



Regione Toscana  
**Comune di Orbetello (GR)**



**PIANO REGOLATORE PORTUALE  
 DI TALAMONE**  
 Art.86 L.R. 65/2014

Committente Comune di Orbetello Dirigente: Ing. Luca Carretti Responsabile del procedimento: Arch. Francesca Olivi		Progettazione <u>ACQUA</u> <b>TECNO</b> Acquatecno S.r.l. Arch. Vittoria Biego	
---	--	--	--

Titolo elaborato <b>STUDIO DELL'EVOLUZIONE DEL LITORALE</b>	Elaborato A.2185   PRP   R <b>SS4</b> Scala
--	--

Data Marzo 2018	Elaborato Arch. Vittoria Biego Dott.ssa Sara Scrimieri	Controllato Ing. Renato Marconi	Approvato Arch. Vittoria Biego
Revisione      Data			

**Provincia di Grosseto**

**Comune di Orbetello**

**PRP DI TALAMONE  
E CONTESTUALI VARIANTI AL PS E AL RU**

**STUDIO DELL'EVOLUZIONE DEL LITORALE**

COMUNE DI ORBETELLO



Responsabile del Procedimento:  
*Arch. Francesca Olivi*

PROGETTAZIONE

Dirigente: ACQUATECNO S.R.L.  
*Ing. Luca Carretti Arch. Vittoria Biego*

Rev.0

Marzo 2018

---

**Studio dell'evoluzione del litorale**

---

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO E CARATTERISTICHE DEL LITORALE</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Cartografia storica</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Analisi temporale delle variazioni delle linee di riva</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>CALCOLO DELLA LINEA DI RIVA DI EQUILIBRIO</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Il macro modello nella forma cubica di Mita</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Determinazione della linea di riva di equilibrio teorica attuale</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Determinazione delle linea di riva di equilibrio dello scenario di progetto del PRP</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>18</b>

---

**Studio dell'evoluzione del litorale**

---

**1 PREMESSA**

La presente relazione descrive gli effetti indotti dalle nuove opere sull'evoluzione della linea di riva di Talamone. Esso fa parte degli studi specialistici previsti per il Piano Regolatore Portuale (PRP) di Talamone.

Il lavoro descritto è stato svolto da Acquatecno S.r.l. che si è avvalsa della collaborazione della Modiferr s.r.l. di Roma.

Lo studio è stato condotto mediante:

- un inquadramento territoriale dell'unità fisiografica;
- l'analisi delle variazioni delle linee di riva sulla base della cartografia storica del litorale;
- la determinazione con macromodello della linea di riva di equilibrio della spiaggia nella situazione attuale e nella due soluzioni alternative proposte nel PRP di Talamone.

**2 INQUADRAMENTO E CARATTERISTICHE DEL LITORALE**

Il litorale di Talamone, in cui si inserisce il Porto in oggetto, affaccia sul Mar Tirreno in corrispondenza dell'arcipelago Toscano. Il litorale è soggetto alle onde provenienti da uno stretto braccio di mare che traguarda nel III° quadrante l'isola del Giglio e il promontorio dell'Argentario e nel IV° quadrante il tombolo della Giannella e le spiagge di Albinia (vedi Figura 1).

L'unità fisiografica lunga circa 2100 m si estende dal porto di Talamone ad ovest alla punta dell'idrovora di Fonteblanda ed est (vedi Figura 2).

Lungo il litorale si distinguono due spiagge, una ad ovest, soggetta alle onde del IV° quadrante, ed una ad est, soggetta principalmente dalle onde del III° quadrante.

Lungo il litorale sono presenti arginature per contenere il moto ondoso. Attualmente le due spiagge sono separate da un tratto in cui la linea di riva arriva fino agli argini.

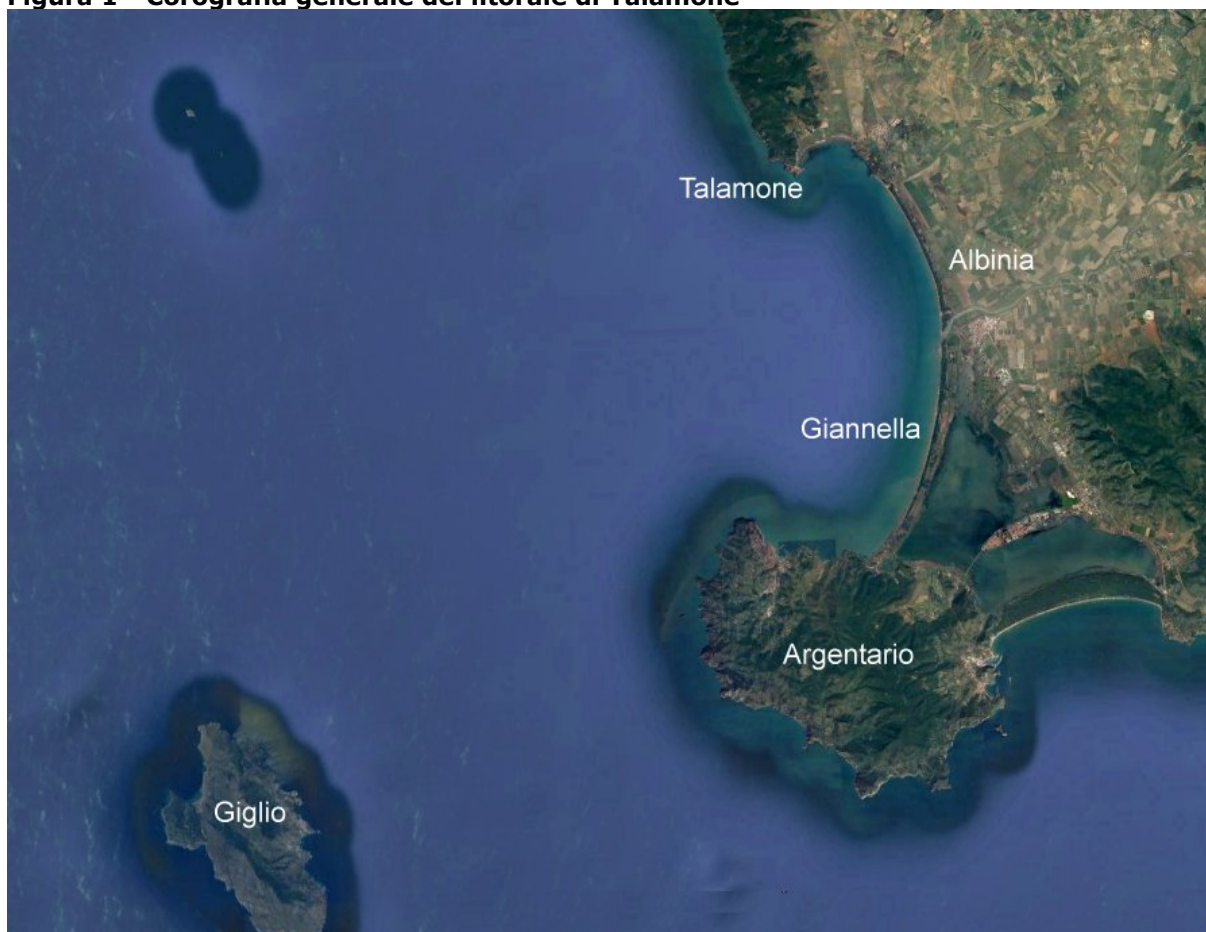
Sulla battigia affiorano, in lunghi tratti, prevalentemente limi e argille e solo in alcune zone è presente sabbia.

