Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA AMBIENTALE

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E GEOAMBIENTALI

con la co-organizzazione

Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali della Provincia di Bari

OIBA ORDINE DEGLI INGEGNERI della Provincia di Bari

EROSIONE COSTIERA E MISURE DI MITIGAZIONE

Giovedì 19 dicembre 2019 | Aula Magna Palazzo di Scienze della Terra, Campus Universitario Via Orabona 4, Bari

BREVETTI FRANGIFLUTTI E MASSI ARTIFICIALI

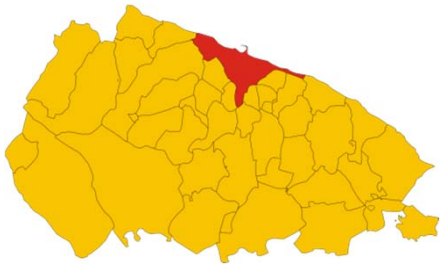
Geol. Tommaso ELIA
Ordine Regionale Geologi Puglia

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- LUNGHEZZA COSTE ITALIANE: 8000 KM
- Lunghezza coste pugliesi: 870 km
- La **Puglia** è la prima regione italiana **continentale** per lunghezza costiera
- È al 3° posto dopo Sardegna 1.897 e Sicilia 1.652
- il 10,88 % del territorio costiero italiano è pugliese

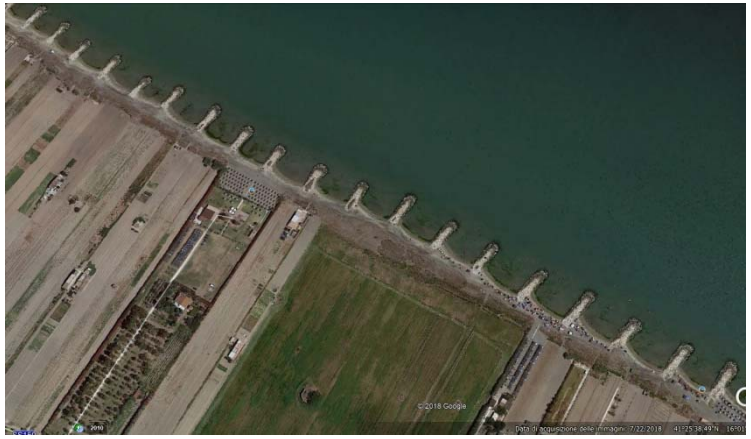
Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- Provincia di **Foggia**: **15 comuni** costieri per un totale di **147,6 km**
- Provincia di **BAT**: **4 comuni** costieri: per un tot ca. 4 km Barletta, Trani, Margherita di Savoia,, Bisceglie.
- Città metropolitana di **Bari**: **6 comuni** costieri: per un tot di **88,6 km**, Molfetta, Giovinazzo, Bari, Mola di Bari, Polignano a Mare, Monopoli
- (Trinitapoli, sbarrato da Margherita di S. e Zapponeta)



- Provincia di Foggia -

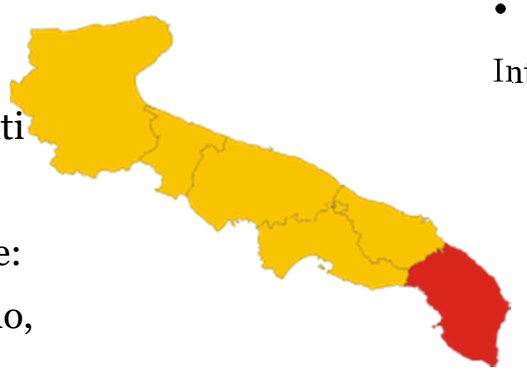
Interventi di difesa costiera estensivi: dalla spiaggia dell'ippocampo (Zapponeta) al porto di Margherita di Savoia, per un totale di ca. 23 km
opere di difesa emerse ortogonali in pietrame calcareo

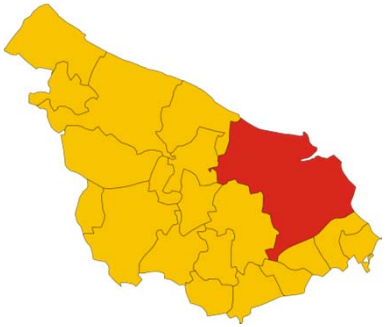


Esempio di <u>difesa costiera attuata</u> e su come utilizzare i nuovi **moduli antierosivi WaVe Filter** e **massi artificiali** Sea Urchin – **Riccio** prog. di integrazione della difesa costiera

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- Provincia di Brindisi: **6 comuni** costieri – completamente intagliati nelle formazioni geologiche sabbiose e sabbioso-calcarenitiche: Brindisi, S.Pietro V.co, Torchiarolo, Carovigno, Ostuni, Fasanoper un tot di **91,2 km**;
- Provincia di Lecce: **27 comuni costieri** per un totale di **228,6 km** (Sannicola, sbarrato da Gallipoli; TP e SQ nuovi comuni costieri)
- Provincia di Taranto: **11 comuni** costieri per un tot di **143,4 km,** Torricella, Maruggio, Ginosa, Manduria, Castellaneta, Palagiano, Massafra, Taranto, Leporano, Pulsano, Lizzano





- Provincia di Brindisi -

Interventi di difesa costiera: su spiaggia naturale

Cala Materdomini (costa nord BR)

Esempio di difesa costiera da attuarsi e su come utilizzare i nuovi moduli antierosivi WaVe Filter

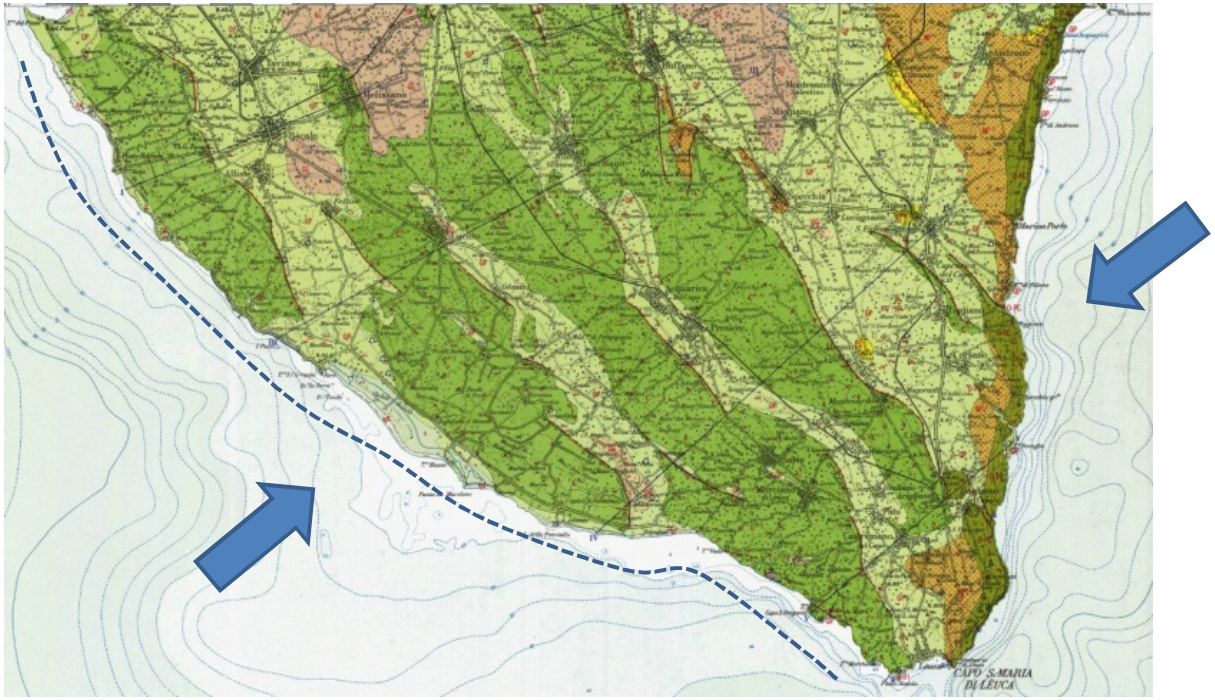
Infrastruttura marittima: **diga di Punta Riso** e **massi artificiali** – Riccio prog. di integrazione di difesa costiera di 1200 m esterni

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- Provincia di Lecce:

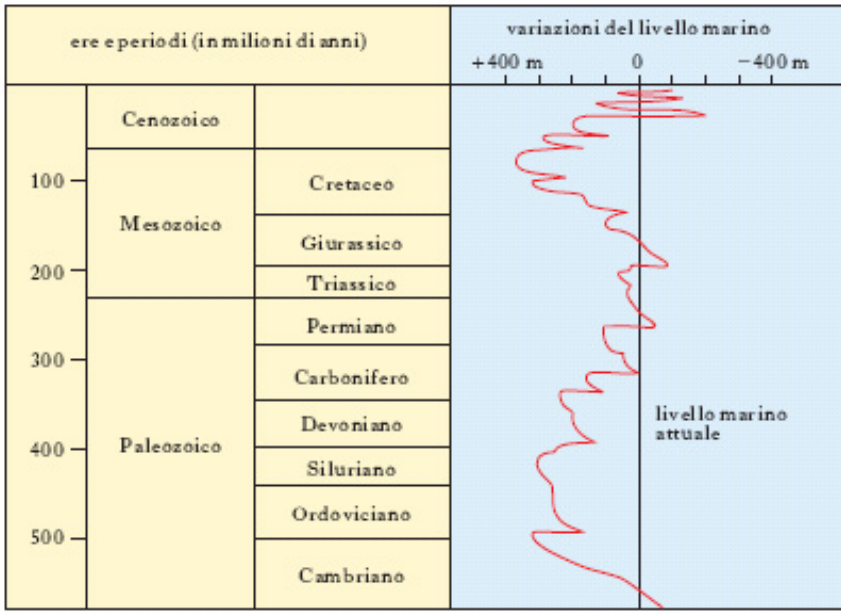
coast to coast dallo Jonio allo …

- comuni costieri – completamente intagliati nelle formazioni geologiche calcaree e sabbioso-calcarenitiche: Otranto, S.Cesarea terme, Castro, Andrano, Diso, Castrignano del Capo, Gagliano del Capo, Patù, Salve, Ugento, Taviano, Alliste, Gallipoli,
- Foglio Geologico scala 1:100.000 "**S. Maria di Leuca**"



Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- È la testimonianza scientifica di quanto sia cambiato il l.m.m.

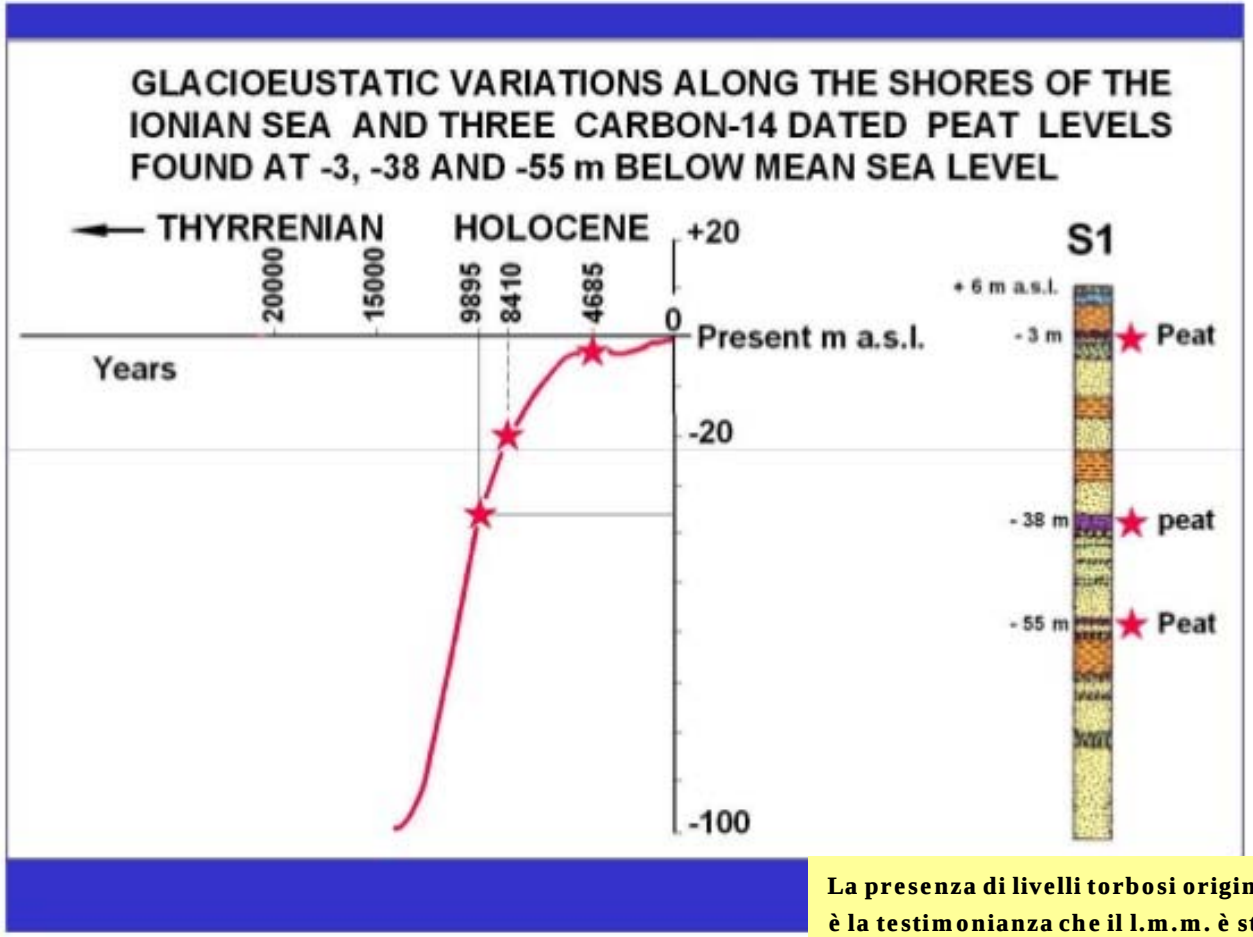


Cambiamenti climatici e Variazioni Eustatiche

Livello del mare nelle varie ere geologiche: utilizzato nel paradigma trumpiano che non cè da preoccuparsi perché ci sono sempre state le variazioni climatiche e pertanto possiamo tranquillamente continuare a fare quello che facciamo:
Quello trumpiano (o americano o cinese o russo, di fatto un paradigma mondiale) è un modello di riferimento volutamente incompleto, di parte e di comodo: racconta il lato A scientifico, trascurando il fattore antropocene

