

SIGIEC PON01_2651

“RUSICA un modello ad AC per la simulazione della morfodinamica delle spiagge: eventi naturali e alterazioni morfologiche artificiali”

Claudia Roberta Calidonna^a, [Salvatore Di Gregorio](#)^{b,a}, Francesco Gullace^a,
Daniel Gullì^a, Valeria Lupiano^{c,a}

^aCNR-ISAC, Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologia dell'Ambiente, Area Industriale Comp.15, 88046 Lamezia Terme (CZ), Italy

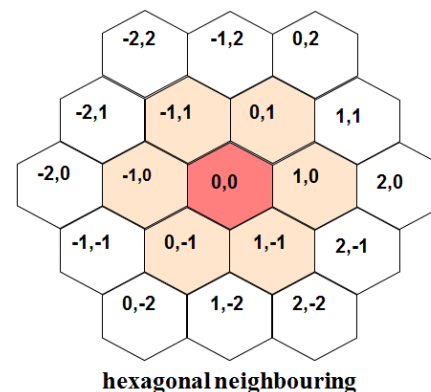
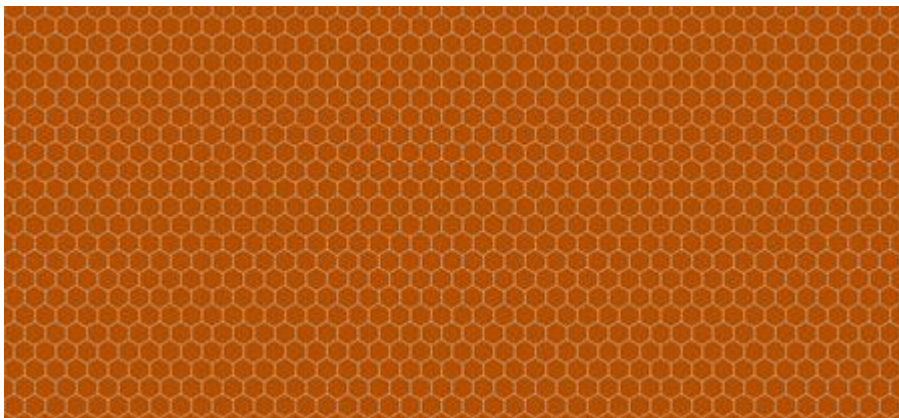
^bDip. di Matematica e Informatica, Università della Calabria, Arcavacata, 87036 Rende (CS), Italy

^cDip. di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra, Università della Calabria, Arcavacata, 87036 Rende (CS), Italy

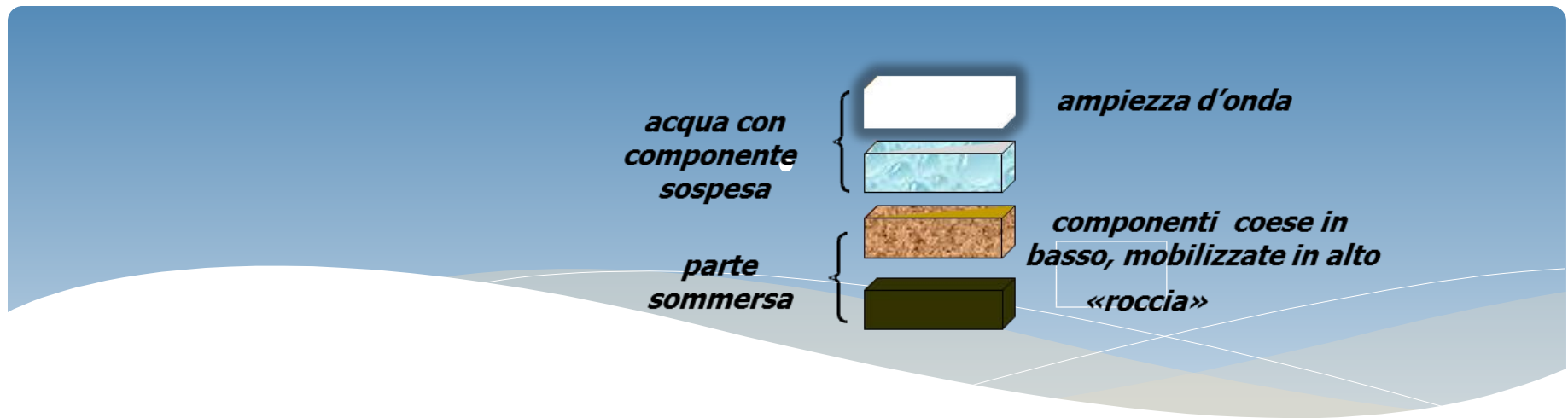


Automi Cellulari a Multicomponenti

- Un Automa Cellulare (AC) può essere descritto come uno spazio, suddiviso in celle, ciascuna incorporante una unità di calcolo.
- Ogni cella corrisponde ad una porzione di spazio reale le cui caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche etc. specificano lo stato della cella. Una funzione di transizione varia lo stato in tempi discreti in relazione allo stato della cella e delle celle vicine.



- Gli **AC** si applicano alla modellizzazione e alla simulazione di fenomeni complessi, la cui evoluzione dipende soprattutto da interazioni locali.
- La morfodinamica delle spiagge può essere considerata un sistema complesso rientrando nella tipologia modellata dagli AC.
- Gli **AC** costituiscono una valida alternativa ai sistemi di equazioni differenziali, spesso impraticabili per la loro complessità.



- * Gli aspetti fenomenologici ritenuti importanti sono i seguenti:
- * • interazione dell'energia delle onde col fondale marino con effetto di sospensione del materiale granulare;
- * • dinamica sospensione-deposito del materiale granulare in relazione all'energia, sia in acque basse, sia nella battigia,
- * • trasporto in sospensione del materiale granulare, in contesti diversi, onde di tempesta, correnti, maree,
- * • trascinamento di materiale come flussi granulari di superficie dalla battigia verso le acque basse, molto simile alle correnti di densità;

*R*Udimental *S*imulation of Coastal erosion by cellular *A*utomata

 $R = \{(x, y) \mid (x, y \in \mathbb{Z}) \wedge (-l_x \leq x \leq l_x) \wedge (-l_y \leq y \leq l_y)\}$ identifica l'insieme di esagoni regolari, che coprono la regione, in cui il fenomeno evolve.

