COMUNE DI FINALE LIGURE

PROGETTO DEFINITIVO DEGLI INTERVENTI DI CONTRASTO ALL'EROSIONE COSTIERA DEL LITORALE DI VARIGOTTI

2° LOTTO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E TECNICA

2

data

Settembre 2021

A	PRIMA STESURA	Settembre 2021

STUDIO SIRITO

Savona

Ing. Giorgio Sirito
Ing. Roberto Sirito
Geom. Vittorio Sirito

INDICE

Parte prima conoscitiva

1 - OGGETTO DELL'INTERVENTO ED IMPOSTAZIONE PROGETTUALE 4
2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO DI INTERVENTO (TAVOLA N° 2) 7
3 - ESPOSIZIONE MARITTIMA E VERSO PREVALENTE DI TRASPORTO DEI SEDIMENTI (Tavv.1-2-3) 7
4 - RETICOLO IDROGRAFICO 7
5 – CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO 7
6 – COLORE DEL MATERIALE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO 8
7 – CARATTERISTICHE NATURALISTICHE DEL SITO DI INTERVENTO 9
8 - ELENCO ELABORATI 9
9 - ASPETTI PARTICOLARI DELLA SPIAGGIA DI VARIGOTTI 11
10 - RICERCHE, RILIEVI, PRELIEVI E STUDI EFFETTUATI NELLA 1° PARTE CONOSCITIVA 12
11 – CONCLUSIONI DELLA PARTE PRIMA CONOSCITIVA 17

Parte seconda propositiva (progetto)

12 - PREMESSA 21
13 - DETERMINAZIONE DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO 21
14 – L'OPERA FISSA DI PROGETTO 24
15 – PREVISIONI DI MONITORAGGIO 25
16 – DESCRIZIONE DELLO SVOLGIMENTO DEI LAVORI 26

RELAZIONE ILLUSTRATIVA E TECNICA

PRIMA PARTE CONOSCITIVA

1 - OGGETTO DELL'INTERVENTO ED IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Il presente progetto di 2° lotto, insieme all'intervento di 1° lotto in corso di ultimazione, è finalizzato all'aumento della resilienza della spiaggia di Varigotti nei confronti degli eventi meteomarini.

I lavori di 1°lotto in corso consistono unicamente in un ripascimento strutturale con il versamento di 42.000mc circa di inerti, mentre i futuri lavori di 2° lotto prevedono il completamento del ripascimento con un volume di inerti pari a circa 5.000mc, e la costruzione di un'opera rigida sommersa in massi naturali a protezione del tratto di spiaggia di Levante, davanti al Borgo Saraceno, consistente nell'innalzamento del fondale di 1,5m rispetto al fondale attuale.

Il litorale di Varigotti, orientato per oltre 2/3 della sua estensione in direzione W/E, è esposto alle mareggiate provenienti dal II e III quadrante. A causa della conformazione del fondale, le onde di Levante e Scirocco investono la costa con fronti d'onda marcatamente inclinati rispetto alla linea di riva (ad eccezione dell'estremità di Ponente dove la costa cambia direzione), a differenza delle onde di Libeccio che si presentano quasi frontali alla spiaggia subendo una evidente rotazione (25°circa) nella loro propagazione dal largo verso costa (alla profondità del fondale di -15m).

La mareggiata del Dicembre 2019, che ha causato ingenti danni agli edifici, di notevole valore storico ed architettonico, ed alla fognatura del Borgo Saraceno, ha colpito frontalmente la spiaggia di Varigotti (180°). Pur non avendo dati specifici di questo evento, si sa per certo che nello stesso anno si sono verificate frequenti mareggiate di Levante e Scirocco, che hanno colpito duramente la zona di Levante della spiaggia, che in quell'occasione versava in una situazione di forte erosione, privando di fatto le strutture del Borgo Saraceno della loro difesa naturale dalle mareggiate di Libeccio.

La presenza del Molo di Varigotti genera una marcata diffrazione dei fronti d'onda da Levante e Scirocco creando una inversione del trasporto solido litoraneo in prossimità della zona che è stata maggiormente colpita, ubicata approssimativamente ad una distanza di 150m dal Molo.

L'Amministrazione di Finale Ligure si è subito attivata realizzando un intervento di somma urgenza consistente in una scogliera di protezione provvisoria costituita da big-bag riempiti di sabbia e massi naturali di 3° categoria che verrà precauzionalmente mantenuta in occasione dei lavori del presente appalto.

Successivamente, grazie ad un primo finanziamento di € 2.474.322,80 da parte della Protezione Civile ha appaltato un primo intervento di difesa del litorale di Varigotti (1° lotto) attraverso un ripascimento strutturale di 42.000 mc circa attualmente in corso. Con questo intervento sono stati versati finora 25.000mc di ghiaia cui seguirà un ulteriore

versamento di 18.000mc di inerti alla ripresa dei lavori dopo il termine della stagione balneare.

Recentemente la Protezione Civile ha stanziato un ulteriore finanziamento di € 2.000.000,00 per l'ultimazione della messa in sicurezza del litorale di Varigotti (2° lotto), la cui progettazione è oggetto del presente studio.

Il ripascimento strutturale è un intervento in linea con le previsioni progettuali del progetto preliminare 2011 del potenziamento delle spiagge dell'intero litorale del Comune di Finale Ligure, redatto dello Studio Sirito, che per la spiaggia di Varigotti prevedeva un ripascimento strutturale di 80.000mc ed è stato approvato, per quel tratto di litorale, dalla Regione Liguria con Decreto Regione Liguria Giunta Regionale n°103 del 12/01/2012.

Tuttavia le fasi di progettazione e direzione lavori del 1° lotto hanno permesso di approfondire alcuni aspetti di carattere naturalistico e di dinamica costiera.

La relazione naturalistica redatta dai dott. Paolo Bernat e dott. Andrea Molinari hanno approfondito la conoscenza del sito SIC della beach-rock confermando la presenza *al suo limite inferiore di una grande varietà di micro-habitat che ospitano una elevata biodiversità*.

L'osservazione delle dinamiche costiere durante i lavori di ripascimento hanno evidenziato un problema di erosione localizzato davanti al Borgo Saraceno anche in occasione di mareggiate non eccezionali di Levante e Scirocco.

Quanto sopra suggerisce l'opportunità di adottare un approccio leggermente diverso rispetto alle impostazioni del progetto preliminare.

Non essendovi la possibilità di insistere molto nel ripascimento, stante l'inopportunità di avvicinarsi eccessivamente al ciglio della beach rock e stante per contro la notevole variabilità della linea di riva all'estremità di Levante della spiaggia dove si affaccia sulla spiaggia l'antico "borgo saraceno", occorrerà, realizzare in questa zona, in occasione del presente intervento di 2° lotto, una difesa a mare che smorzi l'energia dell'onda prima del suo frangimento contro il fronte della beach rock.

E' stato escluso la realizzazione di qualsiasi opera rigida sopra o adiacente alla beach rock, sia per ragioni paesaggistiche e balneari sia perché questa formazione rocciosa è stata dichiarata recentemente sito SIC.

Pertanto la difesa sarà ubicata sul fondale antistante e la progettazione dovrà tenere conto delle ***esigenze paesaggistiche*** (quindi l'opera o le opere dovrebbero essere sommerse), ***naturalistiche*** (impatto eventuale sul fronte della beach rock) ***balneari*** (accessibilità alla spiaggia dei bagnanti a nuoto o su piccole imbarcazioni).

Per quanto sopra, l'impostazione progettuale dei lavori di 2° lotto prevede la riduzione del volume di ripascimento, dagli 80.000mc previsti nel progetto preliminare 2011 a 50.000mc circa (42.000mc nel 1°lotto e 5.000mc nel 2°), e la realizzazione di una opera fissa in difesa dell'abitato del Borgo Saraceno che consiste in una sopraelevazione di 1,5m del fondale al largo della beach-rock per un'estensione di 160m x 40m (5.800mq).

Circa la variabilità attuale del fronte e della profondità di spiaggia dinanzi al borgo, si riportano di seguito due fotografie emblematiche della variabilità della battigia in quella tratta, riprese dal **Fascicolo 3** del progetto e di date diverse.



Foto 7: foto prospettica della spiaggia nella zona di Levante - Regione Liguria (anno 2010). Al retro il “Borgo Saraceno”.



Foto 16: tratto di beach-rock scopertasi a seguito dell’erosione davanti al “Borgo Saraceno” (foto 01-02-2020)

Il ripascimento realizzato con i lavori di 1° lotto, attualmente sospesi per la stagione balneare, ha dato risultati soddisfacenti in termini di gradimento, da parte dei frequentatori della spiaggia, dell’inerte versato ed anche in termini di stabilità della spiaggia a seguito delle modeste mareggiate che si sono verificate nella stagione estiva, sebbene sia necessario aspettare mareggiate più importanti e l’ultimazione dei lavori per valutare l’efficacia dell’intervento.

