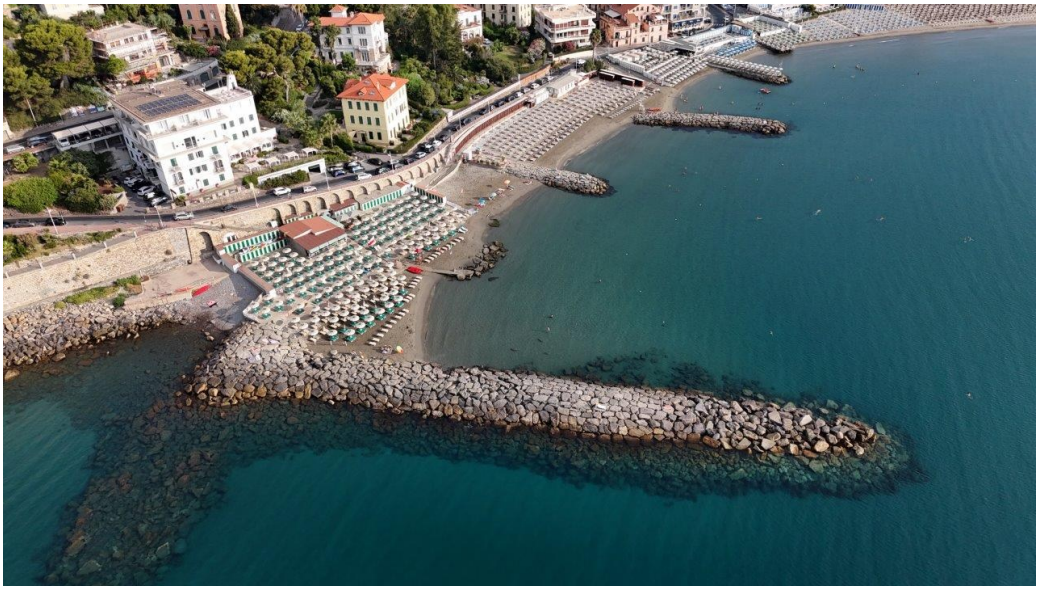
Geoscape Società Cooperativa
SpinOff dell'Università di Genova
Sede legale Via Varese 2 – CAP 16122 (Ge)
Pec: geoscape@pec.geoscape.it
Mail: info@geoscape.it

P.IVA: 02594600997



Servizio specialistico di valutazione per nuove ipotesi di progetto mediante modellistica costiera lungo il litorale di Imperia località Spiaggia d'oro



Sommario

1. Premessa 3
2. Generalità sulla modellistica costiera applicata 3
3. Moto ondoso 4
3.1. Dati meteo-marini di riferimento 4
4. Area di intervento 5
4. Risultati modello 2DH 6
4.1. Stato attuale 6
4.1.3 Libeccio 6
4.1.4 Scirocco 11
4.2 Ipotesi di progetto con radicamento di pennello sommerso a ponente della spiaggia dell'Oro 13
4.2.1 Libeccio 13
4.2.2 Scirocco 18
5. Conclusioni generali 20
6. Bibliografia citata 21

1. Premessa

Il consorzio Stabilimenti Balneari di Imperia ha dato incarico la società cooperativa Geoscape di fornire il servizio specialistico propedeutico al progetto di Intervento di difesa della costa del tratto di costa in località Spiaggia d'Oro in provincia di Imperia con l'obiettivo di proteggere il tratto di spiaggia esistente.

Il presente documento presenta i risultati dello studio modellistico nel tratto di litorale investigato per la fase 1; seguiranno ulteriori approfondimenti previsti per la fase 2.

Lo scopo dell'indagine è quello di definire i principali aspetti idrodinamici dell'area, con particolare riferimento ai risultati del nuovo scenario proposto.

2. Generalità sulla modellistica costiera applicata

La modellistica costiera rappresenta uno strumento innovativo nel campo del coastal management, e di notevole supporto per gli interventi di ingegneria costiera. In questo studio è stato utilizzato il modello XBeach (eXtreme Beach), un modello numerico 1D/2DH open-source per la simulazione dell'idro-morfodinamica costiera, distribuito da Deltares (www.deltares.nl), ed ampiamente apprezzato dalla comunità tecno-scientifica internazionale (Roelvink et al., 2009; Bolle et al., 2011). Inoltre, la scelta è stata corroborata anche dal fatto che sono note diverse applicazioni lungo tratti di costa ligure, alcune delle quali anche riportate in letteratura scientifica internazionale (Mucerino et al. 2019; Carpi et al. 2020; Mucerino et al. 2021; Carpi et al. 2021). Dal punto di vista tecnico, il modello risolve coppie di equazioni sul piano orizzontale, relative a propagazione delle onde, correnti, trasporto sedimentario, variazioni del fondale, variazioni spettrali delle onde e correnti al contorno (Roelvink et al., 2015). Per quanto riguarda la simulazione dei processi idrodinamici, XBeach possiede tre differenti opzioni: i) Stationary wave model: utile, ad esempio, per simulare i processi morfodinamici in condizioni di relativa bassa energia; ii) Surfbeat mode: indicato quando l'attenzione è portata sui fenomeni idro-morfodinamici nearshore (es. correnti costiere, zona di swash); iii) Non-hydrostatic mode (1D)(McCall et al., 2014): particolarmente indicato nel caso di spiagge caratterizzate da un'accentuata acclività, come ad esempio le spiagge ghiaiose. Questa breve introduzione al modello è da intendersi solo come una rapida introduzione allo strumento

impiegato, per ulteriori informazioni tecniche e/o approfondimenti, si rimanda alla consultazione del manuale tecnico stilato da Roelvink et al. (2019).

Per quanto concerne l'implementazione di XBeach 2DH lungo la porzione di litorale investigato, è stata creata una griglia di calcolo con una maglia a risoluzione regolare di 2.5 x 5 m lungo la surf zone, mentre a largo 10x10 m. L'ampiezza del dominio di computazionale permette di simulare lo sviluppo del moto ondoso tenendo debitamente in considerazione le dinamiche al contorno, consentendo quindi di simulare il più fedelmente possibile la propagazione del moto ondoso e, in conseguenza, le sue caratteristiche energetiche.

3. Moto ondoso

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).

3.1. Dati meteo-marini di riferimento

Per questo studio è stato utilizzato il seguente moto ondoso per la costa di Imperia

Altezza d'onda spettrale H_o [m]	Periodo di picco T_p [s]	Direzione θ [°N]	Periodo di ritorno T_R [anni]
3.96	8.49	160 Scirocco	10
5.26	10.48	160 Scirocco	50
3.77	8.28	220 Libeccio	10
5.57	10	220 Libeccio	50

4. Area di intervento

L'area soggetta a investigazione modellistica è situata in località spiaggia dell'oro nel comune di Imperia e il dominio di calcolo è inquadrato in un'area che si estende dai promontori aggettanti fino ad una profondità di circa 60 metri.

Sono stati utilizzati i dati topografici e batimetrici forniti dalla committenza; questi sono stati implementati per i tratti rocciosi con i dati lidar del 2008, mentre i dati di fondo sono stati scaricati dal portale di regione Liguria (dalla profondità di 7 metri fino ad 60 metro).La committenza ha fornito le analisi granulometriche necessarie per individuare la granulometria media da utilizzare; il D50 utilizzato per le simulazioni è pari a 0.30 mm.