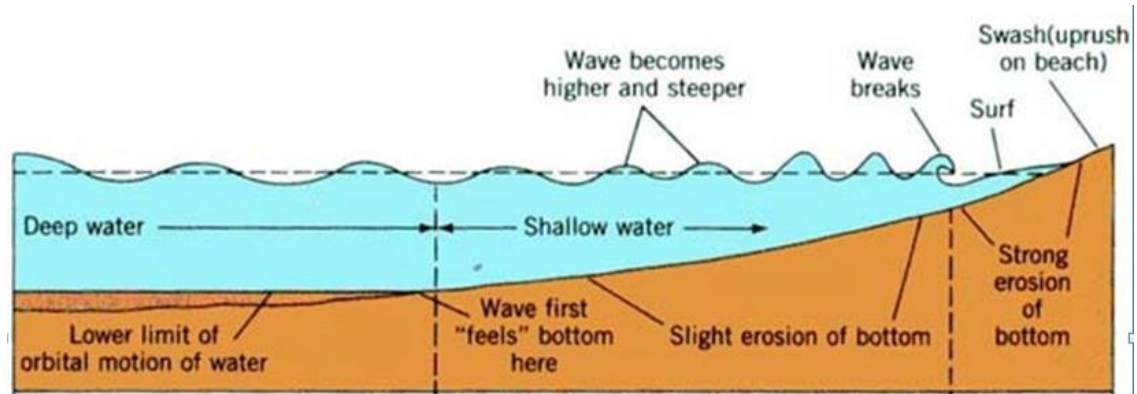
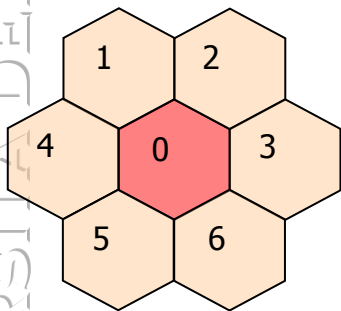
Zonazione dinamica: L, A (lunghezza, ampiezza d'onda), LM (livello mare), Q (quota)

a) acque profonde $P > L/2$

b) acque basse $P < L/2$ e $P > A/2$

c) zona di bagnasciuga: parte sotto LM ($P < A/2$) parte sopra LM ($Q < A/2$)

d) parte sempre emersa ($Q > A/2$)



 G sono le celle ai bordi di R da dove si generano le onde.

 X è la relazione di vicinanza: essa include la cella stessa (cella centrale) con indice 0 e le celle adiacenti with indici $1, 2, \dots, 6$.

• Lo stato della cella **S** è specificato dai valori dei “sottostati”:

Qu quota media della cella

per quanto riguarda il materiale granulare, tre differenti condizioni possibili:

Sd componente “coesa”: sedimento nello strato superiore del fondo marino/bagnasciuga, soggetto a possibile erosione per trasmissione di energia dalle onde e portato in sospensione;

So componente “sospesa”: materiale granulare sospeso in acqua, soggetto a precipitazione per calo di energia trasmessa dalle onde;

Sm componente “mobilizzata”: materiale granulare mobilizzato, può derivare dal materiale in sospensione, che precipita sul fondale marino oppure dallo strato superiore del bagnasciuga sotto la diretta azione delle onde; può andare in sospensione oppure può originare flussi granulari sulla superficie subacquea.

SoF⁶ flussi della componente sospesa dalla cella centrale verso le 6 adiacenti

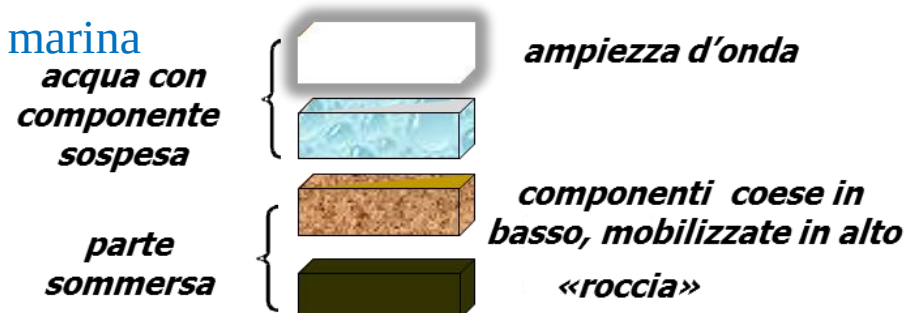
SmF⁶ flussi della componente mobilizzata dalla cella centrale verso le 6 adiacenti

Ao, Lo .. Ampiezza e lunghezza d’onda ...

Cx, Cy componente x e y della corrente marina

.....

Solo un tipo di materiale granulare





- σ_1 : **erosione, sospensione e deposito nella zona di acqua bassa**; l'energia trasmessa dalle onde sul fondo del mare può portare in sospensione il materiale coeso, inversamente una diminuzione dell'energia può dare luogo a deposizione del materiale in sospensione, che si accumula sul fondo come componente mobilizzata;
- σ_2 : calcolo dei **flussi di materiale in sospensione** verso le celle adiacenti in relazione alla direzione, ampiezza e lunghezza d'onda della cella e tenendo conto della velocità e direzione delle correnti marine nella cella;
- σ_3 : **dinamica nella zona del bagnasciuga** parte delle particelle in sospensione si depositano in relazione all'energia in gioco ed alla loro granulometria; una diretta erosione è prodotta negli strati superficiali di componenti coesi originari del bagnasciuga in relazione all'energia in gioco ed alla loro granulometria, dando origine a strati di materiale mobilizzato;
- σ_4 : **flussi granulari** si generano dal materiale mobilizzato quando sono superate soglie di energia e di angolo di pendenza nella zona di bagnasciuga, nella zona di acque basse e poi profonde verso il largo.
- σ_5 : **sospensione e deposito nelle zone di acqua profonda**; la trasmissione di energia dalle onde e dalle correnti subacquee è calcolata, le massime possibili concentrazioni delle particelle sospese sono calcolate, alla diminuzione di energia una parte delle particelle in sospensione si deposita.



RUSICA: insieme dei parametri globali $P < G, X, S, P, \tau, \gamma >$

Apotema della cella [in metri]

Passo temporale di RUSICA [in secondi]

Parametro variabile "livello del mare" aggiornato passo per passo rispetto ad uno zero ideale [in metri]

Parametri di decadimento dell'energia in funzione della profondità con due valori di soglia, parametro per il calcolo grossolano dell'energia nella cella dall'ampiezza d'onda.

Parametri di soglia di energia per il passaggio da componente mobilizzata a componente in sospensione [-].

Parametri di soglia di energia per il passaggio da componente coesa a componente in sospensione [-].

Parametri di per la determinazione della massima quantità di materiale granulare in sospensione [-].

Parametri di soglia di energia minima per potenziali flussi granulari subacquei [-].

Parametri di soglia di angolo minima per potenziali flussi granulari subacquei [-].