2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO DI INTERVENTO (TAVOLA N° 2)

Il tratto di litorale oggetto dell'intervento appartiene alla ***unità fisiografica*** "da Capo di Caprazoppa a Capo Noli (Cod. UF_13) ***paraggio costiero*** "Varigotti" da punta Crena al porto di Finale (codice 02), ***Cella litorale*** "Varigotti" dal Molo di Varigotti allo scoglio della "Fiorita" (Codice UF 130 20 201) che ha una lunghezza di 1.691 metri.

3 - ESPOSIZIONE MARITTIMA E VERSO PREVALENTE DI TRASPORTO DEI SEDIMENTI (Tavv.1-2-3)

Il tratto della costa del Ponente Ligure da Capo Mele a Voltri si mantiene mediamente frontale alla direzione di provenienza del mare di Scirocco, ma con variazioni locali continue, determinate dai Capi, dalle Punte e dagli Estuari dei corsi d'acqua maggiori, che incidono notevolmente sull'influenza costiera del mare dominante di Libeccio che, molto angolato con la linea di costa determina il ***verso prevalente delle sabbie verso Levante.***

La spiaggia di Varigotti che si estende per circa 1700 metri è orientata in direzione Est–Ovest ed è parzialmente protetta dal settore di traversia di Libeccio dal promontorio di Capo Mele, Ciò comunque non cambia la regola del tratto di costa in cui si colloca, di trasporto prevalente verso Est. Tuttavia il regime è marcatamente oscillatorio con episodi anche vistosi di trasporto momentaneo da Est verso Ovest, i cui effetti vengono amplificati dalla notevole lunghezza in un unico arco di questa spiaggia. Lo studio meteomarino è contenuto nel **Fascicolo 4** di progetto "*Relazioni tecniche specialistiche Tomo 2 – Studio meteomarino e verifica della stabilità dell'opera rigida di progetto*".

4 - RETICOLO IDROGRAFICO

Nella spiaggia di Varigotti si immettono soltanto piccoli rii, il Rio Fontana, il Rio Goella , il Rio Amareo, ed il Torrente Kien.

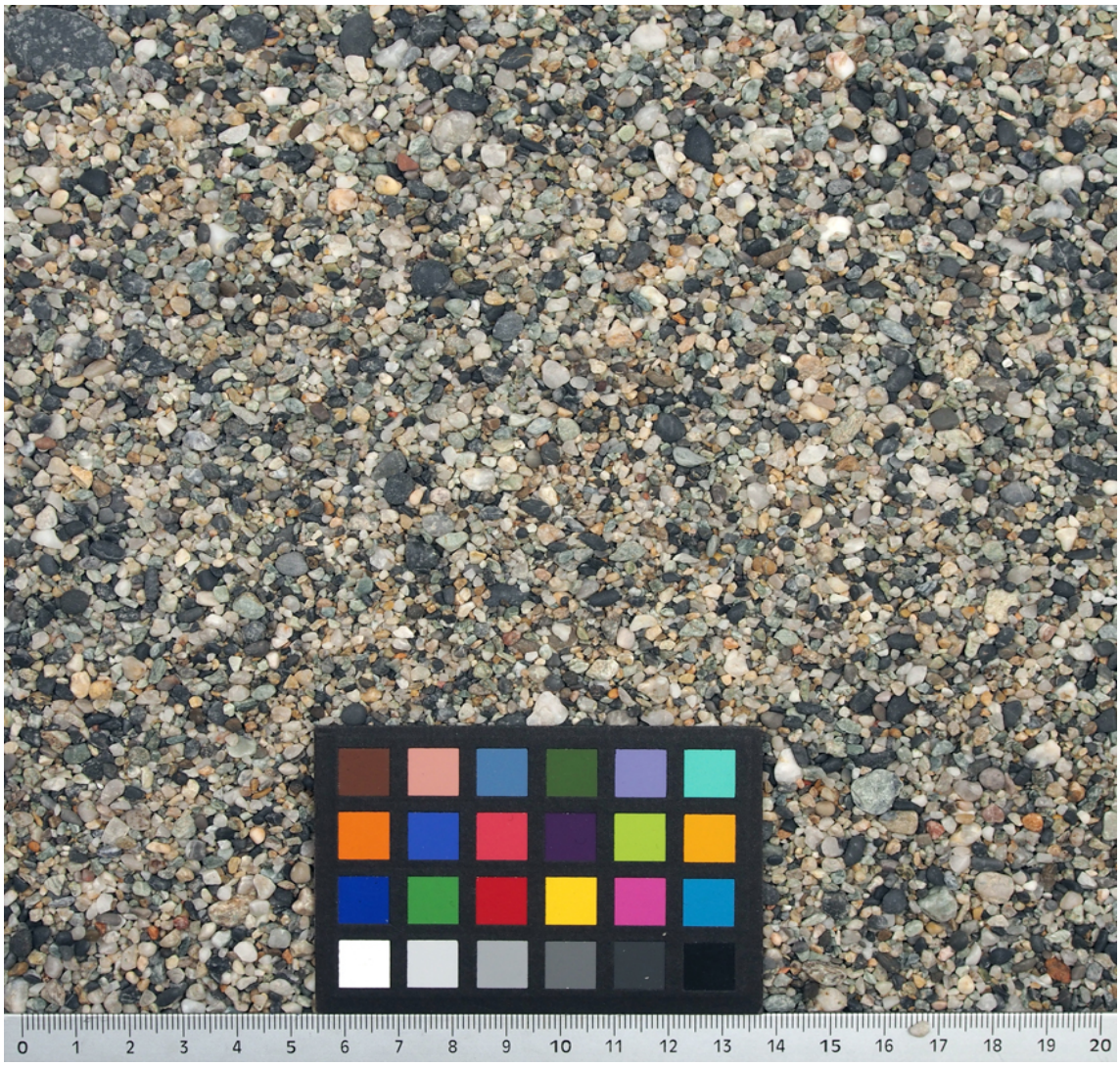
5 – CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO

Lo studio sedimentologico è stato effettuato dal *Professor Enzo Pranzini* nell'ambito del progetto di 1° lotto Agosto 2020 è l'oggetto del **Fascicolo 5** "Relazione sedimentologica".

Per quando riguarda le dimensioni medie, i sedimenti dell'area indagata sono classificati in prevalenza *come sabbia da molto grossolana a fine*, secondo la scala verbale di Wentworth-Krumbein, con presenza di granuli e ghiaie sulla battigia, sullo step e a -1 m. Per quanto riguarda la classazione, i sedimenti dell'area di studio si presentano *da ben classati a poco classati* con la gran parte di essi che ricade sul campo di *moderatamente classati* (pagg. 4-5-6 della relazione sedimentologica).

Nella pagina che segue è riportata dalla relazione sedimentologica pag.18 la fotografia del "campione composito", realizzato miscelando nove campioni della spiaggia in

argomento.
Poiché la spiaggia di Varigotti ha la particolarità di trovarsi al di sopra di una formazione rocciosa-beach rock, che termina verso mare con un salto che separa nettamente la spiaggia emersa dal fondale, sono stati prelevati campioni sia a monte che a mare del salto. I campioni sono stati prelevati lungo 9 transetti, in numero di 51; N° 4 a monte del salto (spiaggia emersa, battigia, step ed a quota -1 circa; N°3 a mare del salto, a circa m.-4, m. -6 e -m -7 di profondità).
la posizione dei prelievi è indicata sulle **Tavole 5 e 6** di progetto. Le schede delle analisi sono raccolte nel **Fascicolo 8** di progetto.



Campione composito rappresentativo della spiaggia di Varigotti.

