

REGIONE CAMPANIA

PROVINCIA DI SALERNO



COMUNE DI CETARA

ADEGUAMENTO E AMPLIAMENTO DEL MOLO DI SOTTOFLUTTO FUNZIONALE ALLE ATTIVITA' MERCATALI DELLA PESCA ED AL TRASPORTO PUBBLICO MARITTIMO

PROGETTO ESECUTIVO



Codice elaborato:

R.4

Titolo elaborato:

**Relazione Specialistica: Studio agitazione
interna al bacino portuale**

Scala:

Data:

GIUGNO 2021

R. T. P.:

S.A.I.L. - Studio Associato d'Ingegneria Linguiti

Dott. ing. Fabio Linguiti
Dott. ing. Antonio Fabozzi

Capogruppo/Mandatario

Dott. ing. Francesco Sarnicola

Mandante

Dott. ing. Antonio Giuseppe Volpe

Mandante

Dott. geol. Federico Tarallo

Mandante

Rif.	Data	DESCRIZIONE	



COMUNE DI CETARA

ADEGUAMENTO INFRASTRUTTURALE E REALIZZAZIONE DI LOCALI PER ATTIVITA' DI ESPOSIZIONE E VENDITA DEL PESCATO NEL MOLO DI SOTTOFLUTTO

Progetto Esecutivo : R.4 - Relazione Specialistica: Studio agitazione interna al bacino portuale

INDICE

1	L'ESPOSIZIONE DEL BACINO PORTUALE DI CETARA AL MOTO ONDOSO INCIDENTE SULLE OPERE DI DIFESA ESTERNA.	2
2	LE OPERE DI PROGETTO RISPETTO AI FENOMENI DI AGITAZIONE INTERNA.	5
3	VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI AGITAZIONE ALL'INTERNO DEL BACINO PORTUALE ALLO STATO ATTUALE E NELLA CONFIGURAZIONE INTERMEDIA E QUELLA FINALE DI PROGETTO.	6
4	CONCLUSIONI	14

PREMESSA

Il presente studio è finalizzato a caratterizzare l'intensità dell'agitazione interna al porto di Cetara, pertanto nella prima parte si riesamina l'esposizione del bacino rispetto alle direzioni di provenienza e propagazione del moto ondoso, allo scopo di definire gli scenari climatici da verificare con simulazioni del fenomeno di propagazione interna al bacino portuale tramite modello matematico.

1 L'ESPOSIZIONE DEL BACINO PORTUALE DI CETARA AL MOTO ONDOSO INCIDENTE SULLE OPERE DI DIFESA ESTERNA.

Come già rappresentato nello studio meteo marino, il porto di Cetara è esposto ad un settore di traversia di largo delimitato dalle direzioni 255°N (P.ta Tragara – Capri - Na) e 55°N (Salerno Porto), all'interno del quale si distingue una traversia principale, 255°N - 160°N (P.ta Licosa - SA), ed una traversia secondaria, meno esposta rispetto alla principale e delimitata dal settore compreso tra 160°N - 55°N , che si sviluppa per intero all'interno del Golfo di Salerno. In prossimità della costa il settore si restringe, infatti, in corrispondenza della testata del molo sopraflutto del Porto di Cetara, il settore viene delimitato tra le direzioni 216°N (T.re d'Erchie – SA) - 55°N , all'interno del quale la traversia principale è compresa tra le direzioni 216°N - 160°N e la traversia secondaria è delimitata dal settore compreso tra 160°N - 55°N .

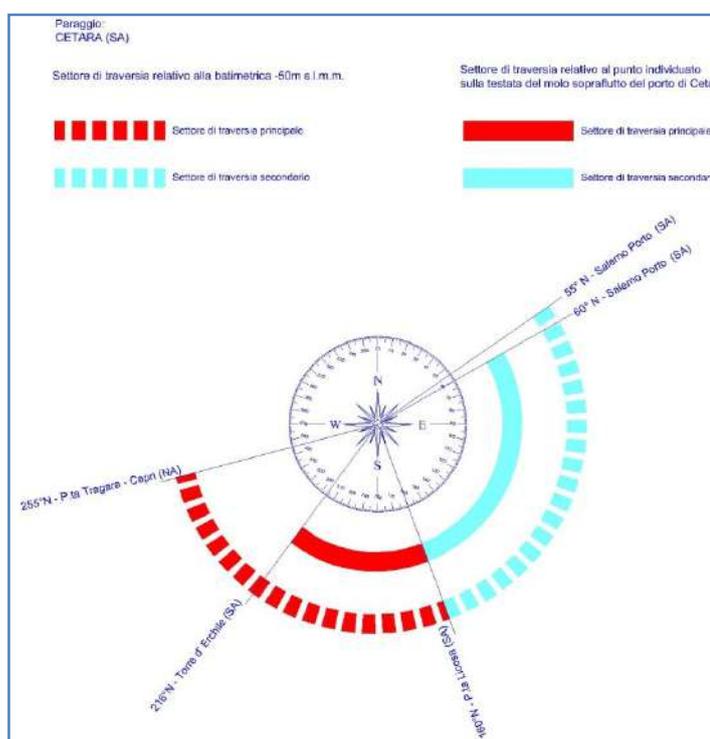


Figura 1- Settore di traversia

La seguente Figura 2, tratta dallo studio meteo marino, documenta il clima ondoso trasposto a largo di Cetara. All'interno della traversia principale di distinguono un settore 230-260°N con provenienza OSO in cui le mareggiate sono particolarmente intense con valori misurati fino oltre i 6.0 m, e uno di provenienza SSO definito dalle direzioni 180-230°N caratterizzato a largo da mareggiate meno intense, con valori storici dell'ordine dei 3.5 m.

