

# LOTTO A : ECCEZIONALI EVENTI METEO OTTOBRE 2018 OCDPC 558 DEL 15 NOVEMBRE 2018 ANNUALITA' 2021 DCD 7/2021 SCOGLIERE BORGO PRINO RIPRISTINO, CONSOLIDAMENTI, RIMODELLAMENTI E SPOSTAMENTI LOTTO B : RIQUALIFICAZIONE PASSEGGIATA A MARE OOGGETTO DI ALTRI FINANZIAMENTI

CUP D57H21001220001

**Commitente:**

CITTÀ DI IMPERIA

R.U.P. Ing. Marco Marvaldi
Viale Matteotti, 157
18100 - Imperia (IM)


**Progettisti:**

**SERTEC ENGINEERING CONSULTING S.R.L**

Strada Provinciale 222 n. 31 - Loranzè (TO)
tel +39 01251970499
info.sertec@ilquadrifoglio.to.it
www.sertec-engineering.com

**Ing. Domenico GABRIELE**
Ordine Ingegneri della Prov. di Torino n. 7261T
domenico.gabriele@ilquadrifoglio.to.it

**LD+SR architetti**
vico delle vele 7/2 - 16128 Genova
tel 010 2462478 - fax 010 42031123
www.LDpiuSR.it

**Arch. Silvia Rizzo**
Ordine Architetti P.P.C. della Prov. di Genova n°4712
rizzo@LDpiuSR.it

ARCHITETTO SILVIA RIZZO n. iscr. 4712

**Collaboratori esterni:**

**STUDIO TECNICO ASSOCIATO FERRI E GAZZANO**
Via Dante 15/a
18017 Civezza (IM)
tel/fax 018392673
guido@ferrigazzano.it


| Fase Progettuale | Archivio | Scala | Data |
|---|---|---|---|
| PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO | 5385 | __:___ | 30/03/2022 |

| Revisione | Data | Descrizione | Redatto | Verificato | Riesaminato |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 0 | 30/03/2022 | PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO | G.F. | F.T. | D.G. |

| TITOLO | TAV N° |
|---|---|
| RELAZIONE IDRAULICA | 06 |

COMUNE DI IMPERIA

**PROVINCIA DI IMPERIA**

ECCEZIONALI EVENTI METEO OTTOBRE 2018 OCDPC 558 DEL 15 NOVEMBRE 2018 ANNUALITA' 2021 - DCD 7/2021

# RESILIENZA ED OPERE DI MIGLIORAMENTO E RESILIENZA LUNGOMARE DEL PRINO E PIAZZALE LAMBOGLIA

## ***RELAZIONE IDRAULICA***

## ***SOMMARIO***


**1. INTRODUZIONE....2**

**2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO....2**

**3. SETTORE DI TRAVERSIA GEOGRAFICO....2**

**4. CLIMA METEO MARINO....4**

**5. BATIMETRIA E SEDIMENTOLOGIA....5**

**6. FANEROGAME....5**

**7. LIVELLO DEL MARE....5**

**8. EVOLUZIONE STORICA....6**

**9. IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO....10**

9.1 DIMENSIONAMENTO DELLE MANTELLATE ESTERNE....11

9.2 MASSI UTILIZZATI....11

**10. CONCLUSIONI....12**

# 1. Introduzione

In seguito agli eventi estremi del 2018 e 2019 verificatesi sulla costa ligure, la costa di Imperia in particolare nella zona di Borgo Prino ha subito consistenti danni sia alle scogliere realizzate a protezione dell'abitato, sia al muro di contenimento della passeggiata. Con finanziamento finalizzato all'aumento del livello di resilienza si è deciso di intervenire per aumentare la difesa della passeggiata nel tratto compreso tra il piazzale di Santa Lucia, ed il molo a Levante di Lungomare Cristoforo Colombo. Si è scelta la realizzazione di una difesa di tipo morbido mediante la razionalizzazione delle opere fisse esistenti e la realizzazione di un ripascimento artificiale con ghiaino . Con il ripascimento artificiale si cerca di governare l'energia del moto ondoso spostando verso il largo la linea dei frangenti evitando al contempo la costruzione di quelle opere che, oltre ad essere paesaggisticamente dannose, provocano alte concentrazioni locali di dissipazione di energia, interferendo con la dinamica litoranea.