I canali di bonifica che sfociano lungo la spiaggia di Talamone e Fonteblanda hanno un regime di piena regolato da aree di esondazione. Il Collettore occidentale attualmente sfocia nel porto di Talamone mentre gli altri collettori alla foce sono regolati da idrovore. Ne consegue che gli apporti solidi grossolani provenienti dall'entroterra lungo la spiaggia di Talamone e di Fonteblanda sono trascurabili.

Per il Collettore occidentale non esistono stazioni di misura del trasporto solido. Gli studi effettuati hanno messo in evidenza che i sedimenti depositati sono costituiti essenzialmente da materiale argilloso che, trascinato dalla corrente del Collettore, sedimenta nel bacino portuale.

**Studio dell'evoluzione del litorale**

**Figura 1 - Corografia generale del litorale di Talamone**



*Fonte Google earth*

**Figura 2 - Unità fisiografica del litorale oggetto di studio**



*Fonte Google earth aerofoto 2017*

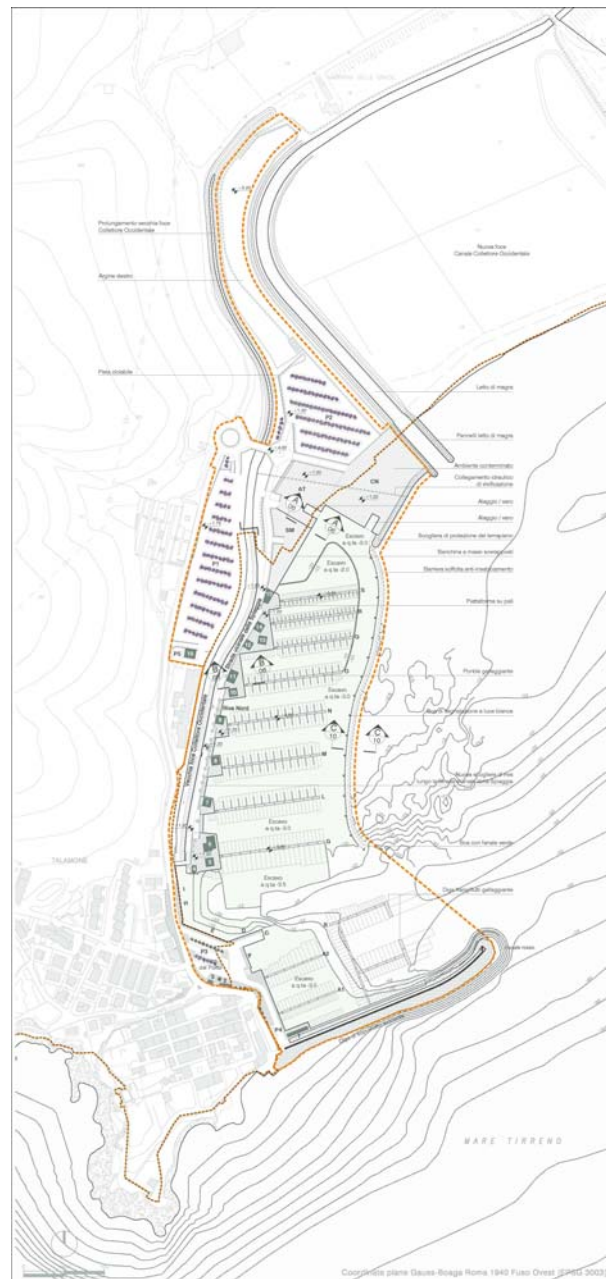


**Studio dell'evoluzione del litorale**

La soluzione progettuale del PRP di Talamone prevede le seguenti opere a mare (vedi Figura 3):

1. la realizzazione dell'armatura di foce del Collettore Occidentale ad est del Porto con due pennelli di circa 70 m di lunghezza fino a raggiungere profondità di 0,5 m s.l.m.m. che delimiterà ad ovest la spiaggia;
2. la realizzazione di una scogliera di protezione del terrapieno che si collega alla testata del pennello occidentale della nuova foce del Collettore occidentale che non influenza la spiaggia ad est della foce dello stesso Collettore;
3. la realizzazione di una scogliera soffolta antinsabbiamento a protezione di pontili del porto che si collega alla scogliera di protezione del terrapieno e non influenza la spiaggia ad est della foce dello stesso Collettore.

**Figura 3 - Soluzione di progetto del PRP di Talamone**



**Studio dell'evoluzione del litorale****2.1 Cartografia storica**

L'obiettivo principale della ricerca della cartografia risiede nella ricostruzione storica dell'evoluzione della linea di riva e nel censimento storico delle opere marittime presenti lungo il litorale in esame. Questi elementi costituiscono infatti, insieme ai dati sugli apporti solidi fluviali, i dati oggettivi di base necessari per la comprensione della morfodinamica litoranea.

Lo Studio degli effetti indotti dalle nuove opere sul regime delle correnti e sul trasporto solido è stato basato sulle Carte delle linee di riva della Regione Toscana del 1986, la linea di riva del 1996 riportata sulla CTR e i dati di rilevamenti eseguiti a terra con la correzione della marea del 2002 e 2010.