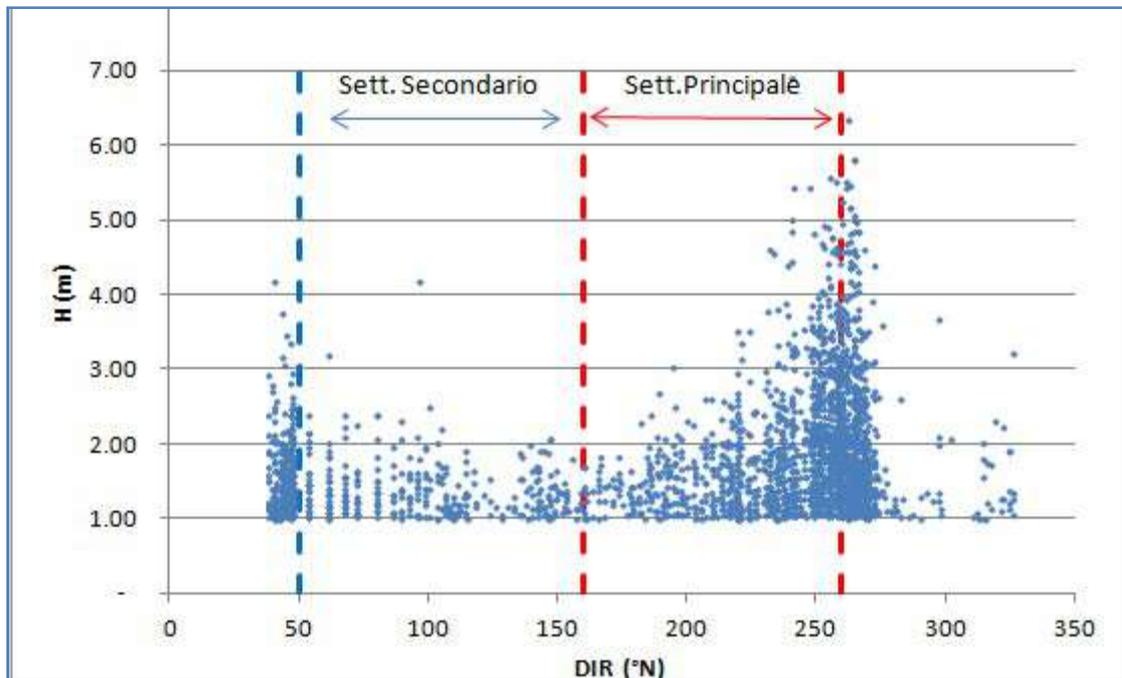


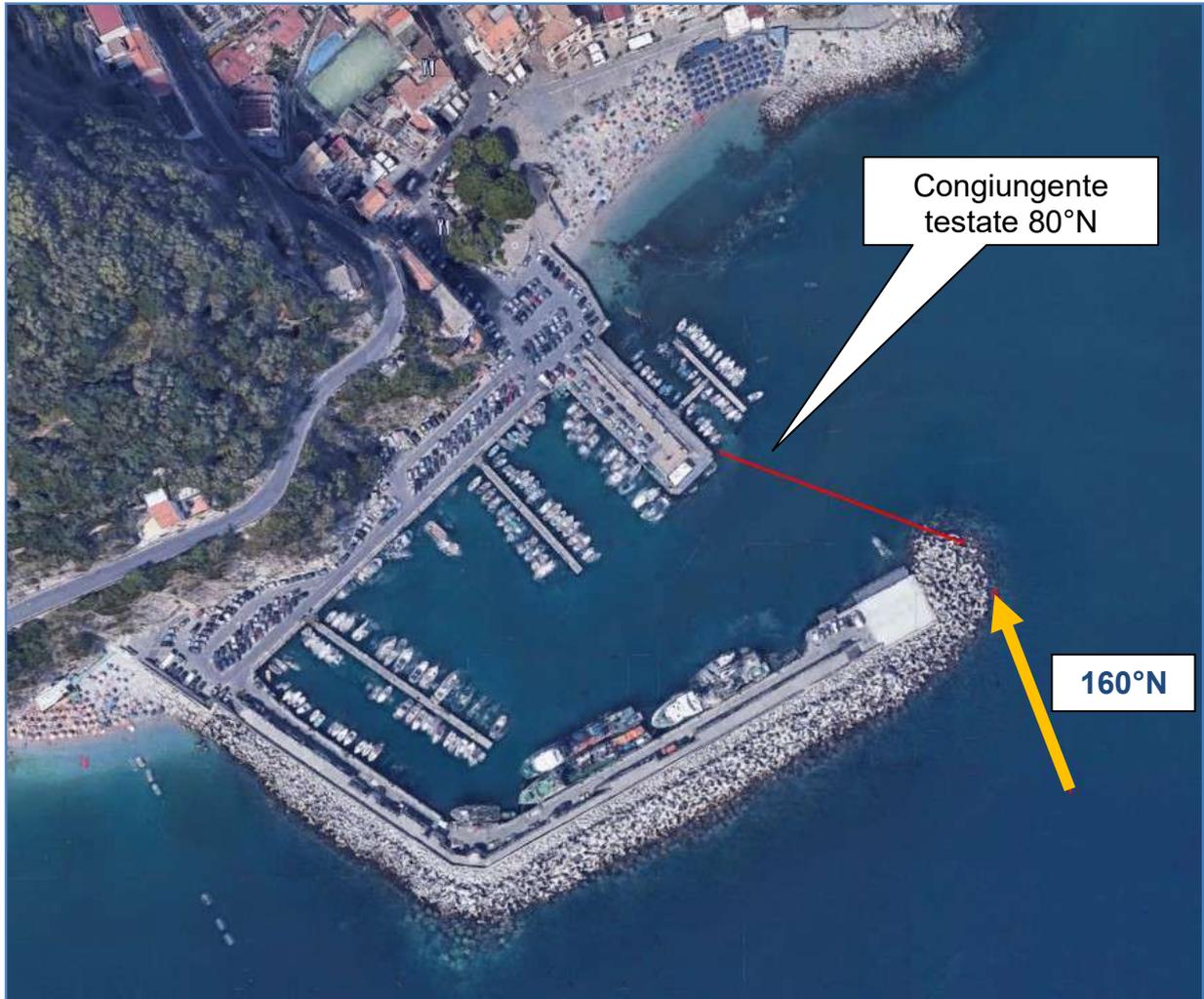
Figura 2- Valori massimi delle altezze d'onda di largo relativi alle mareggiate del periodo di osservazione a largo di Cetara

Nello studio idraulico marittimo, le simulazioni di propagazione dei valori di onda estrema (50 anni) hanno documentato che, per l'orientamento del piano batiale e della linea (sostanzialmente parallelo alla direzione 230°N) di costa le mareggiate di provenienza 230-260°N presentano una espansione delle ortogonali ai fronti d'onda e perdono di energia, per cui il porto di Cetara risulta naturalmente protetto rispetto alle mareggiate più intense di provenienza occidentale. Risultano invece più incisive le mareggiate del settore 160-230 °N, che possono presentare valori di altezza d'onda incidente sulle opere dell'ordine di 5.5 m .

Per quanto concerne l'agitazione interna, il porto presenta un sopraflutto orientato secondo la direzione 240°N, e la congiungente la testata attuale ed il sopraflutto ha direzione 80°N. Ne consegue che rispetto alla traversia principale il bacino risulta ben in ombra. Inoltre, il settore principale 160°N-230 °N esprime valori di altezza decrescenti in senso antiorario (verso 160°N) per cui le direzioni che hanno maggiore potenzialità di penetrazione hanno anche minore intensità.

Come dedotto, l'asse longitudinale del sopraflutto ha un orientamento favorevole rispetto alle direzioni di provenienza delle mareggiate più intense (provenienti dalla traversia principale),

infatti gli angoli tra tale asse e le direzioni della traversia principale sono acuti. Ne consegue che il fenomeno di espansione laterale (nella zona in ombra) dell'energia ondosa, e quindi, la riduzione delle altezze, inizia giù nel bacino di avamposto prima del sottoflutto. Tuttavia l'agitazione residua viene amplificata localmente da fenomeni di riflessione indotti dai paramenti verticali delle banchine interne.



Per quanto riguarda la traversia secondaria, il bacino portuale risulta invece esposto all'agitazione che si sviluppa nel breve tratto di mare tra il porto di Salerno e Cetara, esteso appena 4 km. Il vento proveniente dalla valle dell'Irno forma delle increspature (marosi) che penetrano nel porto, creando condizioni di intenso disagio. Lo scopo del presente progetto è proprio ridurre tale esposizione .

2 LE OPERE DI PROGETTO RISPETTO AI FENOMENI DI AGITAZIONE INTERNA.

Le opere in argomento rientrano in uno dei lotti del progetto generale di messa in sicurezza del porto di Cetara e di Largo Marina.

In tale progetto generale, l'intervento principale (Lotto 1), che è stato appaltato ed i lavori inizieranno nel settembre 2020, prevede l'allungamento di 40 m del molo di sopraflutto, allo scopo di proteggere il piazzale di Largo Marina, attualmente esposto ad allagamenti nel corso delle mareggiate e alla protezione dell'arenile prospiciente il Largo marina. Detto intervento, ovviamente, contribuirà a migliorare l'agitazione interna del bacino portuale. L'intervento di primo lotto prevede altresì un pennello trasversale al paramento interno del sopraflutto che contribuirà a smorzare l'energia penetrante anche dal settore secondario.

Le opere del presente progetto sono invece finalizzate a ridurre l'agitazione dalla traversia secondaria, tramite l'allungamento del sottoflutto. L'attuale struttura presenta tra l'altro un paramento esterno costituito da una parete verticale, quindi idraulicamente riflettente, che contribuisce al descritto fenomeno di tracimazione ondosa. L'intervento in progetto prevede altresì di allargare verso l'esterno il sottoflutto con un'opera caratterizzata da minore riflessione e in grado di dissipare l'energia incidente tramite delle celle in cui sono collocati dei massi naturali con sagoma a scarpa 1/1.

Nel seguito, per completezza, le simulazioni su modello matematico riguardanti il fenomeno dell'agitazione interna saranno eseguite per lo stato ante lotto 1, per lo stato post lotto 1, e per la configurazione finale dei luoghi, con sopraflutto allungato e varco di ingresso ristretto dal pennello a sopraflutto e dall'allungamento del sottoflutto.

3 VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI AGITAZIONE ALL'INTERNO DEL BACINO PORTUALE ALLO STATO ATTUALE E NELLA CONFIGURAZIONE INTERMEDIA E QUELLA FINALE DI PROGETTO.

Le raccomandazioni tecniche dell' A.I.P.C.N. indicano i seguenti valori di altezza d'onda ammissibile all'interno di un porto:

- per **condizione di comfort** (particolarmente importante nel caso di porti in cui si prevede la presenza prolungata di persone a bordo delle imbarcazioni): $H_s = 0.15\text{m}$
- per eventi con frequenza massima complessiva indicativamente non superiore a 5 giorni/anno; per condizione di sicurezza: $H_s = 0.30\text{m}$
- per eventi con periodo di ritorno indicativamente non inferiore a 5 anni; per condizione limite: $H_s = 0.50\text{m}$

Detti valori possono essere aumentati fino al 50% nel caso in cui la direzione di propagazione sia parallela all'asse longitudinale delle imbarcazioni.

Il presente progetto, allo scopo di contenere la penetrazione di energia ondosa nel bacino portuale, prospetta di prolungare il sottoflutto di 11.50 m, attraverso una struttura antiriflettente.

Ai fini del presente studio va altresì tenuto conto che, il comune di Cetara ha appaltato nel novembre 2019 i lavori (LOTTO 1) di allungamento del molo sopraflutto di circa 40 m, con realizzazione altresì di un pennello radicato sul lato interno della testata per ridurre l'agitazione. Tale opera dovrebbe essere terminata prima dell'allungamento del sottoflutto in argomento, e contribuisce a ridurre consistentemente l'agitazione interna connessa alle mareggiate provenienti dalla traversia principale. Per quanto esposto lo studio dell'agitazione interna sarà eseguito tramite simulazioni con modello matematico relativamente ai seguenti scenari.

- Scenario 0 : stato dei luoghi antecedente gli interventi di messa in sicurezza
- Scenario 1: (Lotto 1) allungamento sopraflutto e pennello radicato sul paramento interno dello stesso
- Scenario 2 : (Stato finale) Allungamento sottoflutto e sopraflutto

Per quanto concerne le condizioni d'onda incidente, tenuto conto che la direzione di maggiore penetrazione del settore principale (160°N) è caratterizzata da valori effettivamente prossimi a 2 m (da mareggiate storiche di largo di Figura 2) , è stata eseguita preliminarmente una simulazione con l'onda cinquantennale del settore $160\text{-}230^\circ\text{N}$, molto maggiore di quella storica a 260°N e pari a 5.1 m, avendo preso atto che mediamente l'agitazione interna indotta è inferiore a 0.3 m , si è evitato di simulare lo scenario a 5 anni (valore massimo 0.3 m) indicato dalla AIPCN.