6 – COLORE DEL MATERIALE DELLA SPIAGGIA OGGETTO DI INTERVENTO

Lo studio del colore del materiale costituente la spiaggia è stato effettuato dal professor Enzo Pranzini nell'ambito del progetto di 1° lotto Agosto 2020 ed è l'oggetto del **Fascicolo 6** di progetto -relazione sedimentologica *parte 2° - Definizione del Campione composito di riferimento e limite di accettabilità,* dove lo studio del colore è stato fatto a (partire da pagina 22) utilizzando la metodologia descritta nelle "Linee guida per la difesa del litorale……" del Ministero dell'Ambiente

7 – CARATTERISTICHE NATURALISTICHE DEL SITO DI INTERVENTO

Alla **Tavola 4** di progetto " *Stato di fatto: Corografia delle spiagge del Comune di Finale Ligure e habitat marini (1:5.000)",* si sono riportati i siti S.I.C. dal volume "Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria di Coppo S., Diviacco G. e Montepagano E.-2020, allegato tavola 32 – Varigotti.
Una "prateria di posidonia oceanica viva e "matte" morta è visibile in corrispondenza del limite Ovest della spiaggia di Varigotti, ma a distanza di 300÷350 metri dalla spiaggia ed a 9÷10 metri di profondità e non può essere minimamente interessata dal ripascimento, mentre ne è interessato il sito SIC di recente istituito sulla beach-rock immediatamente a mare della spiaggia, a cui si sono dedicati due fascicoli di progetto (progetto di 1° lotto) a cura di RSTA s.r.l. nell'ambito del progetto di 1° lotto Agosto 2020, il **Fascicolo 6 "** *Relazione tecnico-naturalistica sulle formazioni a bech-rock di Varigotti con documentazione fotografica subacquea e ripresa video subacquea del fronte della beach-rock e* **Fascicolo 7** *"Documentazione fotografica subacquea del fondale al piede della beach-rock".*
Nel **Fascicolo 7** è stato particolarmente indagato il fronte della beach-rock e così pure nel filmato.
La spiaggia di Varigotti è inserita dalla Regione Liguria nell'elenco dei tratti di costa definiti "sensibili": tratto dal porto di Finale a Punta Predani, a causa della presenza della beach-rock

8 - ELENCO ELABORATI

Gli elaborati che contengono i risultati dello studio e la 2° parte propositiva sono i seguenti:

FASCICOLI
(in corsivo le relazioni redatte nel progetto definitivo di 1° lotto Agosto 2020):

Fascicoli generali

1 - Elenco elaborati
2 - Relazione illustrativa e tecnica

Parte prima conoscitiva

3 - Ricognizione del litorale e documentazione fotografica
4 - Relazioni conoscitive:
- *L'evoluzione storica della spiaggia di Varigotti*
- *Gli habitat marini dinanzi al litorale di Varigotti*
- *I rilievi topografici*
- *Il rilievo batimetrico e i prelievi dei campioni della spiaggia emersa e dei fondali*
- *Le sezioni di spiaggia*
- *La ricerca dei materiali*

5 – Omissis
6 - Relazione sedimentologica (a cura del Professor Enzo Pranzini)
7 - Relazione tecnico-naturalistica sulle formazioni a beach-rock di Varigotti con documentazione fotografica e ripresa video subacquea del fronte della beach-rock

8 - Documentazione fotografica subacquea del fondale al piede della beach-rock

9 - Le analisi granulometriche dei campioni di sedimento (a cura di Geocoste snc)

Parte seconda: progetto di intervento di 1° lotto

10 -Calcolo della stabilità dei materiali da ripascimento

Relazione di incidenza del ripascimento sul sito SIC (beach rock)

11 – Studio meteomarino e verifica della stabilità dell'opera fissa di progetto

12 – Studio di prefattibilità ambientale

13 – Relazione paesaggistica

TAVOLE GRAFICHE:

Parte prima conoscitiva

Tav. 1 - Collocazione geografica del paraggio (1:250.000 - 1:100.000)

Tav. 2 - Unità fisiografica e paraggio (1:25.000)

Tav. 3 - Settore di traversia e fetch geografici (1:4.000.000)
- Rose del moto ondoso annuale

Tav. 4 - Stato di fatto:
Corografia delle spiagge del Comune di Finale Ligure e habitat marini (1:5.000)

Stato di fatto

Tav. 5 - Stato di fatto:
Planimetria generale di rilievo della spiaggia e dei fondali di Varigotti e sito SIC (1:2.000)

Tav. 6 -Stato di fatto:
planimetria particolareggiata di rilievo della spiaggia e dei fondali di Varigotti - Aprile-Maggio 2020 (1:1.000)

Tav. 7 - Stato di fatto:
Planimetria particolareggiata di rilievo della spiaggia e dei fondali di Varigotti dal molo al campo da tennis (1:500)

Tav. 8 - Stato di fatto:
Planimetria di rilievo 9 febbraio 2020 della spiaggia di Varigotti successivo alla mareggiata del Dicembre 2019

Tav. 9 - Stato di fatto:
Ortofoto e planimetria del Molo di Varigotti

Tav. 10 - Stato di fatto:
Raffronto delle linee di riva storiche (1:1.000)

Tav. 11 - Stato di fatto:
Beach rock:
- planimetria 1:1.000
- vista del fronte della scarpata - 1:1.000 /1:200
- sezioni del piede della scarpata - 1:200

Tav. 12 - Stato di fatto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 5 alla N°10 (1:200)

Tav. 13 - Stato di fatto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 11 alla N°16 (1:200)

Tav. 14 - Stato di fatto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 17 alla N°22 (1:200)

Tav. 15 - Stato di fatto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 23 alla N°28 (1:200)

Tav. 16 - Stato di fatto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 29 alla N°34 (1:200)

Tav. 17 - Stato di fatto:
Sezione della spiaggia N° 35 (1:200)

Parte seconda: progetto di intervento di 2° lotto

Tav. 18 - Progetto:
Planimetria particolareggiata (1:1.000)

Tav. 19 - Opera fissa di progetto:
Sezioni N°1P-2P-3P (1:200)

Tav. 20 - Progetto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 5 alla N°10 e computi dei volumi di ripascimento (1:200)

Tav. 21 - Progetto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 11 alla N°16 e computi dei volumi di ripascimento (1:200)

Tav. 22 - Progetto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 17 alla N°22 16 e computi dei volumi di ripascimento (1:200)

Tav. 23 - Progetto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 23 alla N°28 e computi dei volumi di ripascimento (1:200)

Tav. 24 - Progetto:
Sezioni della spiaggia dalla N° 29 alla N°34 e computi dei volumi di ripascimento (1:200)

Tav. 25 - Progetto:
Sezione della spiaggia N° 35 e computo del volume totale di ripascimento (1:200)

9 - ASPETTI PARTICOLARI DELLA SPIAGGIA DI VARIGOTTI

La spiaggia di Varigotti è una spiaggia che presenta diverse particolarità non usuali che ne complicano il quadro complessivo:

- ***La prima particolarità*** *è rappresentata dalla sua notevole lunghezza che misura 1700 metri* circa dal molo Castellani allo scoglio della Fiorita, ciò che porta come conseguenza una frequente oscillazione longitudinale della sabbia dalla zona di Levante alla zona di Ponente e viceversa a seconda della provenienza della mareggiata.

  I due estremi della spiaggia sono così soggetti ad arretramenti ed avanzamenti alternati della linea di riva. Durante gli arretramenti la sezione della spiaggia viene pesantemente impoverita e non è più idonea alla sua funzione di difesa dal mare delle strutture retrostanti.
- ***La seconda particolarità*** *è costituita dalla presenza di due abitati fronte mare*, che presentano le case direttamente affacciate sulla spiaggia, proprio nelle due zone di estremità, in particolare all'estremità di Levante ove insiste l'antico *"Borgo Saraceno"* con antiche case in muratura, che in caso di concomitanza di uno dei periodi di

arretramento della linea di riva con una mareggiata di media intensità viene battuto dalle onde che danneggiano le abitazioni di prima fila, sconvolgono e demoliscono le fognature che per ragioni idrauliche sono interrate nella spiaggia. Ne viene infine allagato il borgo attraverso i rii che sfociano sulla spiaggia.

- ***La terza particolarità*** *è costituita dalla composizione petrografica della spiaggia che è risultata alle analisi una sabbia composta da granuli prevalentemente silico-quarziferi*, materiale che, oltre a non assomigliare alla composizione delle rocce retrostanti che sono di calcare dolomitico, non è presente nelle cave liguri attualmente in esercizio, ciò che incide sul costo dei ripascimenti per la distanza della cave disponibili fuori Regione che fa lievitare i costi dei trasporti.
- ***La quarta particolarità*** *è costituita dalla presenza di una formazione rocciosa, la "beach-rock"*, su cui giace la spiaggia e che funge quindi da sottofondo della spiaggia stessa.

  La beach-rock, che si spinge in mare ben più avanti della linea di riva, termina bruscamente con un fronte terminale che precipita fino a raccordarsi con il fondale. Il fronte ha forme diverse nelle varie tratte, da fronte verticale o verticale con aggrottamenti, a fronte a discesa graduale.

  Comunque dappertutto questo salto separa la spiaggia emersa dal suo fondale. La presenza della lastra rocciosa impermeabile sotto alla spiaggia infine ha la conseguenza inevitabile di assottigliare lo strato di spiaggia permeabile, riducendo la sua capacità di assorbimento del frangente, per cui anche nella zona centrale che meno risente dell'effetto dell'oscillazione longitudinale e dove la profondità di spiaggia è maggiore, le onde invernali percorrono tutta la spiaggia, obbligando a ricorrere ad autodifese da parte di concessionari ed abitazioni.