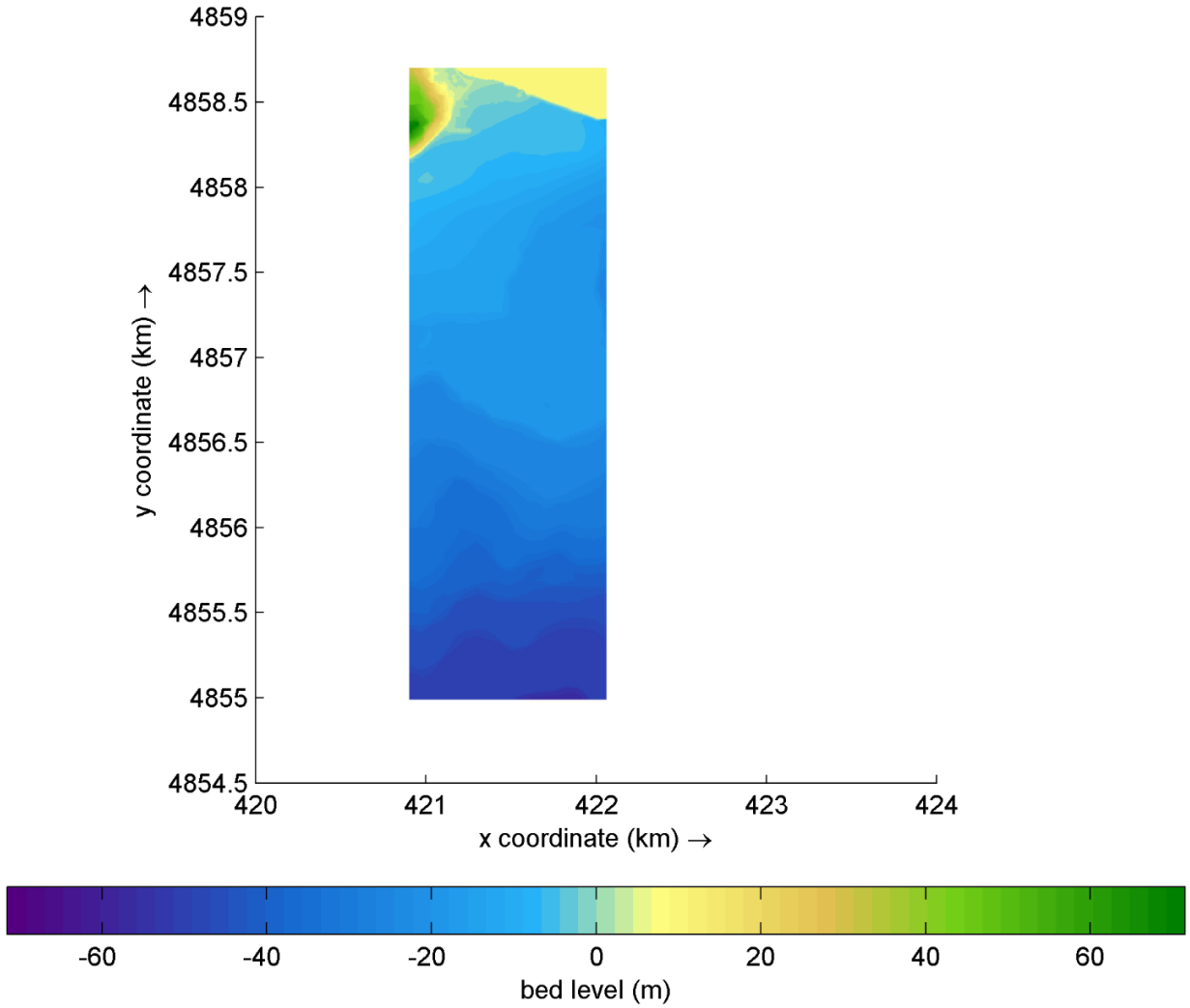


Figura 1 Dominio di calcolo

4. Risultati modello 2DH

In questo paragrafo vengono riportati i risultati ottenuti, in termini di energia del moto ondoso ed evoluzione idrodinamica, dalle simulazioni modellistiche per un moto ondoso incidente con tempo di ritorno decennale e cinquantennale, per le direttrici di Libeccio (SW) e Scirocco (SE). Dal punto di vista delle tempistiche di simulazione, al fine di garantire un approccio maggiormente conservativo, si sono simulati 2 eventi con onda annuale e cinquantennale della durata di circa 3 ore, al fine di simulare il massimo e completo sviluppo del moto ondoso.

4.1. Stato attuale

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle simulazioni per lo stato attuale con i mari di Libeccio, Scirocco su un tempo di ritorno decennale e cinquantennale per valutare il comportamento idrodinamico del litorale ad oggi; questo permette di avere un termine di paragone con le ipotesi di progetto descritte nei paragrafi successivi. Per ogni sottoparagrafo sono evidenziati il moto ondoso le correnti superficiali e la morfodinamica. Come di consueto si utilizza il tempo di ritorno decennale e cinquantennale su un tempo di tre ore di simulazione al fine di avere un quadro preciso della evoluzione idrodinamica, in quanto su stati di mare più gravosi l'eccessiva dinamica non permette di comprendere coerentemente le forze in gioco.

4.1.3 Libeccio

Altezza d'onda significativa per tempo di ritorno 10 anni e 50 anni

In questa sezione sono riportati i risultati per i mari di libeccio su tempi di ritorno decennale e cinquantennale; nell'immagine riportata in figura 3 è mostrato lo sviluppo del moto ondoso dal largo fino a costa utilizzato il sistema di equazioni non lineari, che produce un'evoluzione non regolare del moto ondoso, ma che maggiormente rappresenta la reale evoluzione dei marosi.

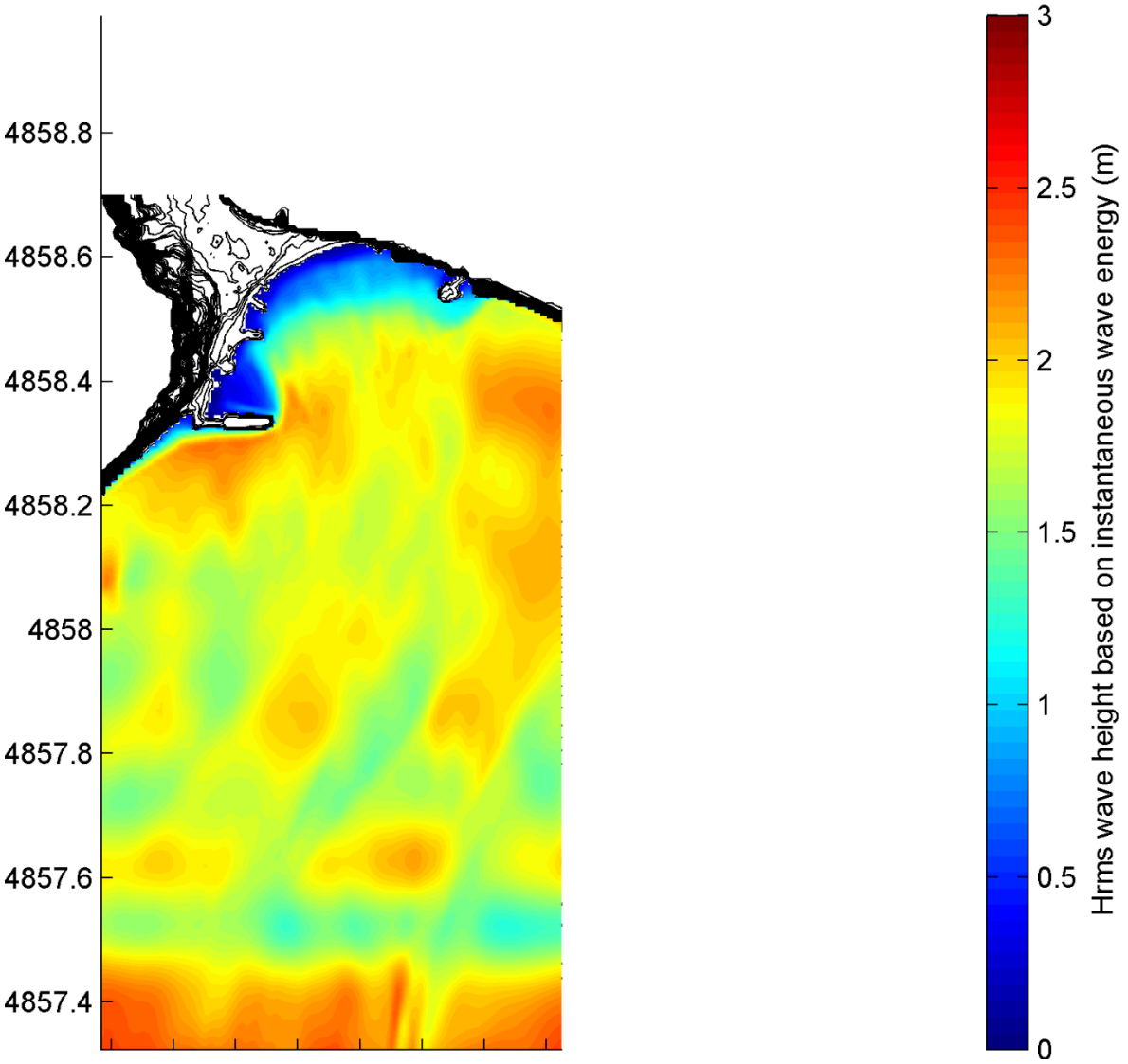


Figura 2 Hs su area di interesse per tempo di ritorno decennale

Da questa prima simulazione emerge l'effetto delle opere già esistenti con una repentina riduzione dell'altezza dell'onda dovuta anche all'impatto lungo la spiaggia sommersa. Successivamente è stata valutata anche la propagazione per tempo di ritorno cinquantennale; da questa si evidenza come la maggior energia determina un maggior impatto sulla costa anche nelle aree a tergo del pennello di ponente.