# 2. Inquadramento geografico

Il tratto costa interessato dai lavori, si presenta pressoché rettilineo, ed è compreso tra i 43°52', - 43°52'30'' di latitudine Nord egli 7°59'30'' e 8°00'30'' di longitudine Est con orientamento di 164 °N.

# 3. Settore di traversia geografico.

Il settore di traversia del paraggio in esame è compreso tra 65°N (Capo Berta) e 235°N (Cap Camarat) con una apertura di circa 170° ed è interessato dai mari provenienti dal I°, II° e III° quadrante.

Il settore è stato suddiviso in sei settori parziali a seconda della direzione di provenienza del moto ondoso, Settore di Libeccio e settore di Levante di ampiezza 40° e i settori di Scirocco e Mezzogiorno di ampiezza 30°:

| **Moto ondoso da:** | **Compreso tra:** | **Fetch[1] (Km)** |
|---|---|---|
| Libeccio | 235°N – 195°N ( 220°) | 863 |
| Mezzogiorno | 195°N – 165°N | 557 |
| Scirocco settore Corso | 165°N – 135°N | 162 |
| Scirocco settore Toscano | 135°N – 105°N (120°) | 300 |
| Levante | 105°N – 65°N | 181 |

Il settore di Libeccio è quello da cui provengono le ondazioni di maggiore entità, traversia principale .

[1] Si definisce Fetch la distanza di mare libero nella direzione di provenienza del moto ondoso.

Vedasi cartina allegata alla pagina successiva.

Per la caratterizzazione del moto ondoso si sono sviluppate le direzioni significative Scirocco provenienza 120°N e Libeccio 220° N

# 4. Clima meteo marino

Per caratterizzare il clima meteomarino, ovvero la definizione in termini di frequenza annuali delle altezze d'onda associate ad ogni direzione del settore di traversia si devono elaborare statisticamente, se disponibili, le registrazioni degli stati di mare effettuate mediante boa ondametrica, se presente nella zona oppure determinare le onde a partire dal regime di vento che caratterizza la zona in esame.

I dati meteo-marini utilizzati provengono dal servizio hindcast del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università degli Studi di Genova (DICCA, www3.dicca.unige.it/meteocean/hindcast.html). L'hindcast fornisce i principali parametri ondametrici sulla base di intervalli orari nell'arco temporale 1979-2019. Tali dati, definiti per tutto il Mar Mediterraneo con una risoluzione pari a circa 10 Km sia in longitudine che in latitudine, hanno già conosciuto ampia validazione (Mentaschi et al., 2013, 2015) e questo rende possibile il loro impiego all'interno delle analisi presentate. Per il presente studio, è stato utilizzato il punto 000390 (Longitudine: 8.1067, Latitudine: 43.8600). Nell'ambito della corrente indagine si sono utilizzati i parametri d'onda riportati in Tabella 1.

| Variabile | Simbolo | Unità di misura |
|---|---|---|
| Altezza signicativa | Hs | [m] |
| Periodo medio | Tm | [s] |
| Periodo di picco | Tp | [s] |
| direzione media di provenienza | θm | [°] latitudine |
| direzione di provenienza al picco | θp | [°] latitudine |

. Gli eventi sono stati modellizzati in funzione dei settori direzionali individuati dal processo di k-means clustering. Per ogni valore sono stati calcolati anche i valori corrispondenti ai livelli inferiori e superiori dell'intervallo di confidenza. Al fine delle simulazioni modellistiche, sono stati considerati i parametri d'onda relativi ai tempi di ritorno, annuale, decennale e cinquantennale (Tabella 2).