10 - RICERCHE, RILIEVI, PRELIEVI E STUDI EFFETTUATI NELLA 1° PARTE CONOSCITIVA

Tutto ciò ha richiesto un supplemento di indagini, eseguite per il progetto di 1° lotto Agosto 2020 e qui riportate, per una più esauriente conoscenza di diversi aspetti della spiaggia prima di procedere alla progettazione vera e propria, di cui questa relazione farà un sunto.

Come visibile nell'elenco elaborati al **Fascicolo 1** le operazioni sono consistite in una prima parte conoscitiva costituita dalle seguenti ricerche, rilievi, prelievi e studi:

A- Nella presa d'atto dell'assetto e condizioni della spiaggia emersa, ciò che è stato effettuato sia con la "ricognizione del litorale e documentazione fotografica" (**Fascicolo 3**) sia con due rilievi topografici successivi **Tavole 6 e 7**

B- Nello studio dell'evoluzione storica della spiaggia di Varigotti (**Fascicolo 5**)

C- Nella presa di conoscenza della profondità dei fondali sottocosta nonché degli habitat marini sottocosta **(Tavola 5:** rilievo della spiaggia e dei fondali di Varigotti ed habitat marini).

D- Nei rilievi topografici e batimetrici, nei prelievi di campioni, nelle sezioni di spiaggia **(Fascicolo 5)**

E- Nello studio sedimentologico e colorimetrico della sabbia di Varigotti, per la determinazione delle caratteristiche della sabbia per il ripascimento (**Fascicolo 6,** Relazione sedimentologica) preceduto dal prelievo di campioni di spiaggia emersa

e di fondale e dalle analisi granulometriche, i cui risultati sono riportati nel **Fascicolo 9**.

F- Nello studio tecnico naturalistico della beach rock con immersioni, documentazione fotografica e riprese video, con particolare riguardo al fronte a mare della formazione rocciosa, alla qualità del fondale ai suoi piedi ed ai popolamenti (**Fascicoli 7 e 8).**

G- Nella presa di conoscenza delle onde al largo che interessano il paraggio e della loro propagazione dal largo verso riva, necessaria per comprendere i fenomeni idrodinamici sotto costa per le configurazioni dello stato di fatto e di progetto e per il dimensionamento dell'opera rigida di progetto (**Fascicolo 11:** studio meteomarino e verifica della stabilità dell'opera fissa di progetto)

Esaminiamo ora uno ad uno i risultati delle diverse ricerche:

A: Fascicolo 3: ricognizione del litorale e documentazione fotografica

La ricognizione si è effettuata nel mese di Febbraio 2020 ed è integrata da una documentazione fotografica, sia ripresa nel corso del sopralluogo sia separatamente con drone attrezzato.
La ricognizione è stata effettuata procedendo da Levante verso Ponente, da Punta Crena allo scoglio della Fiorita.
Il fascicolo è da leggersi con l'ausilio della planimetria **Tavola grafica N° 6**
La ricognizione è stata divisa in 5 tratte:

1° tratta: da Punta Crena al molo Castellani
Questa tratta si trova a Levante del molo e quindi non fa parte della spiaggia di Varigotti ma è stata inserita per completezza e comprende Punta Crena con le sue due piccole spiagge accessibili da mare.
2° tratta: dal molo Castellani al termine del Borgo Saraceno
3° tratta: dal Vico del Burò all'accesso carraio
4° tratta: dall'accesso carraio alla parrocchia di San Lorenzo al mare
5° tratta: dalla parrocchia di San Lorenzo al mare allo scoglio della Fiorita
Per le tratte 2°, 3°, 4° e 5° le fotografie sono precedute da una foto prospettica di insieme di inquadramento, ripresa dalla Regione Liguria.
Non si ripete quanto già contenuto nel **Fascicolo 3,** ove le particolarità della spiaggia sono messe in evidenza sia nella relazione di sopralluogo in testa, sia nella documentazione fotografica dotata di didascalie.

Si richiama peraltro l'attenzione sulle seguenti foto:

Foto 10 da cui si intravede il varco esistente fra il molo e la beach-rock, la quale cessa prima di raggiungere il molo oppure è coperta da sabbia e ghiaia. **Foto 13 e 15** per i danni causati dalla mareggiata del Dicembre 2019. **Foto 16** della beach-rock emersa scopertasi a seguito dell'asportazione della spiaggia a causa della mareggiata. **Foto 17**: l'onda frange sulla beach-rock e sta per raggiungere la difesa provvisoria dinanzi alle case. **Foto 12-13-15-19-20-21-22-24**: in cui sono visibili i pozzetti ed il bauletto della fognatura scoperti. **Foto 27-28-29-31-32-33-34-35-36** per le dune a difesa invernale dei manufatti e dei condomini costruite dai privati in autodifesa, con gli inerti di spiaggia.

L'ultima parte del fascicolo riporta alcune immagini del ripascimento di 1° lotto eseguito nel periodo 1/3/2021/10 – 10/6/2021 che riprenderà in data 20/9/2021.

B: Fascicolo 4 - Relazioni conoscitive: l'evoluzione storica della spiaggia di Varigotti

l'indagine è stata condotta con una ricerca di archivio, da cui sono emersi i seguenti documenti antichi:

- La carta costiera del "Commissariato della sanità di Finale" estratta dallo"Atlante dei domini della serenissima Repubblica di Genova" elaborata nel 1773 dal colonello Matteo Vinzoni.
- Il volume "Le spiagge della Riviera Ligure" elaborato negli anni '30 del '900 dal C.N.R. Comitati per la geografia e l'ingegneria che affidò all'Università di Bologna una ricerca storica sulle coste liguri, ricerca che fu effettuata per il Ponente dal ricercatore ***Mario Ascari*** e che copre il periodo storico di centoventi anni dal 1813 al 1925. Purtroppo lo studio privilegia le spiagge dei centri maggiori come Finalmarina, mentre a Varigotti sono dedicate poche righe che pur tuttavia ci hanno consentito di conoscere il parere dell'Ascari su alcune importanti interrogativi, che riteniamo di dovere riportare interamente su questa relazione generale (dalla pagina 3 del fascicolo 5):

"Tra la punta Stelle e il monte Lunante mettono in mare il rio Réssico, il Caroggiolo, il Molino, l'Armareo, il Gandolino e il Fontana, tutti di valore insignificante. Anche qui abbondano le frane. ***La spiaggia, dovuta ai piccoli rivi***, è aperta troppo alla traversia, non passibile di rifornimenti e incapace quindi di aumenti significativi. Già nel 1813 era abbastanza esigua e incominciava un graduale maggiore impoverimento come si è constatato per Finale. Con una lettera in data 6 aprile 1856, il sindaco di Varigotti chiedeva ripari urgenti con la costruzione di un pennello. **Dinanzi alle case, nel 1863, esistevano circa 30 metri di spiaggia, che in seguito alcune oscillazioni portavano sino a 50.** Le condizioni si aggravarono verso il 1910; il 12 settembre 1921 si costruiva un pennello a levante dell'abitato. Le tempeste del marzo-settembre-novembre 1922 erano tutte dannosissime al lido. Nuove opere si ultimavano nel 1924, ma la mareggiata del 20 agosto 1925 inferiva danni. ***In complesso non sembra cosa facile difendere questa spiaggia e si consiglierebbero, in via di prova***, **alcuni frangiflutti, diretti da N a S, all'estremità occidentale (?) del lido".**

Dopo lo studio dell'Ascari non si trovano più altri studi che portino nuovi elementi.
Il nostro studio al fascicolo 5 cita ancora la discarica di rifiuti dell'edilizia degli anni 1960 ÷ 1970, mentre negli anni dal 2005 al 2012 fu il Comune di Finale ad effettuare dei ripascimenti stagionali con materiali selezionati di diverse provenienze.
Infine l'intero capitolo 2 del nostro studio "Evoluzione della linea di riva" (da leggersi con l'ausilio della **tavola grafica N°10**) è dedicato alla evoluzione della linea di riva dedotta dalle linee di riva storiche da voli costieri a partire dal volo RAF 1944 e fino al 2016, integrate dai rilievi Studio Sirito del 2020.