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Testimonianza scientifica di quanto sia cambiato il l.m.m. e delle variazioni eustatiche

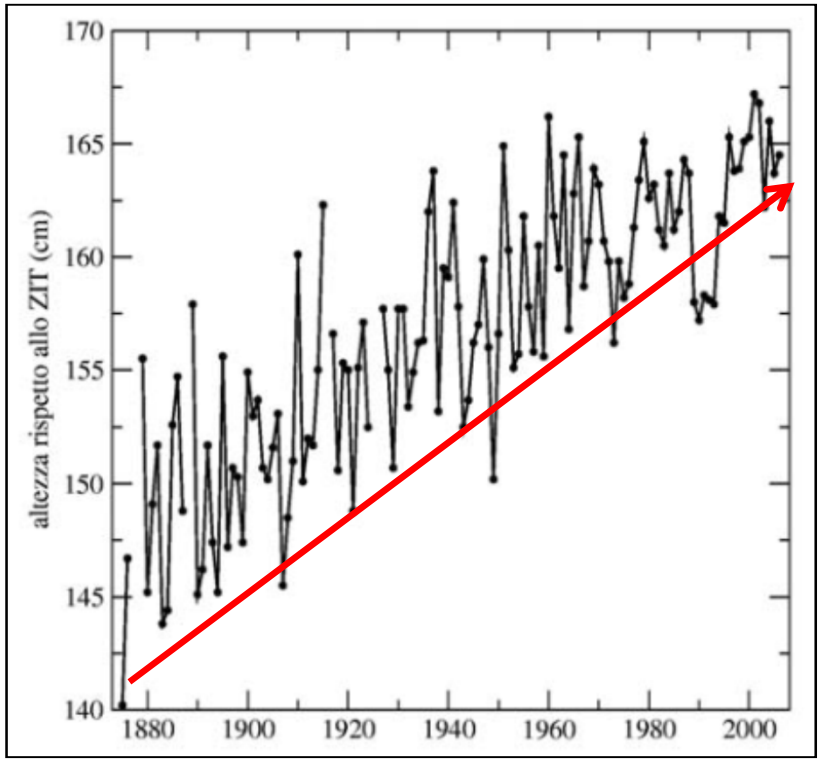


Noi operiamo una forzatura a legare univocamente le variazioni del livello marino – nell'accezione geologica – alle sole oscillazioni eustatiche che determinano l'erosione delle coste (più cause – in concorso – nel c.d Antropocene).
Noi siamo "geologicamente insignificanti ".
Solo da ca. 20 secoli siamo "significanti" (storicamente).
Da ca. 1,3 secoli - 2^ rivoluzione ind.le siamo "rilevanti e determinanti" per le sorti - anche geologiche - del pianeta

La presenza di livelli torbosi originatisi in ambiente subaereo è la testimonianza che il l.m.m. è stato al di sotto dell'attuale (Cotecchia, 2007)

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- Rilievi sperimentali del mareografo di Trieste hanno evidenziato che nell'Adriatico nell'ultimo secolo vi è stato un innalzamento di ca. 15cm (Petrillo, 2007).
- Tenendo conto che su una spiaggia sabbiosa l'innalzamento di 1 cm del l.m.m. determina un arretramento della linea di riva compreso tra 50 e 100 cm (Bruun, 1962), l'arretramento naturale della linea di riva che si sarebbe avuto nello scorso secolo è compreso tra **7.5 m e 15 m**.
- I dati giustificano arretramenti significativi di litorali non antropizzati, quale il tratto delle Cesine e tra S. Cataldo e Cerano e tra Torre Guaceto e Torre Canne.



Altezze del livello del mare misurate dal mareografo di Trieste (Raicichn, 2007)

- **INNALZAMENTO** misurato dal mareografo di Trieste

2017 – 1859 = 158 anni;

* 1,3 mm/a = **205,4 mm = 20,54 cm INNALZAMENTO**

20,54 cm * 75 cm = 15,405 m ARRETRAMENTO

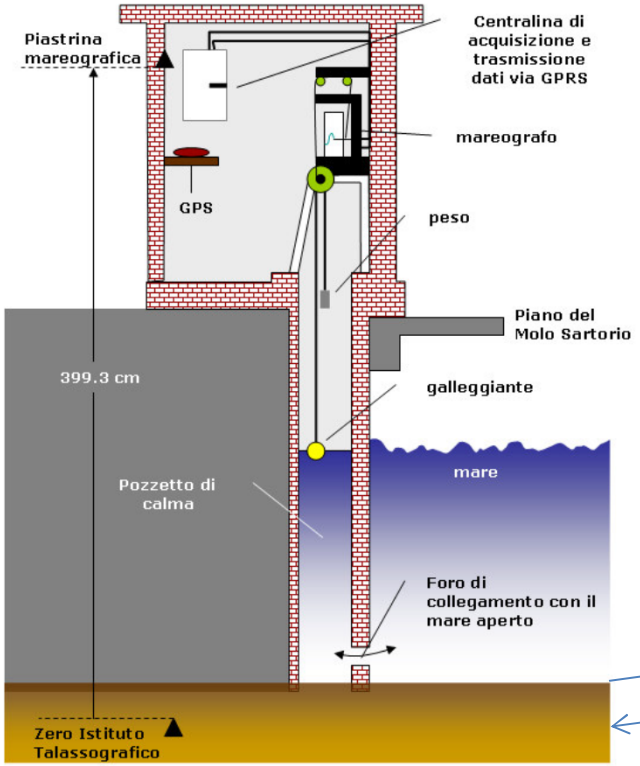
20,54* 100 cm = 20,54 m

ARRETRAMENTO valutato scientificamente **da 15,40 mt a 20,54 mt** (dati cautelativi)

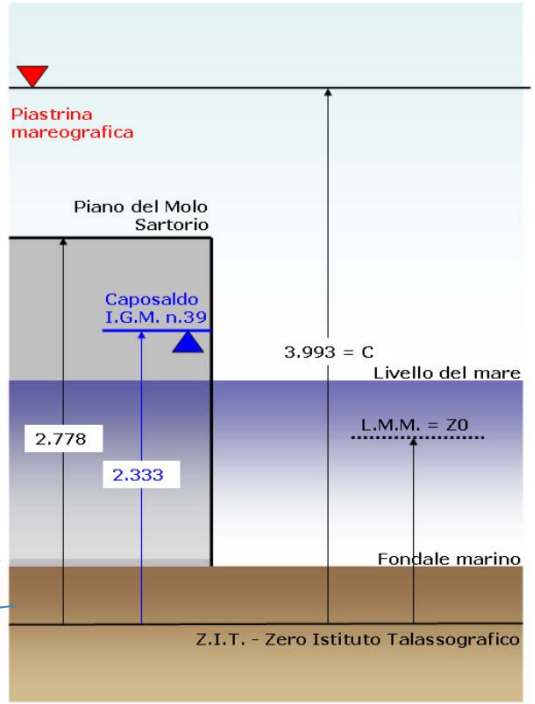
Focus erosivi documentati sul litorale brindisino e leccese indicano il doppio, fino a 40 m nell'ultimo mezzo secolo

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Sezione della cabina mareografica presso il Molo Sartorio



Altezze del livello del mare misurate dal mareografo di Trieste (Raicichn, 2007)



La valenza scientifica storica del dato proveniente dal mareografo di Trieste, laddove lo «zero relativo» è localizzato in un piano al di sotto del fondale, che ovviamente può essere mobile; pertanto la misurazione riferisce ad un substrato di misurazione controllato, coincidente con lo ZIT – zero dell'istituto talassografico

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

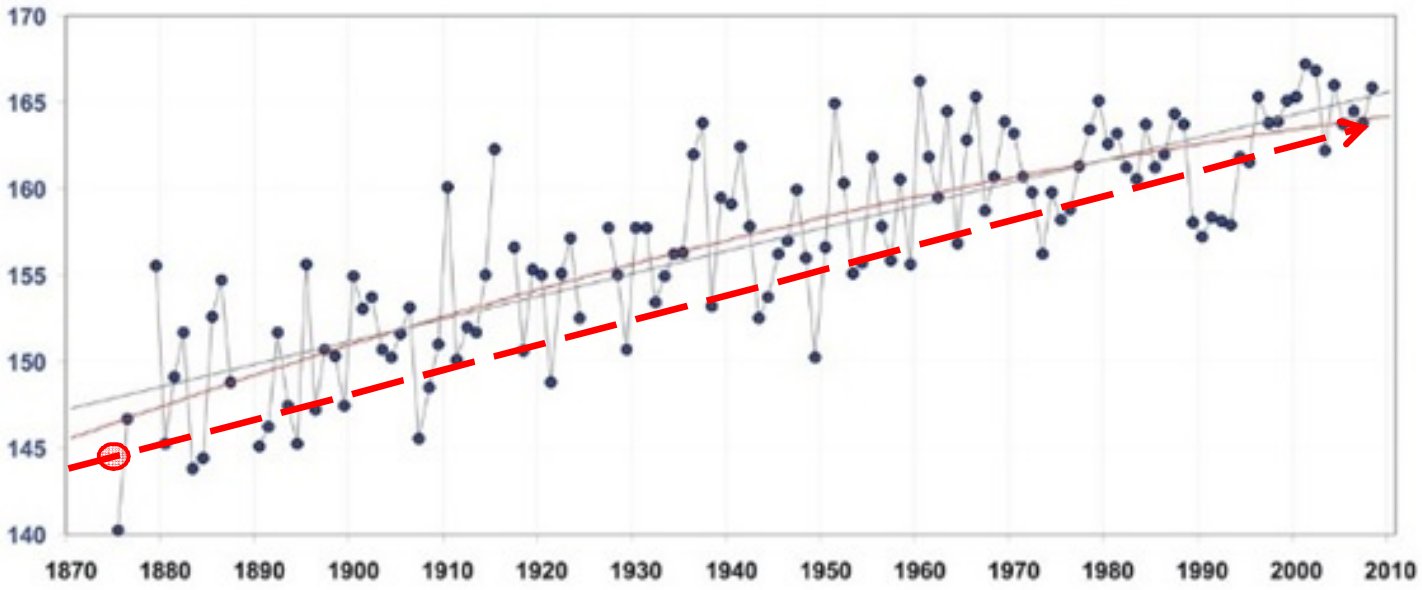
PROIEZIONE 2020: trend relativo all'innalzamento del livello marino riferito al mareografo di Trieste.

- **INNALZAMENTO** misurato dal mareografo di Trieste

  1875 – 2010 = 135 anni;

INNALZAMENTO di 27,5 cm in 135 anni = **2,04 mm/anno**

2,04 mm * 150 anni = 30,6 cm al 2020 corrispondenti ad arretramenti di spiagge basse sabbiose e sabbioso – ciottolose **da 22,95 m ÷ 30,6 m**



Livello del mare a Trieste dal 1875 al 2010 (ISPRA, 2012)

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- Descrizione del problema: crollo della **falesia** del **belvedere di Cerano** e S.P. 87
- Descrizione della soluzione: diga a scogliera con massi artificiali radente al muro, ricostruzione del tratto stradale della S.P. 87;
- focus erosivi di 14,75m (1) e 14,30m (2)
- Impatto del progetto riferito a: 1)Tempi 2)Costi 3)Paesaggio

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Cerano maggio 2003 belvedere SP 87
(muro cls. (1 x 100 x 4)

Cerano aprile 2010 belvedere SP 87

Cerano marzo 2012 belvedere SP 87

Cerano luglio 2015 belvedere SP 87
(crollo muro cls.)