In definitiva, nel presente studio, l'agitazione interna al bacino portuale viene valutata nelle seguenti condizioni di onda connessa a :

- mareggiate proveniente dalla traversia principale per la direzione 160°N connesse ad un periodo di ritorno $T_r=50$ anni (anziché 5 anni), che propagata sulla batimetrica -20 m s.l.m.m. ha le seguenti caratteristiche $H=5.1$ m , $T= 9.7$ s.
- onda locale, proveniente dal golfo di Salerno dalla direzione 60°N caratterizzata da $H=0.30$ m e $T=3.0$ s.

Lo studio è stato eseguito tramite simulazioni con il modello matematico BOUSS-2D, nelle legittime disponibilità della mandataria S.A.I.L.. Trattasi in dettaglio di un modello agli elementi finiti, che risolve le equazioni del De Saint Venant attraverso la soluzione di Boussinesq, adatto per studiare fenomeni complessi di propagazione in zone costiere ed all'interno di baie e bacini portuali. Il programma valuta tutti i fenomeni connessi alla propagazione, nello specifico, oltre allo shoaling e alla rifrazione, anche la diffrazione e la riflessione indotta dall'incidenza delle onde sulle opere di difesa esterne e di accosto interne.

A tale scopo è possibile caratterizzare le superfici di incidenza del moto ondoso tramite dei coefficienti di riflessione. Nel caso in esame, le superfici di banchina con paramento verticale sono state caratterizzate col valore 0,7, trattandosi comunque di superfici scabre, e quelle delle opere a gettata con valore 0,3, in quanto inclinare, caratterizzate dalla porosità degli interstizi tra i massi, e dalle superfici scabre degli scogli.

Nelle seguenti immagini si riportano i risultati delle simulazioni. Le ultime immagini riportano il confronto tra le soluzioni ed il commento conclusivo.

SCENARIO ZERO: PRIMA ESECUZIONE LAVORI LOTTO 1 (ALLUNGAMENTO SOPRALFLUTTO E PENNELLO SUL PARAMENTO INTERNO DELLO STESSO)

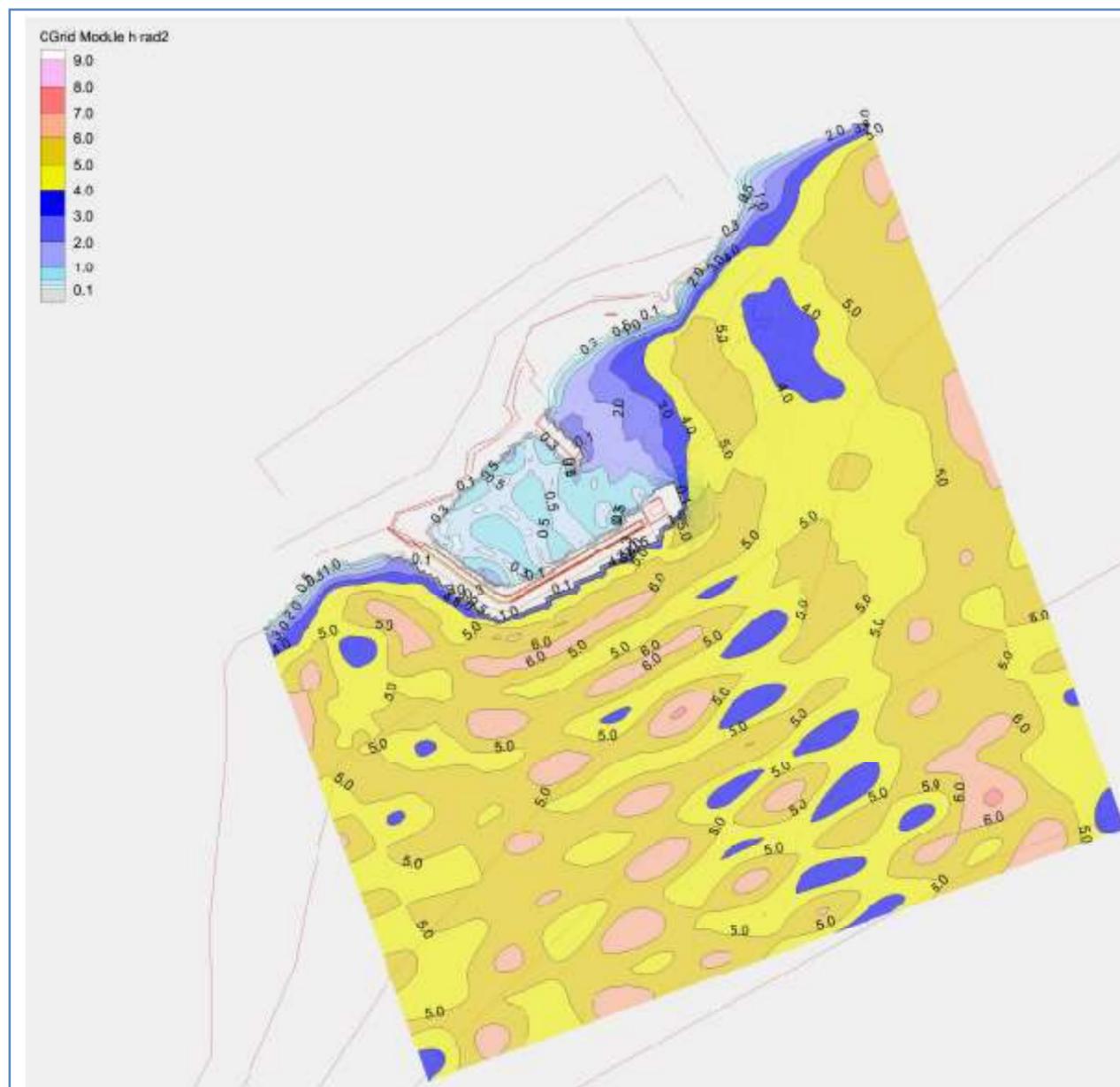


Figura 3- Scenario 0 : stato dei luoghi prima degli interventi di messa in sicurezza del bacino portuale- propagazione 160°N $H=5.1$ m e $T=9.7$ s.

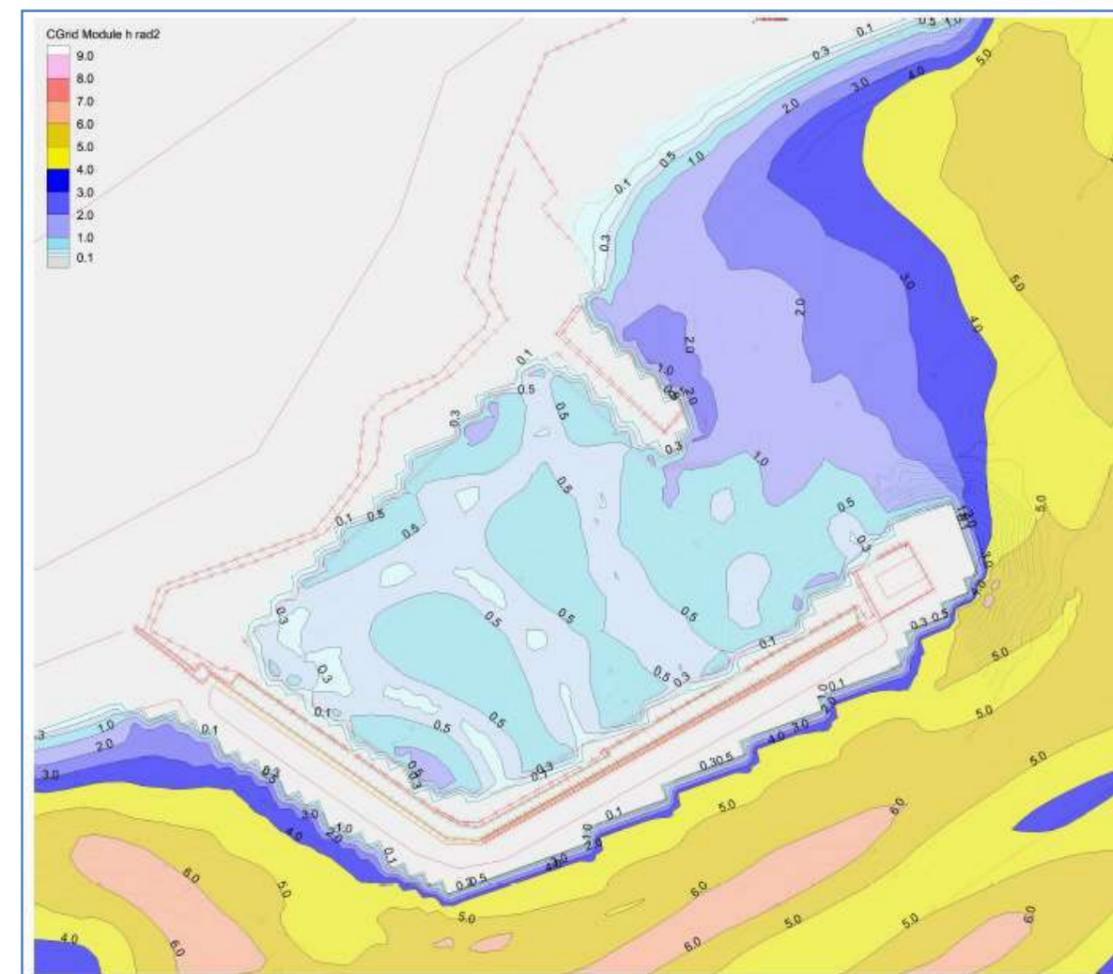


Figura 4- Stato dei luoghi prima degli interventi di messa in sicurezza del bacino portuale- propagazione 160°N $H=5.1$ m e $T=9.7$ s.