C: Fascicolo 4 - Relazioni conoscitive: gli habitat marini dinanzi al litorale di Varigotti (tavola grafica N° 4)

Si rinvia al Fascicolo 5, riportando qui soltanto le conclusioni della ricerca:

Il nostro progetto di ripascimento arriva unicamente a riguardare l'area protetta della beach-rock citata nella relazione e visibile nella Tavola 5 di progetto, sulla quale insiste già ora la spiaggia di

Varigotti e di cui resta scoperta l'ultima unghia verso mare per una larghezza variabilissima, poichè questa spiaggia oscilla a seconda della direzione di provenienza delle mareggiate, da un'estremità all'altra, con conseguenza di una profondità di spiaggia molto variabile soprattutto ai due estremi di Levante e di Ponente, con conseguenze per i centri abitati costieri che si concentrano proprio in queste due estremità.

D: Fascicolo 4 - Relazioni conoscitive: i rilievi topografici e batimetrici, i prelievi dei campioni subacquei, le sezioni di spiaggia, la ricerca dei materiali.

I rilievi topografici sono stati effettuati dallo Studio Sirito in due riprese: la prima nel Febbraio 2020 documenta la situazione di massima erosione dopo la mareggiata di fine Dicembre 2019, la seconda ad Aprile-Maggio 2020 periodo nel quale le mareggiate ordinarie di Libeccio avevano riportato la spiaggia al suo assetto naturale. In questa seconda fase si sono anche effettuati i rilievi in basso fondale di raccordo con il rilievo batimetrico e si è potuto rilevare il punto in cui la spiaggia sommersa si appoggia al piano della beach-rock usufruendo delle sezioni del rilievo batimetrico e delle foto subacquee R.S.T.A.
I rilievi della spiaggia a fine lavori di 1° lotto verranno eseguiti al termine dell'intervento, previsto in data 31/10/2021, e saranno molto importanti per valutare i risultati del ripascimento e costituiranno il punto di partenza per il futuro monitoraggio della spiaggia.

Il rilievo batimetrico

Il rilievo batimetrico dei fondali di Varigotti è stato effettuato nell'Aprile 2020 fino alla batimetrica di 20 metri, individuata ad una distanza di 625 metri da riva ed è stato eseguito percorrendo rotte ortogonali a riva equidistanti 50 metri.
Al fascicolo 5 sono contenute tutte le notizie sulle apparecchiature, attrezzature, mezzi nautici e software utilizzati.

Il prelievo dei campioni subacquei in numero di 41

I campioni subacquei sono stati prelevati usufruendo di un'imbarcazione attrezzata con benna Van der Veer da 5 litri ed il GPS.

Le sezioni di spiaggia

Le sezioni di spiaggia, necessarie per i computi metrici di riferimento sono state elaborate in N° di 32 sezioni in scala 1:200 sia in ascisse che in ordinate e sono l'oggetto delle Tavole 11-12-13-14-15-16. Riguardano sia la spiaggia emersa che quella sommersa e riportano le pendenze dei vari tratti di spiaggia. *Con una colorazione sono messe in evidenza le tratte in cui la beach-rock è scoperta e visibile all'atto del rilievo Aprile 2020 (2° rilievo topografico)*

la ricerca dei materiali

Miscelando i nove campioni prelevati nella spiaggia emersa di Varigotti, tutti simili, è stato ricavato un ***campione composito*** che rappresenta le caratteristiche granulometriche e colorimetriche medie della spiaggia, che dall'analisi granulometrica e dal calcolo dei parametri di Folk e Ward è risultata trattarsi di una ***"sabbia molto grossolana" secondo la scala di wentworth, con Media 1,876 mm, classazioni 0,7758 phi, quindi moderatamente classata.***
i granuli sono a spigoli arrotondati
Il campione quindi è stato oggetto di analisi spettrometrica ai raggi x presso

l'università di Siena, ***risultando costituito prevalentemente da quarzo, quindi siliceo.***
Per gli altri dettagli, la ricerca delle cave silicee e di altre cave correttive del colore, si rinvia all'apposito capitolo al fascicolo 5, che contiene fra l'altro una fotografia della sabbia del campione composito a grandezza naturale.
La relazione contiene pure una cartina della Regione Lombardia delle cave di "sabbie e ghiaia" (silicea) in attività nella provincia di Pavia, la più vicina al Finalese.

Per i lavori di 1° lotto in corso, sono stati utilizzati inerti provenienti dalla Pianura Padana di una cava in Provincia di Pavia ed una cava in Provincia di Torino

E: Fascicolo 6: Relazione sedimentologica (a cura del professore Enzo Pranzini dell'Università di Firenze)

Il Rapporto è inteso come propedeutico alla progettazione di un intervento di riequilibrio del litorale basato su di un Progetto preliminare redatto dallo Studio Sirito nel 2011 e che deve passare alla fase definitiva.

L'obiettivo è quello di inquadrare la dinamica sedimentaria della spiaggia di Varigotti per definire le caratteristiche tessiturali e colorimetriche dei materiali da impiegare in un suo ripascimento artificiale.

In parallelo è stata effettuata una indagine, con sopralluoghi, prelievo ed analisi di campioni, per valutare la disponibilità dei materiali da ripascimento.

F: Fascicolo 7 e 8 : Relazione tecnico-naturalistica sulle formazioni a beach-rock di Varigotti, con documentazione fotografica (a cura di R.S.T.A. srl - Dott.biologo Paolo Bernat, Dott. Biologo Andrea Molinari)

Si riportano le considerazioni conclusive della relazione: "*Le indagini condotte confermano la notevole ricchezza naturalistica presente lungo le formazioni a beach-rock, sia per la componente bentonica che ittica.*
La presente indagine conferma quanto già riportato in precedenti studi (OLPA, 2011) relativamente alla notevole complessità morfologica di questo tratto di beach-rock. La formazione presenta spesso zone con anfrattuosità e ingrottamenti basali, lastroni fratturati in grossi blocchi staccati dal fronte della beach-rock. Le porzioni estreme sia a levante che a ponente sono meno pronunciate e interessanti rispetto a tutto il resto della formazione.
La complessità morfologica della beach-rock influenza altresì la fauna e la flora marina con una notevole ricchezza in specie, coperture e abbondanze. Tale aspetto ha una minore rilevanza sia nel transetto 5 - nei pressi del molo - sia in due transetti intermedi, il 23 (zona prospiciente la chiesa di S. Lorenzo) dove la beachrock si presenta bassa quasi completamente spogliata da vegetazione e organismi bentonici e presso il transetto 29 in corrispondenza dello sfocio di un rio dove temporaneamente la beach-rock è coperta da sedimento".

G: Fascicolo 11: studio meteomarino e verifica della stabilità dell'opera rigida di progetto

In questa ricerca, dopo una illustrazione del regime anemometrico del mar ligure, si passa ad illustrare l'esposizione marittima, si determina il settore di traversia del paraggio, si definiscono i Fetch geografici delle diverse provenienze ed i Fetch efficaci di cui si disegnano i diagrammi polari
Si passa quindi alla determinazione delle onde al largo analizzando sei diverse fonti di clima meteomarino al fine di definire quello che permette una migliore descrizione del clima stesso nella zona di studio davanti alla costa di Finale Ligure:

- Atlante delle onde al largo e del vento del Mediterraneo (ISMAR-WEAO)
- Dati composizione boa Cote d'Azur e nodo modello CEP (METEO FRANCE)
- Dati boa direzionale di La spezia (RON)
- Dati Hind cast (OCEAN WEATHER)
- Dati visuali KNMI
- Boa di Capo Mele, di cui però i dati sono risultati incompleti e non elaborati, quindi non possono essere utilizzati ai fini del nostro studio.

Le cinque fonti restanti ed i loro risultati sono stati analizzati discussi e confrontati. Di tutte sono stati elaborati i dati e tracciate le rose del moto ondoso, cui è stato sovrapposto il settore di traversia.

Il raffronto mostra che la rosa dei mari costruita a partire dalle osservazioni KNMI risulta quella maggiormente rispondente alla realtà in termini di frequenza delle mareggiate dal 3° e 4° settore; le rosa dello "Atlante delle onde del Mediterraneo" (WEAO) e della Boa Cote d'Azur, in particolare, riportano una bassissima percentuale di eventi provenienti dal 3° settore che non corrisponde a quanto si osserva, dato che il paraggio è spesso battuto dai mari di Levante.
Pertanto questa rosa, è stata ulteriormente ingrandita per una più agevole consultazione sulla **Tavola** grafica **N°2**, dove è messa in evidenza l'altezza dell'onda significativa massima osservata, nel settore di traversia, di metri 4,00÷5,00.