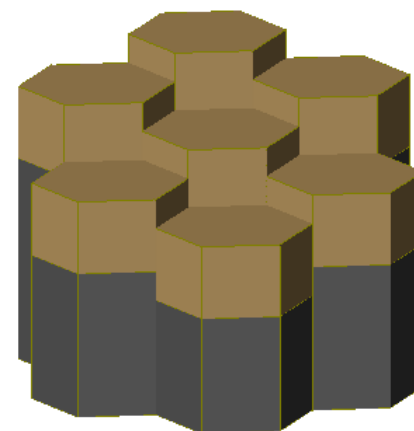
RUSICA: influenze esterne γ

$\langle G, X, S, P, \tau, \gamma \rangle$

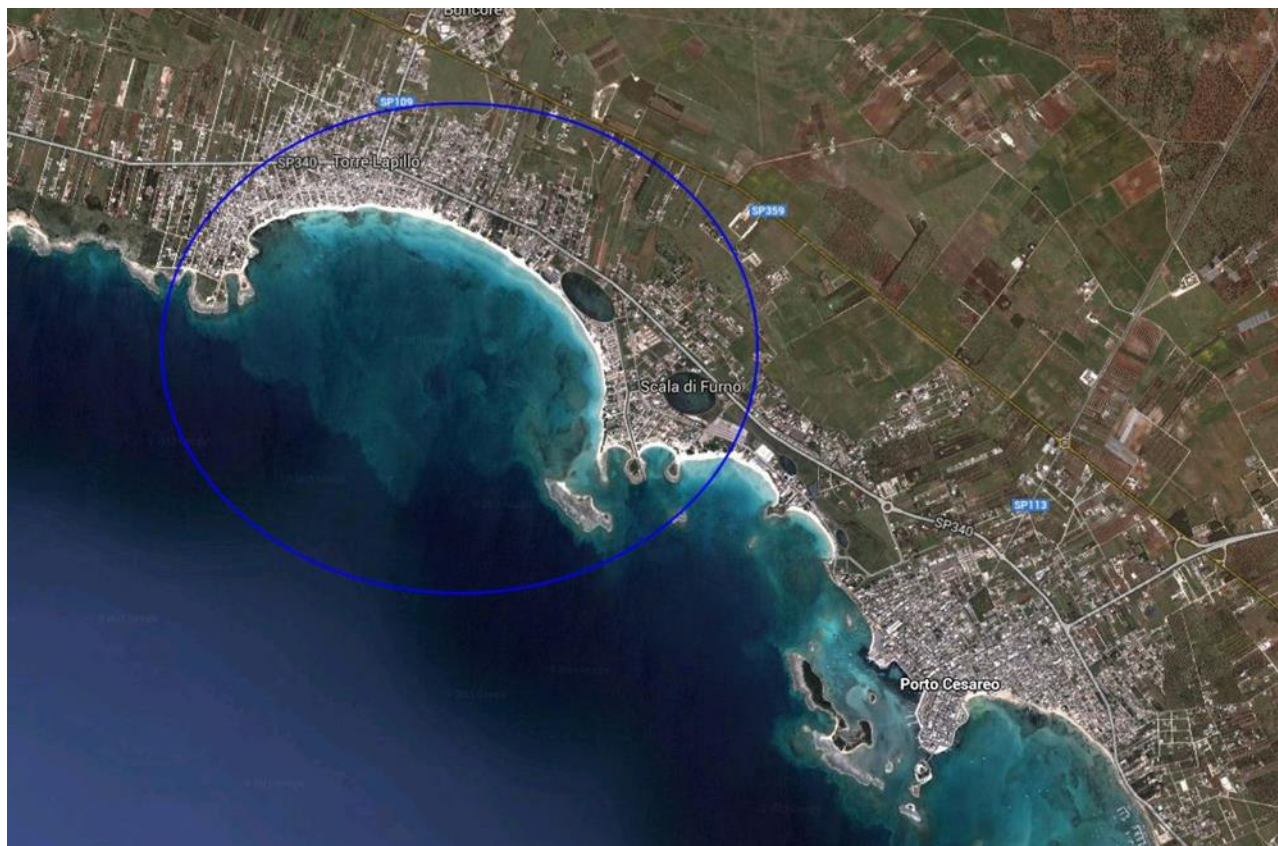
- la funzione γ tiene conto delle influenze esterne, essa è composta da due funzioni γ_1 e γ_2
- γ_1 ritorna cella per cella e passo per passo i valori di ampiezza, lunghezza e direzione d'onda, si è usato