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Cerano luglio 2015 belvedere SP 87

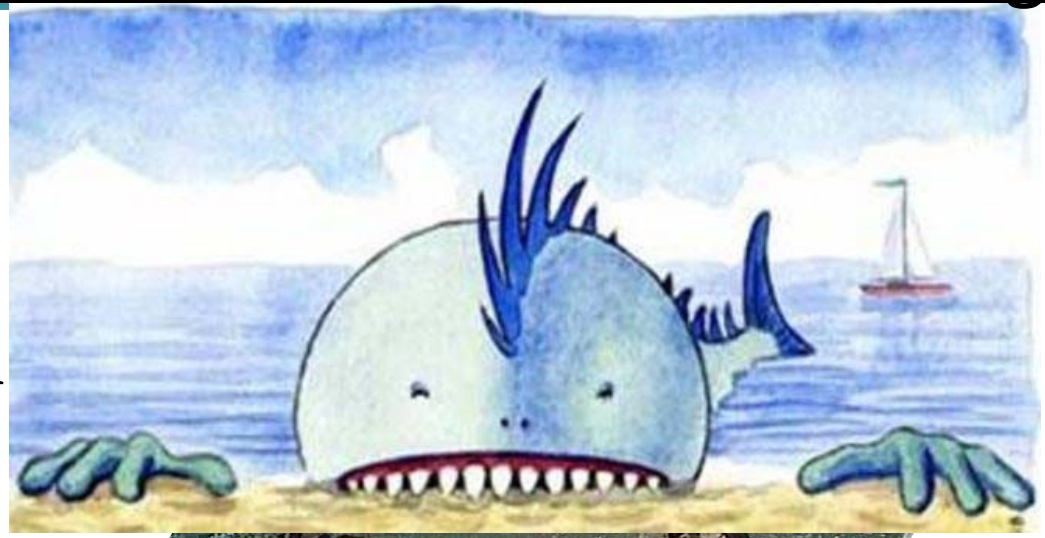
Cerano luglio 2017 belvedere SP 87

Cerano luglio 2018 belvedere SP 87

Cerano settembre 2019 belvedere SP 87

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

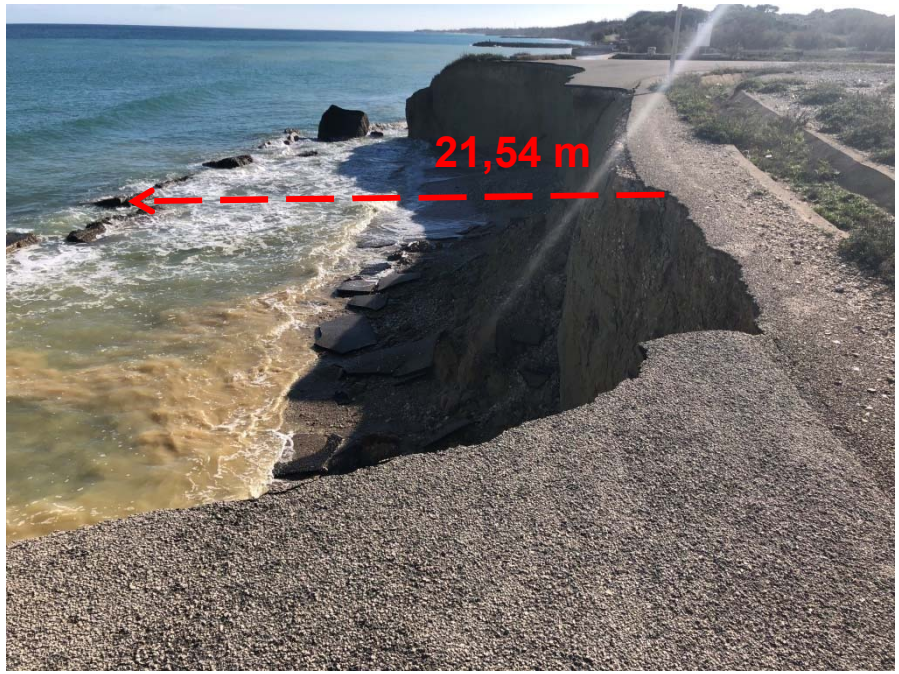
Brindisi: il belvedere di Cerano: ex tratto terminale della SP 87



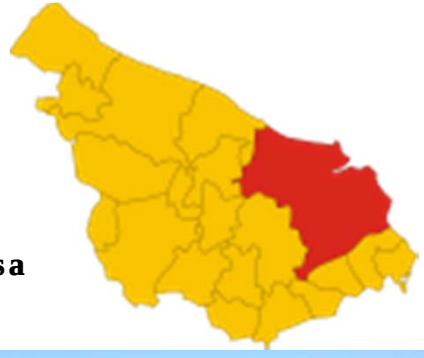
Falesia limoso – sabbiosa in rapida evoluzione morfologica

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

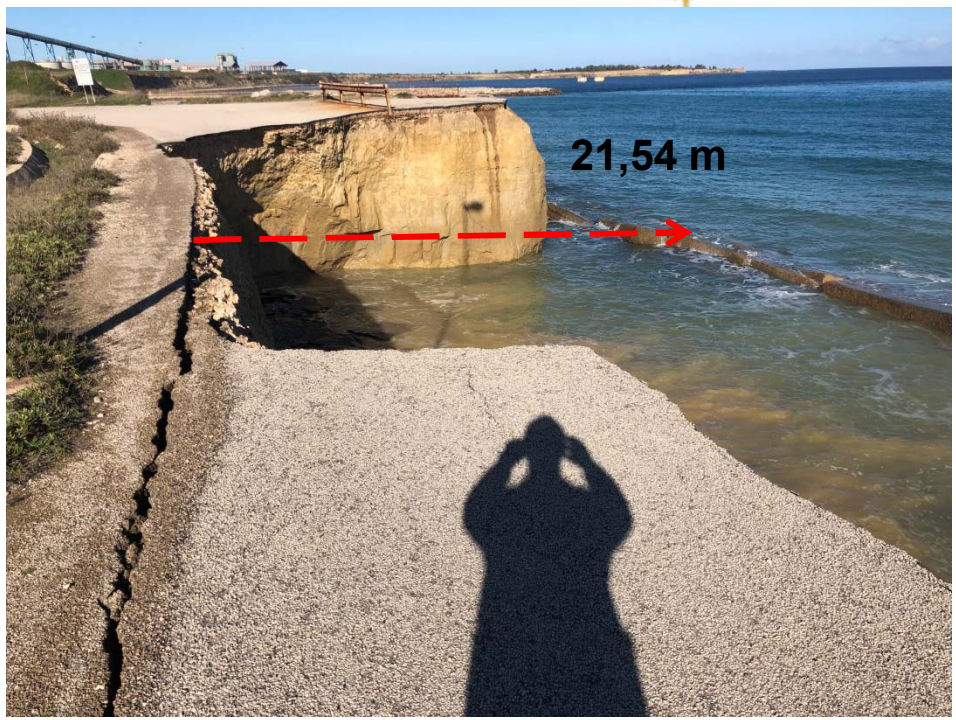
EROSIONE COSTIERA LUNGO IL LITORALE BRINDISINO: rapida evoluzione morfologica della falesia



Arretramento misurato di 21,54 mt
velocità focus erosivo = 1,34 m /anno
Intervallo temporale 2003 - 2019



Falesia limoso – sabbiosa
H = 6 m s.l.m.



Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Ferrara Fiere: 18-20 settembre 2019

Pisa: Scuola Normale Superiore
08 ottobre 2019

Bari 1-2-3 ottobre 2019

Patti (ME): 22 febbraio 2019

Gestione e difesa delle coste

Roma Accademia Lincei:
21 marzo 2019

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

XIX Giornata Mondiale dell'Acqua
21 marzo 2019
Accademia Nazionale dei Lincei
Roma - Palazzina dell'Auditorio - Via della Lungara, 230

Licata (AG)
08 maggio 2019

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Politecnico di Bari

Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica
Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC)

con la collaborazione della

Università del Salento

Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione

"Studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste"

ALLEGATO 3.2

"Strutture convenzionali e non per la difesa delle coste"

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

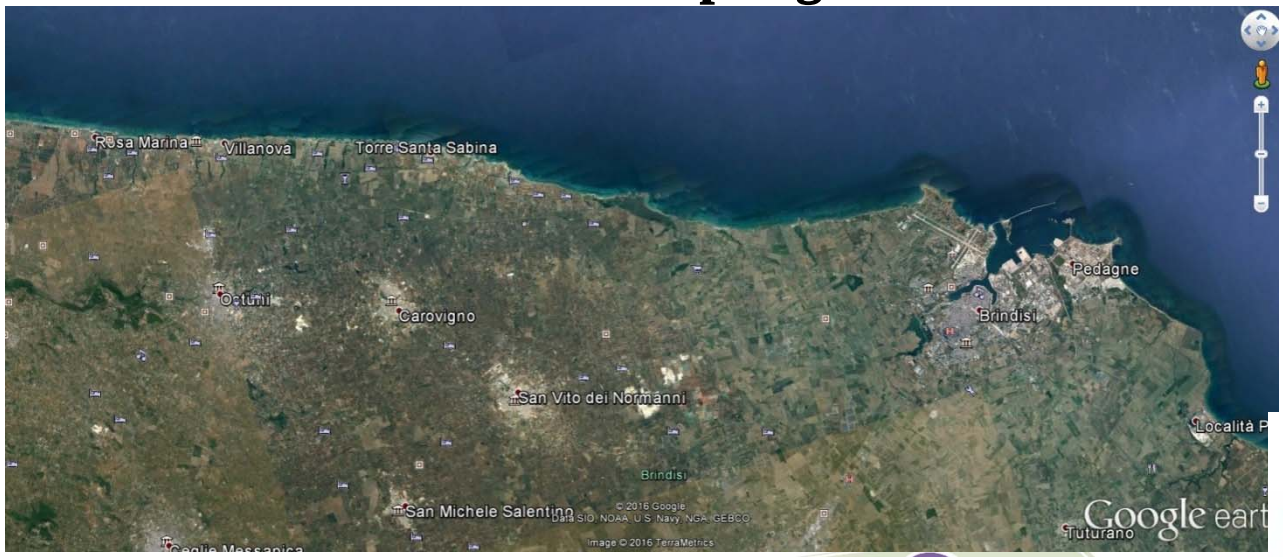
Brindisi, costa nord : Cala MATERDOMINI: proposta di intervento di **difesa costiera attiva**, **PRIMA DI UN EVENTUALE RIPASCIMENTO** e di OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA in linea alle direttive **P.R.C. All. 3.1 e All. 3.2**

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

- AdB – PAI Puglia
- PG3 falesia sabbioso – calcarenitica in rapida evoluzione morfologica: arretramento di 0,5 – 0,9 m/anno
- rapida evoluzione morfologica tale da determinare una instabilità costante

- Descrizione del problema: scalzamento al piede della falesia, distacco, ribaltamento - crollo c/o Lendinuso sud (Torchiarolo - BR)
- Descrizione della soluzione: ca. 400 m di diga a **scogliera soffolta** con massi artificiali collocati off-shore a 150 m dalla costa

Progettazione di un'opera di difesa costiera e studio meteomarino a base del progetto nelle U.F. 1- 2 - 3 – 4 – 5 - 7



Sub-unità fisiografica

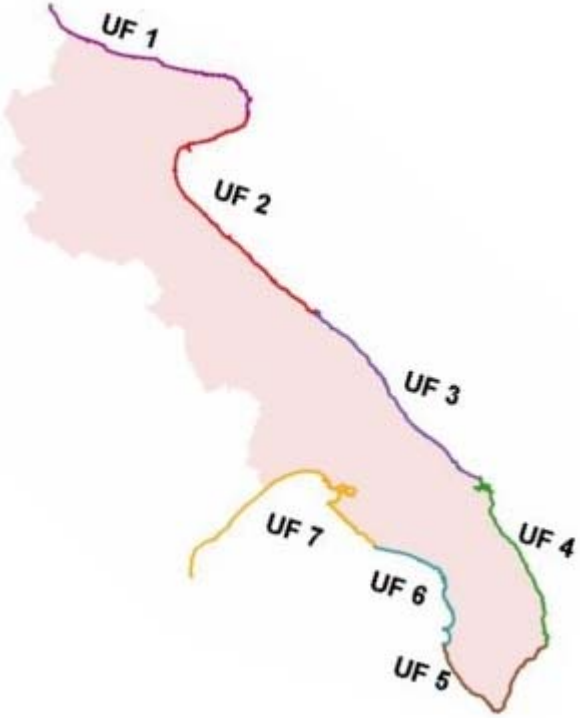
3,2 Brindisi – Monopoli

113.610 m

Sub-Unità Fisiografica

4.3 Brindisi – Otranto

101.220 m



Fase 1
- Rilievi morfobatimetrici fondali

Fase 2
- Studio meteomarino per diga a scogliera sia soffolta che emersa

Fase 3
- Progettazione dell'opera di difesa

Fase 4
- Esecuzione delle opere e monitoraggio

Piano Regionale delle Coste - PRC "**Descrizione del Sistema Fisico**"

Cordone dunale in erosione

Piano Regionale delle Coste - PRC «**Evoluzione Costa Sabbiosa**»

Linea di riva in arretramento

Tendenza evolutiva: arretramento

Piano Regionale delle Coste - PRC «**Evoluzione Costa Sabbiosa**»

Linea di riva in arretramento

Tendenza evolutiva: arretramento

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Politecnico di Bari

Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica
Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC)

con la collaborazione della

Università del Salento

Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione

"Studi propedeutici per la predisposizione del Piano Stralcio della Dinamica delle Coste"

ALLEGATO 3.1

"Individuazione di strutture di mitigazione del rischio (ambientalmente compatibili per le coste basse) per ciascuna Unità Fisiografica"

Bari, agosto 2010

Progettazione di dighe a scogliera: Parametri idraulici operativi

Risalita ondosa
(**run-up**)

La risalita ondosa (run-up) è strettamente legata all'altezza della cresta ±Rc rispetto al livello medio mare, e all'**altezza dell'onda significativa** incidente della zona H_{mo}.
Si può quindi definire il parametro fondamentale
$Ru = Rc/Hm_o$

- ✓ Adriatico 6.5 m
- ✓ Jonio 5,5 m
- ✓ Tirreno 6.5 m

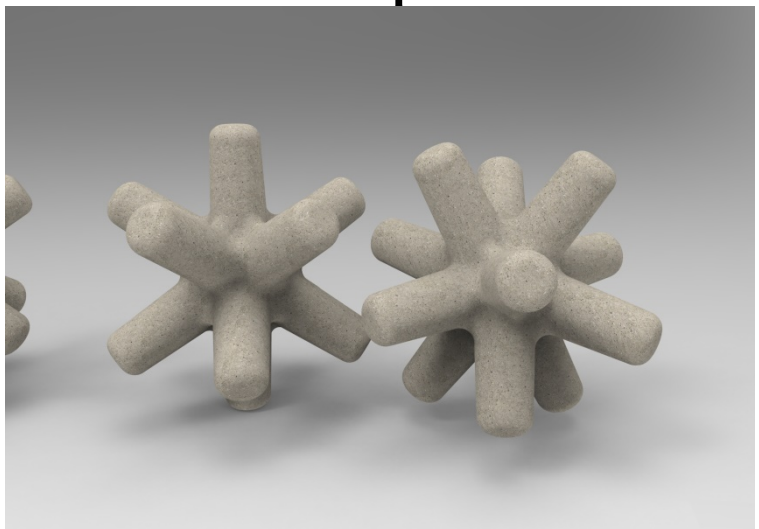
Progettazione di interventi di difesa costiera con **massi naturali** e/o con **massi artificiali**:

punti di forza e di debolezza (analisi SWAT)

Impatto ambientale e paesaggistico:
- bacino estrattivo, trasporto (CO2 ed emissioni),
- impronta ecologica LCA, Iso 14000/ Emas,
- sostenibilità uso risorse nat.li [costi occulti]

Regione Puglia «LAVORI MARITTIMI»»	**Tabella degli impatti su:** bacino estrattivo, trasporto, emissioni, esecuzione opere
Classe 1 = da 150 a 2000 kg (€10,35/t)	Impatto classe 1 = basso
Classe 2 = da 2000 a 3000 kg (€14,90/t)	Impatto classe 2 = medio
Classe 3 = da 3000 a 6000 kg (€16,50/t)	Impatto classe 3 = medio-alto
Classe 4 = da 6000 a 9000 kg (€18,90/t)	Impatto classe 4 = alto
Classe 5 (*) = > 9000 kg (€.....)	Impatto classe 5 (*) = n.c.