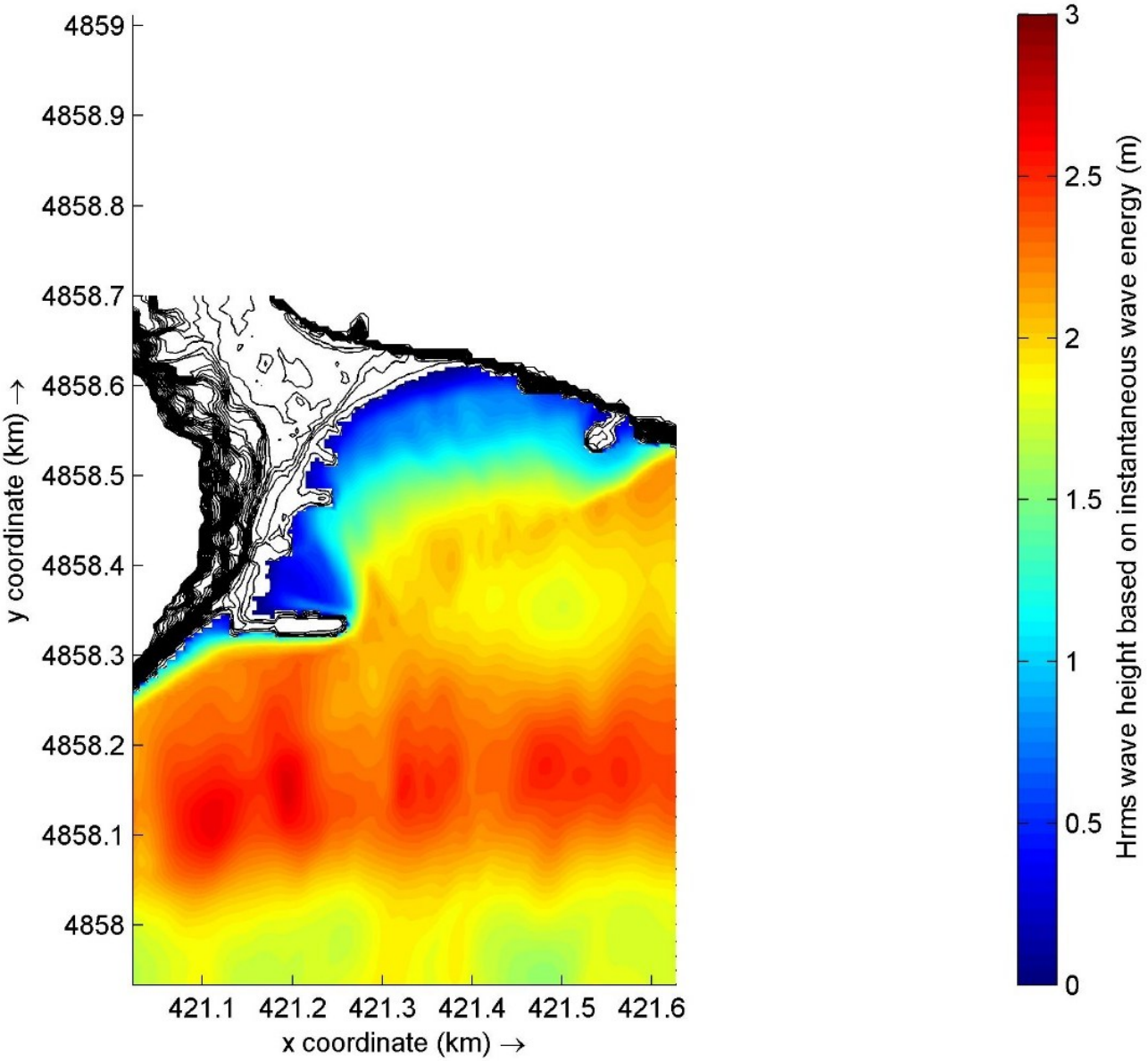


Figura 3 Hs su area di interesse per tempo di ritorno cinquantennale

Correnti Superficiali per entrambi i tempi di ritorno

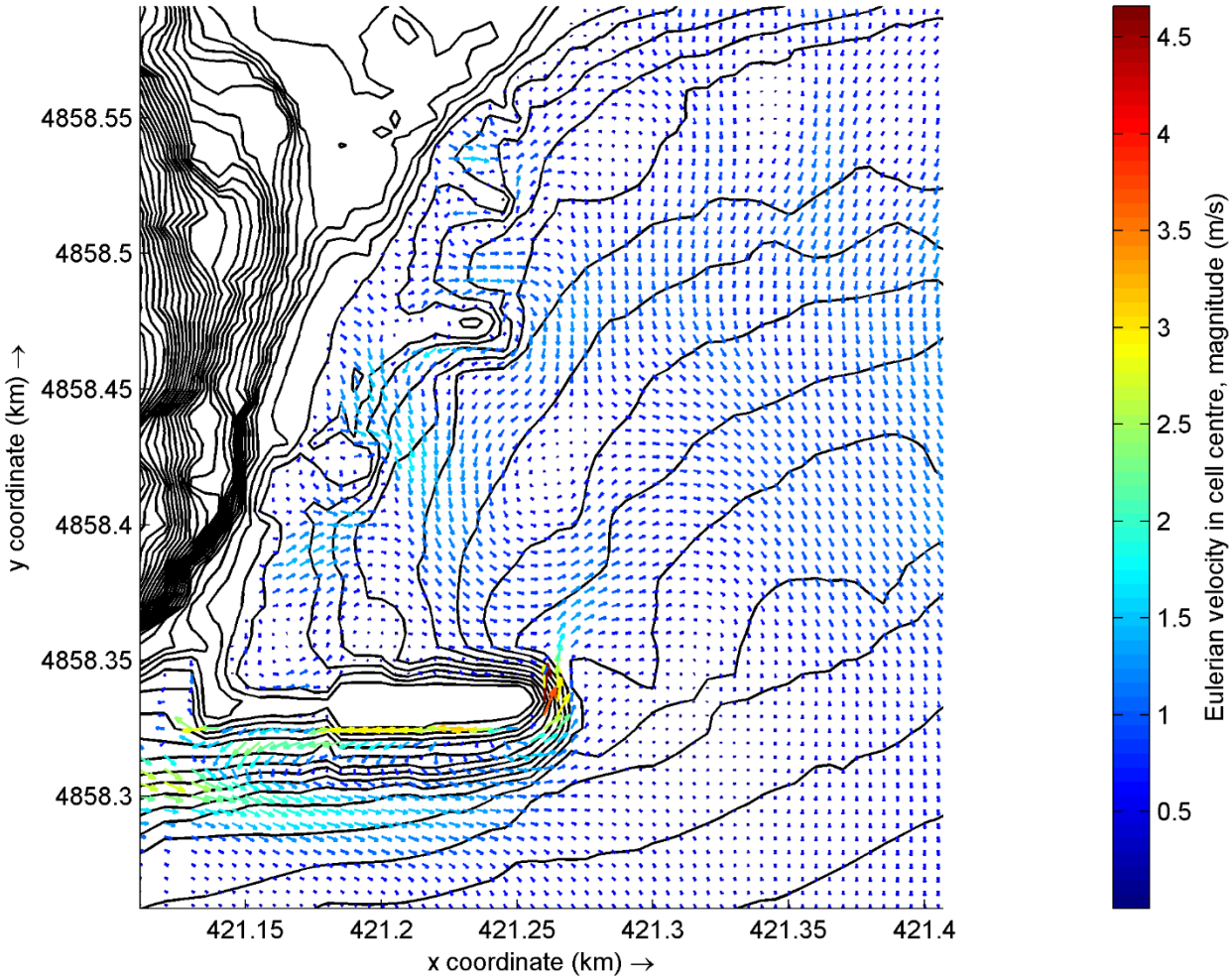


Figura 4 simulazione delle correnti in area di interesse 1

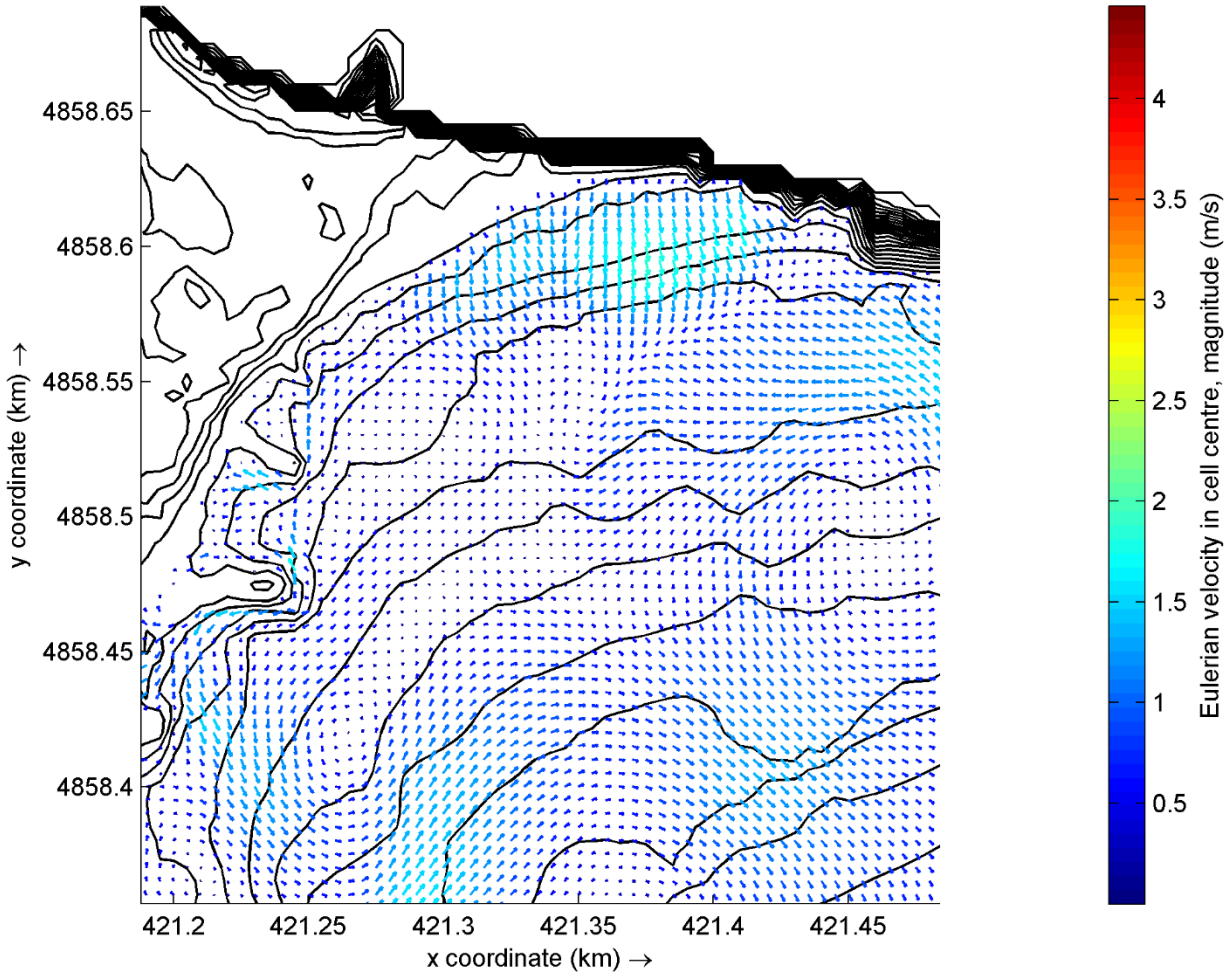


Figura 5 simulazione delle correnti in area di interesse 2

In riferimento alle correnti sviluppate del modello, emerge una corrente long-shore da ponente a levante nell'area a levante (fig.5) e la genesi di rip-current che determinano il trasporto solidi di materiale disciolto dalla spiaggia emersa verso il largo nell'area a