| | | Hs [m] | | | Tp [s] (Boccotti) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| θ [ N°] | **Return time [y]** | **Est** | **Lo** | **Up** | **Est.** | **Lo** | **Up** |
| 120 | 1 | 2.57 | 2.50 | 2.63 | 6.83 | 6.75 | 6.91 |
| 120 | 10 | 3.96 | 3.64 | 4.27 | 8.49 | 8.14 | 8.82 |
| 120 | 50 | 5.26 | 4.48 | 6.04 | 9.78 | 9.03 | 10.48 |
| 220 | 1 | 3.77 | 3.70 | 3.83 | 8.28 | 8.20 | 8.35 |
| 220 | 10 | 4.83 | 4.69 | 4.98 | 9.38 | 9.23 | 9.51 |
| 220 | 50 | 5.57 | 5.26 | 5.88 | 10.06 | 9.78 | 10.34 |

*Tabella 1. Parametri d'onda decennali e cinquantennali, calcolati per Libeccio (220 °N) e Scirocco (120 °N). Coordinate punto di estrazione: Longitudine: 8.1067, Latitudine: 43.8600; batimetria: -90 m.*

I dati di partenza son stati utilizzati come dati di input della modellazione numerica realizzata dalla società Geoscape per determinare la propagazione dell'onda verso riva e gli effetti sulle opere ante e post lavori.

Per una analisi dettagliata si rimanda alla relazione sulla modellistica allegata.

## 5. Batimetria e sedimentologia

Prima della progettazione è stato realizzato un rilievo batimetrico single beam della zona oggetto di intervento spinto sino alla batimetrica -12 m, inoltre sono stati prelevati dei campioni di sedimento, si rimanda agli elaborati in allegato per maggiori dettagli.

Il fondale su cui sono state fatte le misure è risultato pressoché sabbioso.

Si rimanda inoltre alla relazione sedimentologica allegata al progetto

## 6. Fanerogame

Dalla tavola delle fanerogame marine, dalla tavola n° 13 del nuovo atlante degli Habitat marini della Liguria che la prateria di posidonia oceanica , nel tratto interessato dai lavori, si trova ad una distanza superiore a 200 metri dalla riva, e quindi è lecito affermare che gli interventi previsti non andranno ad influire sulla vitalità della flora marina esistente.

## 7. Livello del mare.

In tutta Liguria occidentale l'escursione di marea astronomica è modesta, dell'ordine di 0.3 metri; forti depressioni atmosferiche accompagnate da venti provenienti dal II e III

quadrante, possono provocare fenomeni di acqua alta, con sopraelevazione complessiva del livello medio del mare (l.m.m.) anche dell'ordine di 0.5 metri.

## 8. Evoluzione storica.

*Dalla foce del Torrente Prino fino al Borgo, tra il 1850 ed il 1866 la spiaggia aumentava in media di circa 10-15 metri. Nel 1869 sotto il muro della via del Prino v'era ancora una ventina di metri di Arenile, ma poi la retrocessione incominciò minacciosa procedendo sempre più. ( da Le Spiagge della Riviera Ligure CNR 1937)* La realizzazione della linea ferroviaria e le relative opere accessorie di protezione unitamente ai lavori di consolidamento della via Aurelia determinarono l'inizio dei fenomeni erosivi.

Negli anni 1920 gli squilibri sedimentari si acuirono e per evitare il danneggiamento dell'abitato, nel 1921 venne effettuata una gettata di scogli e gabbioni zincati posti a protezione del Borgo. L'intervento non ebbe successo ed infatti nell'ottobre dello stesso anno una mareggiata danneggiò il muro di protezione della strada. Si intervenne allora con la costruzione di un pennello, circa parallelo alla riva, a levante delle abitazioni, ma la struttura non riusciva a trattenere i sedimenti.