sia il metodo sviluppato nel modello **UNDATA**

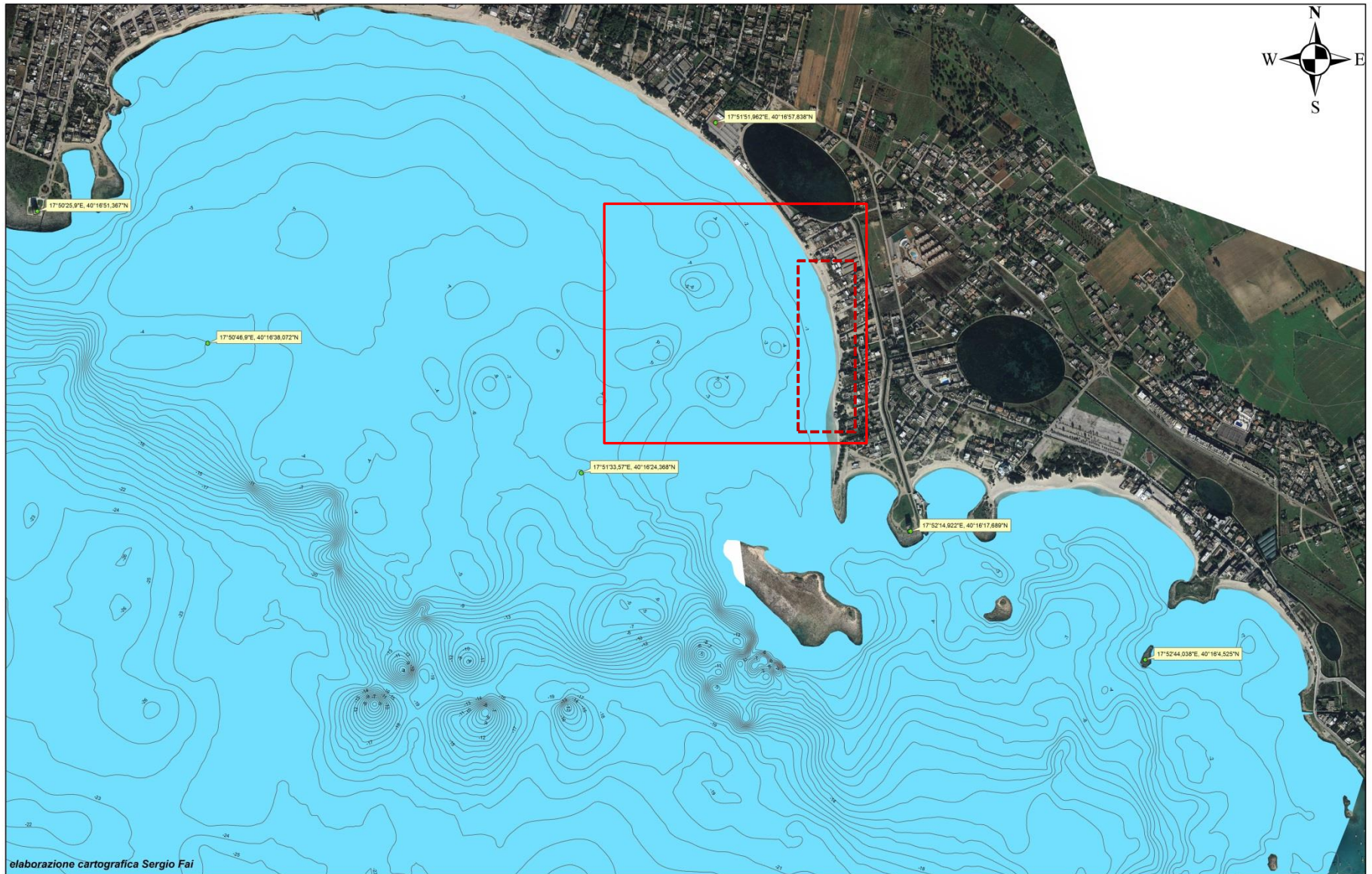
sia il metodo del **RAYTRACING**



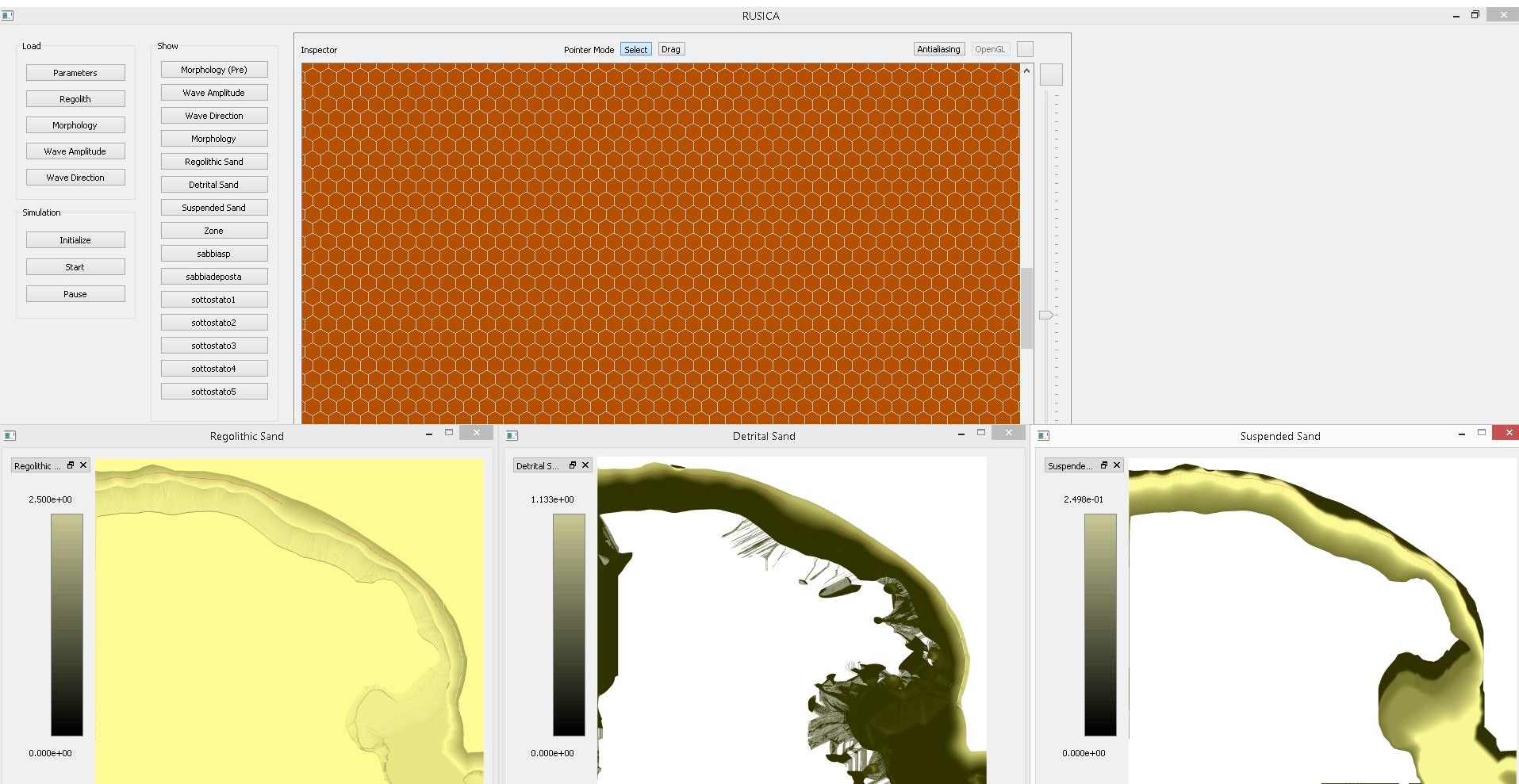
- γ_2 ritorna i componenti x e y della corrente marina secondo misure.



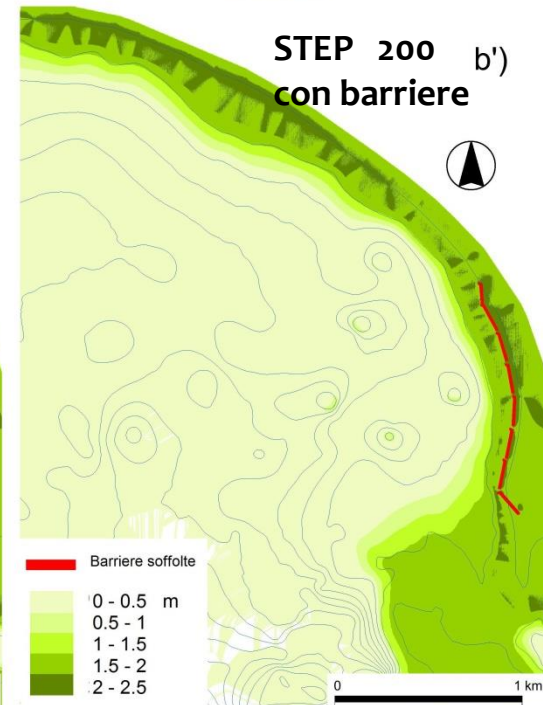
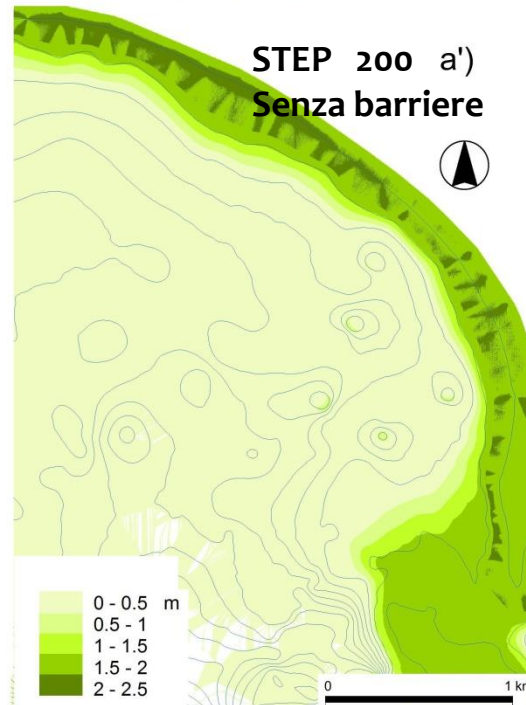
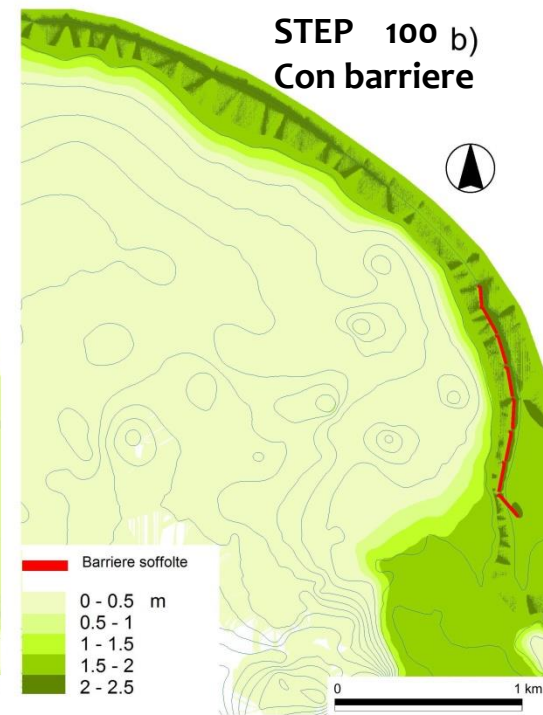
Parto Cesareo: **area di simulazione** e **fascia costiera resa soggetta ad erosione** in condizioni di granulometria omogenea

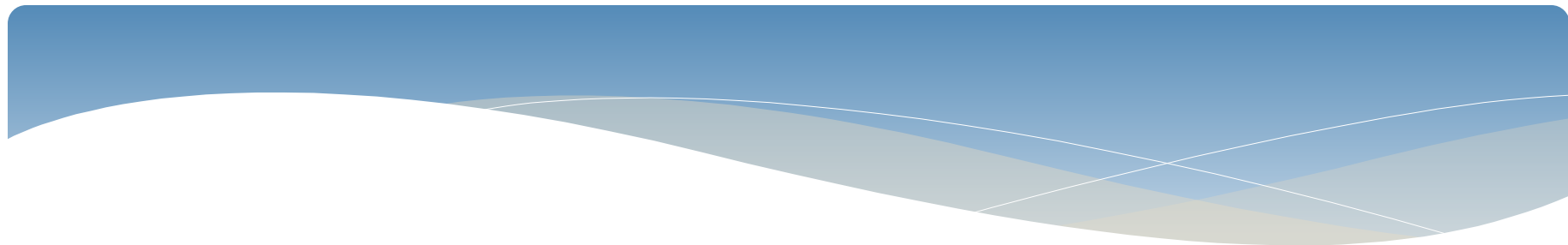


Un evento ideale (simulato sul DTM del 2010) è stato definito sulla accurata morfologia disponibile (valori di quota del **2010**) dell'area di Torre Lapillo. Viene generata dai bordi della regione una tempesta con onde , direzione 15° E, **0.5m** ampiezza, **20 m** lunghezza.

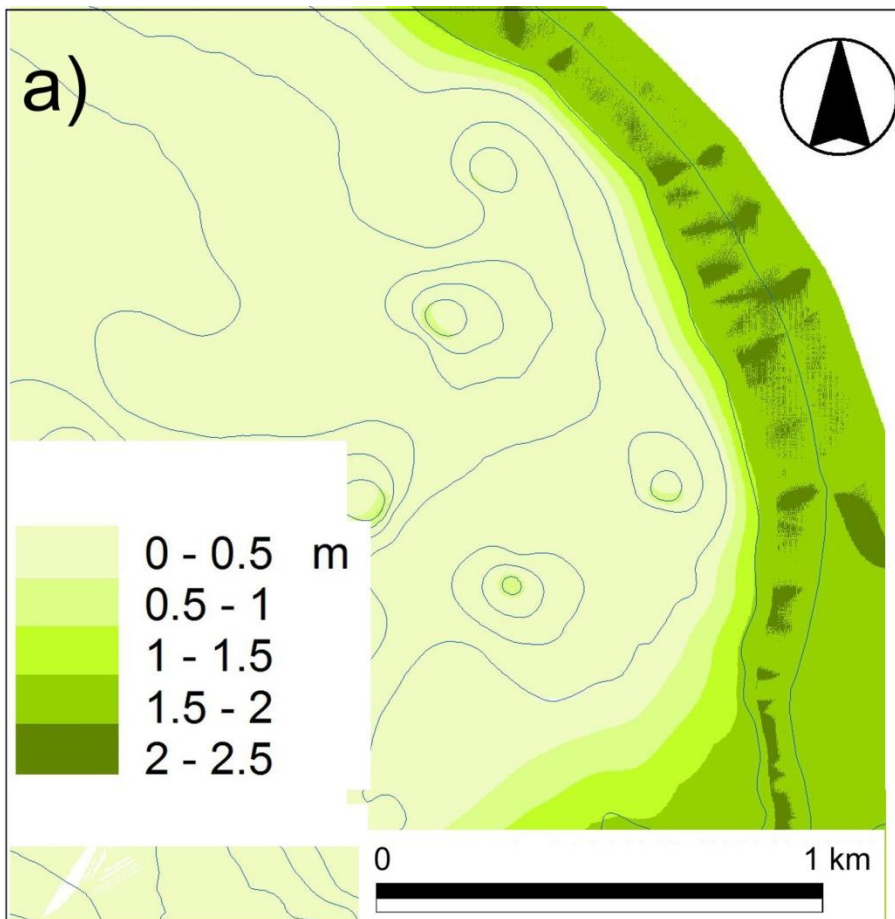


A ideal event was defined on the precise available morphology (**2010** altitude values) of a part of the area of Torre Lapillo, A storm is generated with waves, direction 15° E, **0.5m** amplitude, **20 m** length, that are produced in the simulation by the border cells.

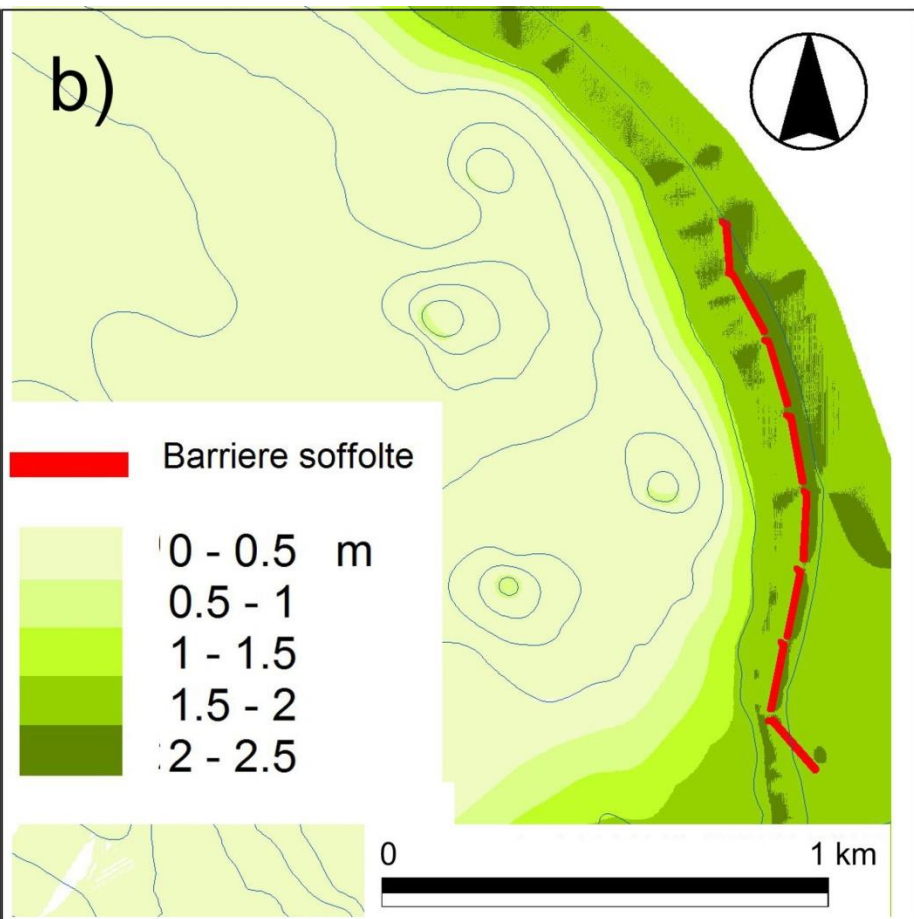




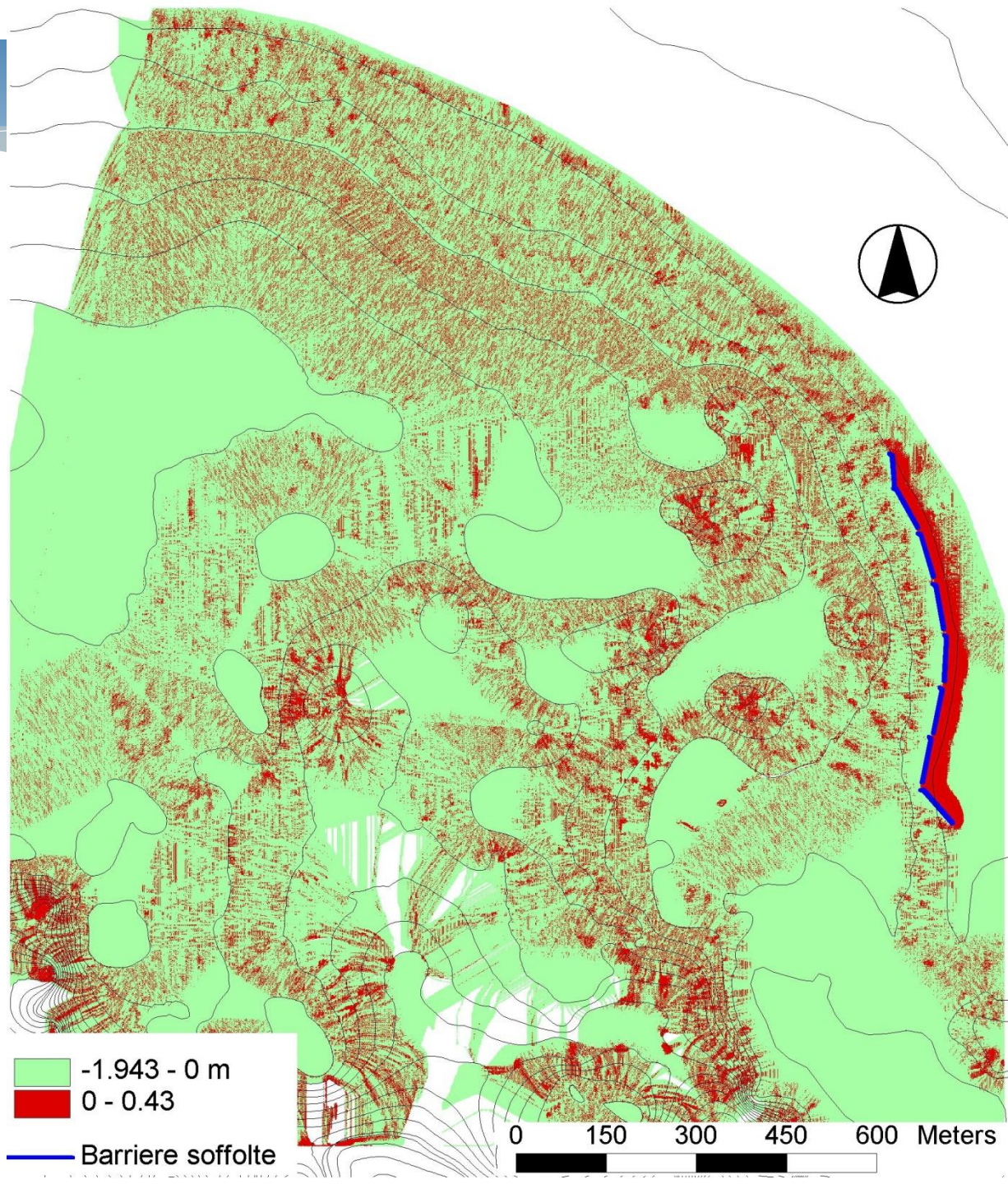
STEP 200
Senza barriere



STEP 200
Senza barriere

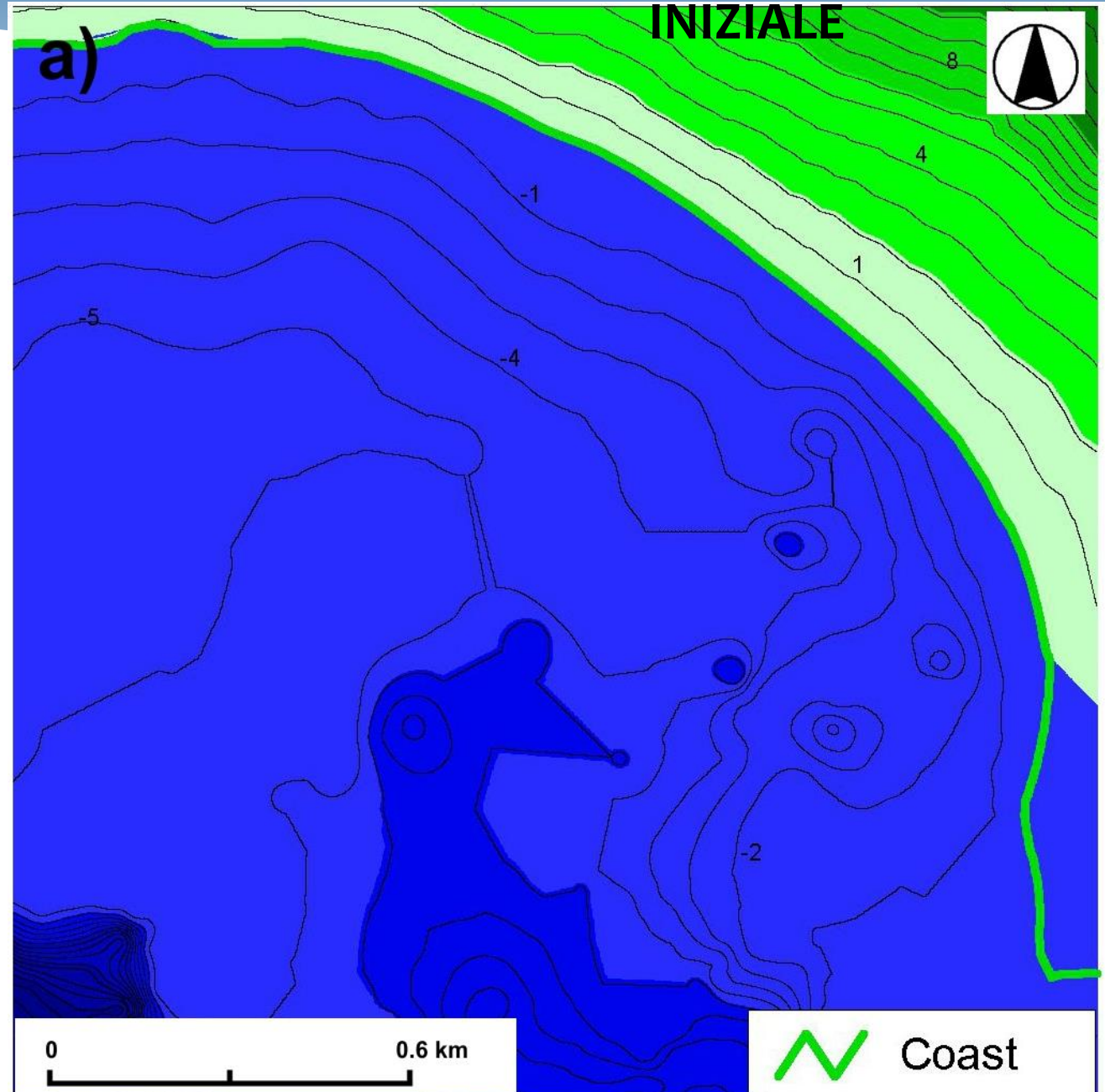


**Differenza
Erosione-Deposito
Barriere-senza barriere**



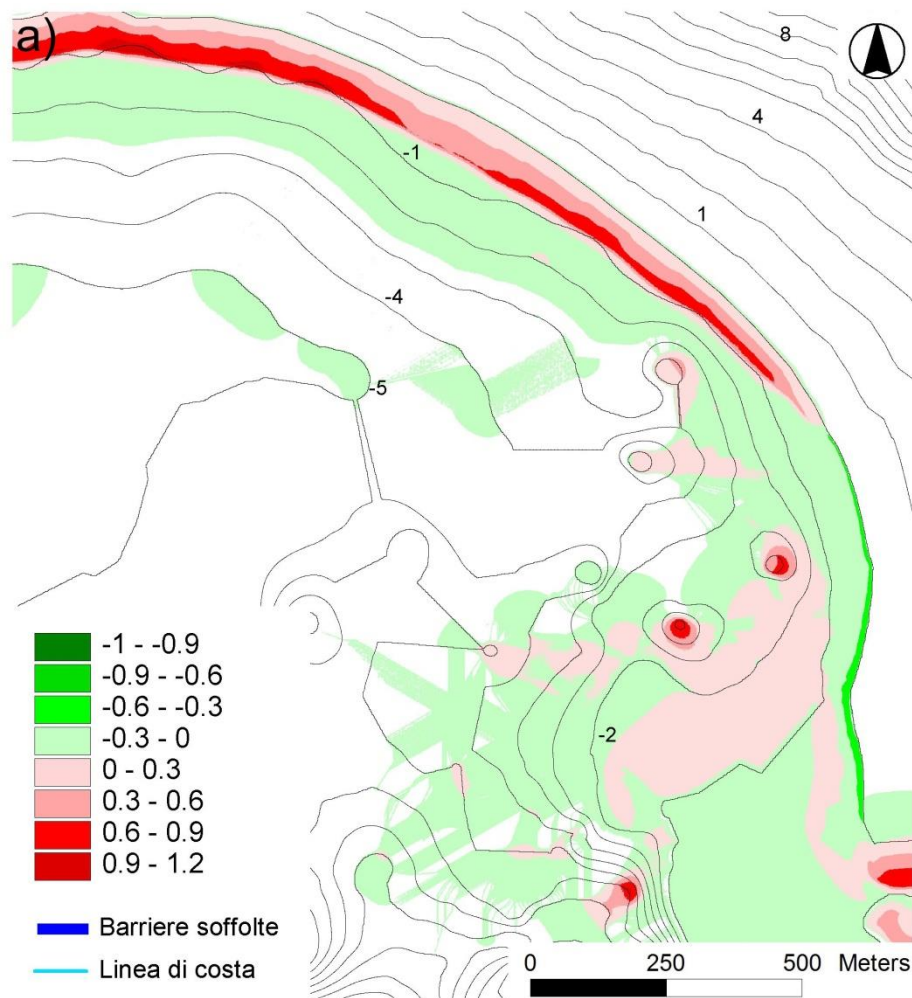
MORFOLOGIA

An ideal event was defined on the precise available morphology (**2010** altitude values) of a part of the area of Torre Lapillo, represented by hexagonal cells with apothem **0.5m**. The time step is **1 minute**. A stratum of homogeneous sand, **2.5m** is imposed to be uniformly distributed in the region, because of scarce data. A storm is generated with waves, direction **S→N**, **0.5m** amplitude, **20 m** length, that are produced in the simulation by the border cells.

