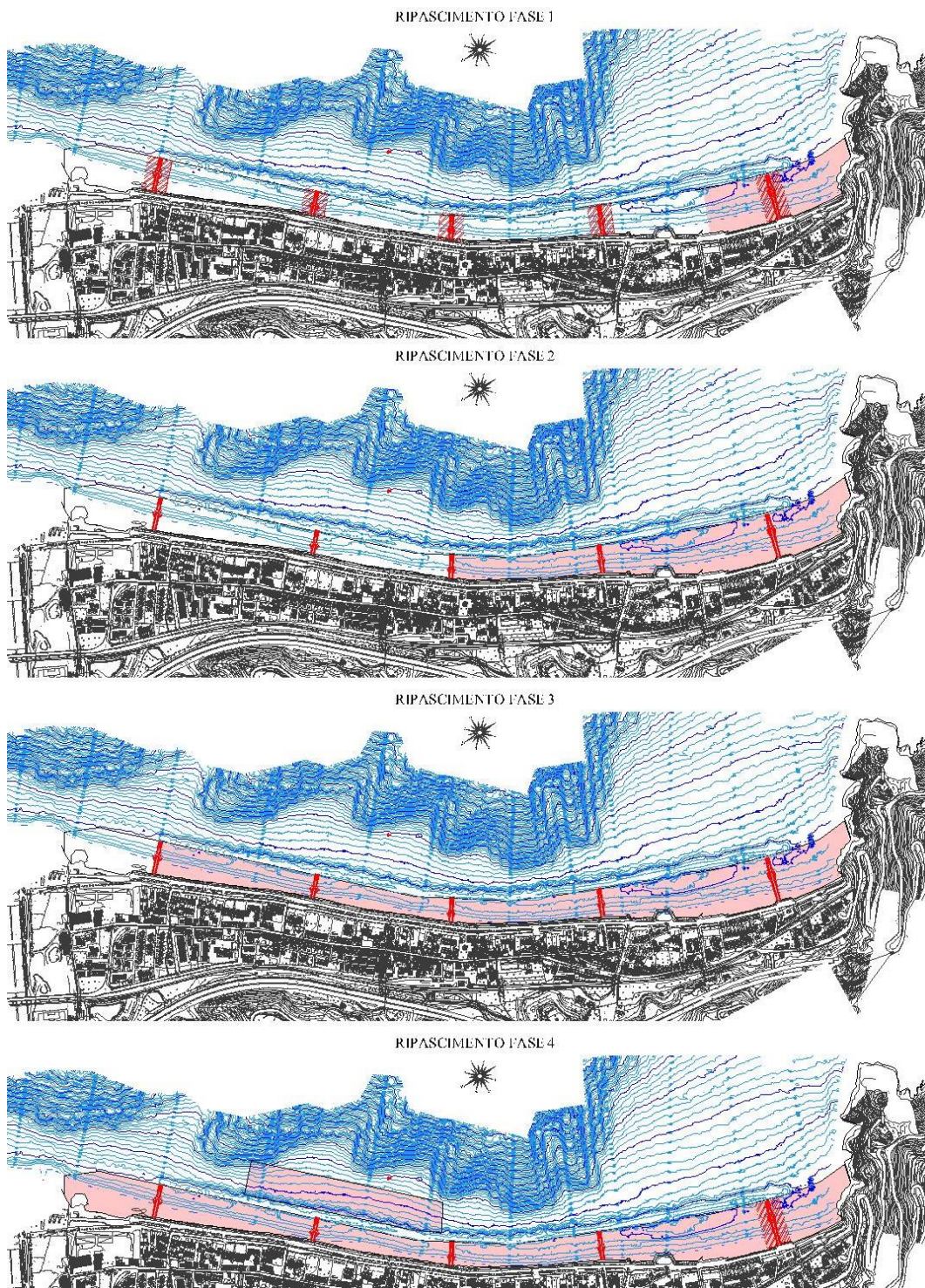


Figura 7-1: Fasi realizzative dell'intervento di ripascimento del litorale

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
 DELL'INTERVENTO DI RIPASCIMENTO DEL
 LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 RG	ID 01 02 001	B	38 di 38

8 IMPORTO DEI LAVORI

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di tutte le opere necessarie per la realizzazione di un intervento di protezione costiera di tipo misto (ripascimento accoppiato a 5 pennelli) lungo il litorale di Sant'Alessio Siculo.

L'ammontare presunto dei lavori è di € 6.370.038,00, così suddiviso:

Corpo d'opera	N.	Lavori	Quantità	u.m.	Voce	Importo	Costo
Pennelli	1	Scavo	7 320,36	mc	DC.DS.D.001.A	5,71	41 799,23
	2	Massi 3-7 t	23 647,42	t	DC.DS.D.3 07.E	22,98	543 417,73
	Parziale (1+2)						
Ripascimento	3	Ripascimento	626 062,90	mc	DC.DS.D.315.A	9,24	5 784 821,21
	Parziale (3)						
Totale (1+2+3)							6 370 038,18