Nel periodo più recente lungo l'unità fisiografica in esame sono disponibili delle aerofoto del Portale cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare dal 1988 al 2012 in particolare:

- immagini aerofotogrammetriche del 1988;
- immagini aerofotogrammetriche del 1994;
- immagini aerofotogrammetriche del 2000;
- immagini aerofotogrammetriche del 2006;
- immagini aerofotogrammetriche del 2012.

Malgrado non sia stato possibile effettuare su tali immagini una correzione di marea e malgrado la presenza della posidonia spiaggiata depositatasi dal moto ondoso sulla riva non consenta l'esatta individuazione della linea di riva, tali immagini hanno permesso di trarre indicazioni sulla posizione della linea di riva nel periodo più recente ad intervalli di 6 anni dal 1988 al 2012.

**Figura 4 - Litorale di Talamone e Fonteblanda – anno 1988**

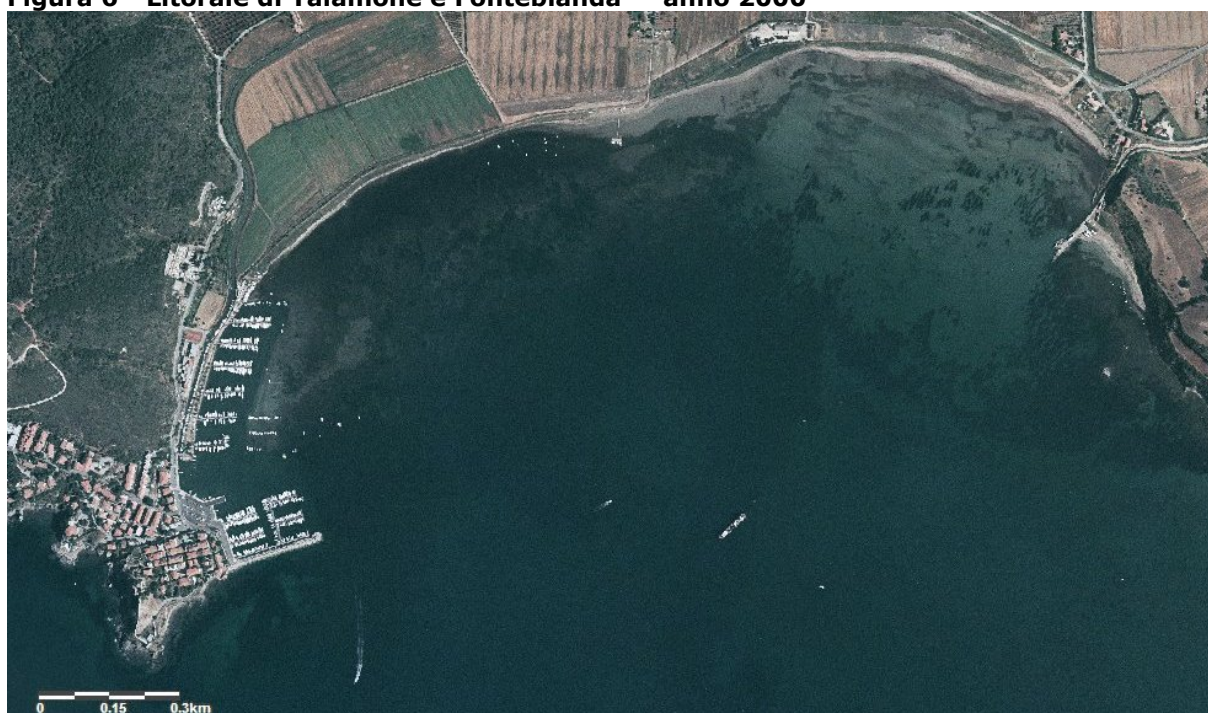


Studio dell'evoluzione del litorale

**Figura 5 - Litorale di Talamone e Fonteblanda - anno 1994**



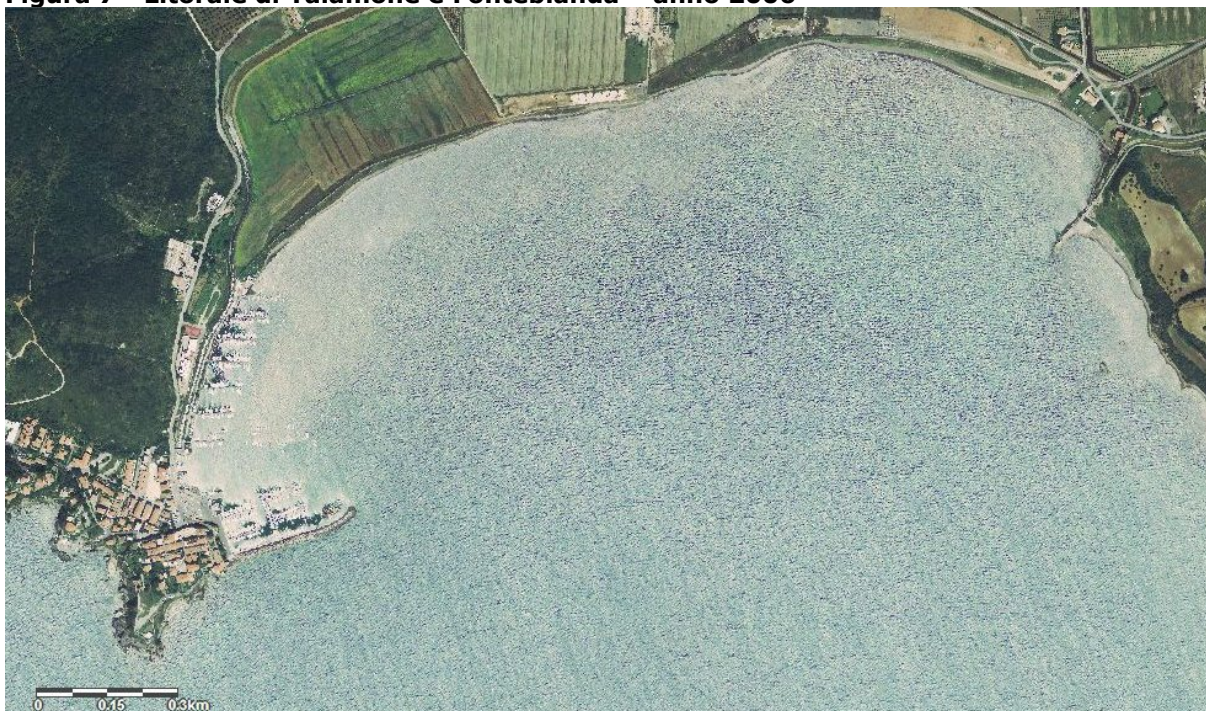
**Figura 6 - Litorale di Talamone e Fonteblanda - anno 2000**