Nella terza parte del Fascicolo 11, sono state eseguite le verifiche idrauliche sull'opera fissa di progetto, che come vedremo in seguito consiste nell'innalzamento del fondale di 1,5m davanti al Borgo Saraceno, raffrontando i piani d'onda della configurazione dello stato di fatto con due configurazioni di progetto, la prima con la scogliera posta alla distanza di 10m dal ciglio della beach-rock, la seconda con la scogliera posta alla distanza di 20m dal ciglio della beach-rock. Non avendo riscontrato apprezzabili differenze tra le due soluzioni, si è adottata come soluzione progettuale la seconda, che offre maggiori garanzie per la tutela degli habitat marini presenti nel sito SIC della beach-rock.
Nella stessa relazione è stato anche eseguito il calcolo del run-up sulla spiaggia e sono stati dimensionati i massi naturali di 2° cat. della scogliera sommersa di progetto.

11 – CONCLUSIONI DELLA PARTE PRIMA CONOSCITIVA

La ricognizione del litorale ed i rilievi topografici successivi hanno confermato la particolarità marcatamente oscillatoria di questa spiaggia, che incide soprattutto sulle

zone alle due estremità che sono proprio quelle interessate dai due abitati fronte spiaggia.
Sono state poste in evidenza le conseguenze, sia per i caseggiati del "Borgo Saraceno" che durante le mareggiate può arrivare a venire interamente sguarnito di spiaggia, restando a sua difesa la sola beach-rock che diventa tutta visibile fino ai piedi dei fabbricati. Ma la beach rock è una difesa insufficiente ad impedire danni alle case, poiché a parte la parziale riduzione di energia dell'onda nel frangimento contro il fronte della formazione rocciosa, l'onda residua scivola facilmente sulla sua superfice, dissipando l'energia residua contro le case del Borgo.
Trattasi di onde che al largo possono raggiungere un'altezza significativa di m. 4,5 dalla provenienza di Scirocco e m. 5,50 da quella di Libeccio e quindi onde importanti, che seppure attenuate sottocosta dalla rifrazione nel corso della propagazione, non si può permettere che investano l'abitato .La situazione si ripete dinanzi all'abitato all'estremità Ovest della spiaggia, dove il disagio per le abitazioni è mitigato dalla maggiore profondità di spiaggia, ma ciò non impedisce che l'onda raggiunga anche qui le abitazioni, *tanto che i frontisti si sono difesi autonomamente costruendo delle dune artificiali dinanzi alle case, ville e condominii*, a difesa delle onde invernali. Le dune sono realizzate con una movimentazione della sabbia della spiaggia stessa.

Anche nella zona centrale della spiaggia seppure meno interessata dalle oscillazioni, le attrezzature degli stabilimenti balneari che non vengono rimosse nell'inverno, sono raggiunte dall'onda e *qui entra in gioco un fenomeno messo in evidenza nella relazione sedimentologica del professor Enzo Pranzini*: la permeabilità della spiaggia di Varigotti è ridotta dalla presenza sotto la spiaggia dello strato impermeabile della beach-rock ("Le "ciappe" in dialetto ligure) che riducono la capacità di assorbimento dell'onda da parte della spiaggia, cosicché l'onda "scivola" sulla spiaggia stessa e riesce più facilmente a percorrerla tutta.
Quindi occorrerebbe effettuare un ripascimento strutturale di buona entità sia per aumentare dappertutto la profondità di spiaggia, sia di conseguenza lo spessore dello strato permeabile al di sopra della beach rock.
Ma a ciò si oppone un'altra particolarità: la sabbia della spiaggia emersa viene trascinata, seppure solo in parte, al di là del "salto" costituito dal fronte della beach rock, salto che raccorda la sommità della formazione rocciosa al sottostante fondale.

Il "salto" è stato rilevato ogni 50 metri con ecoscandaglio nel corso del rilievo batimetrico. Si è quindi ritenuto di doverne approfondire la conoscenza anche nell'assetto naturalistico, ciò è stato affidato in subappalto alla ditta RSTA di Genova, dei biologi marini *dr. Paolo Bernat e dr. Andrea Molinari*, che ne hanno rilevato sia gli aspetti geomorfologici, sia quelli naturalistici ed al fascicolo 7 hanno messo in evidenza con una documentazione fotografica accompagnata di didascalie i multiformi aspetti del "salto", che è risultato per quasi tutta la sua lunghezza verticale o sub verticale, ma con "aggrottamenti", dovuti all'erosione delle sabbie del fondale sollevate dal frangente. Il processo si ripete ad ogni mareggiata, fino al crollo della cresta a mensola, assottigliata dal progredire dell'erosione.
Il fronte comunque non è tutto così, poiché esistono dei varchi dove al tipo subverticale subentra "un varco" dove la caduta di livello dalla sommità al fondale è risolta con un

pendio.
All'estremità di Levante, nelle vicinanze del molo, la beach rock sparisce, coperta da uno strato di sabbia, ciò che avvalora una delle conclusioni dello studio sedimentologico del Professor Pranzini, che con un procedimento inedito ha individuato una via di fuga della sabbia al di là del molo, ancora prima dell'indagine subacquea.

- I prelievi e le analisi granulometriche delle sabbie del fondale a mare della beach rock avevano già evidenziato la presenza sul fondale di sabbia del tipo della spiaggia emersa, sebbene di granulometria più fine, ma dato che i campioni erano stati prelevati ad una certa distanza dal fronte, si sono integrati con una più approfondita e mirata ispezione subacquea, effettuata anch'essa dalla R.S.T.A. di Genova rivolta specificatamente all'aspetto del fondale al piede della beach-rock.
  I risultati sottoforma di fotografie subacquee riferite alla topografia sovrastante, sono l'oggetto del ***fascicolo 8 –*** *documentazione fotografica subacquea del fondale al piede della beach-rock* e mostrano un fondale ricco di sabbia e ghiaia, ma anche di massi residuati da crolli della beach rock.
  Da tutto ciò, *la conclusione cui si è giunti anche con il consulente professor Pranzini* è che la sabbia della spiaggia emersa cade in parte a mare del ciglio, sul fondale si mescola al materiale più grossolano di demolizione della beach rock ed in parte viene trascinata a Levante del molo terminale, per andare verosimilmente ad alimentare la spiaggia del Malpasso.
  Dalle conclusioni del gruppo di ricerche fin qui esaminate, si possono già trarre queste conclusioni di indirizzo progettuale:

- ***La sabbia della spiaggia di Varigotti in parte viene trascinata sul fondale antistante, ma non se ne conosce la percentuale, comunque non conviene con il ripascimento avvicinare troppo la linea di riva al ciglio della beach rock; conviene contenere la quantità del ripascimento a favore di ripascimenti stagionali diluiti nel tempo.***

- ***In corrispondenza del borgo saraceno è necessario studiare una difesa fissa che riduca l'energia dell'onda, eventualmente procedendo per gradi, come suggerisce l'Ascari "In via di prova".***

- ***Il sistema di autodifesa con dune invernali dell'abitato di Ponente si dovrà consentire anche per il futuro, mentre per gli stabilimenti balneari si dovrebbe addivenire ad uno smontaggio totale compatibilmente con il problema del magazzinaggio.***

- ***Le strutture delle case del borgo saraceno dovrebbero essere messe in grado di resistere meglio a qualche evento eccezionale con un miglioramento delle attitudini a tale resistenza, innanzitutto la resistenza al sifonamento. Così pure per il sistema fognario.***

PARTE SECONDA PROPOSITIVA (PROGETTO)

PARTE SECONDA PROPOSITIVA (PROGETTO)

12 - PREMESSA

Come già detto nella parte conoscitiva Il presente progetto di 2° lotto, insieme all'intervento di 1° lotto in corso di ultimazione, è finalizzato all'aumento della resilienza della spiaggia di Varigotti nei confronti degli eventi meteomarini.

I lavori di 1°lotto in corso consistono unicamente in un ripascimento strutturale con il versamento di 42.000mc circa di inerti, mentre i futuri lavori di 2° lotto prevedono il completamento del ripascimento con un volume di inerti pari a circa 5.000mc, e la costruzione di un'opera rigida sommersa in massi naturali a protezione del tratto di spiaggia di Levante, davanti al Borgo Saraceno, consistente nell'innalzamento del fondale di 1,5m rispetto al fondale attuale.

Gli interventi di progetto sono visibili sulla planimetria **Tavola 18** in cui è rappresentato il ripascimento complessivo previsto tra 1° e 2° lotto, cui corrisponde un avanzamento teorico della linea di riva di 6/7 metri circa, e sulle sezioni **Tavole dalla N°19 alla N°25**.