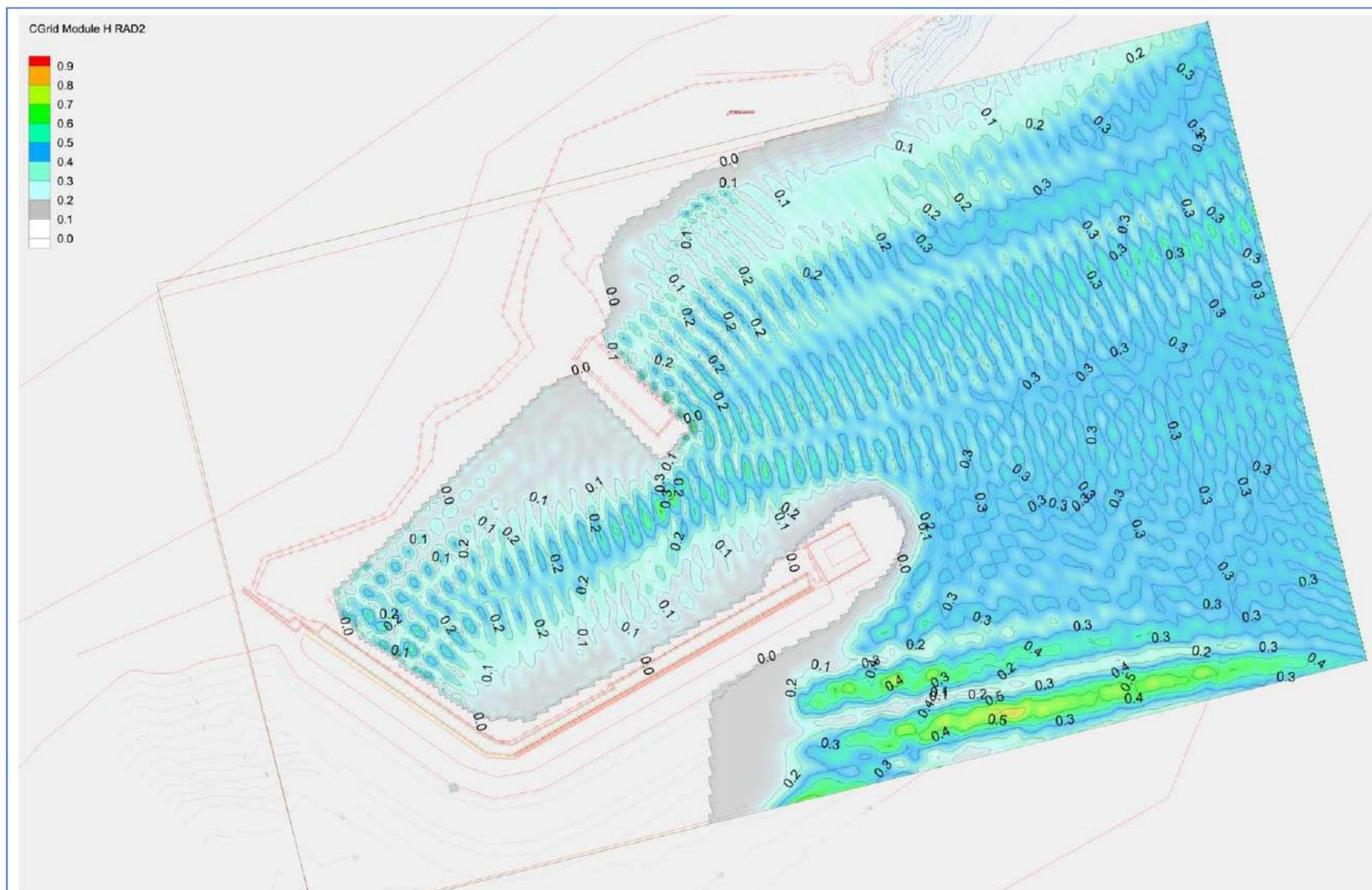


Figura 5- Scenario 0: stato prima degli interventi di messa in sicurezza del bacino portuale- propagazione 70°N H=0.3 m e T=3.0 s.

SCENARIO 1 LAVORI LOTTO 1 (ALLUNGAMENTO SOPRALFLUTTO E PENNELLO SUL PARAMENTO INTERNO DELLO STESSO)

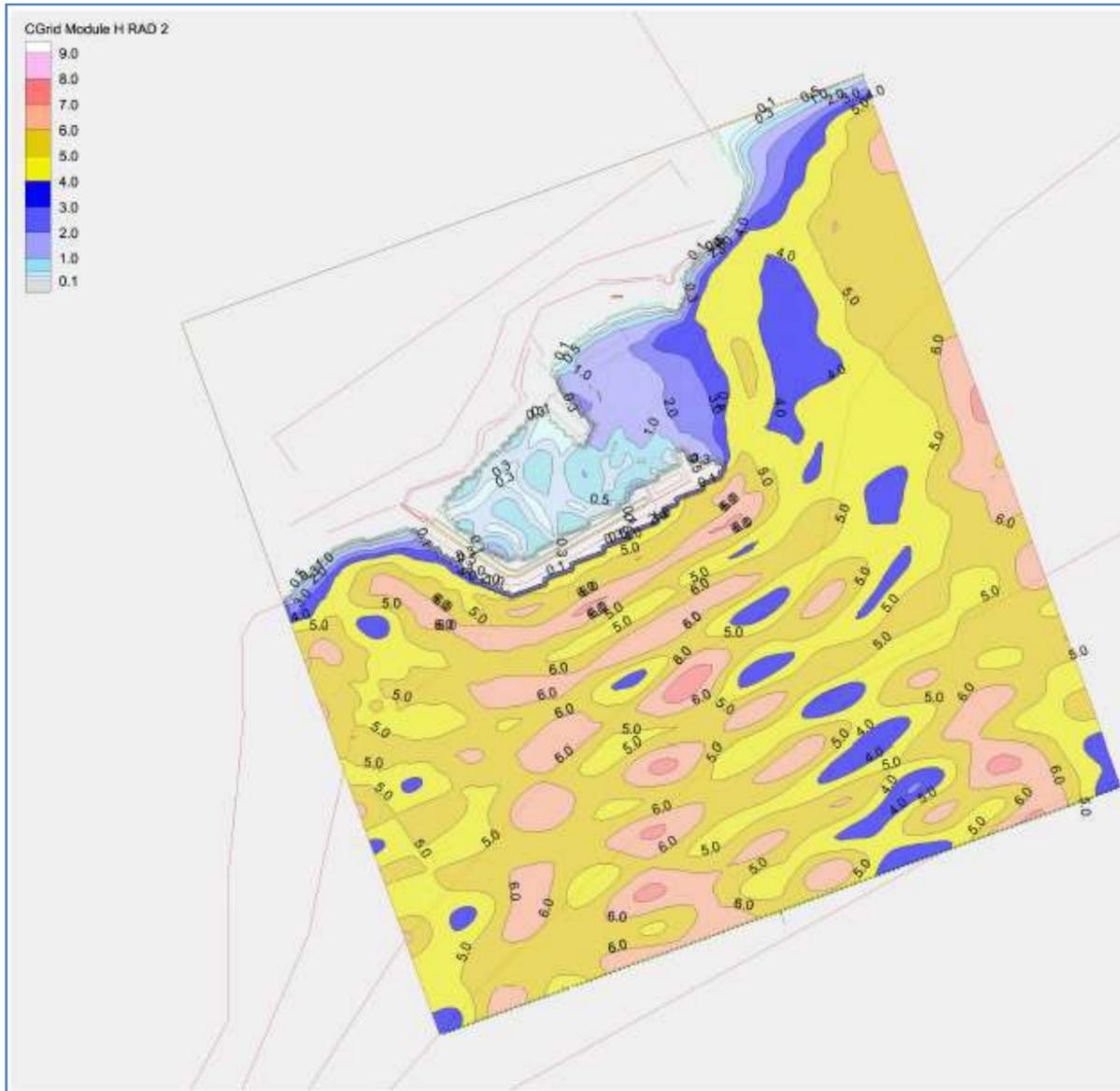


Figura 6- Scenario 1 - esecuzione lavori di allungamento del sopraflutto: propagazione 160°N H=5.1 m e T=9.7 s.