Nel periodo successivo alla seconda guerra mondiale perdurava una condizione di equilibrio precario, situazione che verso la fine degli anni 1960 peggiorò ulteriormente . Il mare ormai minacciava la strada litoranea ed il retrostante abitato che , pur essendo difesi da una scogliera aderente erano spesso investiti dalle onde.

L'Amministrazione comunale di Imperia finanziò quindi un progetto di ricostruzione della spiaggia. I lavori interessarono un fronte di circa 700 m etri. Inizialmente venne realizzata sulla sponda sinistra del torrente Prino una discarica cn i detriti provenienti dai lavori di scavo per la realizzazione della Autostrada dei Fiori. Contemporaneamente, fu avviato lo smantellamento del vecchio pennello e di un lembo di scogliera parallela. In sostituzione delle vecchie strutture furono realizzati un nuovo pennello, a levante, e tre "piattaforme-isola" in prossimità delle case del borgo. La prima struttura garantiva un appoggio alla spiaggia ed impediva la dispersione dei sedimenti verso levante; dalle onde. le altre opere avevano la funzione di evitare la perdita di avevano la funzione di evitare la perdita di materiale , favorendone l'accumulo con un effetto Tombolo senza limitare il passaggio dei sedimenti da una cella alla successiva.

Il progetto ebbe successo e si stabilì un nuovo equilibrio grazie anche all'alimentazione proveniente dalle alluvioni del Prino. Dopo un successo iniziale evidenziato da un avanzamento della spiaggia di 15-20 metri, gli interventi furono compromessi da nuove opere. Negli anni 1980, con la chiusura della discarica, il piazzale realizzato con il versamento di inerti venne stabilizzato mediante la realizzazione di una scogliera aderente che privò il litorale di questi apporti sedimentari. La stessa Amministrazione, pensando di migliorare la situazione, realizzò a levante della foce del torrente Prino un lungo molo inclinato che privò la spiaggia anche dei sedimenti provenienti dal corso d'acqua. Questa struttura determinò anche la traslazione dei sedimenti fini presenti sulla spiaggia verso la zona protetta creata dal nuovo molo. La spiaggia arretrò vistosamente e peggiorò anche granulometricamente, diventando ghiaiosa. Anche in questo caso, non comprendendo le reali cause del fenomeno, proseguirono gli interventi che irrigidirono ulteriormente il litorale. Le isole furono trasformate in pennelli, ad eccezione della struttura di ponente, che solo recentemente, nel 2000, è stata collegata a terra. Questi interventi ottennero il solo risultato di frammentare il litorale in tre celle non comunicanti, rendendo praticamente impossibile lo scambio di sedimenti. La situazione, a tutt'oggi, risulta essere particolarmente critica, aggravata anche dalla presenza nella spiaggia sottomarina di una depressione che convoglia verso il largo, disperdendoli in profondità, i sedimenti trasportati dal torrente Prino; questi sedimenti sono spinti all'esterno dall'azione di riflesso determinata dalle strutture presenti in prossimità dell'ex discarica.

Negli ultimi anni Il piazzale è stato ulteriormente ampliato, sia a levante che a ponente; occupando, in quest'ultimo caso, parte della spiaggia protetta dal molo che ormai si protende solo per circa dieci metri. Conseguentemente la spiaggia restante nel primo alveolo, che è direttamente esposta al moto ondoso, è ulteriormente depauperata dall'azione di riflesso del moto ondoso stesso sulle scogliere aderenti poste a protezione della nuova porzione di piazzale. Inoltre, la piattaforma isola già collegata a terra nel 2000 è stata ulteriormente ampliata con la costruzione di un nuovo tratto ricurvo verso levante.

Presumibilmente l'obiettivo che s'intendeva raggiungere con questo intervento è quello di creare, mediante il solito meccanismo, una zona protetta, analoga a quella che era presente nella cella occidentale. Questo ha comportato , la formazione di una spiaggia

sabbiosa nella zona protetta dalla struttura ed il rapido depauperamento del rimanente tratto di litorale.