ponente (fig.4). Il fenomeno risulta intensificato dalle presenze dei pennelli presenti lungo il litorale che accelerano la corrente in gioco.

4.1.4 Scirocco

Altezza d'onda significativa per tempo di ritorno 10 anni e 50 anni

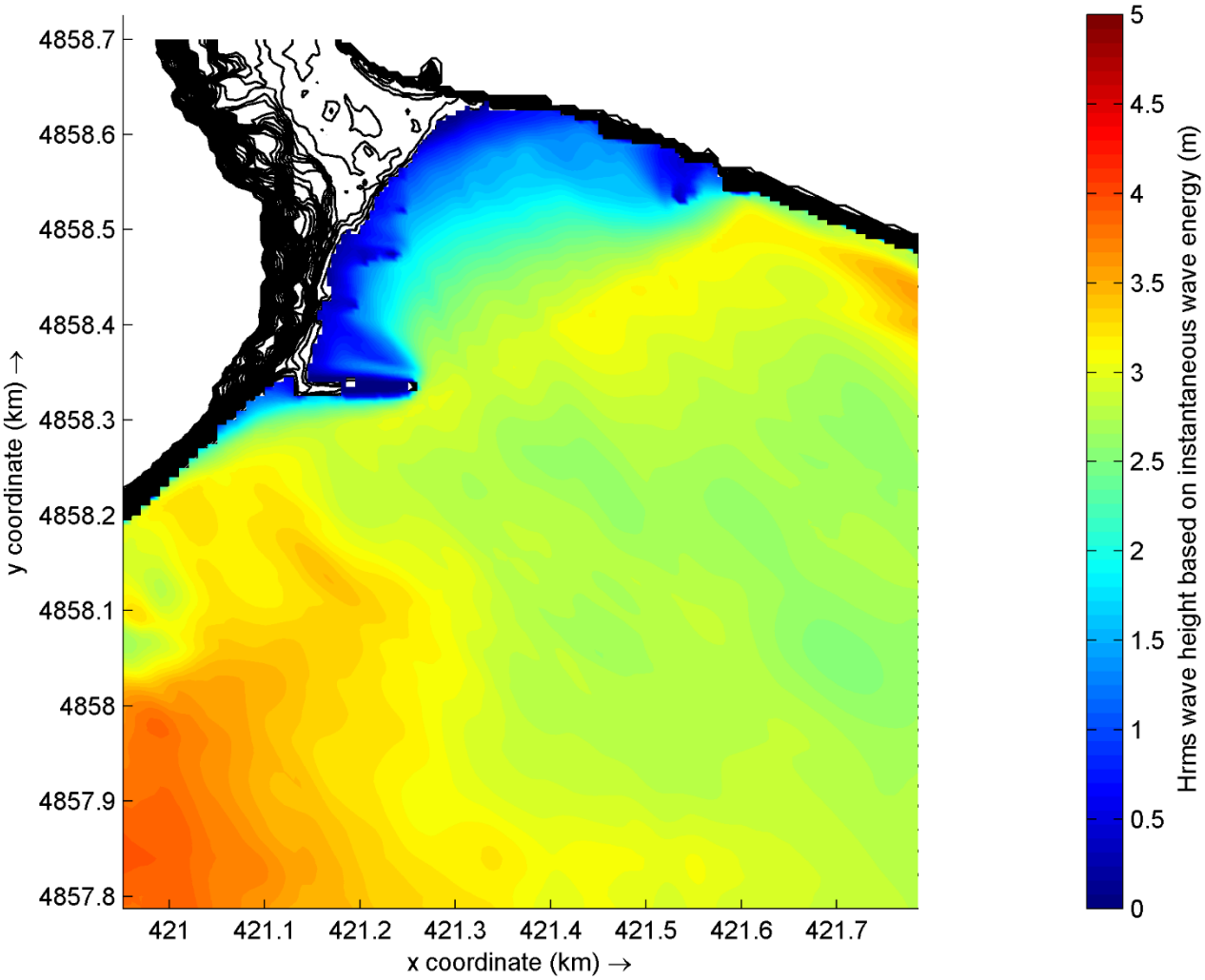


Figura 6 Hs Scirocco per tempo di ritorno cinquantennale

Delle simulazioni per i mari di Scirocco si evince che l'area soggetta ad investigazione è parzialmente protetta dalla presenza della diga foranea del porto di Imperia, difatti, seppur applicando un moto ondoso con tempo di ritorno cinquantennale, le onde che si propagano verso l'area non raggiungono i 3 metri.