Studio dell'evoluzione del litorale

**Figura 7 - Litorale di Talamone e Fonteblanda – anno 2006**



**Figura 8 - Litorale di Talamone e Fonteblanda – anno 2012**



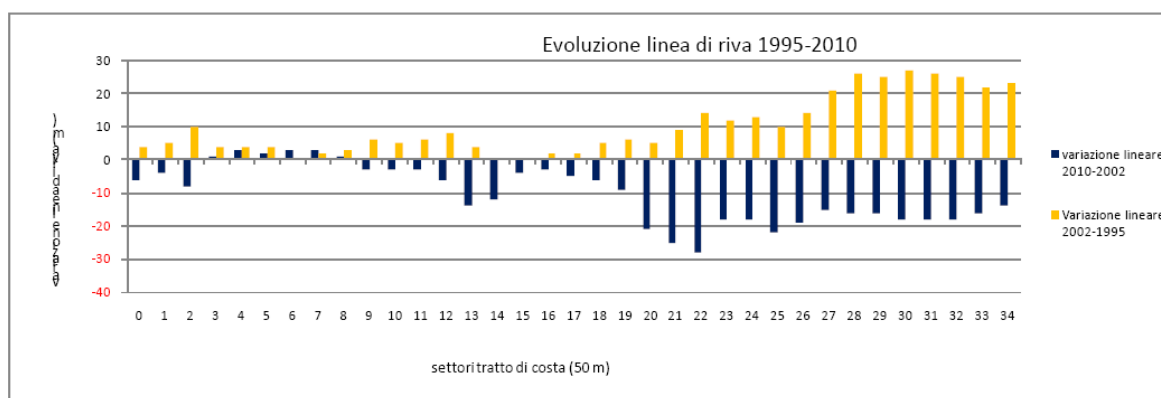
**Studio dell'evoluzione del litorale**

**2.2 Analisi temporale delle variazioni delle linee di riva**

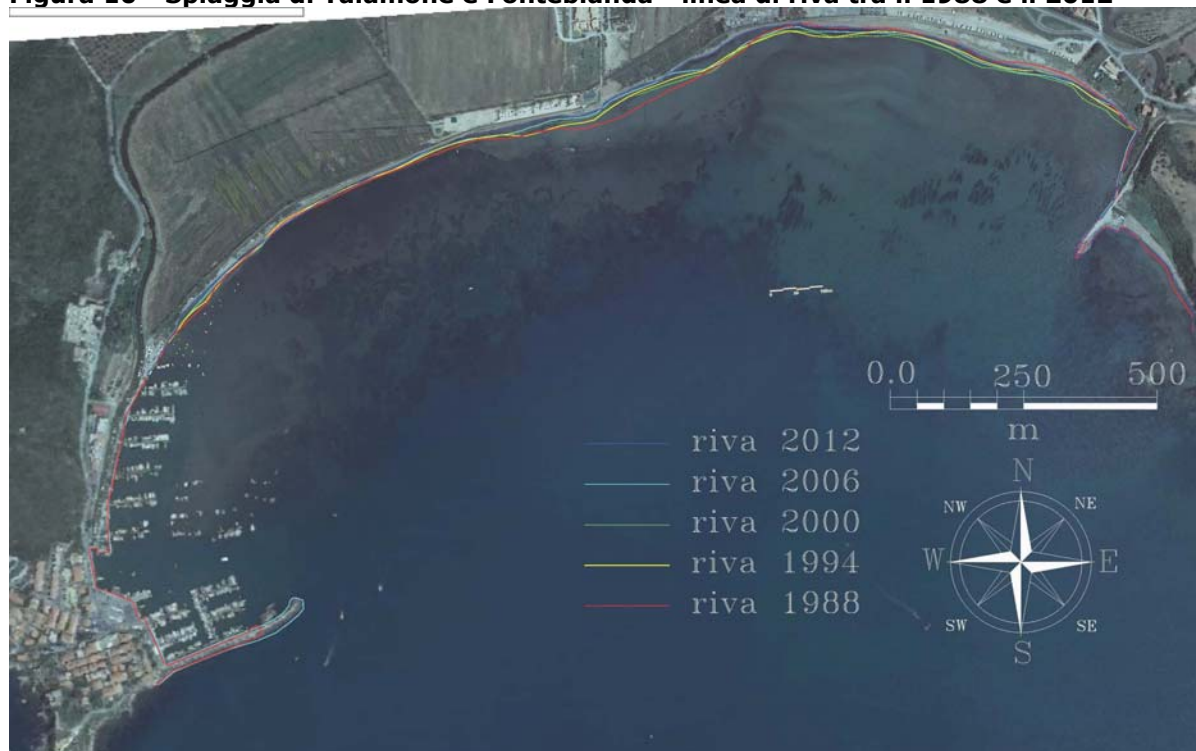
La disponibilità dei dati cartografici ha consentito l'analisi dell'evoluzione storica secondo una procedura diacronica per la valutazione oggettiva dei valori di avanzamento o arretramento dal 1995 al 2010.

Nella figura seguente si riporta per semplicità di lettura il risultato dell'analisi dell'evoluzione storica della linea di riva della spiaggia di Talamone (settore occidentale) e di Fonteblanda (settore orientale). Dalla figura risulta evidente come la spiaggia di Talamone posta ad occidente nonostante abbia subito nel tempo piccole variazioni, possa considerarsi stabile, diversamente dalla spiaggia di Fonteblanda ad est che risulta meno stabile.

**Figura 9 - Spiaggia di Talamone e Fonteblanda - Evoluzione della linea di riva tra il 1995 e il 2010**



**Figura 10 - Spiaggia di Talamone e Fonteblanda - linea di riva tra il 1988 e il 2012**



---

**Studio dell'evoluzione del litorale**

---

La stabilità della spiaggia di Talamone si rileva anche dal confronto delle linee di riva tracciate sulle immagini aerofotogrammetriche sopra riportate del periodo tra il 1998 e il 2012 del Portale Cartografico Nazionale. Tale confronto è riportato nella figura precedente sull'aerofoto del 2012. Dalla figura si evince anche che tra il 2000 ed il 2006 è stato prolungato il molo di sopraflutto del porto di Talamone e tale modifica non ha provocato modifiche alla spiaggia.