Inoltre sono state realizzate alcune scogliere parallele sulla spiaggia emersa, strutture riflettenti durante le mareggiate con intensità maggiore, che hanno ulteriormente amplificato il fenomeno.





*Litorale di borgo Prino:*
*prima (foto R.A.F. 1944)*
*e dopo l'intervento di recupero*
*(Regione Liguria - volo 1973)*

## 9. Impostazione del progetto

Come visto nel paragrafo sopra gli interventi effettuati negli ultimi anni hanno reso impossibile l'alimentazione naturale dell'arenile con i sedimenti provenienti dal Torrente Prino, inoltre il susseguirsi di interventi localizzati senza uno studio di insieme ha creato zone a forte erosione.

Il progetto prevede il versamento di Ghiaia con $D_{50}$ = 4 mm oltre alla rivisitazione delle scogliere (ripristinando in parte le strutture originarie) esistenti al fine di rinaturalizzare il più possibile il tratto di costa.

Si prevede il salpamento dei pennelli in corrispondenza delle 2 isole di levante con il materiale recuperato oltre a materiale di cava saranno ampliate le isole esistenti verso il largo ( come indicato nelle tavole progettuali ); al pennello in corrispondenza della isola di ponente, con andamento curvo, sarà raddrizzato utilizzando i massi presenti nella parte inclinata. Si prevede inoltre un ripascimento di circa 50.000 $m^3$ di materiale con $D_{50}$ pari a 4mm. Le isole vengono ampliate in larghezza con diametro di 20 m del piano di berma ed una inclinazione verso il fondo pari a 1/3

Dopo monitoraggio per valutare l'effetto delle lavorazioni si valuterà l'eventuale necessità di allungare il pennello di Levante e di raddrizzare il pennello di Ponente mentre è stata verificata la necessità di una manutenzione della scogliera a protezione del piazzale Lamboglia si prevede il ripristino della sezione originaria della scogliera mediante il versamento di massi di III° categoria ( circa 800 ton )

## 9.1 Dimensionamento delle mantellate esterne

Per il dimensionamento dei massi della mantellata si verifica la stabilità sotto l'azione dell'onda frangente al piede della struttura.

Si utilizza la nota formula di Hudson:

$$P = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{k_d \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_o} - 1\right)^3} \cdot \frac{1}{\operatorname{cotg} \alpha}$$

Dove:

$P$ = peso dei massi in tonnellate

$H$ = altezza d'onda di progetto

$\gamma_s$ = peso specifico dei massi utilizzati

$\gamma_o$ = peso specifico dell'acqua

$\alpha$ = inclinazione della mantellata

$k_d$ = coefficiente numerico tabellato

H = 0,78 X 3,5 l.m.m.m2,73 metri (Mc Cowen + sopraelevazione dovuta all'azione del venti di burrasca)

$\gamma_o$ = 1,03 t/m³

$\gamma_s$ = 2,5 t/m³

cot $\alpha$ = 2

$k_d$ = 2,5

Si ricava P = circa 4 t , massi di III° categoria

Per garantire comunque un grado di sicurezza più elevato si useranno massi di III° e massi di IV ° categoria.

## 9.2 Massi utilizzati

La mantellata verrà realizzata in parte con i massi dei pennelli esistenti, e per le quantità mancanti con massi provenienti dalle cave di Imperia aventi le stesse caratteristiche sia mineralogiche , sia cromatiche di quelli esistenti

## 10.Conclusioni

L'intervento progettato è mirato *esclusivamente* al miglioramento della difesa dello arenile antistante il Borgo Prino agendo in maniera tale da diminuire l'energia del moto ondoso incidente durante le mareggiate più intense oltre a diminuire le correnti in uscita causate per riflesso del moto ondoso sui pennelli esistenti.

Marzo 2022

Il tecnico

- Allegati rilievo batimetro ed analisi granulometriche
- Relazione sedimentologica
- Relazione sulla modellazione numerica