Massi artificiali e dighe: parametri idraulici operativi

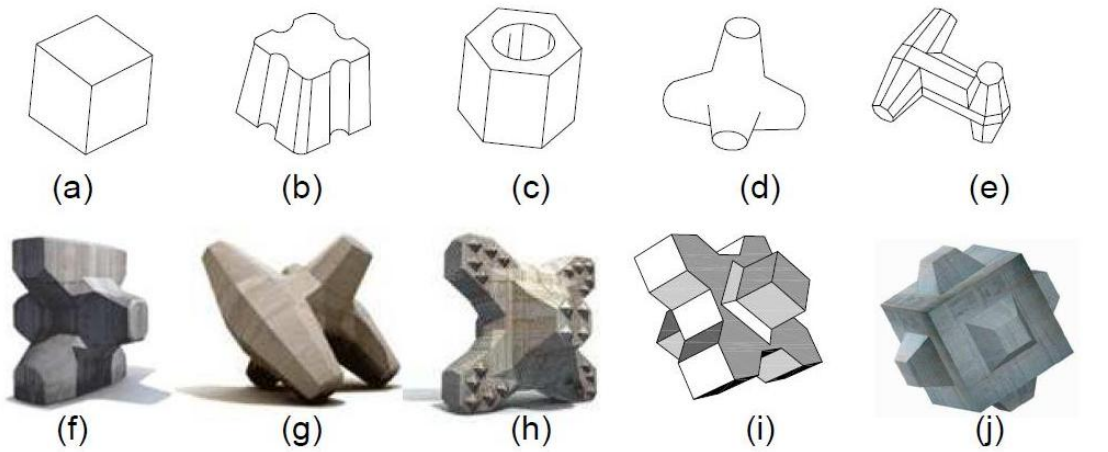


Indice di frangimento (o parametro di Iribarren – Battjes): $\xi_o = \tan \alpha / \sqrt{2\pi H_{om}/L_{om}}$

(con L_{om} = lunghezza media onda off-shore in condizioni di acque alte, ed H_{om} = altezza onde medie off-shore, riferite alla distribuzione spettrale dell'energia ondosa)

rapporto adimensionale tra pendenza della struttura (o, più in generale, della spiaggia, del fondale su cui frange l'onda) e ripidità dell'onda off-shore.

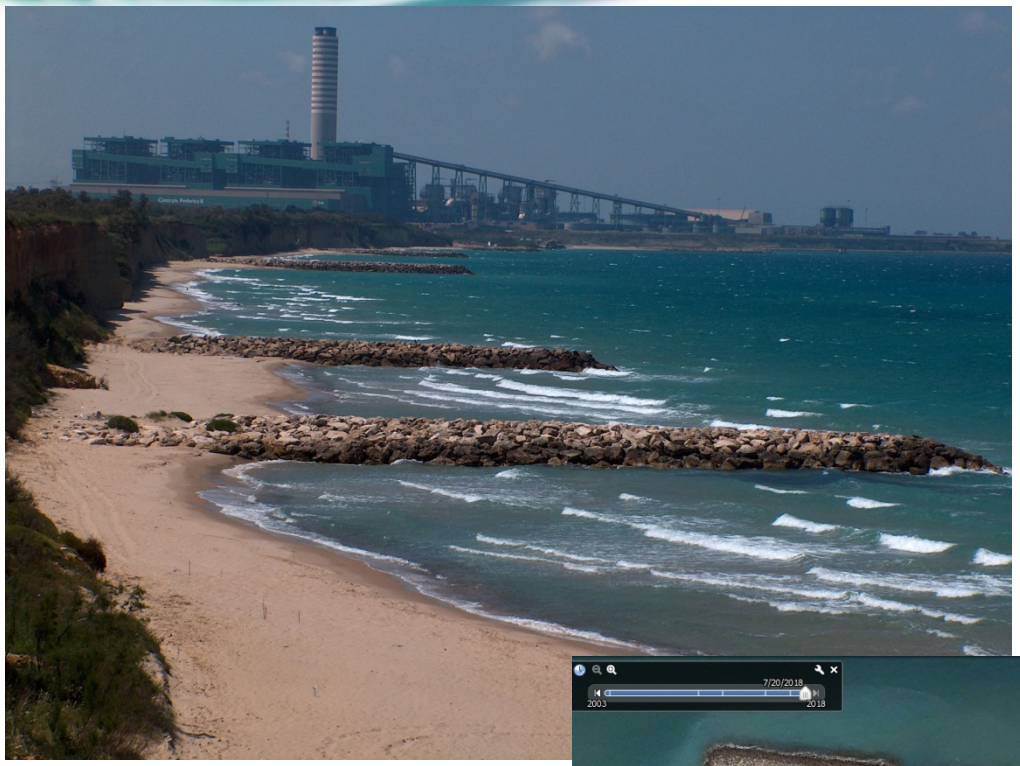
ξ_o rappresenta il frangimento dell'onda, che si verifica quando l'onda raggiunge una ripidità massima rispetto alla profondità del fondale.



(a) parallelepiped and cube (b) Antifer cube (c) Seabee (d) Tetrapod (e) Dolosse (f) Accropode (g) Core-Loc (h) Accropode II (i) Xbloc (j) Cubipod

- **Portogallo, l'onda** (mostruosa) **da 35 m a Nazaré:** muro d'acqua alto 35 metri il portoghese Hugo Vau è il surfista riuscito a domare l'incredibile onda
- Il precedente record, fissato sempre a Nazaré, apparteneva a Garrett McNamara: nel 2011 riuscì a cavalcare un' onda da 23 m

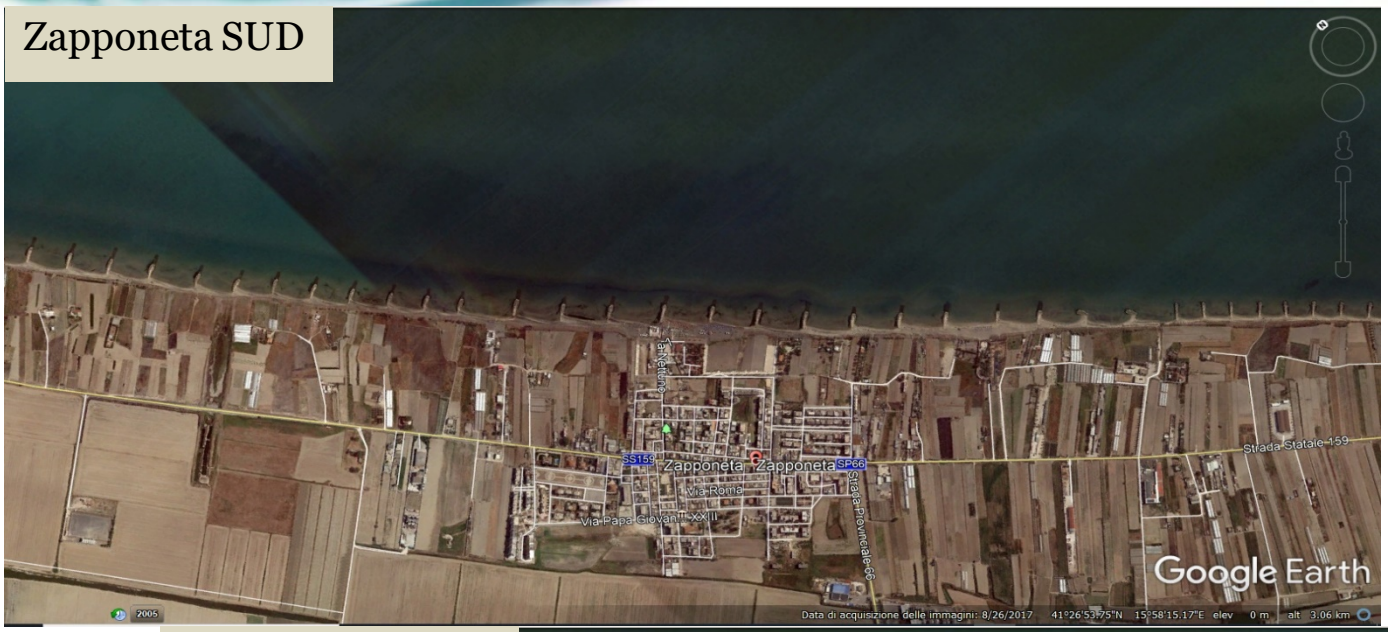
Erosione Costiera e Misure di Mitigazione



Opere di difesa costiera tradizionali: le prime "bandite" – i c.d. "**PENNELLI**" scogliere ortogonali alla linea di riva
le 2^ spesso ancora necessarie, le **SCOGLIERE** (emerse) longitudinali off-shore

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Zapponeta SUD



Opere di difesa costiera c.d. "**PENNELLI**" scogliere ortogonali alla linea di riva, con radice di innesto on-shore

Zapponeta NORD

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

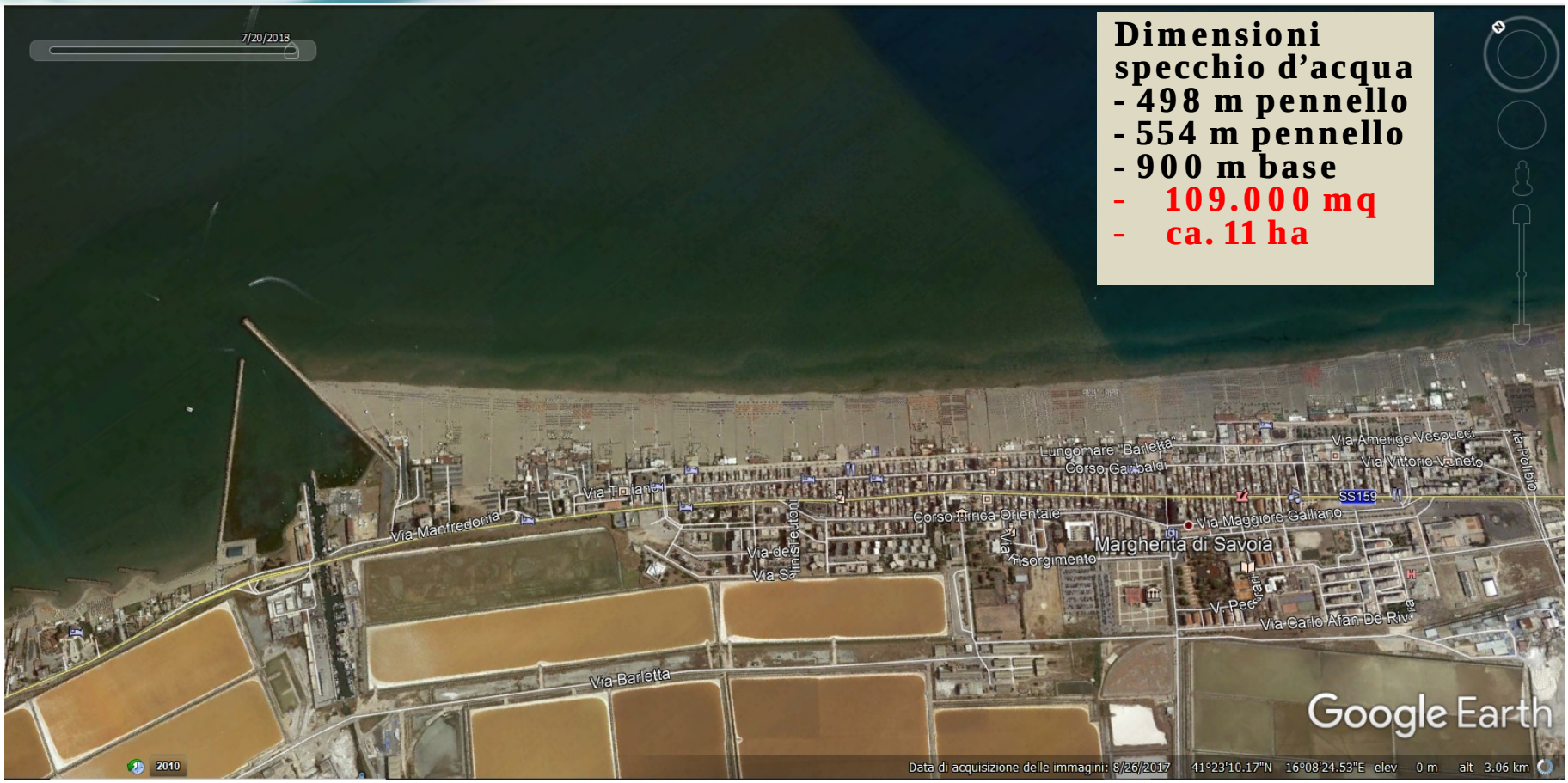
DIFESA DI CORDONI DUNALI: Casalabate sud

2. barriere soffolte antierosive - opere a mare

1. ingegneria naturalistica - opere a terra

Applicazione di moduli antierosivi – che favoriscono il ripascimento sabbioso– WAVE FILTER

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione



Erosione sottoflutto spiagge sabbiose fino a 380 m con caposaldo la SS 159;

Luglio 2018 – **Margherita di Savoia**, pennelli a difesa del porto-canale. Evidenza dello sbarramento del trasporto dei sedimenti lungocosta (deriva sedimentaria litorale)

Progradazione sovraflutto spiagge sabbiose fino a 345 m con caposaldo la SS 159;

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Massi artificiali: parametri idraulici operativi

coefficiente di riflessione

Kr = Hr / Hsi

rapporto tra altezza d'onda riflessa e altezza d'onda significativa incidente.