### **3 CALCOLO DELLA LINEA DI RIVA DI EQUILIBRIO**

In linea generale, nel presente capitolo viene analizzato il problema relativo all'impatto della presenza delle opere esterne previste in progetto sulla linea di riva delle spiagge poste ad est del porto.

Le modifiche della posizione della linea di riva possono essere dovute sia fenomeni di trasporto solido trasversale che a fenomeni di trasporto solido longitudinale. I primi in genere producono una migrazione verso il largo dei sedimenti più fini con depauperamento del sedime costiero. Nel caso in cui essi non vengano integrati dagli apporti solidi provenienti dall'entroterra attraverso i corpi idrici che sfociano lungo l'unità fisiografica nel tempo, si produce l'arretramento della linea di riva. Il trasporto solido longitudinale invece comporta lo spostamento del materiale sedimentario della spiaggia sommersa lungo il litorale e a meno che non risulti costante lungo tutto il litorale, produce accumuli ed erosioni di materiale nelle zone in cui tale trasporto si riduce o aumenta. Nel caso in cui lungo una spiaggia non è presente un trasporto solido longitudinale la spiaggia viene detta in equilibrio statico, nel caso in cui il trasporto solido longitudinale risulta costante lungo una spiaggia questa viene detta in equilibrio dinamico. Infine se il trasporto solido longitudinale non è costante lungo la spiaggia questa risulta essere in evoluzione.

La realizzazione di opere esterne portuali in genere determina un cambiamento delle correnti longitudinali anche sulle spiagge in equilibrio, come quella in esame, determinando in un periodo transitorio l'evoluzione del litorale fino al raggiungimento di una nuova posizione di equilibrio.

La durata di tale periodo transitorio risulta essere tanto più lunga quanto maggiori sono le dimensioni delle opere ovvero quanto più le opere si spingono verso gli alti fondali e quanto meno mobile risulta il sedimento ed è valutato nell'ordine degli anni.

Per la spiaggia in esame, ad oggi, si è riconosciuta una condizione di sostanziale equilibrio, con apporti solidi dall'entroterra trascurabili. Considerando che la spiaggia pelitica è caratterizzata da un sedimento molto mobile e le opere esterne previste in progetto poste su bassi fondali (0,5 m s.l.m.m.), la durata del transitorio per il raggiungimento della nuova conformazione di equilibrio sarà breve.

Lo studio dell'evoluzione del litorale a medio termine, ovvero durante il periodo transitorio di evoluzione, attualmente viene effettuato utilizzando modelli a una linea. Tali modelli sono validi per spiagge psammatiche formate da sedimenti non coesivi di ciottoli e ghiaie (dimensioni dei grani tra 25 mm e 2 mm) o psammatiche formate da sedimenti non coesivi sabbiosi (dimensioni dei grani tra 2 mm e 0,062 mm). Per la spiaggia pelitiche formate da sedimenti coesivi limosi e argillosi, come quella in esame, tali modelli non sono applicabili.

**Studio dell'evoluzione del litorale**

La forma delle spiagge psefitiche, psammatiche e pelitiche in equilibrio possono essere invece studiate con macromodelli. Tali modelli consentono, infatti, di determinare per le spiagge in equilibrio statico o dinamico, indipendentemente dalle dimensioni dei sedimenti che le costituiscono, la forma assunta dalla spiaggia a lungo termine dopo il periodo transitorio.

Per valutare la posizione della linea di riva a lungo termine nei diversi scenari si è fatto riferimento al macro modello di Silvester e Hsu nell'espressione cubica di Mita (2010).

**3.1 Il macro modello nella forma cubica di Mita**

A partire dalle osservazioni di Krumbein (1947) che le baie in equilibrio statico (senza trasporto solido longitudinale) assumono una forma planimetrica caratteristica per cui le onde incidenti predominanti propagandosi sul fondale, per effetto della diffrazione, rifrazione e shoaling, raggiungono le condizioni di frangimento nello stesso tempo lungo l'intera linea di riva, molti autori negli ultimi 40 anni hanno tentato di esprimere con semplici formule la forma planimetrica di queste baie.

**Silvester (1970) sulla base dell'osservazione di molte spiagge australiane ha trovato che le baie in equilibrio statico assumono una forma planimetrica che dipende solo dalla direzione delle onde incidenti predominanti, dalla posizione dell'estremità della baia (fuoco di diffrazione F) e dalla posizione del punto Po (punto di controllo) definito come il punto in cui la linea di spiaggia è parallela alle linee delle creste d'onda (vedi**

Figura 11).

L'influenza dell'altezza e del periodo d'onda, delle maree e delle caratteristiche del sedimento sembrano essere secondari, come hanno confermato diversi autori.

**Silvester (1970) notò inoltre che anche l'intaccatura "a" della spiaggia, cioè la distanza tra la linea di controllo (retta congiungente il fuoco ed il punto di controllo) e la tangente alla baia ed essa parallela, dipende dagli stessi parametri da cui dipende la forma planimetrica (vedi**

Figura 11).

In coordinate polari, con il centro coincidente con il fuoco di diffrazione F e origine degli angoli nella direzione delle creste d'onda incidente predominante, la posizione di ogni punto P lungo la baia è definito da:

la distanza R tra il fuoco di diffrazione F ed il punto P;

1. l'angolo  $\theta$  tra la direzione delle creste delle onde incidenti predominanti e la linea che congiunge il fuoco di diffrazione F ed il punto P.

**Il punto di controllo Po è individuato dalla distanza Ro e dall'angolo  $\beta$  (vedi**

2. Figura 11).

Silvester ha proposto di esprimere la funzione in coordinate polari:

$$R/R_o = f(\beta, \theta)$$

con una spirale logaritmica, successivamente Hsu and Evans (1989) hanno proposto un'espressione polinomiale del secondo ordine nella variabile  $\beta/\theta$  e coefficienti funzione di  $\beta$ .