13 - DETERMINAZIONE DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO

La scelta degli inerti da ripascimento è stata studiata dal professor Enzo Pranzini nel Fascicolo 6 – Relazione sedimentologica -parte seconda -definizione composito di riferimento e limite di accettabilità.
La possibilità di reperire il tipo di materiale prescelto è anche contenuta nel **Fascicolo 5,** *sesta parte – la ricerca dei materiali.*

Per il ripascimento artificiale dei litorali si deve utilizzare sabbia e ghiaia che corrisponda a diverse esigenze:

- Essere il più simile possibile a quella naturale della spiaggia da ripascere per dimensioni e colore (campione "native")
- Garantire una migliore stabilità che ne consenta una lunga durata
- Essere disponibile per quantità e costo.

Inoltre un buon progetto di ripascimento deve tenere conto sia degli aspetti puramente tecnici, sia di quelli qualitativi legati alla percezione da parte dei frequentatori.
Per cui il primo passo sarà la scelta della composizione del granulo dell'inerte da ripascimento e la forma del granulo:
la ricerca fatta è descritta al **Fascicolo 5 – 6° parte**; *la ricerca dei materiali.* Effettuati i prelievi dei materiali e ricavato il campione di caratteristiche medie della spiaggia di Varigotti, di riferimento (campione "native"), si è intanto stabilito con esame visivo il primo requisito: trattasi di ***sabbia naturale a spigoli arrotondati*.**

Si è quindi fatta effettuare sul campione “native” una analisi diffrattometrica (Università di Siena) da cui è risultata la seconda caratteristica, la composizione del granulo:
trattasi di ***sabbia prevalentemente silicea (quarzo), in quantità minori dolomite, albite, calcite.***
Una seconda diffrattometria effettuata successivamente preso il laboratorio Tecno Piemonte di Leuta (Vc) ha confermato: ***sabbia prevalentemente quarzifera, cui segue in minori proporzioni dolomite anortite e plagiocasio oltre a tracce di altri minerali.***

Successivamente si è effettuata l’analisi granulometrica del campione composito “native” ricavandone i valori dei parametri di Folk e Ward, fra cui:
media mmm 1,876, classazione: 0,7758da cui si trae la terza caratteristica (**vedi Fascicolo 6 pag.16**):
sedimento classificato come sabbia molto grossolana (al limite con i granuli, secondo la scala di Wentworth e Krumbein e moderatamente classato e simmetrico secondo la classificazione di Folk e Ward:
Media (mm) 1,876; classazione (phi) 07758; Asimmetria -0,0558

Appurato presso la Regione Liguria l’assenza di cave silicee in attività nell’ambito regionale, si è individuata la presenza di molte cave di inerti silicei nella valle del Po, soprattutto del tipo “planiziale”.
Abbiamo allora puntato l’attenzione alla Provincia più vicina e ben servita dalla rete autostradale, che è risultata quella di Pavia scaricando dal sito Regione Lombardia l’ubicazione delle cave.
In calce al fascicolo 5 è visibile che le “cave di ghiaia” sono tutte in sponda sinistra del Po (vedi **Fascicolo 5** – parte 6°-ricerca materiali).

Con sopralluoghi presso alcune cave campione si è appurata la possibilità di avere ghiaie silicee simili alla spiaggia di Varigotti, forse con la neccessità di un correttivo per il colore, al fine di schiarire il cumulo di materiale.

Procedimento analogo si è seguito per progettare il colore ottimale, visibile sul fascicolo 6 – relazione sedimentologica 2° parte, da pagina 24 a 33, *seguendo la metodologia descritta nelle “linee guida per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e degli effetti dei cambiamenti climatici* elaborato dal Tavolo Nazionale sull’erosione costiera MATTM-Regioni con il coordinamento tecnico ISPRA
Lo spazio CIEIL *a*b* costituisce un riferimento codificato e certificato dalla Commissione International de l’Eclarage (CIEI).
Il parametro L definisce la luminosità (da O=Nero a 100=Bianco), mentre i parametri a* e b* danno la cromaticità (a* da verde a rosso; b* da blu a giallo), con valori da -100 a +100.*
L’illuminante adottato è il D65, che corrisponde allo spettro solare in condizioni di cielo sereno.
A questo punto abbiamo tutto il necessario per compilare l’articolo di elenco prezzi che indichi all’impresa il materiale che deve fornire:

dall'elenco prezzi si riporta alla pagina seguente il prezzo di elenco N°6 che caratterizza la fornitura:

NUM. ART.	CODICE	DESCRIZIONE	U.M.	PREZZO
		2 - MATERIALI *(Prezzi comprensivi di ogni onere e spesa, spese generali ed utile d'impresa)*		
6	6	Fornitura franco cantiere a Varigotti (SV) di ghiaia naturale silicea medio -fine composta da granuli a spigoli arrotondati, proveniente da cava fluviale o planiziale autorizzata, lavata e vibrovagliata, avente le seguenti caratteristiche specifiche: a - **Composizione prevalente chimico-mineralogica**: silice (quarzo prevalente, rocce granitoidi, feldspati). b - **Compatibilità chimica**: la ghiaia non deve superare i seguenti limiti in mg/kg peso secco dei seguenti metalli: Arsenico 44; Cadmio 0,7; Cromo 50; Mercurio 0,3; Nichel 47; Piombo 85; Rame 96; Zinco 178 c - **Granulometria**: dovrà essere compresa fra 8,0 mm e 2,00 mm (fra -3.0 e -1.0 phi); la frazione 8,0-4,0 mm (fra -3.0 e -2.0 phi) dovrà mantenersi sul 60% della fornitura, e la frazione 4,0-2,0 mm (fra -2-0 e -1.0 phi) sul 40%. Ogni intervallo granulometrico di ½ phi deve essere presente in percentuale non inferiore al 10%. Verrà ammessa una coda grossolana 16,0 - 8,0 mm ed una fine 2,0 – 1,0 mm ciascuna non superiore al 5%. Verrà ammessa una frazione pelitica (inferiore a 0,0625 mm) fino ad un massimo del 2%. d - **Compatibilità cromatica** con la spiaggia: con riferimento alle linee guida del MATTM, il range di accettabilità viene così definito: -1<!L*<7, -2<"*<+4 e -2<b*<+4 e - Massa volumica non inferiore a 2,5 tonn/mc Compreso il trasporto dalla cava di produzione al cantiere con mezzo gommato, su percorso comunque misto, piste, strade secondarie di limitata larghezza o principali a grande traffico, compreso percorso autostradale, con scarico a mezzo del ribaltabile dell'autocarro sulla spiaggia di Varigotti nella zona predisposta, escluso lo smaltimento del cumulo e le movimentazioni lungo la spiaggia. Compresi e compensati nel prezzo i tempi e gli oneri per il carico in cava e per la verifica in contraddittorio dei volumi su cassone all'arrivo in cantiere, nonchè il ritorno a vuoto. Compresi altresì i maggiori oneri per il transito in punti di particolare strozzatura del traffico. Materiale misurato su cassone di autocarro in arrivo nel cantiere, e pagato sulla base della misurazione volumetrica. Consegna da eseguirsi in orario lavorativo diurno.	mc	46,11

Prezzo N°6 dell'elenco prezzi, che caratterizza il materiale da ripascimento da fornire

14 – L'OPERA FISSA DI PROGETTO

Nelle conclusioni della prima parte conoscitiva si evidenziava la necessità di un'opera di difesa fissa davanti al Borgo Saraceno per ridurre l'energia dell'onda incidente.

L'opera fissa progettata consiste in una sopraelevazione di 1,5m del fondale con massi naturali di 2° categoria da realizzarsi al largo della beach-rock per un'estensione di 160m x 40m (5.800mq). La planimetria di progetto è riportata sulla **Tavola 18** e le sezioni sulla **Tavola 19**.

Si tratta di una scogliera sommersa sperimentale finalizzata alla riduzione dell'energia del moto ondoso incidente per mareggiate di altezza d'onda al largo superiore a 3m (3,4m è la massima onda annuale dello studio Regione Liguria), mantenendo inalterata la dinamica costiera per le mareggiate più frequenti. Rispetto alle tradizionali opere fisse (isole, dighe, pennelli…) questa soluzione non altera in modo apprezzabile la direzione del fronte dell'onda incidente, evitando erosioni localizzate della spiaggia ai lati della struttura rigida, creando presumibilmente un tombolo appena accennato di fronte all'opera in occasione di mareggiate importanti.
Con questa struttura sommersa verrà anche attenuato l'effetto diffrattivo del Molo di Varigotti su quel tratto di spiaggia.

La scogliera di progetto è ubicata nella zona di Levante della cella litorale di Varigotti, nel tratto di fondale di lunghezza 160m da Vico Mendaro a Levante e Vico della Caserma a Ponente estendendosi verso mare a partire da una distanza di sicurezza dal ciglio della beach-rock di 20m dalla batimetrica massima di -4,5m alla minima di -6,5m, andando a riempire in parte la depressione del fondale esistente.
La posizione della secca è centrata rispetto alla zona più vulnerabile da difendere, dove è presente la scogliera provvisoria di protezione dell'abitato.