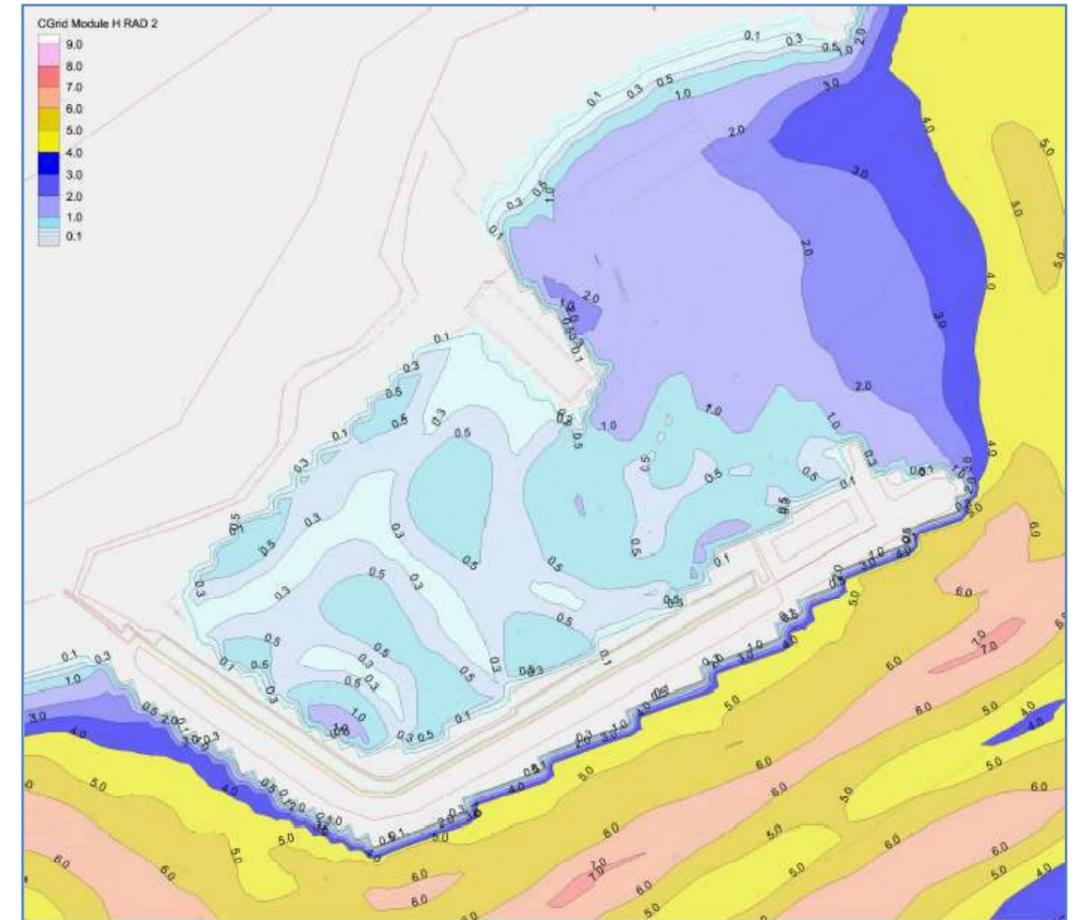


Figura 7- Scenario 1 - esecuzione lavori di allungamento del sopraflutto: propagazione 160°N H=5.1 m e T=9.7 s.

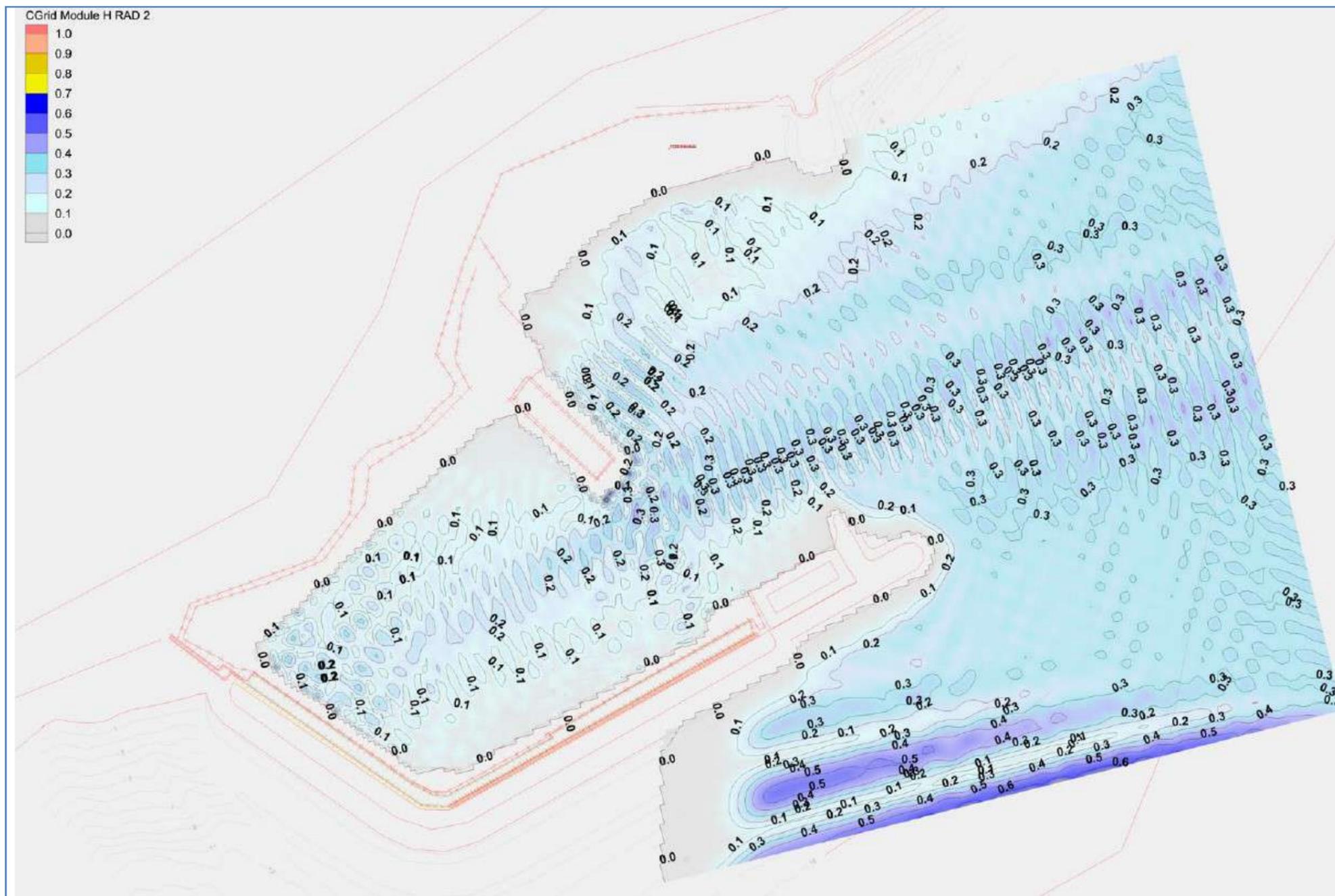


Figura 8- Scenario 1 - esecuzione lavori di allungamento del sopraflutto: propagazione 70°N $H=0.3\text{ m}$ e $T=3.0\text{ s}$.

SCENARIO 2 - STATO FINALE (ALLUNGAMENTO SOPRAFLUTTO E SOTTOFLUTTO)