Infine Mita (2010) ha proposto un'espressione polinomiale del terzo ordine nella variabile  $\beta/\theta$ , e coefficienti funzione di  $\beta$ , più corretta dal punto di vista matematico e più facilmente applicabile dal punto di vista ingegneristico rispetto alle precedenti:

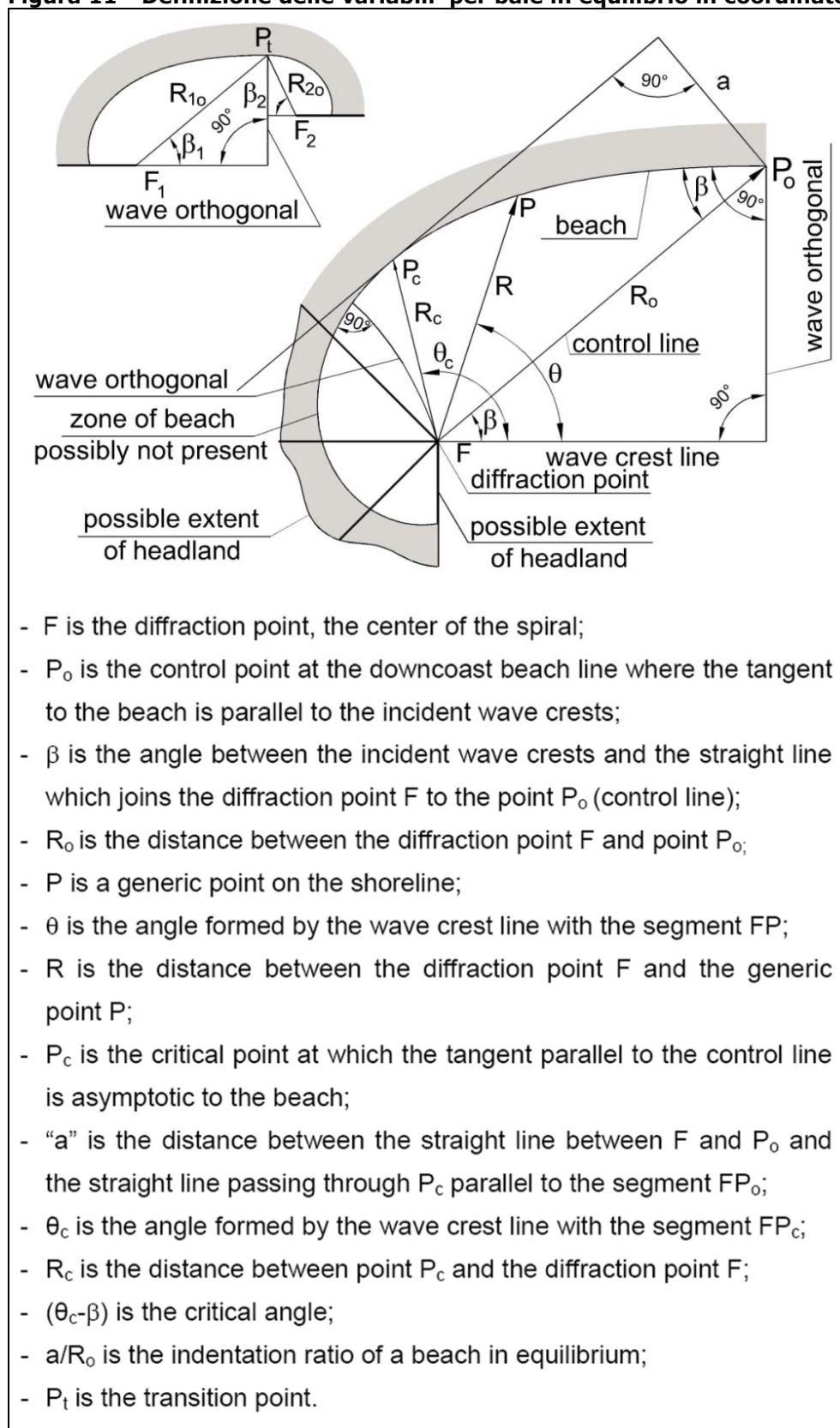
$$R/R_o = f(\beta/\theta) = C_0 + C_1(\beta/\theta) + C_2(\beta/\theta)^2 + C_3(\beta/\theta)^3$$



Studio dell'evoluzione del litorale

L'espressione dei 4 coefficienti proposti da Mita è riportata nella Figura 12.

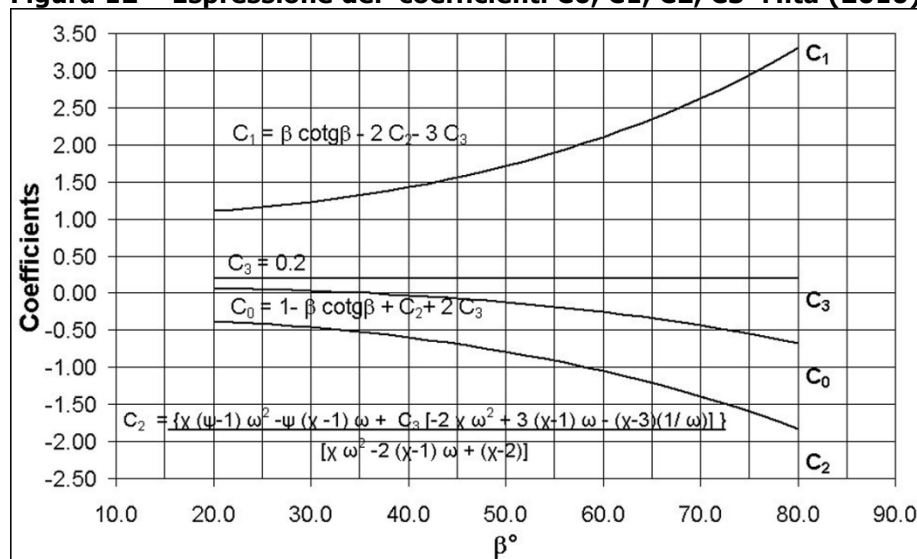
**Figura 11 - Definizione delle variabili per baie in equilibrio in coordinate polari**



Studio dell'evoluzione del litorale

Fonte M. Mita 2010 - ASCE 'New Relationships for Equilibrium Shaped Bays', J. Wtrwy., Port, Coast., and Oc. Engrg., ASCE, 1136(4): 238-245

**Figura 12 – Espressione dei coefficienti C0, C1, C2, C3 Mita (2010)**



Fonte M. Mita 2010 - ASCE 'New Relationships for Equilibrium Shaped Bays', J. Wtrwy., Port, Coast., and Oc. Engrg., ASCE, 1136(4): 238-245

### 3.2 Determinazione della linea di riva di equilibrio teorica attuale

Per determinare la linea di riva di equilibrio con il macromodello è necessario individuare la direzione delle onde incidenti, il fuoco di diffrazione, il punto di controllo Po ovvero l'angolo  $\beta$ .