Correnti Superficiali per tempo di ritorno

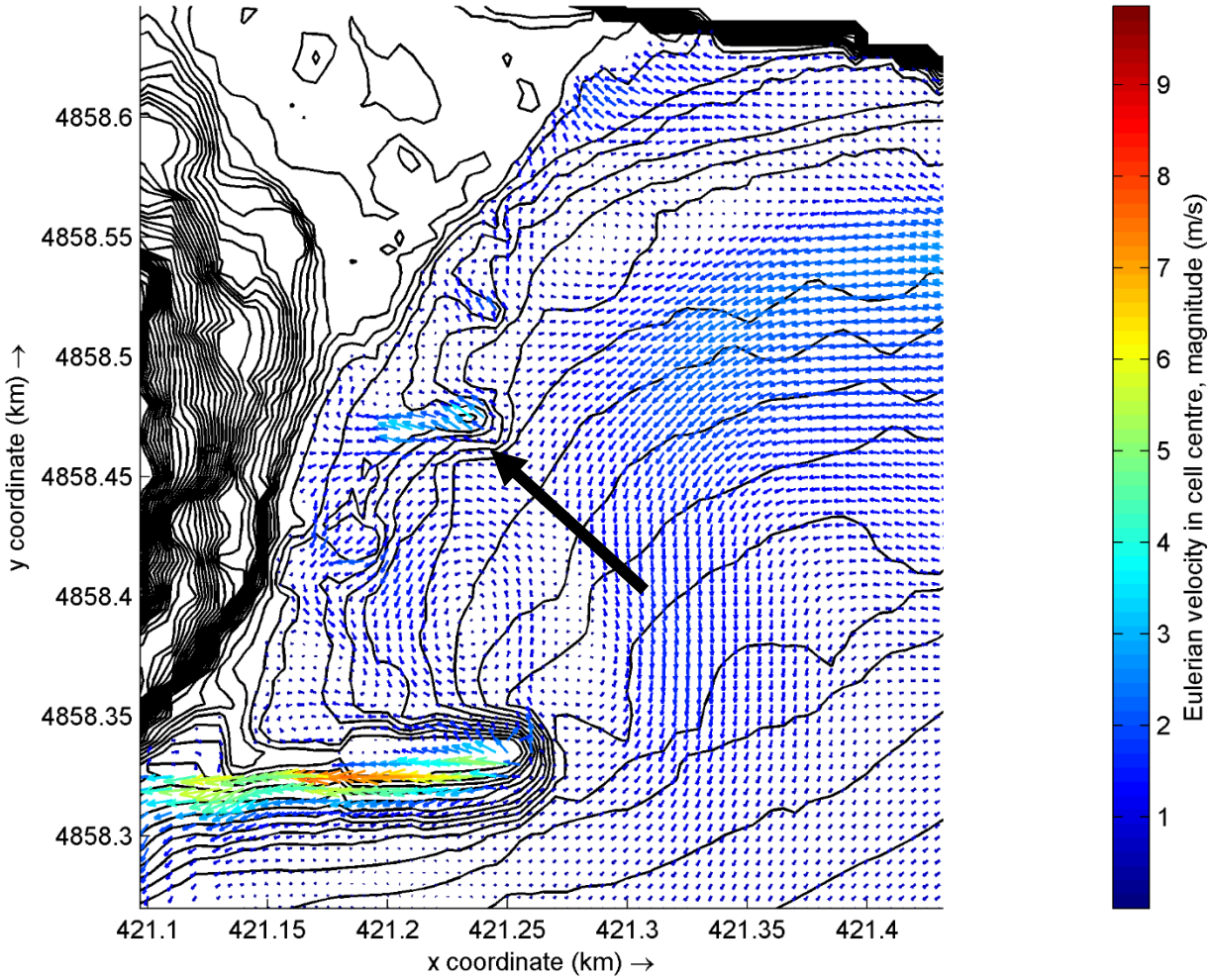


Figura 7 correnti Scirocco

Le correnti per i mari di scirocco mostrano una divergenza all'altezza del pennello centrale, in quanto si dirigono verso ponente a ovest del pennello, mentre verso levante ad est del pennello.

4.2 Ipotesi di progetto con radicamento di pennello sommerso a ponente della spiaggia dell'Oro

In questa ipotesi di progetto è stata valutato il radicamento di un pennello sommerso di 45 metri, come prolungamento di quello già esistente a ponente della spiaggia, con l'obiettivo di interrompere la corrente con direttrice ponente-levante e attenuare l'impatto sull'arenile.

4.2.1 Libeccio

Altezza d'onda significativa per tempo di ritorno 10 anni e 50 anni

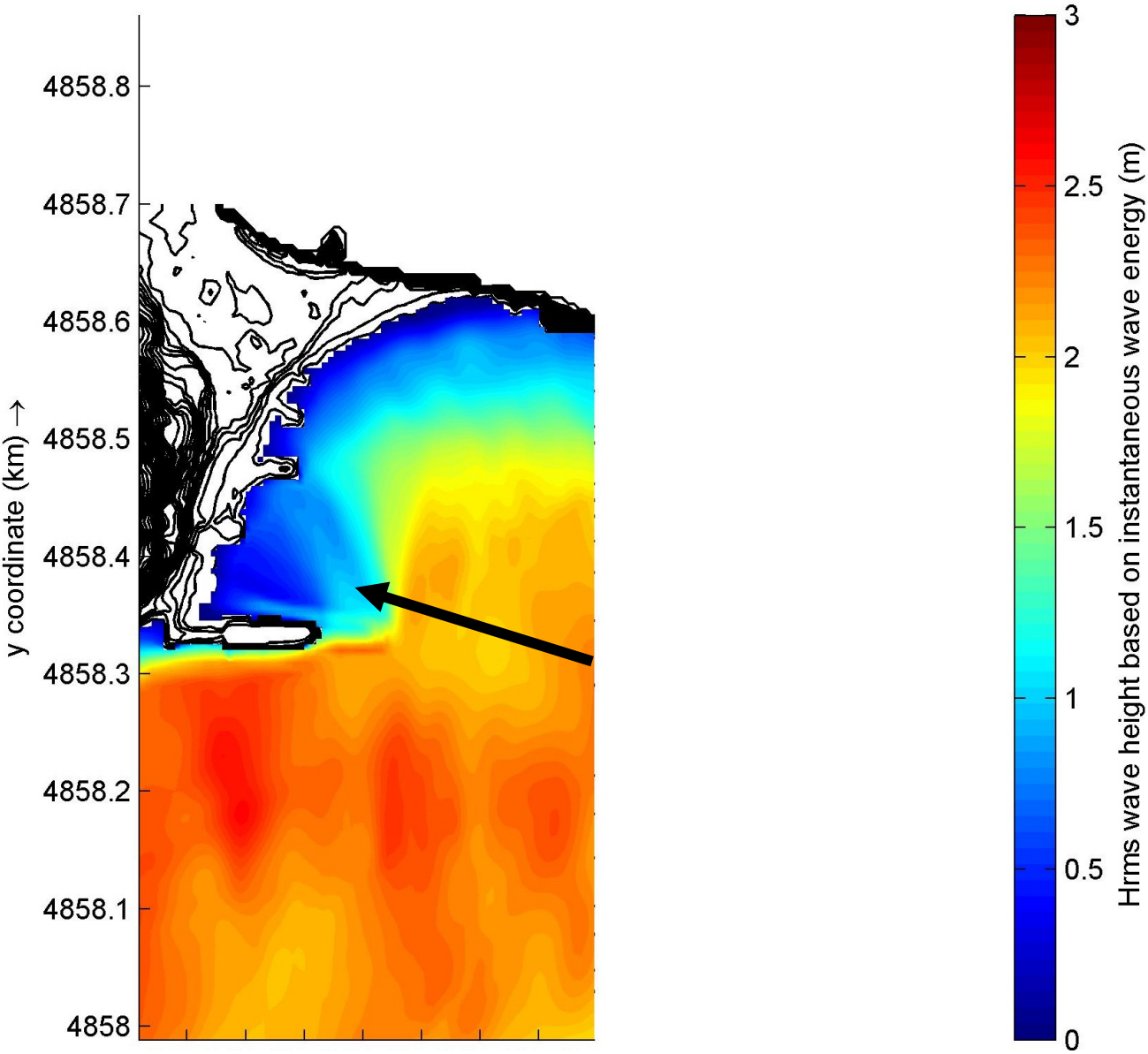


Figura 8 impatto del moto ondoso con presenza del Pennello sommerso su Tr decennale

La presenza della nuova opera determina l'aumento dell'area protetta sia per il libeccio decennale che per il cinquantennale; questo determina un minor impatto lungo il tratto di costa della spiaggia di levante occupate del sistema di pennelli minori. Si osserva una maggior gravosità del moto ondoso nella parte centrale della spiaggia.