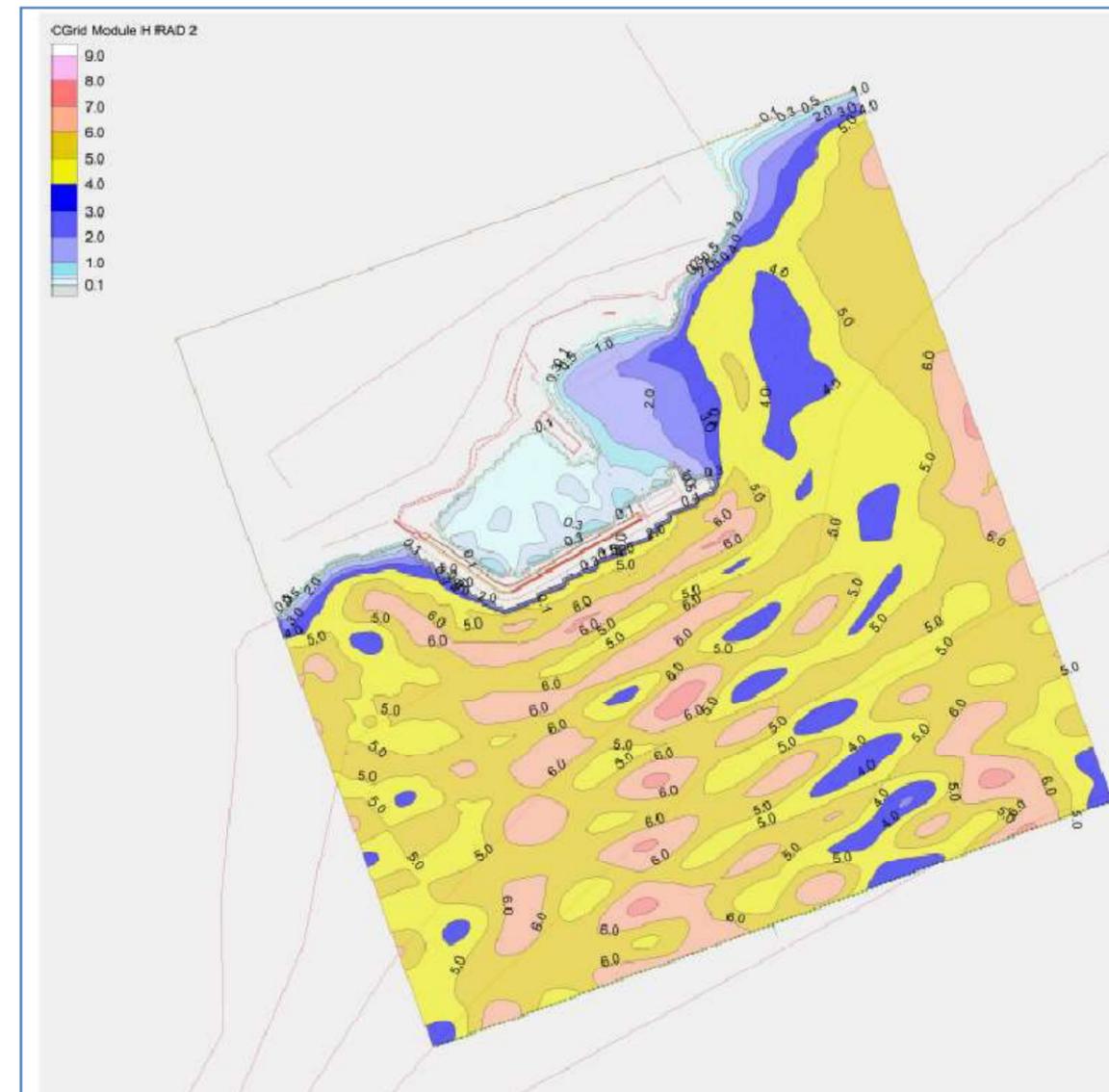
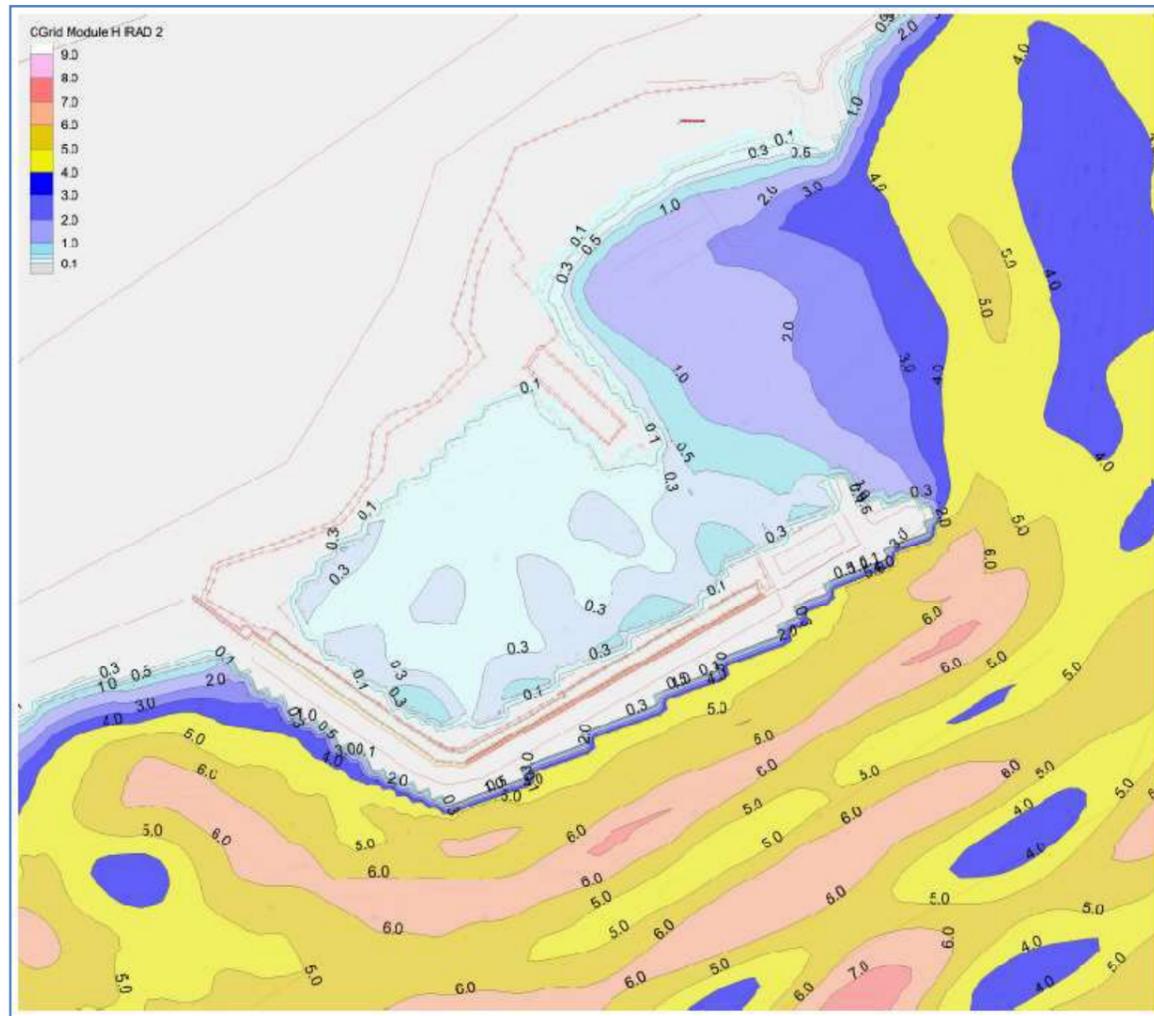


Figura 9- Scenario 1 - esecuzione lavori di allungamento del sottoflutto : propagazione 160°N H=5.1 m e T=9.7 s.

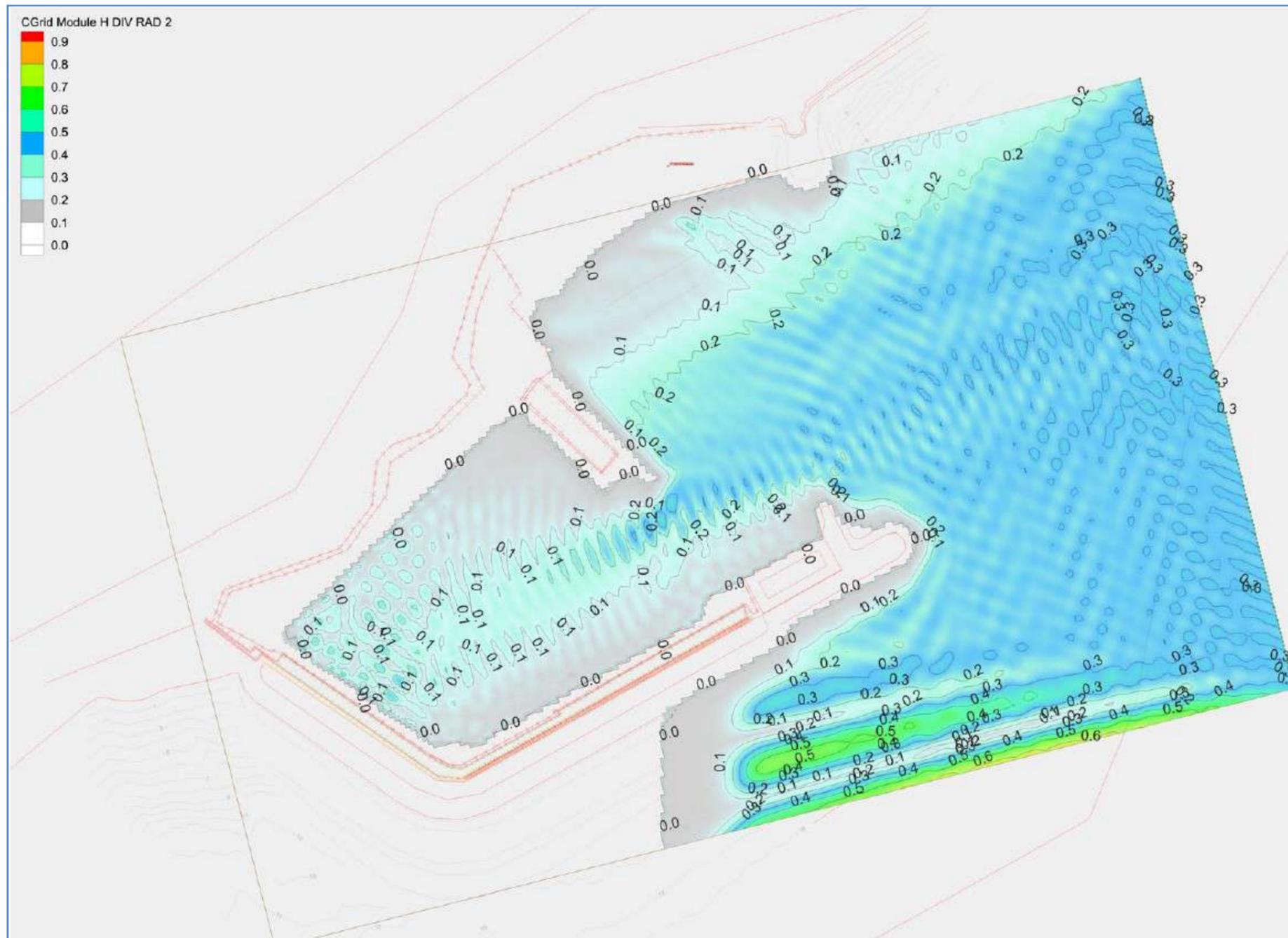
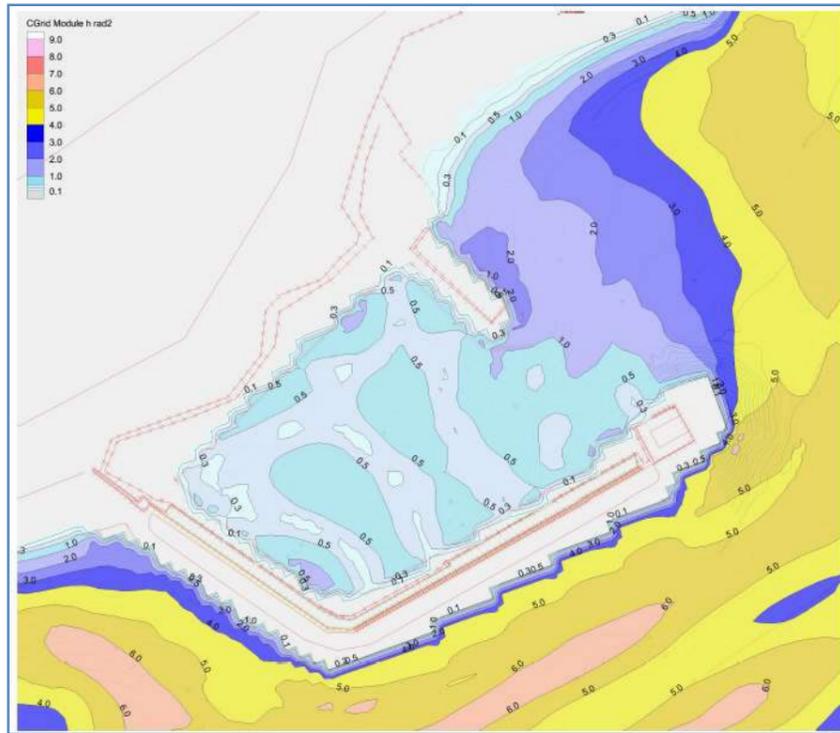