Sea Urchin [RICCIO ®]

Unit	Mass (t)	Number of Units	Total Concrete Mass (t)	Design Wave height (m)	3-D Image
Core-loc	15.0	800	12 000	7.1	
Accropode	11.8	1 017	12 000	6.0	
Dolos	6.3	1 905	12 000	5.1	
Tetrapod	3.2	3 750	12 000	4.1	
Cube	2.2	5 454	12 000	2.6	

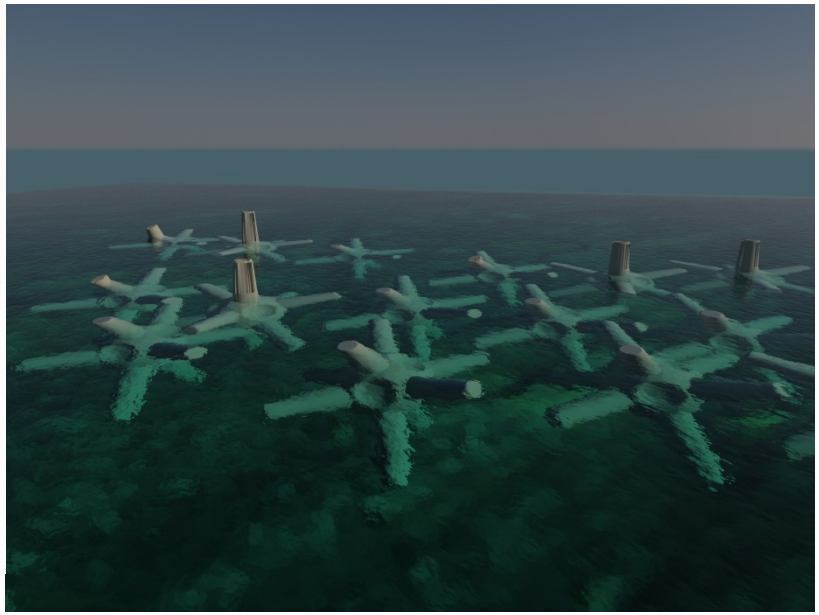
Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

coefficiente di trasmissione

$Kt = H_{tr} / H_{si}$

rapporto tra altezza d'onda trasmessa a tergo della barriera e altezza dell'onda significativa incidente su di essa

Unit	Mass (t)	Total Concrete Mass (t)	Total Concrete Mass (%)	Design Wave height (m)	3-D Image
Core-loc	15.0	12 000	100%	7.1	
Accropode	20.0	14 400	120%	7.1	
Dolos	15.0	17 800	148%	7.1	
Tetrapod	34.3	29 400	245%	7.1	
Cube	34.3	33 000	275%	7.1	



RICCIO: nuovo modulo prefabbricato per dighe a scogliera

Specifications

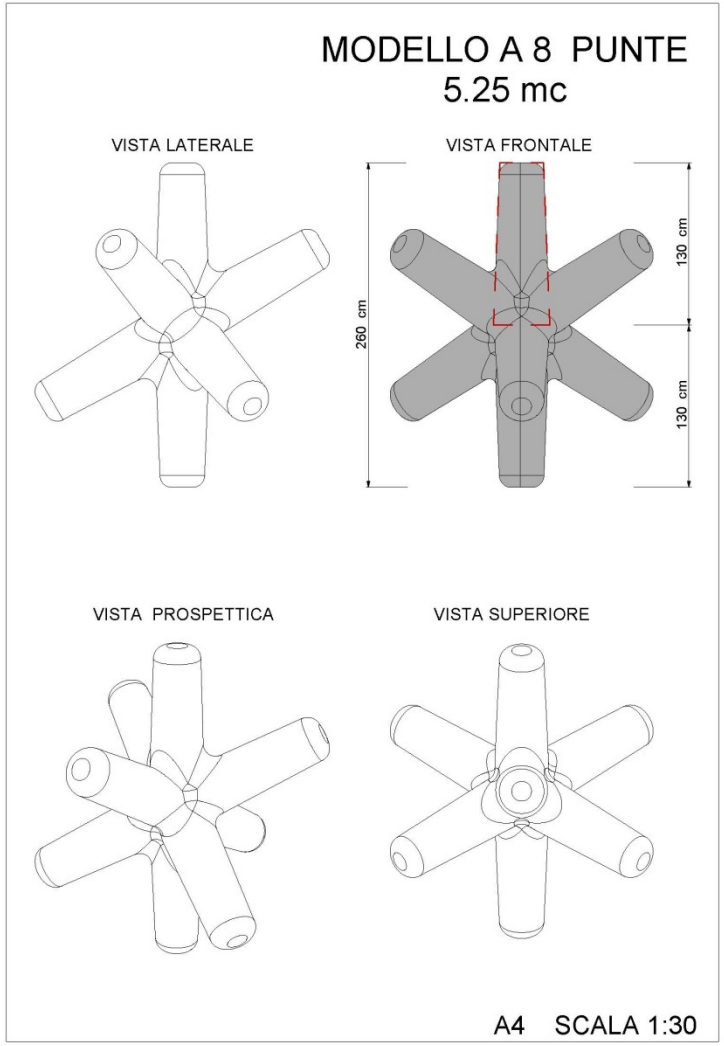
Type	Weight(t)	Concrete Volume(m³)
6t	6.25	2.716
8t	7.85	3.415
12t	11.85	5.154
16t	15.89	6.908
20t	20.09	8.736
25t	24.98	10.861
32t	32.35	14.065
40t	41.04	17.844
50t	49.97	21.725
64t	60.10	26.132
80t	80.98	35.208

Sea Urchin [RICCIO ®]

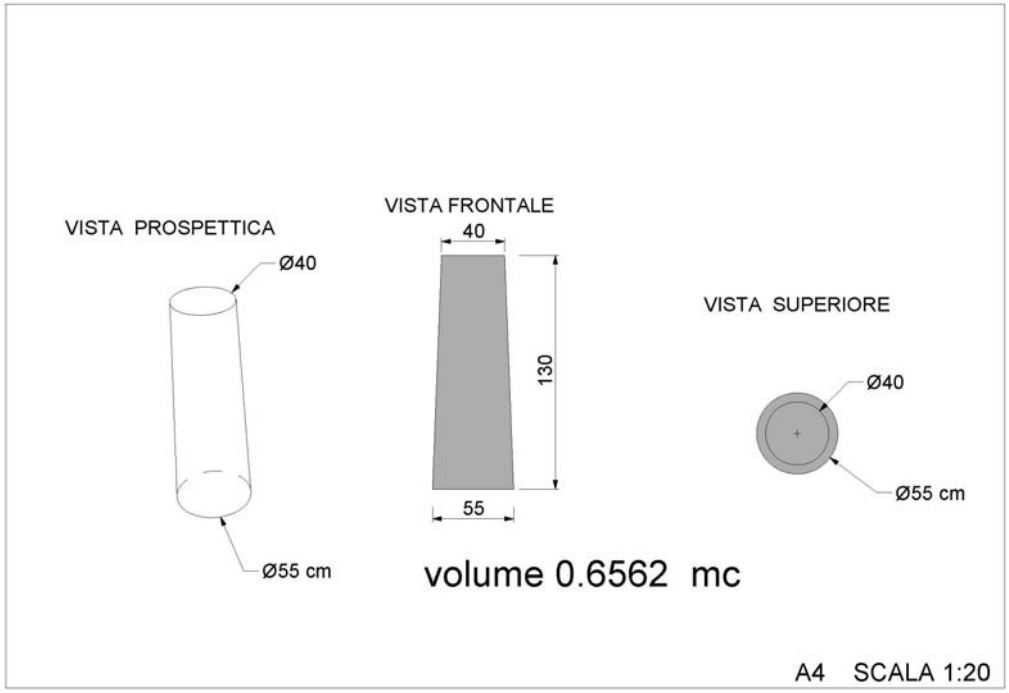
È un **masso artificiale** in cls. per la costruzione di **scogliere**, sia sommerse che emerse, utili per la dissipazione dell'energia d'onda; il modulo ha sviluppo **radiale** (mod. 8 pali) con 4 concavità sulla superficie nell'interasse palo-palo. Sulla base di simulazioni idrauliche preliminari, si è creato il **design ottimale** per la dissipazione dell'energia ondosa.

Le cavità aumentando la **rugosità** superficiale, la **scabrezza** della forma, migliorano l'effetto di **dissipazione** dell'energia d. mareggiate incidenti.

"RICCIO" nuovo masso artificiale per dighe a scogliera



Sea Urchin [RICCIO ®]