Come anticipato nella prima fase conoscitiva, nel **Fascicolo 11** "Studio meteomarino e verifica della stabilità dell'opera fissa di progetto", sono anche riportate le verifiche idrauliche eseguite, raffrontando i piani d'onda della configurazione dello stato di fatto con due configurazioni di progetto, la prima con la scogliera posta alla distanza di 10m dal ciglio della beach-rock, la seconda con la scogliera posta alla distanza di 20m dal ciglio della beach-rock. Non avendo riscontrato apprezzabili differenze tra le due soluzioni, si è adottata come soluzione progettuale la seconda, che offre maggiori garanzie per la tutela degli habitat marini presenti nel sito SIC della beach-rock.
Dall'osservazione dei risultati delle simulazioni è stato possibile trarre le seguenti deduzioni:

- *le tre sezioni disposte lungo il percorso delle onde di SW, in posizione ortogonale alla dorsale (Sez.1 a ponente, Sez.2 al centro e Sez.3 a levante della struttura di progetto), mostrano un abbattimento del 15% per onde di 3.0m ed un abbattimento del 20% per le onde più alte;*
- *l'abbattimento medio generale per le onde di SW su tutta la dorsale è del 17%;*
- *le due sezioni disposte lungo il percorso delle onde di SE, in posizione inclinata alla dorsale (Sez.4 nel centro e Sez.5 a levante della struttura di progetto), mostrano un abbattimento del 11% per onde di 3.0m ed un abbattimento del 24% per le onde più*

alte in corrispondenza della Sez.4, ed un abbattimento del 13% per onde di 3.0m e del 45% per le onde di 5.1m in corrispondenza della Sez.5;

- *non si osservano fenomeni rifrattivi di rilievo indotti dalla struttura ai suoi lati che possano indurre fenomeni erosivi localizzati della spiaggia.*

Si considerano pertanto soddisfacenti le scelte progettuali previste e sviluppate.

15 – PREVISIONI DI MONITORAGGIO

In data 13/9/2021 si è tenuta una riunione con i tecnici dell'Ufficio Costiero della Regione Liguria nella quale è stata presentata la prima soluzione ipotizzata che prevedeva l'opera fissa ad una distanza di 10m dal ciglio della beach-rock.

Vista la complessità dei fenomeni idrodinamici che si verificano nella zona dei frangenti che potrebbero indurre correnti al fondo al piede della beach-rock e nell'ipotesi peggiore provocarne lo scalzamento, risulta difficile determinare l'effettiva insorgenza e l'entità di queste correnti.

Al fine di avere maggiori garanzie sulla preservazione degli habitat marini della beach-rock, la Regione Liguria ha consigliato un allontanamento cautelativo di ulteriori 10m della scogliera sommersa dalla beach-rock e l'esecuzione di un **monitoraggio** post operam della beach-rock rock nel tratto a tergo della struttura di progetto, che dovrà consistere in un controllo sulla geometria del fondale antistante per l'individuazione di un'eventuale erosione al piede, ed un controllo naturalistico sulla conservazione della biocenosi marina. L'appalto dei lavori di 2° lotto prevede un rilievo di dettaglio prima dell'inizio dei lavori ed uno successivo alla loro ultimazione, che costituiranno i rilievi di partenza del monitoraggio.

Sebbene le modalità del monitoraggio verranno concordate con l'Ufficio Ecosistema Costiero della Regione Liguria, si propone, per il controllo plano-altimetrico del fondale, l'esecuzione di N°3 rilievi da eseguirsi nel primo anno successivo alla realizzazione dell'intervento, N°2 rilievi nel secondo anno e N°1 rilievo nel terzo anno, da sospendere al quarto anno se non saranno evidenziati fenomeni erosivi di rilievo. Ciascun rilievo di controllo potrebbe consistere nell'esecuzione di N°4 sezioni poste opportunamente lungo lo sviluppo longitudinale del tratto interessato, con la battuta planoaltimetrica di N°7 punti per sezione, di cui n°2 punti al ciglio superiore ed inferiore della beach-rock, n°3 punti del fondale compreso tra la beach-rock e la scogliera e n°2 punti al ciglio ed al piede della scogliera.

In questo modo sarà possibile verificare, auspicando che in 36 mesi vi siano ondazioni prossime alle medie ventennali sia in accadimento che in altezza, come il sito avrà reagito a questa modellazione artificiale.

I risultati potranno essere utili alla Regione Liguria per l'approfondimento sulla funzionalità di questo approccio progettuale sperimentale, soprattutto riguardo all'impatto sull'ambiente circostante.

16 – DESCRIZIONE DELLO SVOLGIMENTO DEI LAVORI

a) Ripascimento

Consisterà nella fornitura della ghiaia avente le caratteristiche di cui art 6 di elenco prezzi, riportato alla pagina precedente: ghiaia, come abbiamo visto al capitolo 6, prevalentemente siliceo – quarzifera.
In assenza di cave di queste caratteristiche nell'ambito regionale, questo tipo di materiale è stato individuato nelle cave "planiziali" in sponda sinistra del fiume PO.
Il materiale deve venire trasportato a Varigotti (Finale Ligure) via Aurelia, in corrispondenza dei giardini pubblici del Lungomare, dove sarà stato approntato dall'impresa un apposito passaggio che consenta l'avvicinamento alla spiaggia dell'autoarticolato, che di qui scaricherà con il ribaltabile il materiale sulla spiaggia: sono previsti due viaggi al giorno per ***dieci autoarticolati***, per complessivi 400 m^3 giornalieri.
Nel corso della manovra il traffico sulla via Aurelia verrà interrotto in ambedue i sensi, fino a che il mezzo non sia ripartito, con l'installazione di un ***impianto semaforico telecomandato.***
Prima dello scarico verrà effettuato in contradittorio, in presenza dell'incaricato della direzione lavori, la verifica quantitativa e qualitativa del carico.
I cumuli degli inerti scaricati dagli autoarticolati sulla spiaggia verranno trasportati a piè d'opera lungo la spiaggia a mezzo di ***dumper*** di idonea portata e potenza per poter trasportare a pieno carico almeno sei metri cubi e percorrere la spiaggia senza necessità di piste. Per il carico del dumper sarà quindi necessario ***un escavatore*** sul posto di carico. Il materiale verrà trasportato a piè d'opera nella zona di Levante della spiaggia in corrispondenza del Borgo Saraceno salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori.
Non saranno realizzati pennelli imbonitori come abitualmente avviene in lavori analoghi per evitare di avvicinarsi al ciglio della beach rock.
L'inerte scaricato verrà movimentato a mezzo di ***pala meccanica*** e disteso lungo la battigia cosicché il mare lo possa distribuire e formare la nuova scarpata sommersa della spiaggia.
La direzione lavori potrà ordinare ogni variazione di dettaglio necessaria alla procedura di versamento e sistemazione in opera, in funzione dei risultati del rilievo di 1° pianta e degli effetti delle eventuali mareggiate in corso d'opera.

b) Costruzione dell'opera fissa di progetto

Consisterà nella fornitura di 20.000t circa di massi di 2° categoria del peso compreso da 1 a 3 ton, ad eccezione di un quantitativo di 5.000 t circa con peso superiore a 2,5 t da posare nei primi 10 metri del lato Sud della struttura.
Il materiale deve venire trasportato a Varigotti (Finale Ligure) via Aurelia, in corrispondenza della rampa esistente a Ponente dei giardini pubblici del Lungomare, dove sarà stato approntata dall'impresa una apposita pista sulla spiaggia che consenta l'avvicinamento alla battigia dell'autocarro, che di qui scaricherà con il ribaltabile il materiale sulla spiaggia: sono previsti due viaggi al giorno per ***sette/otto autocarri***, per complessivi 300 ton giornaliere.

Nel corso della manovra il traffico sulla via Aurelia verrà interrotto in ambedue i sensi, fino a che il mezzo non sia ripartito, con l'installazione di un ***impianto semaforico telecomandato.***

Prima dello scarico verrà effettuato in contradittorio, in presenza dell'incaricato della direzione lavori, la verifica quantitativa e qualitativa del carico.

I massi accumulati sulla battigia verranno caricati da un ***pontone*** stazionato oltre la beach-rock, ad una distanza minima da questa di 10 metri, e successivamente posati sul fondale a formazione della scogliera secondo i disegni di progetto.

Verranno infine effettuati gli smontaggi del cantiere, le pulizie e le rimesse in pristino dei giardini del Lungomare