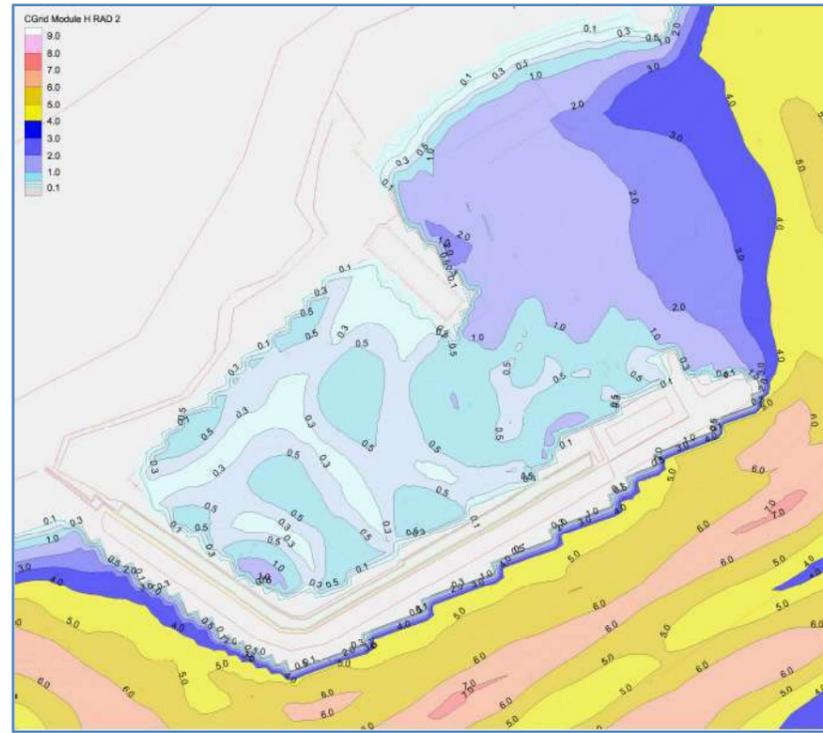
Figura 10- Scenario 2 - esecuzione lavori di allungamento del sopraflutto e sottoflutto : propagazione 70°N H=0.3 m e T=3.0 s.

4 CONCLUSIONI

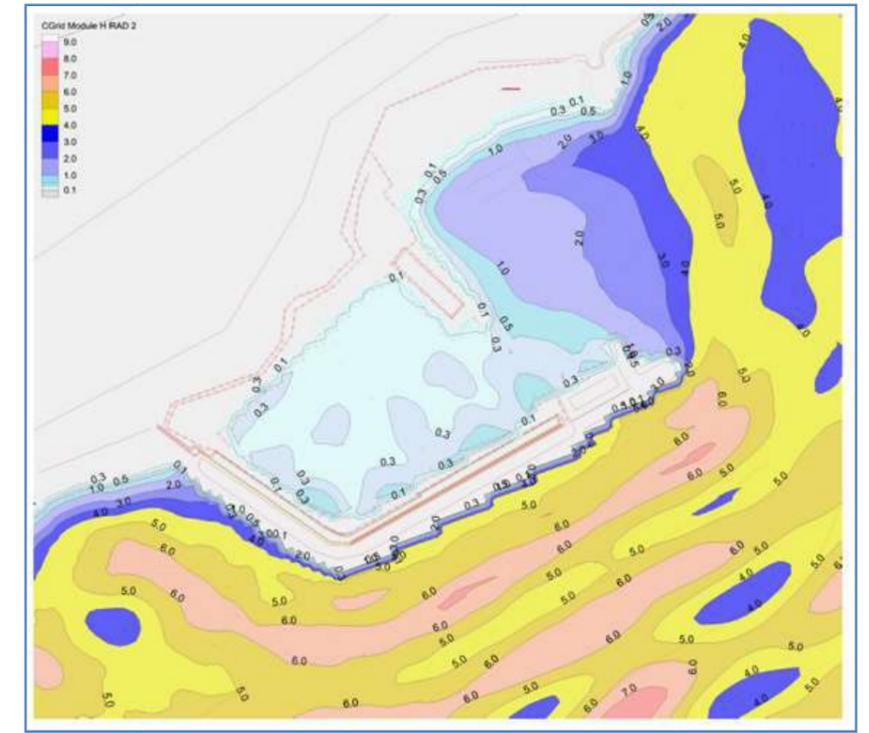


SCENARIO 0

sopraflutto



Scenario 1 -Allungamento



Scenario 2- Stato finale (sopraflutto ed sottoflutto allungati)

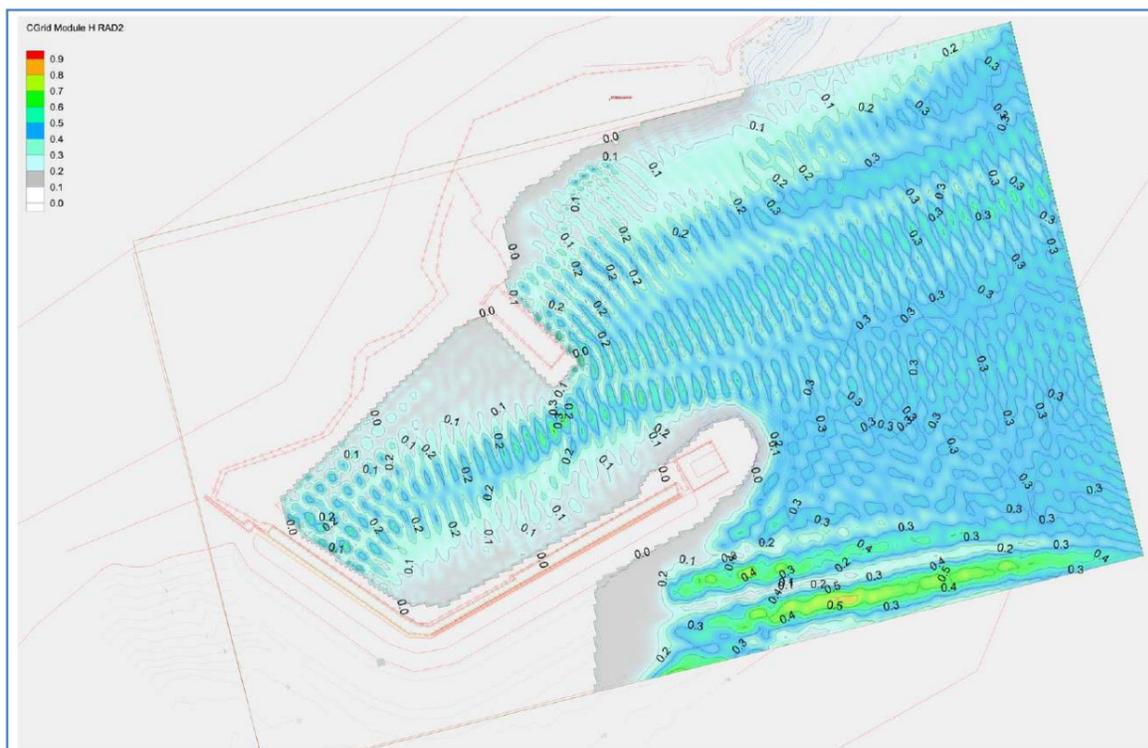
CONFRONTO DELLE CONDIZIONI DI AGITAZIONE INTERNA INDOTTA DA UNA MAREGGIATA DI PROVENIENZA MERIDIONALE 160°N CONNESSA A PERIODO DI RITORNO 50 ANNI .

Il bacino portuale allo stato attuale presenta un orientamento favorevole rispetto alle mareggiate provenienti dalla traversa principale, i cui effetti in termini di agitazione interna sono sostanzialmente contenuti. L'onda lunga, consistentemente attenuata, comunque penetra fino alla banchina sud dove a causa della riflessione indotta dai paramenti verticali ha luogo l'amplificazione delle oscillazioni.

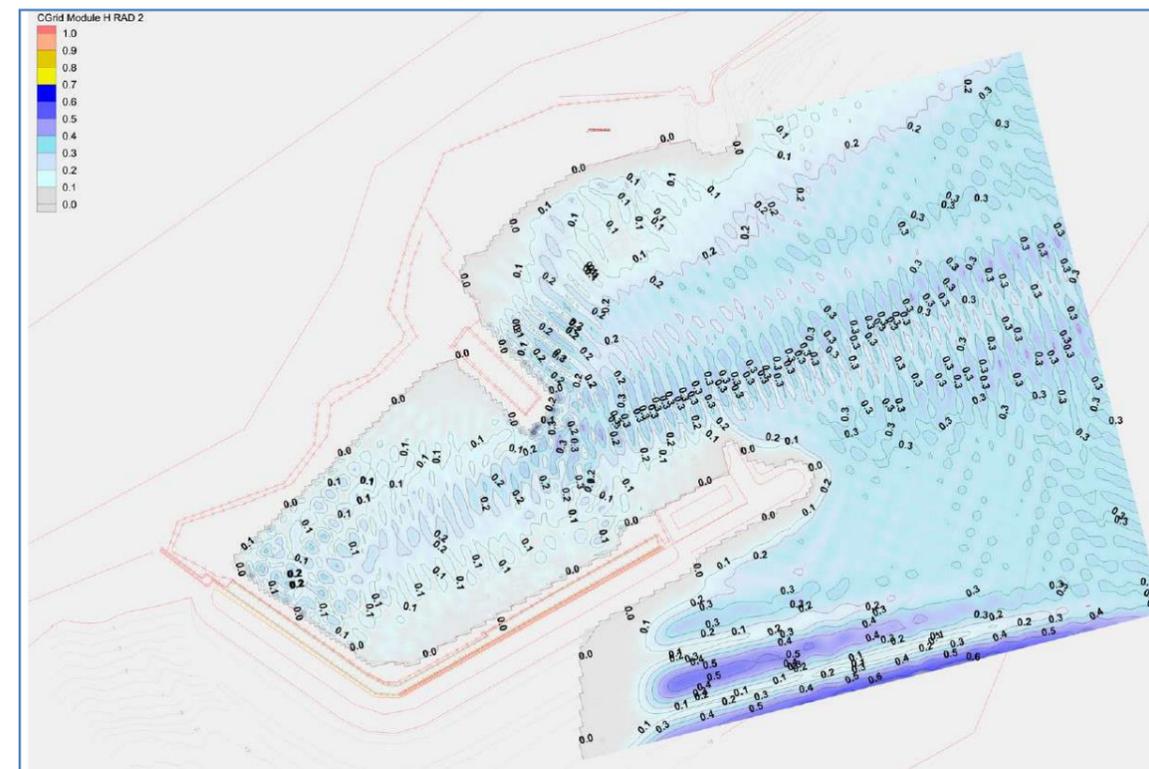
L'allungamento del sopraflutto limita in misura consistente l'ingresso di energia ondosa, per cui quando il fronte d'onda residuo impatta sulla banchina sud ha un altezza dell'ordine dei 0.2 m per cui anche gli effetti riflessivi sono ridotti. Risulta altresì ridotta l'agitazione a ridosso della banchina del secondo braccio del sopraflutto.

L'effetto dell'allungamento del sopraflutto ovviamente induce una riduzione dell'agitazione interna, in particolare sulla superficie di specchio acqueo tra la banchina di riva ed il sottoflutto. Risultano inoltre ridotti gli effetti delle riflessioni a ridosso della banchina sud.

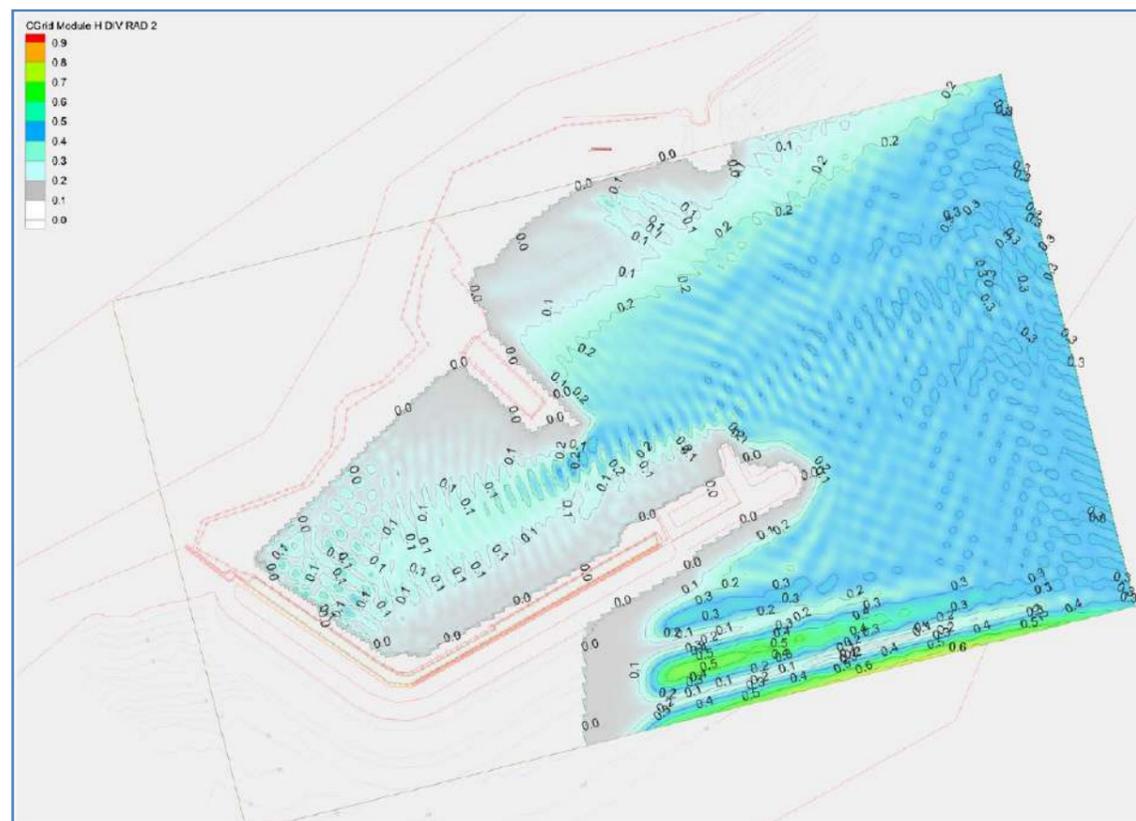
Si rileva infine l'effetto di riduzione della riflessione sul paramento esterno del sottoflutto nello scenario2



SCENARIO 0 : STATO DEI LUOGHI PRIMA INTERVENTO



SCENARIO 1: ALLUNGAMENTO SOPRAFLUTTO E PENNELLO A RIDOSSO DELLO STESSO



SCENARIO 2 : STATO FINALE ALLUNGAMENTO SOPRAFLUTTO E SOTTOFLUTTO

CONFRONTO DELLE CONDIZIONI DI AGITAZIONE INTERNA INDOTTA DA UNA CONDIZIONE DI ONDA LOCALE DI PROVENIENZA 70°N .

Allo stato attuale il bacino è esposto ad un fenomeno di onda locale, tipo sessa, che si sviluppa nel breve tratto di mare (2 mn) che riguarda il porto di Salerno, generato dal vento che si incanala nella valle dell'Irno per diffondersi sul mare. Il fenomeno risulta particolarmente fastidioso in quanto crea un'agitazione indotta che penetra direttamente nel bacino ed estesa all'intera superficie.

La riduzione del varco con i due interventi successivi contiene il fenomeno in misura consistente. Si può infatti prendere atto che l'agitazione viene ridotta pressoché del 50% .