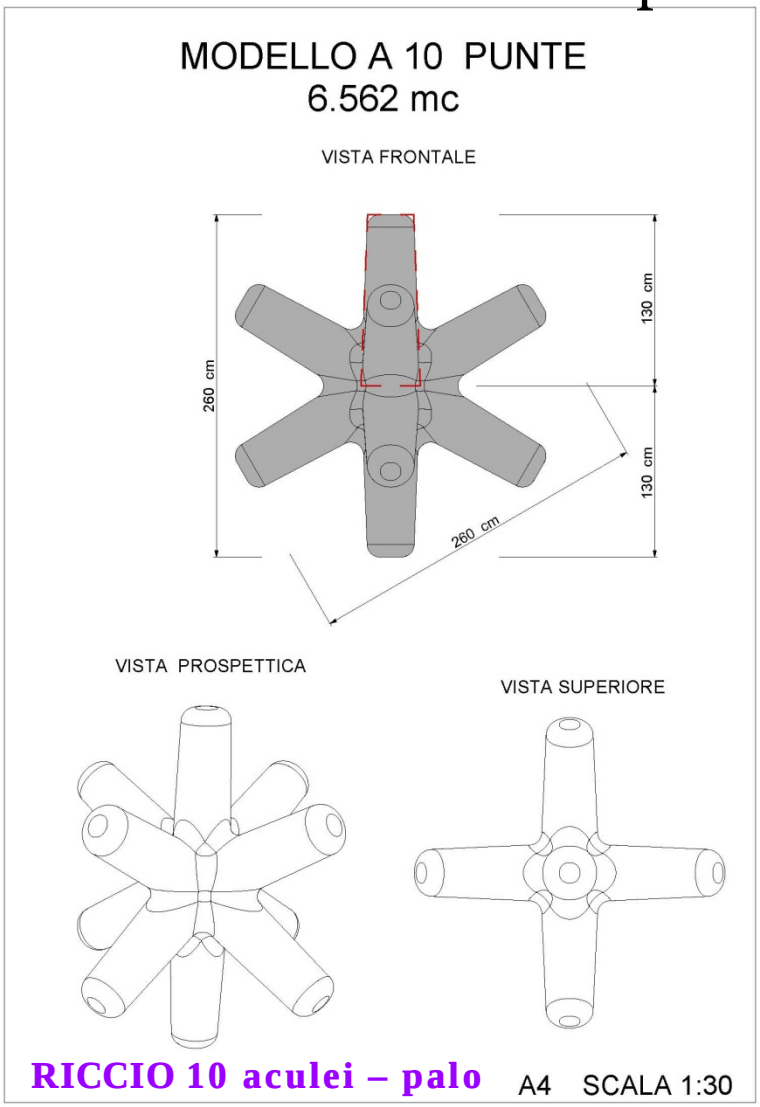
RICCIO ad 8 aculei - palo

Massa x singolo modulo

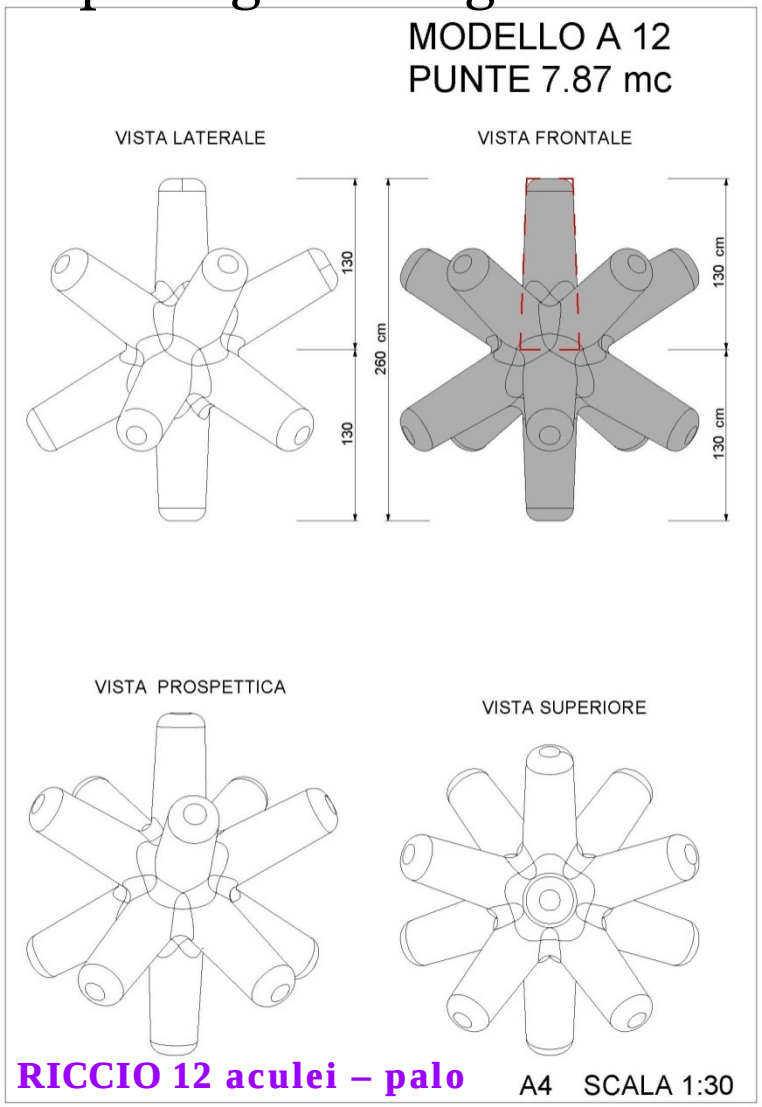
5,25 mc x 2,3 = 12,07 t

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

RICCIO: nuovo modulo prefabbricato per dighe a scogliera

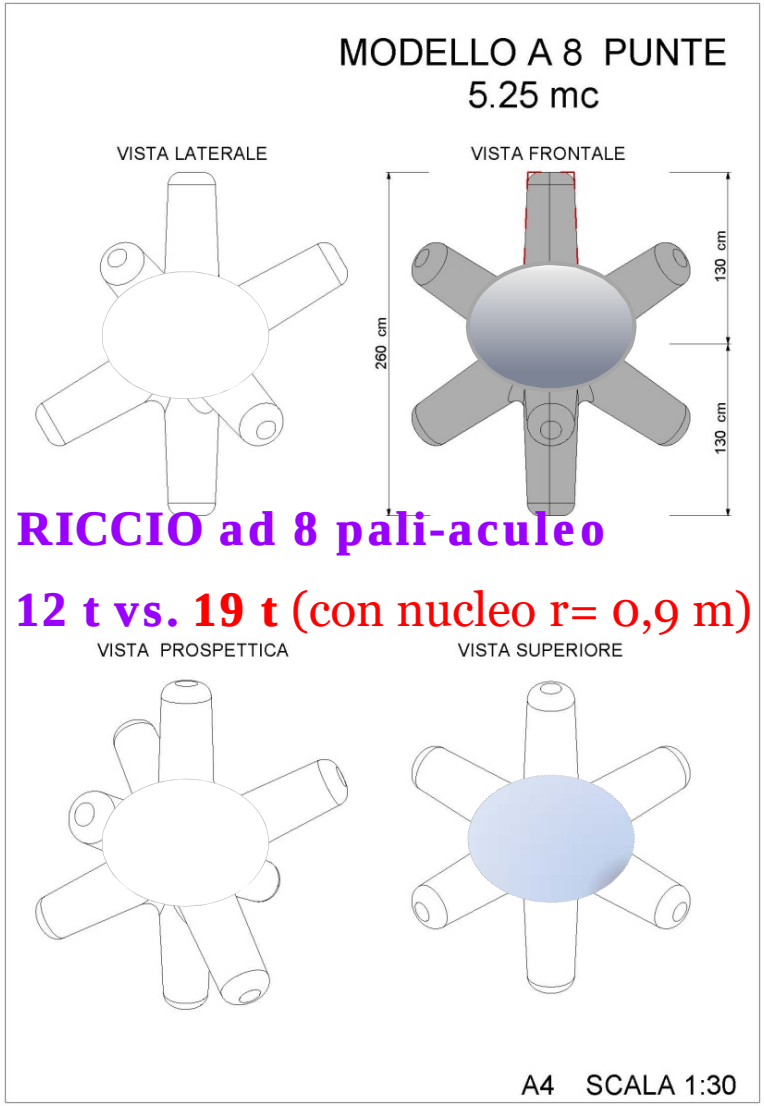


6,56 mc x 2,3 t/mc = 15,09 t



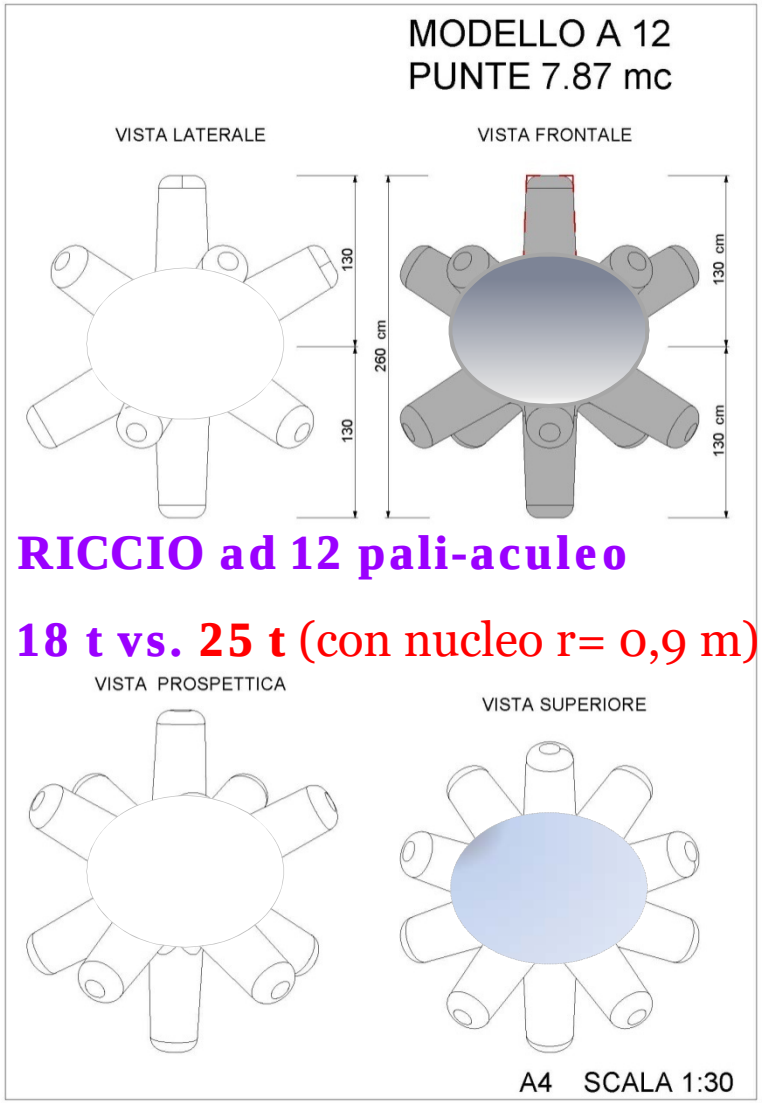
7,87 mc x 2,3 t/mc = 18,01 t

Sea Urchin: nuovo masso artificiale per dighe a scogliera



RICCIO ad 8 pali-aculeo

12 t vs. 19 t (con nucleo r= 0,9 m)



RICCIO ad 12 pali-aculeo

18 t vs. 25 t (con nucleo r= 0,9 m)

Sea Urchin [RICCIO ®]

Massi artificiali: parametri idraulici operativi

Unit	Mass (t)	Number of Units	Total Concrete Mass (t)	Design Wave height (m)	3-D Image
Core-loc	15.0	800	12 000	7.1	
Accropode	11.8	1 017	12 000	6.0	
Dolos	6.3	1 905	12 000	5.1	
Tetrapod	3.2	3 750	12 000	4.1	
Cube	2.2	5 454	12 000	2.6	

coefficiente di riflessione

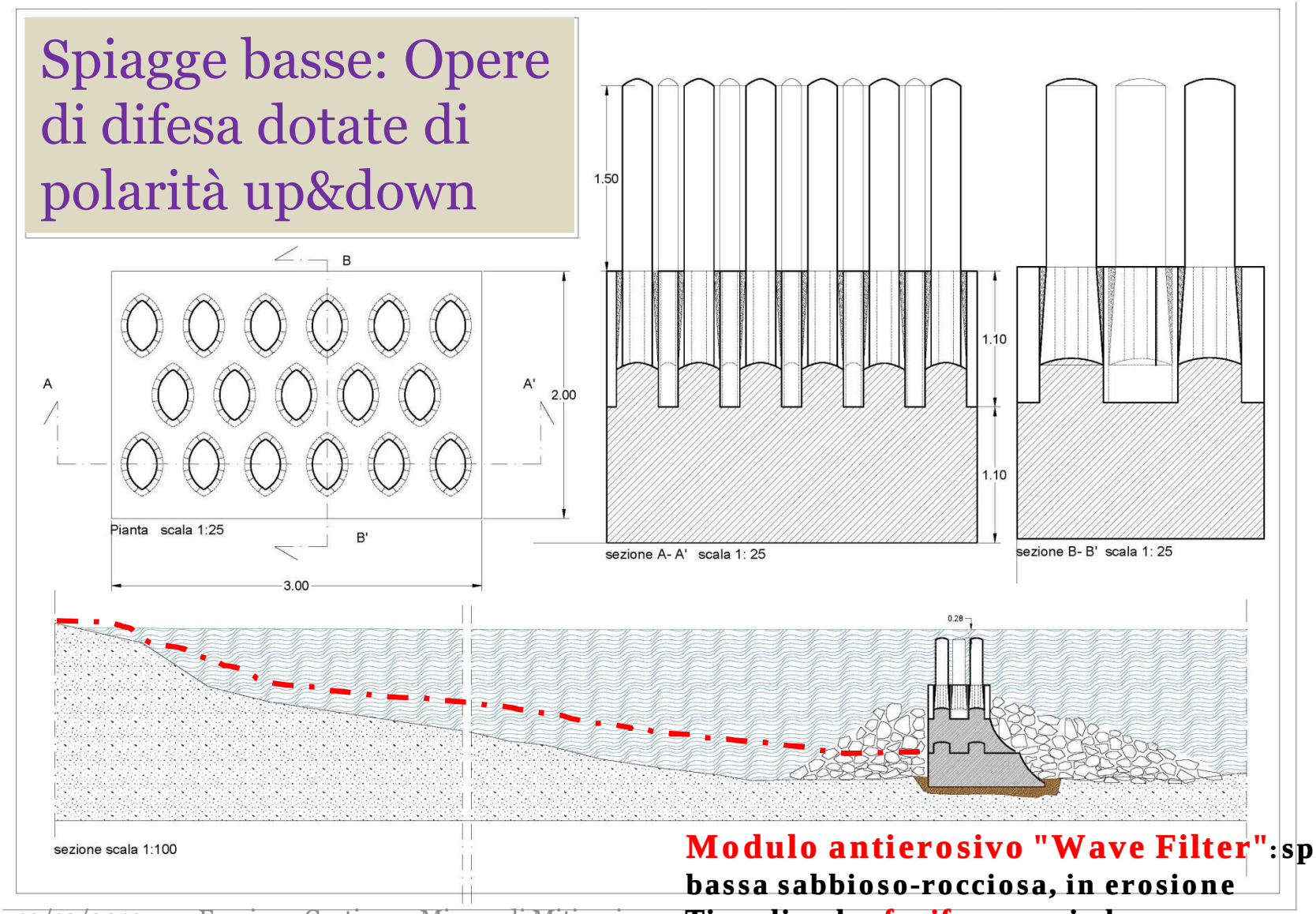
Kr = Hr / Hsi

rapporto tra altezza d'onda riflessa e altezza d'onda significativa incidente.