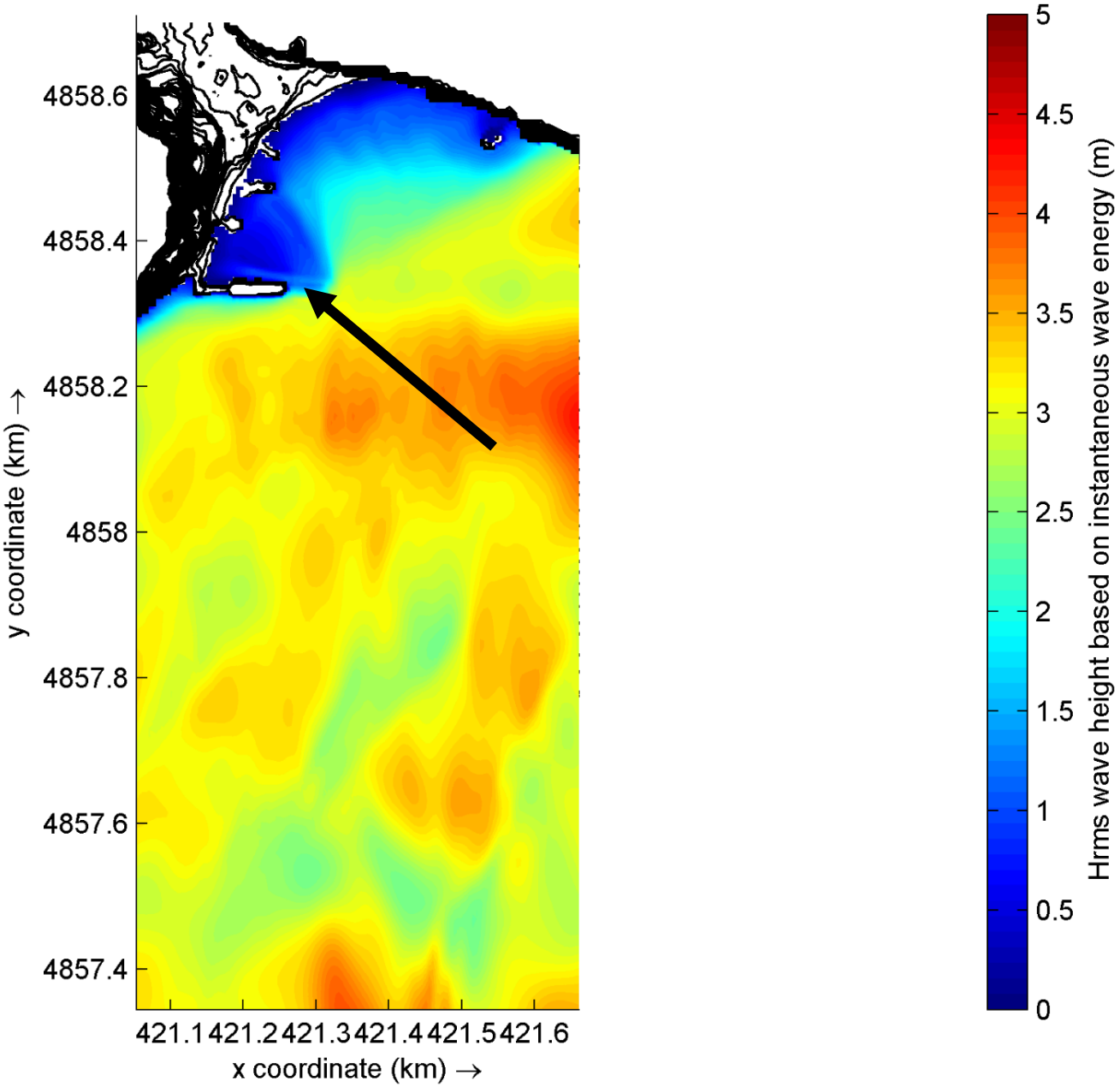


Figura 9 Impatto del moto ondoso del pennello sommerso su Tr cinquantennale

Correnti Superficiali

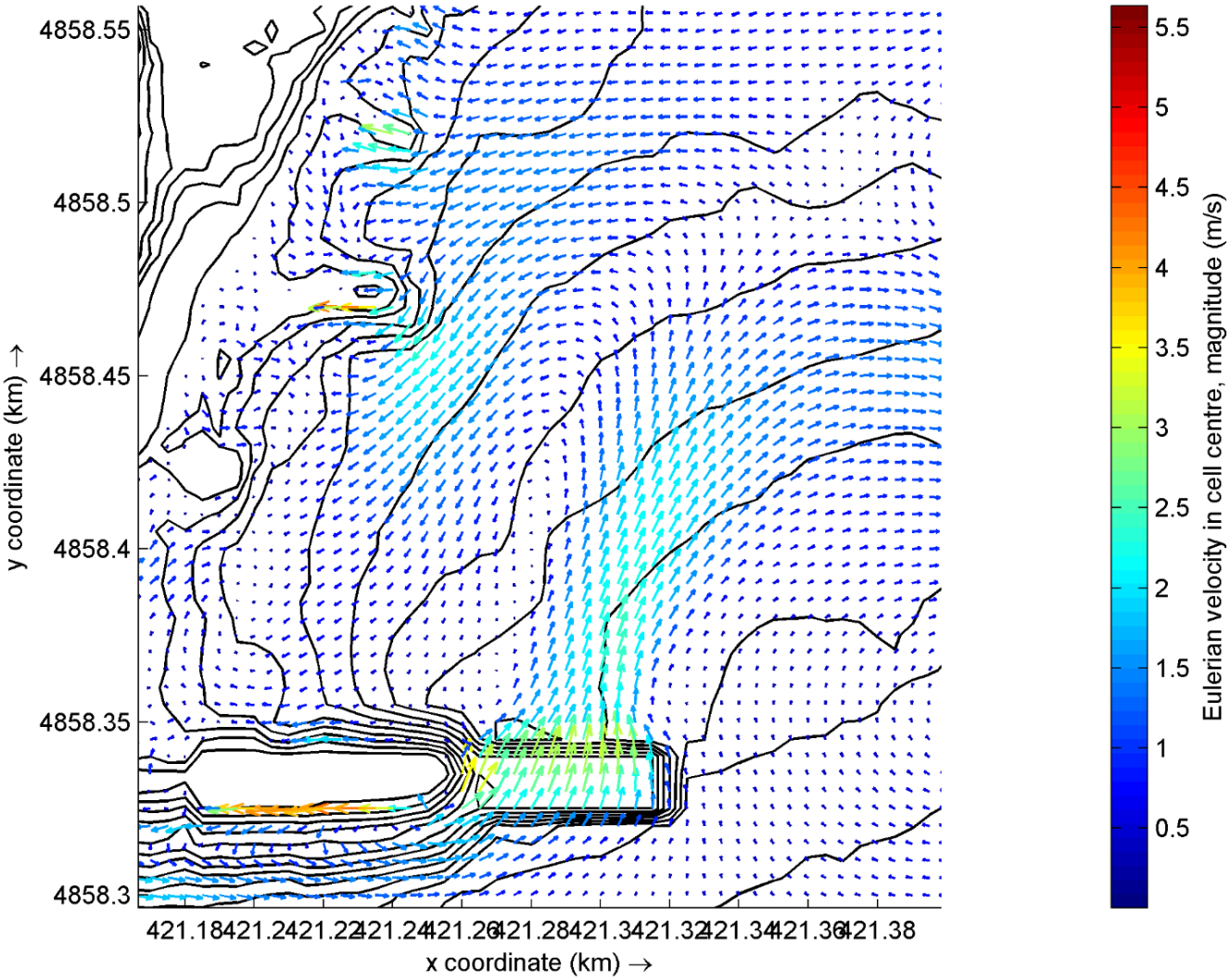


Figura 10 correnti Libeccio 1 50 TR

Dalle simulazioni delle correnti si evince che le correnti subiscono una variazione che determinano un flusso longshore verso ponente che riduce le rip current viste nello stato attuale (fig.10); in sintesi si genera una corrente sulla testata della nuova opera che devia a centro spiaggia per dirigersi, nuovamente, verso il pennello di ponente.

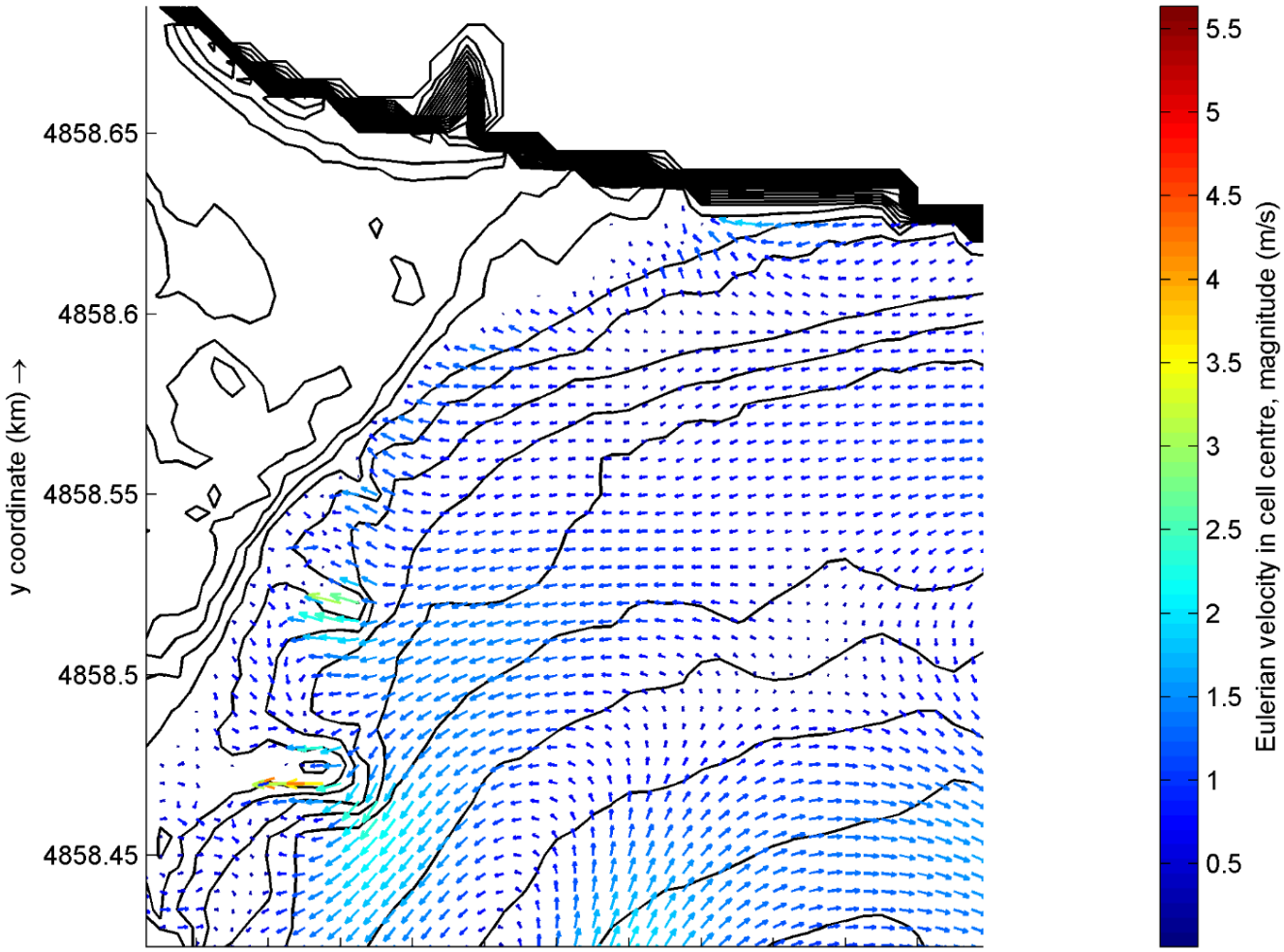


Figura 11 correnti Libeccio 2

Per il tratto di spiaggia di levante il flusso assume un asse quasi perpendicolare alla costa con divergenza verso ponente; invece, nello stato attuale il flusso si mostrava decisamente in direzione levante.

4.2.2 Scirocco

Altezza d'onda significativa per tempo di ritorno 10 anni

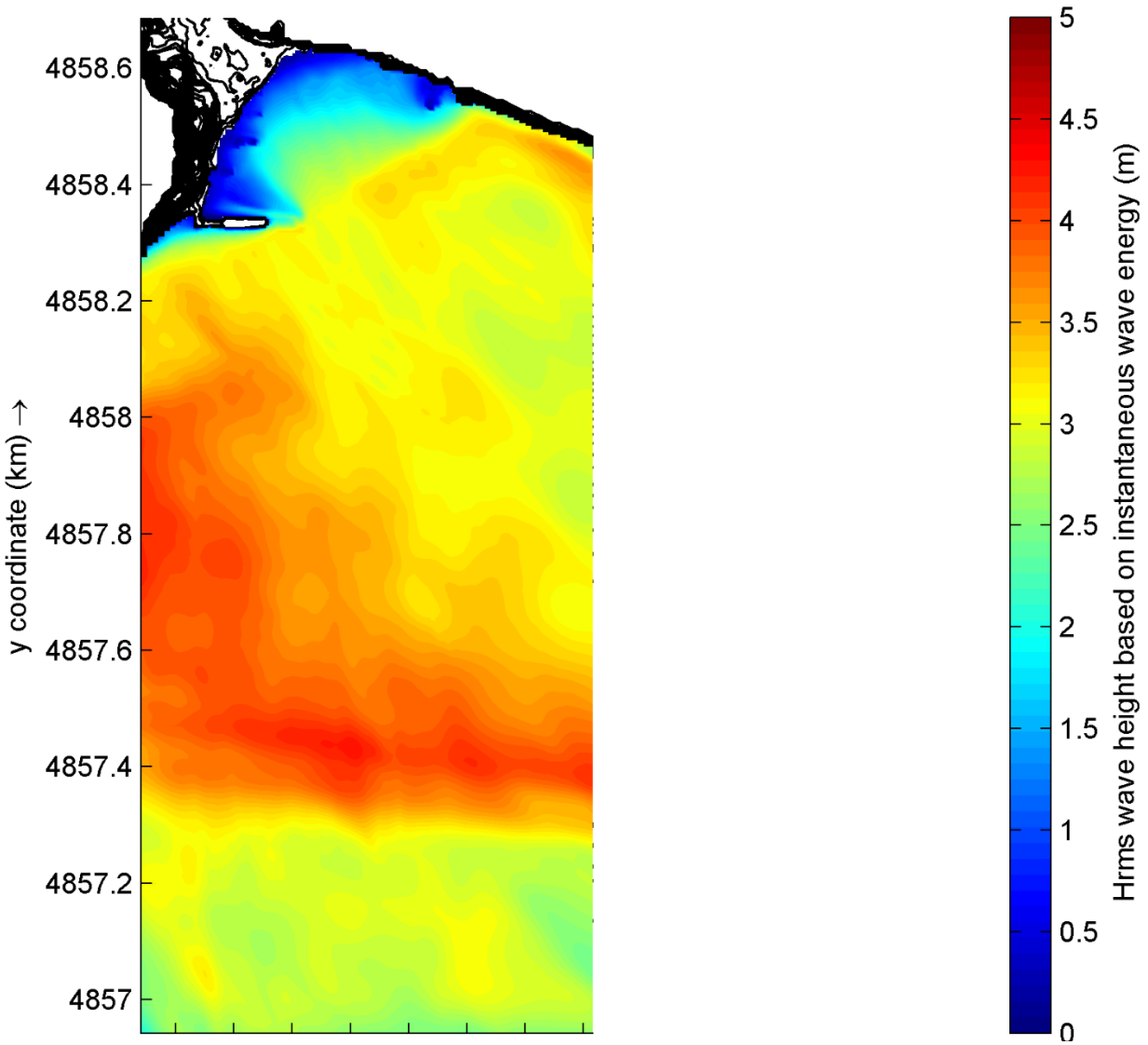


Figura 12 Hs Scirocco cinquantennale

Dalla propagazione idrodinamica si evince la genesi di un cono d'ombra a tergo del pennello, determina una buona protezione per gli eventi di sud est (area in blu a tergo del pennello).

Correnti Superficiali per tempo di ritorno 10 anni e 50 anni

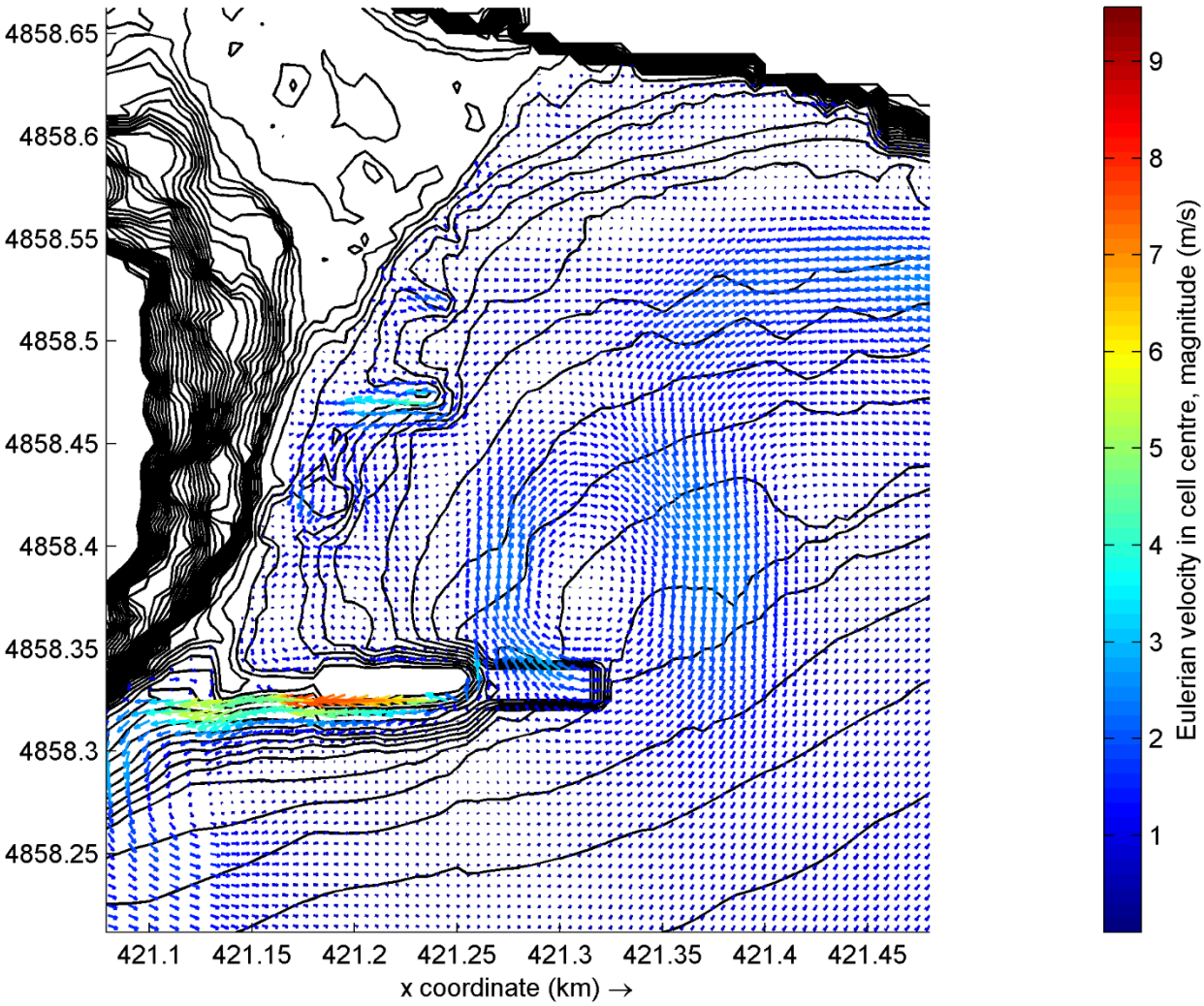


Figura 13 correnti scirocco

Per le correnti superficiali emerge la formazione di una rip current adiacente al pennello centrale, che può funge da vettore per il trasporto solido di materiale disciolto verso il largo, come riportato in figura 13.

5. Conclusioni generali

In questa sezione vengono discussi i risultati ottenuti dalle simulazioni numeriche per l'ipotesi presa in considerazione nei precedenti paragrafi.

La prime simulazioni ha fatto emergere un flusso di corrente da ponente a levante per lo stato attuale ed è stato evidenziato il ruolo fondamentale che ricoprono i due pennelli posti ai margini del litorale; difatti i flussi si incanalano tra le opere e determinano correnti divergenti per gli stati di mare di scirocco e libeccio, naturalmente con comportamenti differenti. Inoltre, è emerso che l'area a tergo del pennello di ponente è soggetta a rip-current, che determinano la perdita di materiale nei pressi dei pennelli minori.

Per ridurre questo tipo di dinamica è stata valutato l'allungamento del pennello di ponente per circa 45 metri ad una profondità di 1,5 metri. Dai risultati, per i mari di Libeccio, è sorta una maggior protezione dell'area a tergo del pennello in quanto il moto ondoso si riduce notevolmente e si generano correnti long shore che determinato il trasporto si sedimenti verso l'area ridossata. Infine, il fenomeno delle rip current osservato per lo stato attuale si attenua a causa del flusso long-shore sopra descritto.

Per i marosi di Scirocco invece, si verifica una chiara divergenza all'altezza del pennello centrale che genera una corrente divergente con direzione ponente per la costa ovest e levante per la costa Est; comunque, per i mari di Sud-Est, va considerato la deformazione del moto ondoso attuata dalla presenza della diga foranea del porto di Imperia.

6. Bibliografia citata

Bolle, A., Mercelis, P., Roelvink, D., Haerens, P., & Trouw, K. (2011). Application and validation of XBeach for three different field sites. Coastal Engineering Proceedings, 1(32), sediment-40.

Carpi, L., Mucerino, L., Besio, G., Corradi, N., & Ferrari, M. (2020). MAREGOT project experience: Integrated approach to understanding coastal dynamics behaviour. In 2019 IMEKO TC19 International Workshop on Metrology for the Sea: Learning to Measure Sea Health Parameters, MetroSea (pp. 167-171).

Carpi, L., Bicenio, M., Mucerino, L., & Ferrari, M. (2021). Detached breakwaters, yes or not? A modelling approach to evaluate and plan their removal. Ocean & Coastal Management, 210, 105668.

McCall, R. T., Masselink, G., Poate, T. G., Roelvink, J. A., Almeida, L. P., Davidson, M., & Russell, P. E. (2014). Modelling storm hydrodynamics on gravel beaches with XBeach-G. Coastal Engineering, 91, 231-250.

Mucerino, L., Albarella, M., Carpi, L., Besio, G., Benedetti, A., Corradi, N., Firpo M. & Ferrari, M. (2019). Coastal exposure assessment on Bonassola bay. Ocean & coastal management, 167, 20-31.

Mucerino, L., Carpi, L., Schiaffino, C. F., Pranzini, E., Sessa, E., & Ferrari, M. (2021). Rip current hazard assessment on a sandy beach in Liguria, NW Mediterranean. Natural Hazards, 105(1), 137-156.

Roelvink, D. (2011). A guide to modeling coastal morphology, volume 12. World Scientific.

Roelvink, D., Van Dongeren, A., McCall, R., Hoonhout, B., Van Rooijen, A., Van Geer, P., De Vet, L., Nederhoff, K., and Quataert, E. (2019). XBeach technical reference: Kingsday release. Delft, The Netherlands: Deltares, Technical report.

Balkema, A., de Haan, L., 1974. Residual Life Time at Great Age. The Annals of Probability. 2(5):792-804

Boccotti, P. (1997). Idraulica marittima. UTET Universita.

De Leo, F., S. Solari, and G. Besio (2020). Extreme wave analysis based on atmospheric pattern classication: an application along the italian coast. Natural Hazards and EarthSystem Sciences 20 (5), 1233{1246}.

Goda, Y. (2003). Revisiting wilson's formulas for simplied wind-wave prediction. Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering 129 (2), 93{95.

Gumbel, E. J. (1958). Statistics of extremes. Columbia university press.

Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, 4th edition, Charles Griffin, London.

MacQueen, J. et al. (1967). Some methods for classication and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the fth Berkeley symposium on mathematical statisticsand probability, Volume 1, pp. 281{297. Oakland, CA, USA

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the econometric society, 245-259.

Mentaschi, L., Besio, G., Cassola, F., & Mazzino, A. (2013). Developing and validating a forecast/hindcast system for the Mediterranean Sea. Journal of Coastal Research, (65 (10065)), 1551-1556.

Mentaschi, L., Besio, G., Cassola, F., & Mazzino, A. (2015). Performance evaluation of Wavewatch III in the Mediterranean Sea. Ocean Modelling, 90, 82-94.

Pickands III, J. (1975). Statistical inference using extreme order statistics. the Annals of Statistics, 119-131.

Firmato digitalmente da
mario cleme [redacted]ssi
C = IT