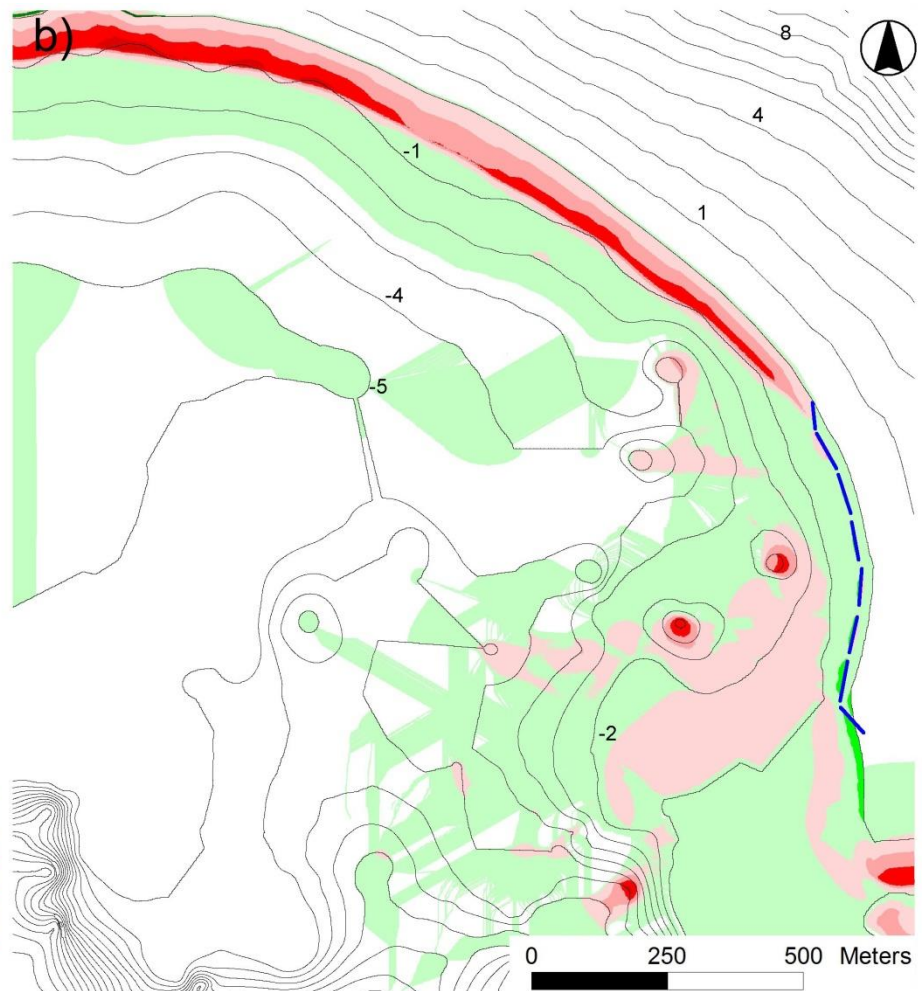


Erosione-Deposito

STEP 800 senza barriere



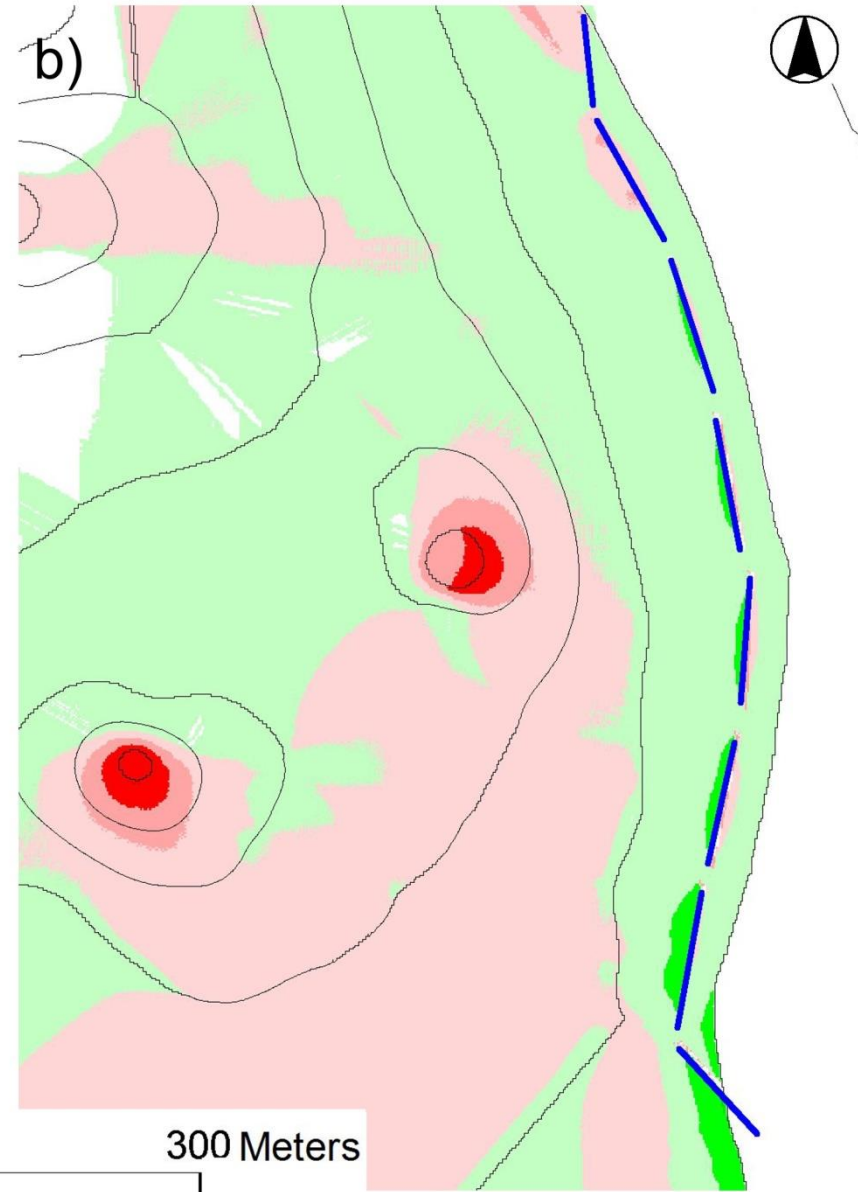
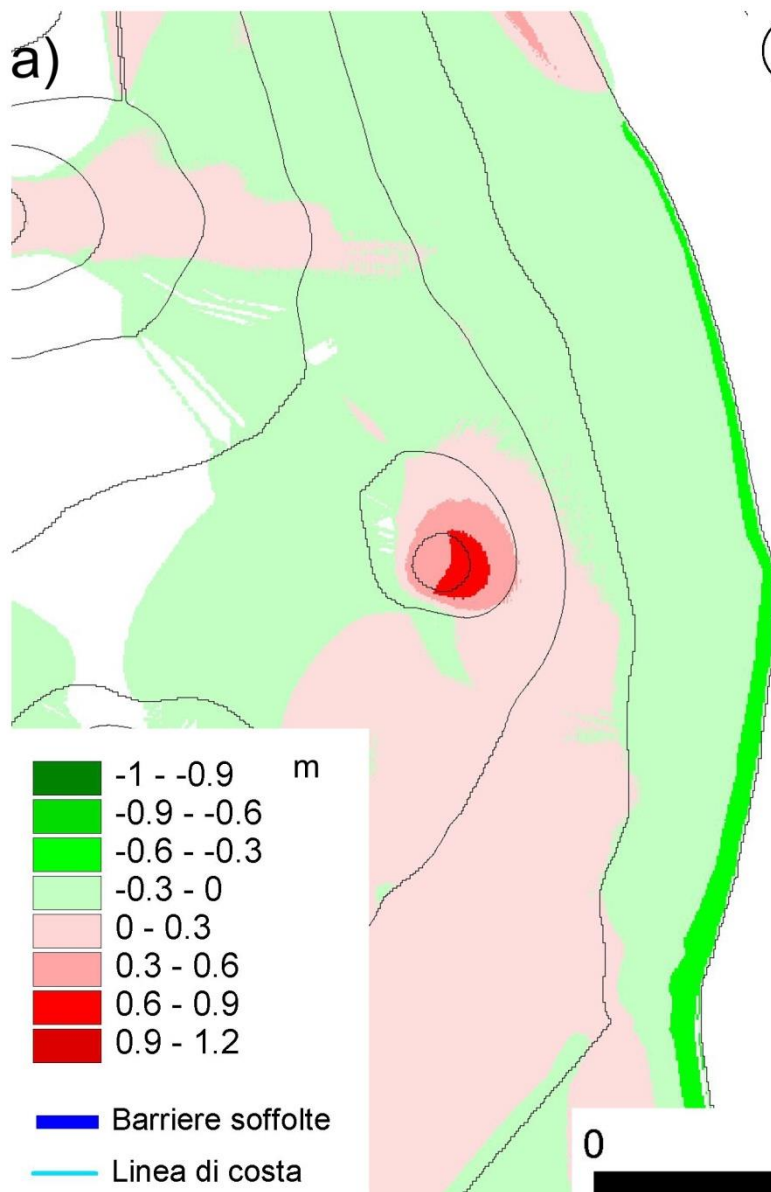
STEP 800 con barriere

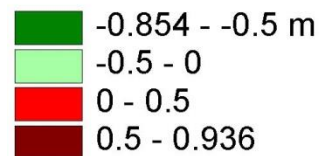


Erosione-Deposito

STEP 800 senza barriere

STEP 800 con barriere





— Barriere soffolte

0 150 300 450 600 Meters