Massi artificiali: parametri idraulici operativi

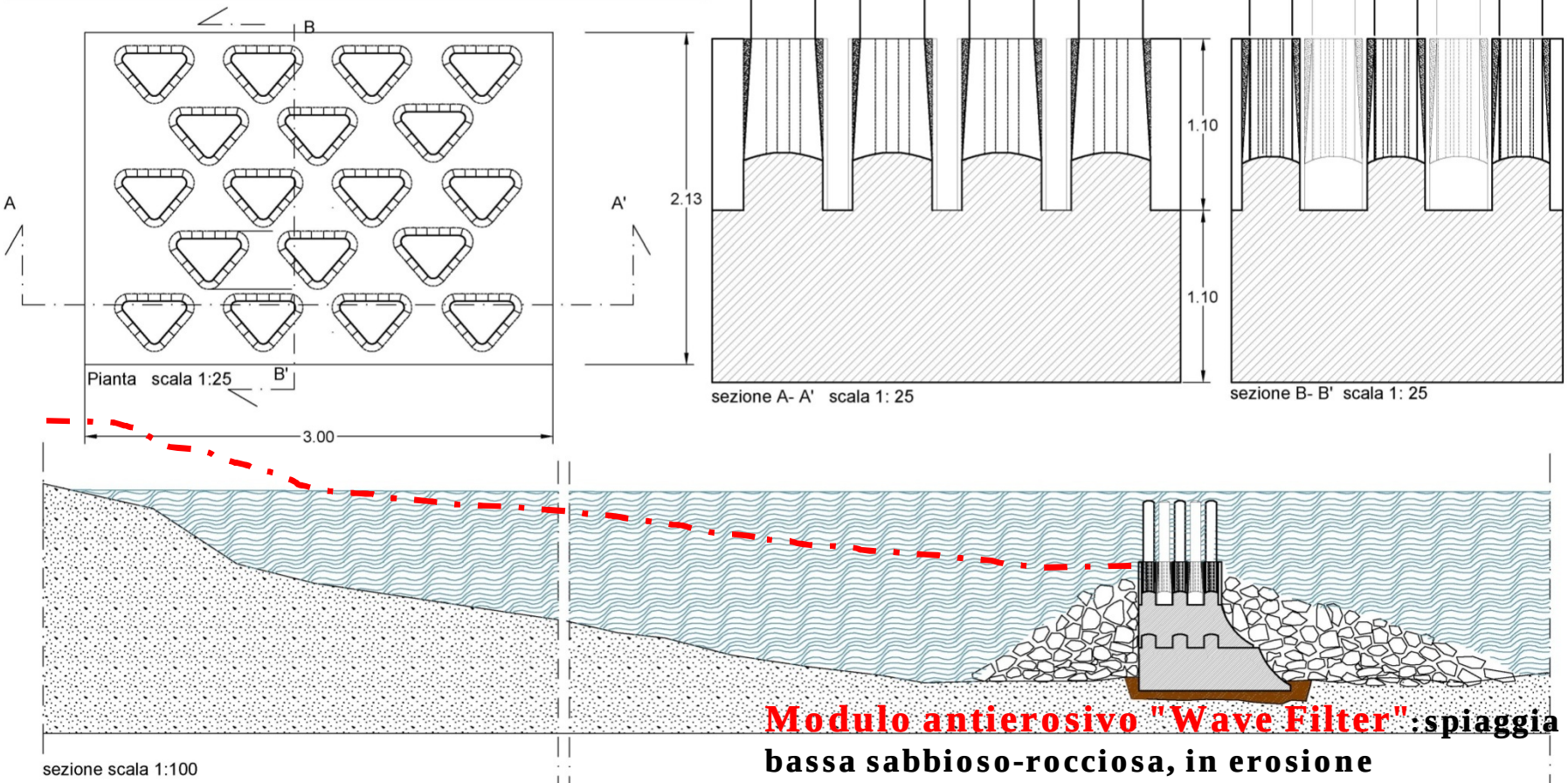
Unit	Mass (t)	Number of Units	Total Concrete Mass (t)	Design Wave height (m)	3-D Image
Core-loc	15.0	800	12 000	7.1	
Accropode	11.8	1 017	12 000	6.0	
Dolos	6.3	1 905	12 000	5.1	
Tetrapod	3.2	3 750	12 000	4.1	
Cube	2.2	5 454	12 000	2.6	

Spiagge basse: Opere di difesa dotate di polarità up&down



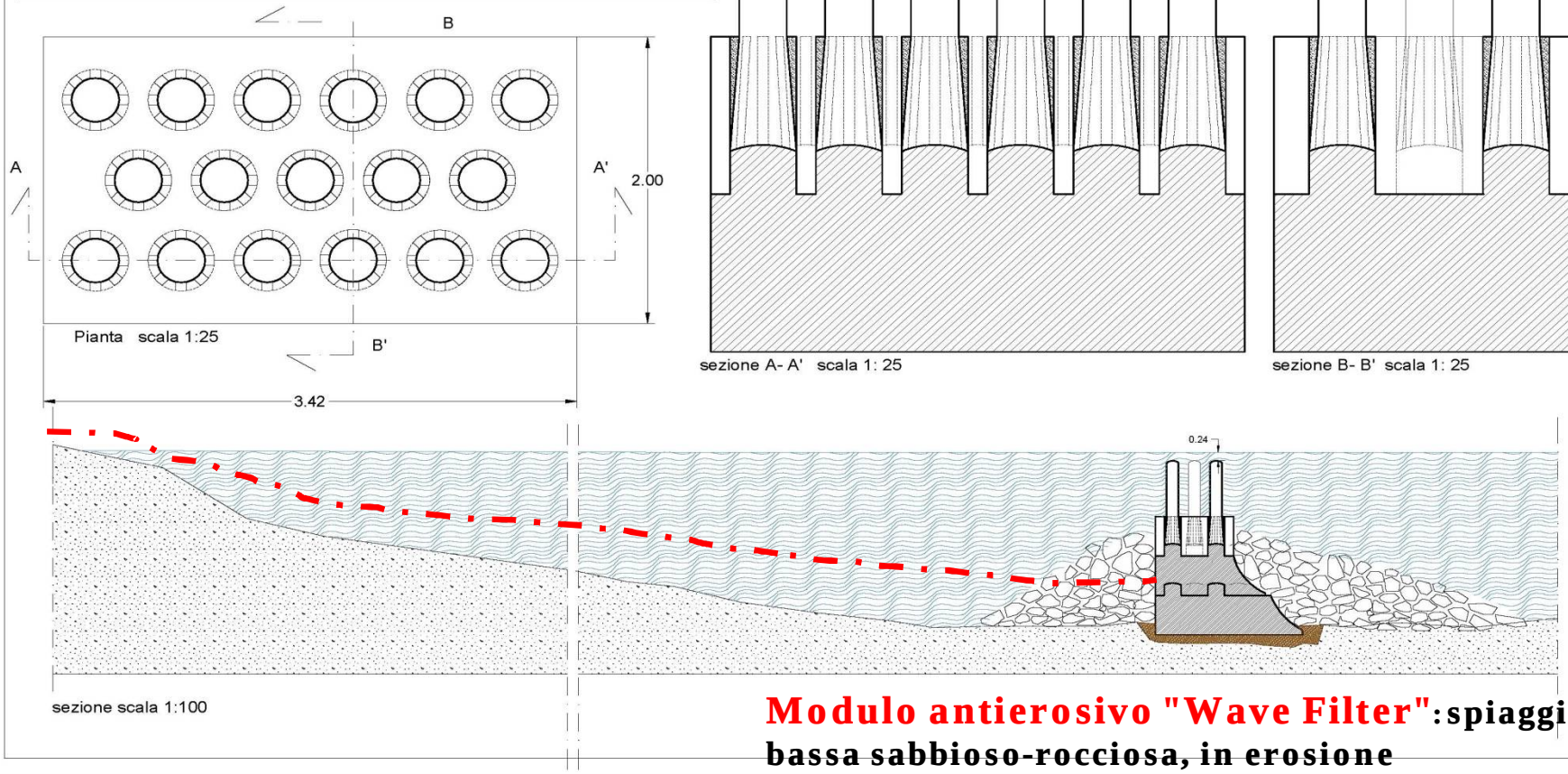
Modulo antierosivo "Wave Filter": **spiaggia bassa sabbioso-rocciosa, in erosione**
Tipo di palo: fusiforme, piede concavo

Spiagge basse: Opere di difesa polarizzate up&down



Modulo antierosivo "Wave Filter":spiaggia bassa sabbioso-rocciosa, in erosione
Tipo di palo: triangolare, piede concavo

Spiagge basse: Opere di difesa dotate di polarità up&down



Modulo antierosivo "Wave Filter": **spiaggia bassa sabbioso-rocciosa, in erosione**

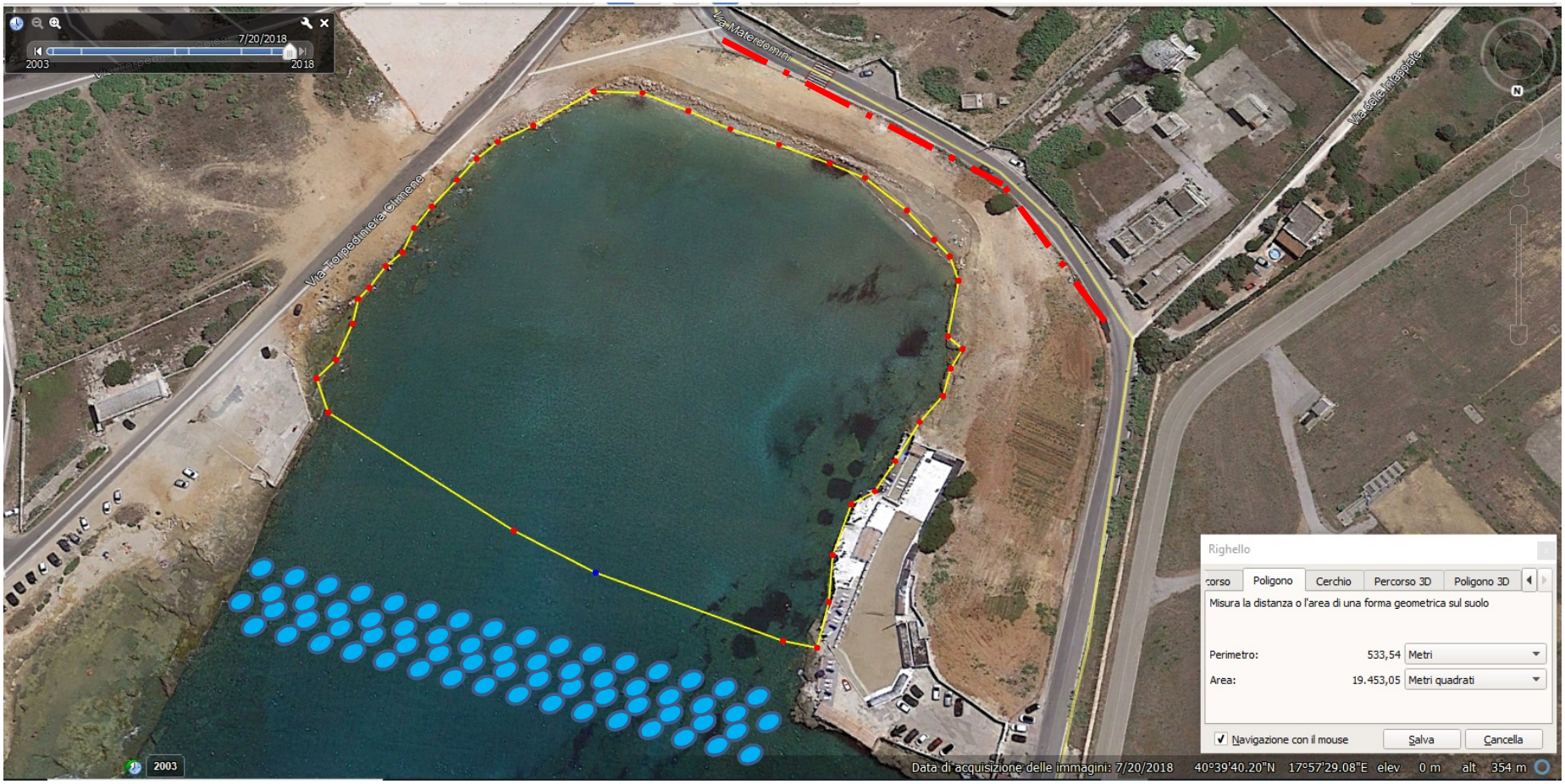
Tipo di palo: cilindrico, piede concavo

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Costa nord Brindisi: cala Materdomini, intervento di difesa costiera attiva, in linea alle direttive del PRC All. 3.1 e All. 3.2: **ripascimento protetto**

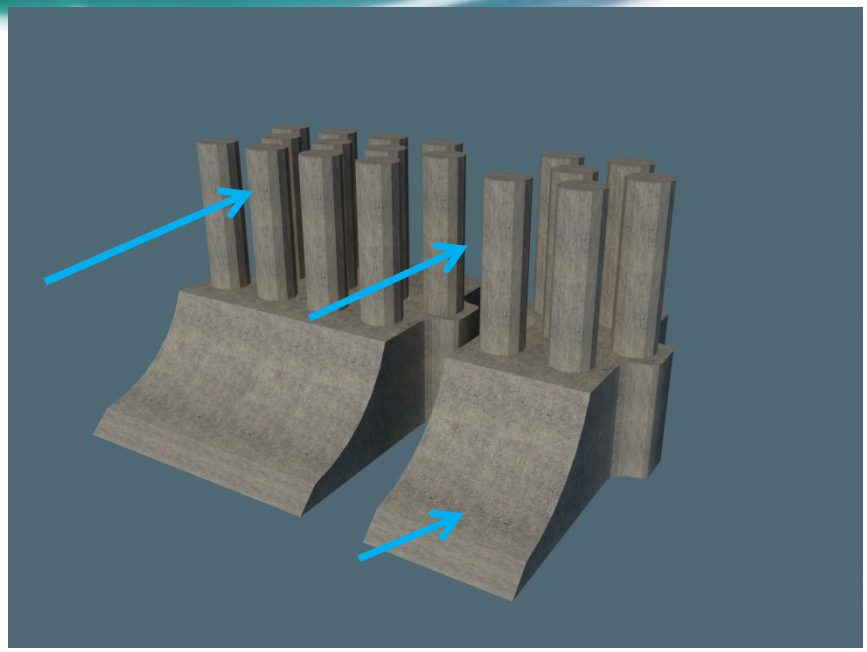
Senza questa tipologia di intervento, questa spiaggia pubblica ad elevata valenza sociale e paesaggistica, non godrà mai di **stabilità relativa**