Per la spiaggia occidentale dell'unità fisiografica risulta ben distinto il fuoco di diffrazione F individuato dalla testa del molo di sopraflutto del porto.

Per individuare il punto Po in genere si ricorre al tracciamento di diverse linee di equilibrio relativi a diversi punti di controllo Po sulla linea di riva reale della spiaggia, scegliendo quello che determina la linea teorica di equilibrio con scarto quadratico medio minore rispetto ai punti della linea di riva reale. Tale metodologia presuppone la conoscenza della direzione delle onde incidenti.

Nel caso in esame la direzione delle onde incidenti la spiaggia occidentale dell'unità fisiografica è la direzione della risultante del flusso energetico del moto ondoso proveniente dal IV quadrante.

I dati meteomarini utilizzati nel presente studio non consentono di determinare tale risultante proveniente dallo stretto settore di mare delimitato dal promontorio dell'Argentario e dalle spiagge della Giannella e di Albinia. Si è pertanto ipotizzato che la direzione risultante provenga da un settore di  $10^\circ$  compreso tra  $168^\circ N$  e  $158^\circ N$  (vedi Figura 13).

Per ogni direzione di provenienza con passo  $1^\circ$  si sono tracciate diverse curve teoriche di equilibrio del macromodello di Mita (2010) con diversi punti di controllo sulla spiaggia reale. A titolo di esempio nella Figura 13 sono riportate le linee di controllo utilizzate per la direzione dell'onda incidente di  $165^\circ N$ . Per ogni direzione è stata quindi determinata la linea teorica di equilibrio con scarto quadratico medio minore rispetto ai punti della linea di riva reale. E' risultato che la direzione dell'onda incidente che determina la linea teorica di equilibrio con scarto quadratico medio minore rispetto ai punti della linea di riva reale è quella di  $165^\circ N$ .

**Studio dell'evoluzione del litorale**

Nella Figura 13 per la direzione di 165°N sono riportate le linee di controllo con passo 1° utilizzate per determinare le linee di equilibrio teoriche. In particolare per la direzione di 165°N sono stati utilizzati valori dell'angolo  $\beta$  compresi tra 47° e 56°.

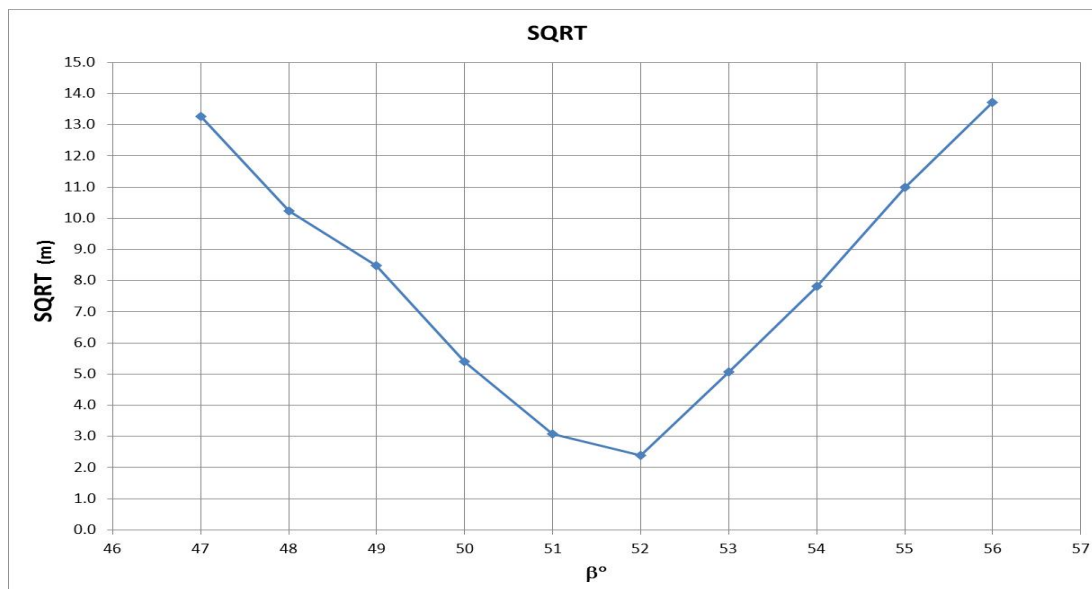
Nella Figura 14 sono riportati i valori dello scarto quadratico medio (SQRT) tra la curva teorica e la linea di riva del 2012 per la direzione dell'onda incidente di 165°N per diversi angoli  $\beta$ .

Nella Tabella 1 sono riportati i valori numerici del raggio  $R_0$  e dello SQRT per diversi angoli  $\beta$  per la direzione dell'onda incidente di 165°N.

**Figura 13 – Direzioni d'onda e linee di controllo per il tracciamento delle linee di riva teoriche del macromodello su aerofoto del 2012 e curve batimetriche**



**Figura 14 – Valori di SQRT per diversi angoli  $\beta$  per le onde incidenti di 165°N**



**Studio dell'evoluzione del litorale**

E' risultato che il valore minimo di SQRT pari a 2,4m (vedi Figura 14) si ottiene per l'angolo  $\beta$  di 52°. In Figura 15 è riportata la linea di equilibrio della spiaggia di Talamone. Essa è compresa tra il punto Po ed il punto P1 che formano con il fuoco F1 angoli rispettivamente  $\theta$  di 52° e 98° con la direzione delle creste d'onda. Ad ovest del punto P1, ovvero per angoli  $\theta > 98^\circ$ , attualmente non è più presente la spiaggia, ma le infrastrutture portuali. Tale linea si approssima bene alla linea di riva dell'aerofoto del 2012 riportata in rosso nella stessa figura. Si conclude che tale spiaggia attualmente risulta in equilibrio statico.

**Tabella 1 – Valori di Ro e SQRT per diversi angoli per le onde incidenti di 165°N**

$\beta$	°	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
<b>Ro</b>	<b>m</b>	1029.8	1014.9	998.7	985.2	971.6	958.2	947.0	934.8	923.5	911.9
<b>SQR</b>	<b>T</b>	13.3	10.2	8.5	5.4	3.1	2.4	5.1	7.8	11.0	13.7

**Figura 15 – Linea di equilibrio della spiaggia di Talamone nella scenario attuale**



**Studio dell'evoluzione del litorale**

### 3.3 Determinazione delle linea di riva di equilibrio dello scenario di progetto del PRP

Lo schema dello scenario di progetto del PRP di Talamone è riportato in Figura 3. Le opere marittime introdotte nello scenario di progetto che determinano modifiche della linea di riva delle spiagge poste ad est sono quelle relative all'armatura della foce del Collettore Occidentale, che delimitano a est le infrastrutture del nuovo porto di Talamone

Congiungendo il fuoco di diffrazione F1 della testata del molo di sopraflutto del porto di Talamone con l'estremità F2 del pennello orientale della nuova foce del Collettore Occidentale si individua il tratto di spiaggia in cui il moto ondoso non è influenzato dalla presenza di tali opere, ovvero il tratto Po P2 traguardato dalle direzioni  $52^\circ \leq \theta \leq 79^\circ$  rispetto alla direzione delle creste d'onda incidenti (vedi Figura 16). Il tratto P2 P3 tende ad assumere una configurazione di equilibrio

---

**Studio dell'evoluzione del litorale**

---

dettato dal fuoco F2, essendo P3 è un punto posto lungo il pennello orientale della nuova foce del Collettore Occidentale.

Nell'ipotesi in cui il tratto di spiaggia Po P2 rimanga nella posizione attuale, la linea di equilibrio della spiaggia ad occidente del punto P2 ottenuta dal macromodello è riportata nella Figura 16.

Il tratto di spiaggia di circa 50 m di lunghezza compreso tra il punto P3 ed il punto P2 risulterebbe avanzato rispetto alla posizione della riva attuale con valori massimi di circa 12 m in corrispondenza del punto P3.

Affinché tali ipotesi possano essere valide è necessario realizzare artificialmente tali avanzamenti mediante l'asporto di sedimenti, altrimenti il riparo generato dai pennelli d'armatura nei confronti del moto ondoso determinerebbe la migrazione del sedimento da est verso ovest, con arretramento del punto P2 rispetto alla situazione attuale.

In ogni caso vista la modesta entità dell'avanzamento calcolato nel tratto P3P2 e la modesta lunghezza del tratto stesso, gli arretramenti che si registrerebbero nel tratto PoP2 risultano di modesta entità e poco percettibili.

**Figura 16 - Linea di equilibrio della spiaggia di Talamone nello scenario di progetto**

**Studio dell'evoluzione del litorale**



## 4 CONCLUSIONI

L'analisi eseguita ha consentito di trarre le seguenti conclusioni:

- la spiaggia occidentale dell'unità fisiografica compresa tra il porto di Talamone e la punta delle idrovore di Fonteblanda è sostanzialmente in equilibrio dal punto di vista morfodinamico;
- la coppia dei valori angolari:  $\alpha$  direzione dell'onda incidente e  $\beta$  angolo formato dalla direzione delle creste d'onda e la congiungente del fuoco di diffrazione F1 costituito dalla testata del molo di sopraflutto del porto di Talamone con il punto di controllo Po sulla linea di riva, che determina il valore minimo dello scarto quadratico medio tra i punti della linea di riva teorica in equilibrio e la linea di riva dell'aerofoto del 2012 del portale cartografico del MATM è pari a:  $\alpha=165^\circ\text{N}$  e  $\beta =52^\circ$ ;
- attualmente la spiaggia è presente tra il punto Po e il punto P1, secondo angoli  $51^\circ\leq\theta\leq 98^\circ$  formati dalla congiungente del fuoco di diffrazione F1 con i punti della linea di riva e la direzione delle creste d'onda;
- ad ovest del punto P1 sono presenti le infrastrutture del Porto di Talamone, secondo angoli  $98^\circ\leq\theta\leq 270^\circ$ ;
- la curva teorica di equilibrio approssima bene la linea di costa del 2012 tra il punto Po ed il punto P1;
- le opere della nuova foce del Collettore Occidentale non influiscono sul tratto di spiaggia PoP2 secondo gli angoli  $52^\circ\leq\theta\leq 79^\circ$ , essendo P2 il punto sulla linea di riva traguardato dal fuoco di diffrazione F1 per la testata F2 del pennello orientale della nuova foce del Collettore Occidentale;
- la nuova foce del Collettore Occidentale influenza solamente un piccolo tratto di spiaggia ad est del punto P2 di circa 50 m di lunghezza, compresa tra il punto P2 ed il punto P3 posto in corrispondenza del pennello orientale della nuova foce del Collettore occidentale;
- a ovest della foce del Collettore Occidentale saranno presenti le nuove opere del porto di Talamone;
- la linea di equilibrio nel tratto P3P2 ad est della nuova foce del Collettore Occidentale risulta avanzata rispetto alla posizione attuale della linea di riva, con valore massimo di 12 m in corrispondenza del pennello orientale della nuova foce;
- per mitigare tali avanzamenti è consigliabile realizzare artificialmente la forma di equilibrio della spiaggia per evitare migrazione di sedimento da est verso ovest;
- vista la modesta entità dell'avanzamento da realizzare nel tratto P3P2 e la modesta lunghezza del tratto stesso, gli arretramenti che si registrerebbero nel tratto PoP2 in assenza di un ripascimento artificiale risulterebbero di modesta entità e poco percettibili;
- la spiaggia ad est del pennello orientale della nuova foce del Collettore Occidentale potrebbe beneficiare degli apporti solidi più grossolani provenienti dalla foce; infatti tali sedimenti depositati in corrispondenza dello sbocco a mare verrebbero spinti dal moto ondoso frangente a riparo del pennello che ne favorirebbe la sedimentazione;



---

**Studio dell'evoluzione del litorale**

---

- il materiale fino che invece tenderebbe a rimanere in sospensione e a depositarsi su fondali più profondi per effetto della diffrazione intorno al molo di sopraflutto del porto di Talamone tenderebbero a depositarsi a riparo dello stesso molo in corrispondenza del porto;
- i sedimenti più fini provenienti dalla foce del Collettore Occidentale inoltre difficilmente tenderebbero a migrare verso est, in quanto non si determinano in prossimità della stessa foce gradienti idrodinamici diretti verso est che spingerebbero il sedimento in sospensione verso la spiaggia occidentale.