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

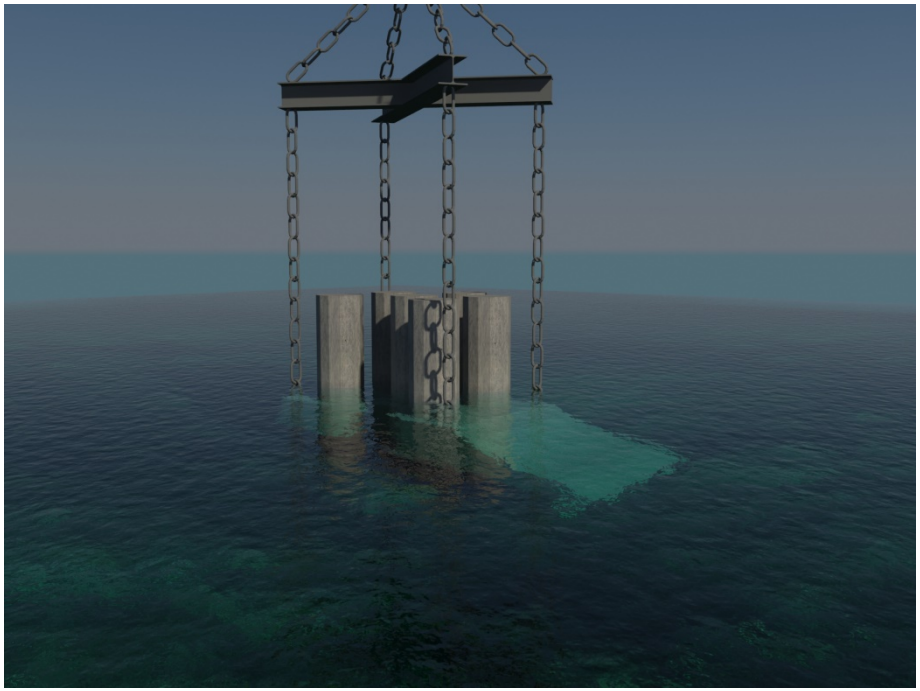


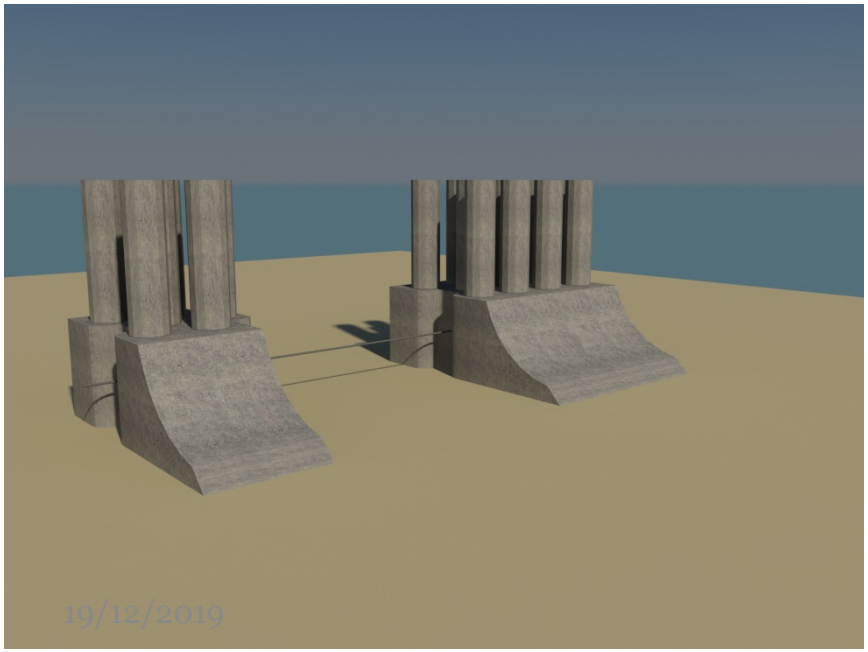
- **Per il restauro ambientale e ripristino morfologico di cala Materdomini è necessario un "ripascimento protetto":**
- **Superfice specchio acqueo 19,450 mq**
- **Volume di ripascimento: da 30 a 40.000 mc di sabbia ca.**
- **Prelievo da giacimento sottomarino mediante sabbiodotto**

Cambiamenti climatici e Difesa costiera



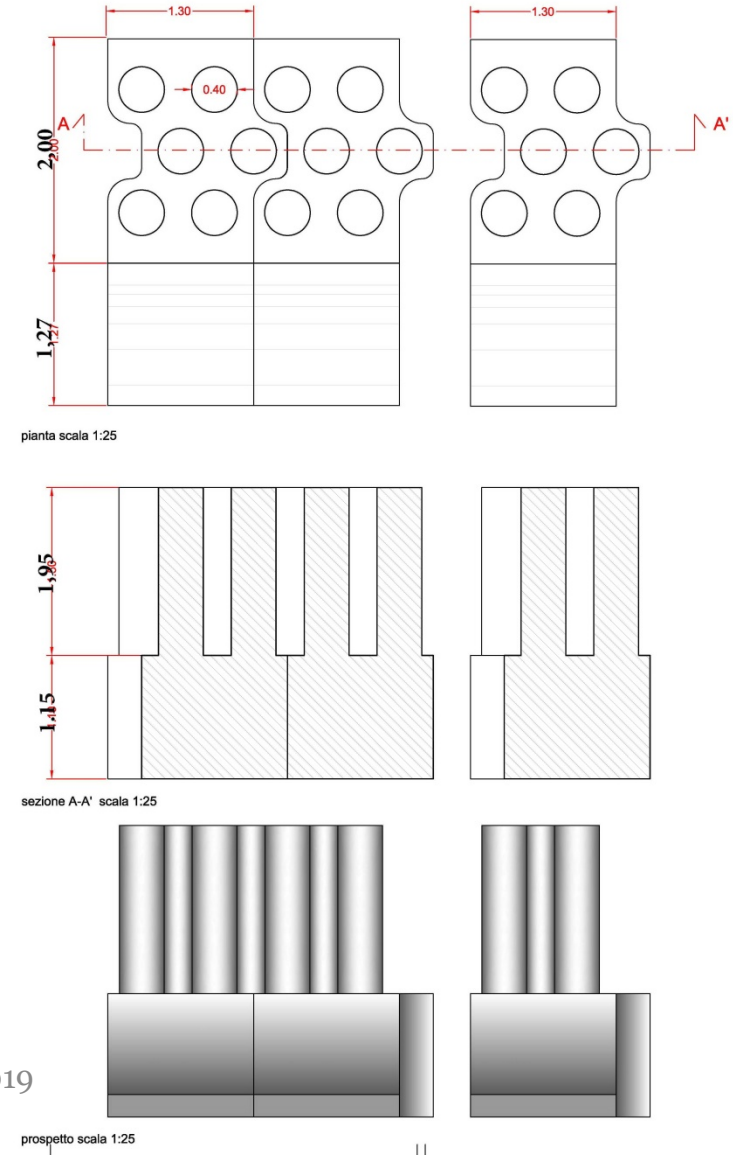
Modulo antierosivo "**Wave Filter**" a 6 e 12 pali
Tirantature di collegamento in acciaio

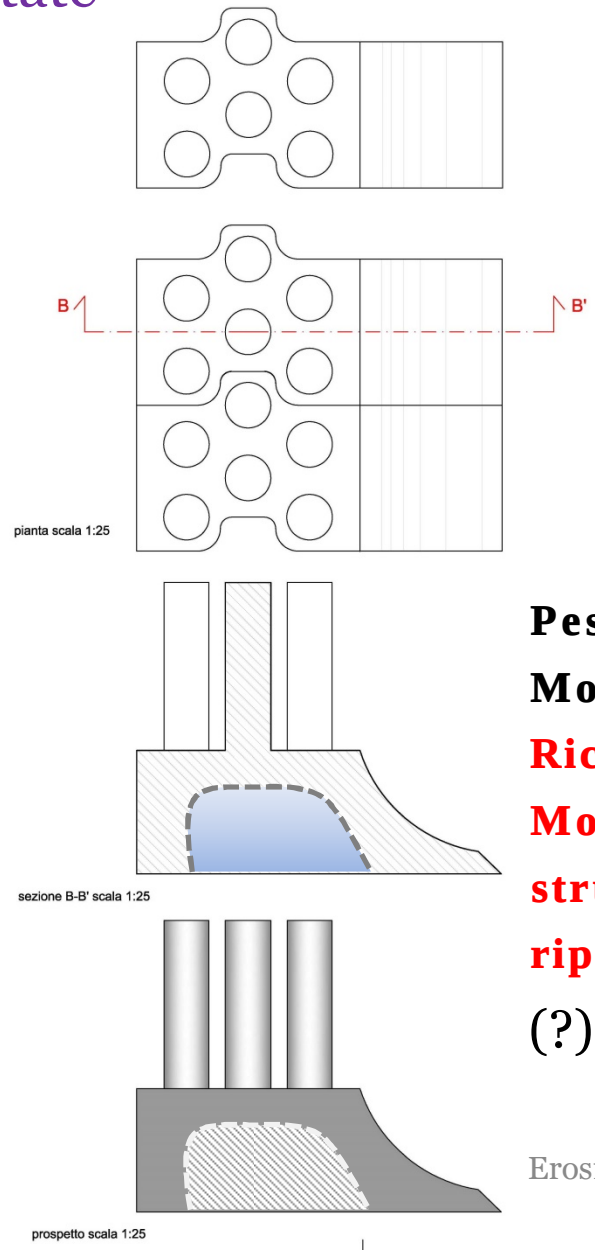




Regolarizzazione del fondale – · – · – · –
Posa in opera dei moduli per la realizzazione della **barriera sommersa longitudinale antierosiva** "**WaVe Filter**", prima del **ripascimento** che, pertanto diviene "PROTETTO"

Spiagge basse: Opere di difesa dotate di polarità up&down





Peso= 24 ton

Modulo 12 pali

Richiesta di Modifica strutturale per ripopolamento

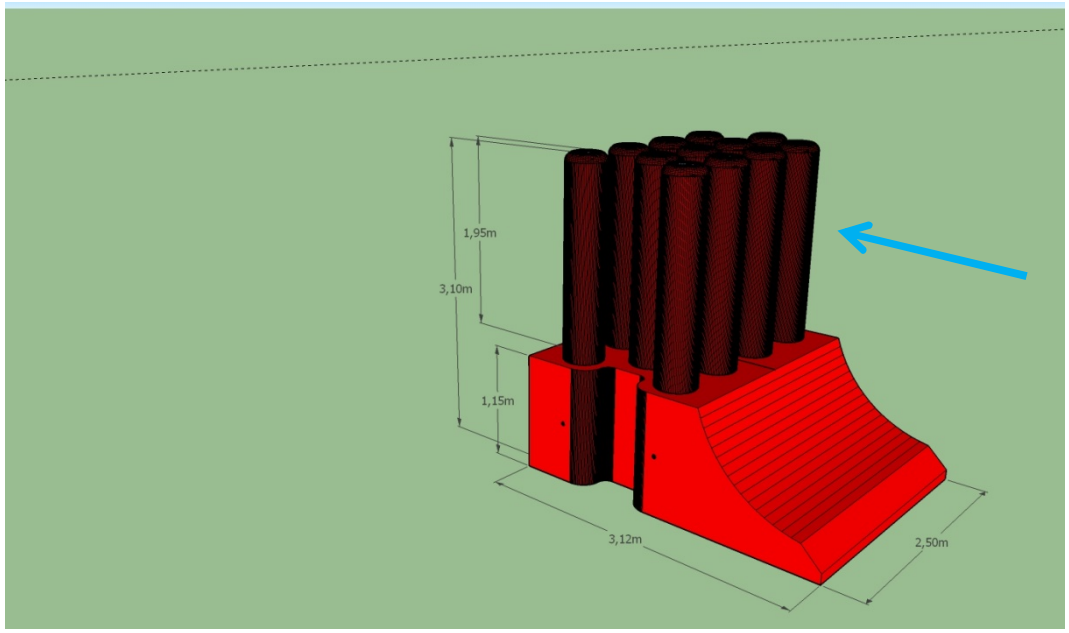
(?)

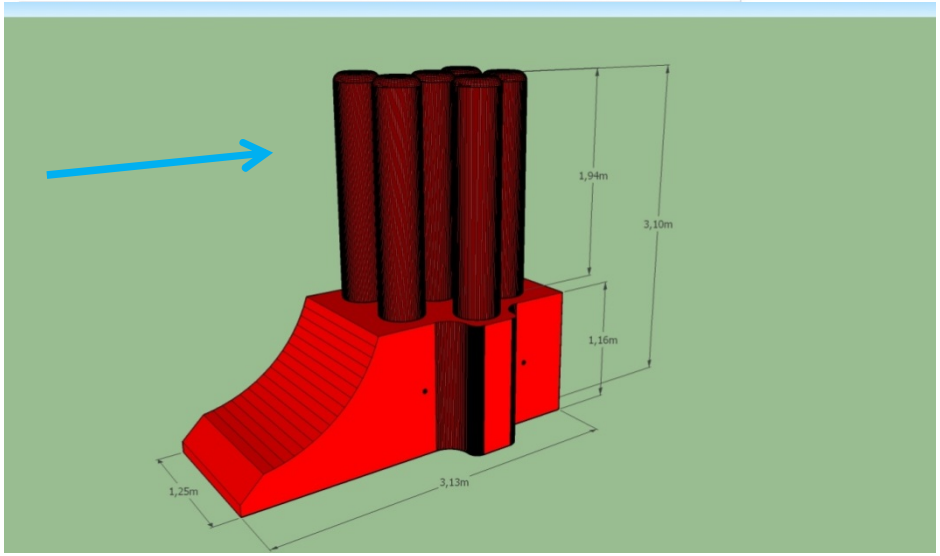
Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

Ministero dello Sviluppo Economico
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Dati aggiornati al **06/12/2016**

Numero di deposito: 102014902279524			
Data di deposito: **17/07/2014**	Numero di brevetto: **0001425969**	Data di brevetto: **29/11/2016**	Vecchio numero di domanda **BA2014A000047**
Stato domanda: **Titolata**	Anticipata accessibilità: **No**	Data di pubblicazione: **-**	
Titolo: **STRUTTURA FILTRANTE FRANGIFLUTTO SOMMERSA**			
Titolare o richiedente: **ELIA TOMMASO**		Inventore: **ELIA TOMMASO**	
Recapito: Tipologia **Domicilio elettivo**			
Classificazione Invenzione (IPC)			
-			
Annotazione			
-			
Trascrizione			
-			





Costruzione modulare della **barriera antierosiva longitudinale soffolta** con modulo "**Wave Filter**" a **6** ed a **12 pali** (circolari)

Erosione Costiera e Misure di Mitigazione

ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE