

PIANO COMUNALE DELLE COSTE (LEGGE REGIONALE 23 GIUGNO 2006, N. 17)

COMUNE DI TORCHIAROLO PROVINCIA DI BRINDISI

Progettazione

UFFICIO DI PIANO

Ufficio Tecnico Comunale

Responsabile Settore Urbanistica

Ing. Daniele Gravili

Ufficio di Piano Comunale

Coordinatore Arch. Lucio Ricciardi

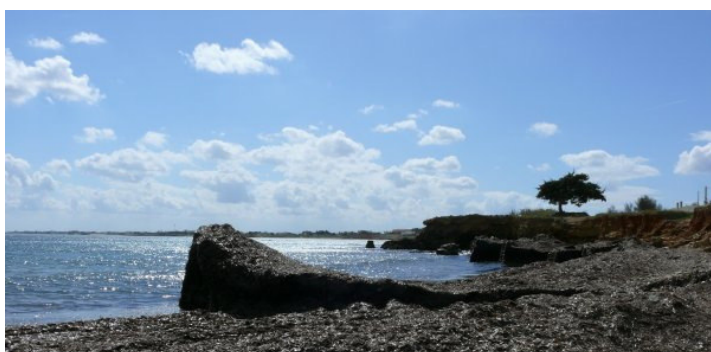
Geom. Celerina Pileggi

Geom. Vincenzo Tondo

Consulenza tecnica

Geol. Tommaso Elia

Avv. Alessandro De Matteis



ELAB N°	
2	STUDIO GEOMORFOLOGICO E METEOMARINO



COMUNE DI TORCHIAROLO

PIANO COMUNALE DELLE COSTE

Art. 4 L.R. n°17 del 23 giu 2006

Relazione Generale

STATO DI FATTO GEOLOGICO – MORFOLOGICO – IDROGEOLOGICO



S.U.F. – Sub Unità Fisiografica 4.3

“Brindisi Capo di Torre Cavallo – Porto d’Otranto”

Tratto costiero “TORRE S.GENNARO – LENDINUSO – Casalabate”

Lunghezza tratto litorale: 4370 mt

Indice

1. Premessa	p.3
2. Inquadramento fisiografico e geografico costa di Torchiarolo:	p.5
2.1 S.U.F. 4.1 “Punta Penne”-“Punta Riso”	p.8
2.2 S.U.F. 4.2 “Punta Riso” - “Capo di Torre Cavallo”	p.10
2.3 S.U.F. 4.3 “Capo di Torre Cavallo” – “Porto d’Otranto”	p.11
3. Inquadramento geo-stratigrafico fascia litorale	p.14
3.1 Caratteri Stratigrafici	p.15
3.2 Caratteri Idrogeologici	p.16
3.3 Carta geologica della fascia costiera	p.17
4. Criticità Geomorfologiche in atto	p.18
4.1 Preliminare valutazione della Pericolosità Geomorfologica	p.19
4.2 AdB: Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione aree PG	p.20
4.3 Metodologia di analisi dei tratti di costa “Erodibili”	p.24
4.4 Costa di Torchiarolo: applicazione metodologia di analisi tratti critici	p.25
5. N.T.A.“PRC”: stralcio Indirizzi Generali per la redazione Piani delle Coste	p.41
5.1 art. 5- Zonizzazione del Demanio	p.42
5.2 art. 5.1 - Aree Escluse	p.43
5.3 5.2 - Aree con divieto assoluto di Concessione	p.43
5.4 art. 7 – Interventi di recupero e risanamento costiero	p.44
5.5 art. 11- Norme transitorie per concessioni esistenti	p.45
6. Relazione Meteomarina	p.49
7. Indicazioni regionali sugli interventi ammessi nella SUF 4.3	p.87
7.1 Interventi di difesa del litorale di Torchiarolo Stralcio <u>ALL. 3.1 PRC</u>	p.87
7.2 Tipi di intervento	p.90
7.3 Interventi non strutturali	p.92
7.4 Interventi non strutturali	p.93

Allegati:

- DGR Puglia n.30 del 30dic 2010
- NTA Coste AdB puglia art. 1 e 2
- stralcio Allegato 3.1 PRC
- cartografia tematica

1. Premessa

Il litorale del comune costiero di Torchiarolo si sviluppa per 4370 mt, con una superficie demaniale di 25453 mq e si caratterizza per l'alternanza di spiagge basse sabbiose, sabbioso-ciottolose e rocciose, con una prevalenza delle prime e, la presenza di una falesia sabbioso-calcarenitica.

Quest'ultima, è definita "**falesia erodibile**" dalla Autorità di Bacino Puglia (Comitato Tecnico 29.11.2010), si eleva sul l.m.m. da 1.5 m a 3,5-4,0 m ("Costa Alta" ≥ 1.5 m) ed è costituita nei luoghi sia da litotipi sabbioso-calcarenitici che limoso-sabbiosi.

La *locale sub unità fisiografica S.U.F. n.4.3* entro la quale si sviluppa il litorale di Torchiarolo, si colloca tra i due toponimi IGM "Capo di Torre Cavallo" a nord e "porto di Otranto" a sud, con una lunghezza litorale stimata (PRC) di ca. 99 km all'interno della U.F. Unità Fisiografica n°4 "Brindisi – Otranto".

Si rilevano geomorfologicamente lungocosta il *morfoelemento* a **falesia** - di altezza contenuta entro i 4 mt -, in alternanza a **spiagge** basse sabbiose e ciottoloso-sabbiose; la falesia si sviluppa lungo costa con soluzione di continuità e non è oggetto di vincolo PG (Pericolosità Geomorfologica) da parte dell'Autorità di Bacino della Puglia. Il presente studio individua i settori di falesia caratterizzati da criticità in atto e/o pregresse al fine di escluderne e/o limitarne gli usi in riferimento alle NTA del PRC (artt. 4 e 5.2)

Il Comune di Torchiarolo - Settore Urbanistica e LL.PP. - al quale è rivolto il presente studio di dettaglio delle caratteristiche geologiche e di *Pericolosità Geomorfologica (*)*, ha la possibilità di contribuire alla definizione dei limiti e della classe di Pericolosità Geomorfologica (PG) e Pericolosità Idraulica (PI) sulla base di rilievi di dettaglio fisici, morfologici, topografici e di proposte di intervento, sviluppati in stretto riferimento agli Allegati 3.1 e 3.2 del Piano Reg.le delle Coste ("P.R.C. Puglia", approvato nel nov 2011).

La presente relazione geologica e morfologica è al fine di dettagliare lo stato fisico geologico, morfologico e idrogeologico della costa, come commissionata dal settore Urbanistica e LL.PP. del Comune di Torchiarolo.

Sul litorale in studio che si sviluppa dal basso promontorio roccioso di Torre S. Gennaro fino alla marina di Lendinuso, si alternano *morfotipi costieri* a "spiaggia bassa sabbiosa" (prevalenti, 90%) e "falesie" sabbioso-calcarenitiche (in subordine, 10%), ubicandosi le strutture amovibili e non permanenti a servizio delle attività turistico-balneari con C.D. (*concessione demaniale*). Dopo l'approvazione del PCC, in prospettiva degli interventi di riqualificazione costiera, ci si doterà di una caratterizzazione geotecnica

sito-specifica connessa ai futuri interventi di messa in sicurezza, risanamento e riqualificazione della costa.

Le aree di interesse turistico-ricreativo comprendono tutte quelle aree per finalità turistico - ricreative, destinate a:

1. Stabilimenti Balneari (SB);
2. Spiagge Libere con Servizi (SLS);
3. Spiagge libere (SL).

La consistenza delle aree destinate a Stabilimenti Balneari non può complessivamente superare il limite massimo corrispondente al parametro di concedibilità del 40% in riferimento all'art. 5.3 delle NTA del PRC (che a sua volta richiama all'art.16, c.5 della Lr n.17/2006).

Le strutture balneari denominate Spiaggia Libera con Servizi devono avere una consistenza non superiore al 40% delle aree destinate a Spiaggia Libera, che corrisponde a un parametro di concedibilità non superiore al 24%.

I tratti di costa "liberi" devono essere $\geq 60\%$ del totale; entrambi i tratti costieri a falesia presentano una antistante e sottostante spiaggia sabbiosa di larghezza *L variabile* e specifico fronte mare oggetto di C.D..

Le spiagge - nel caso specifico della costa torchiarolese - possono svilupparsi sia al piede della falesia (*costa alta*, AdB, ≥ 1.5 m slm) con profondità variabile da 2 m a 5 m ⁽¹⁾, ovvero essere della tipologia morfologica *costa bassa sabbiosa*, con larghezza degli arenili variabile da 3 a 20 m; per la tipologia afferente alla *costa bassa sabbiosa*, sono diverse le CD rilasciate ed in essere (vedi elenco CD com.li).

⁽¹⁾ NTA PRC: all'art. 5.2 - Aree con divieto assoluto di concessione, è indicato che "non possono essere oggetto di concessioni i tratti di spiaggia con profondità inferiore a 15 m, da destinarsi esclusivamente a spiaggia libera".

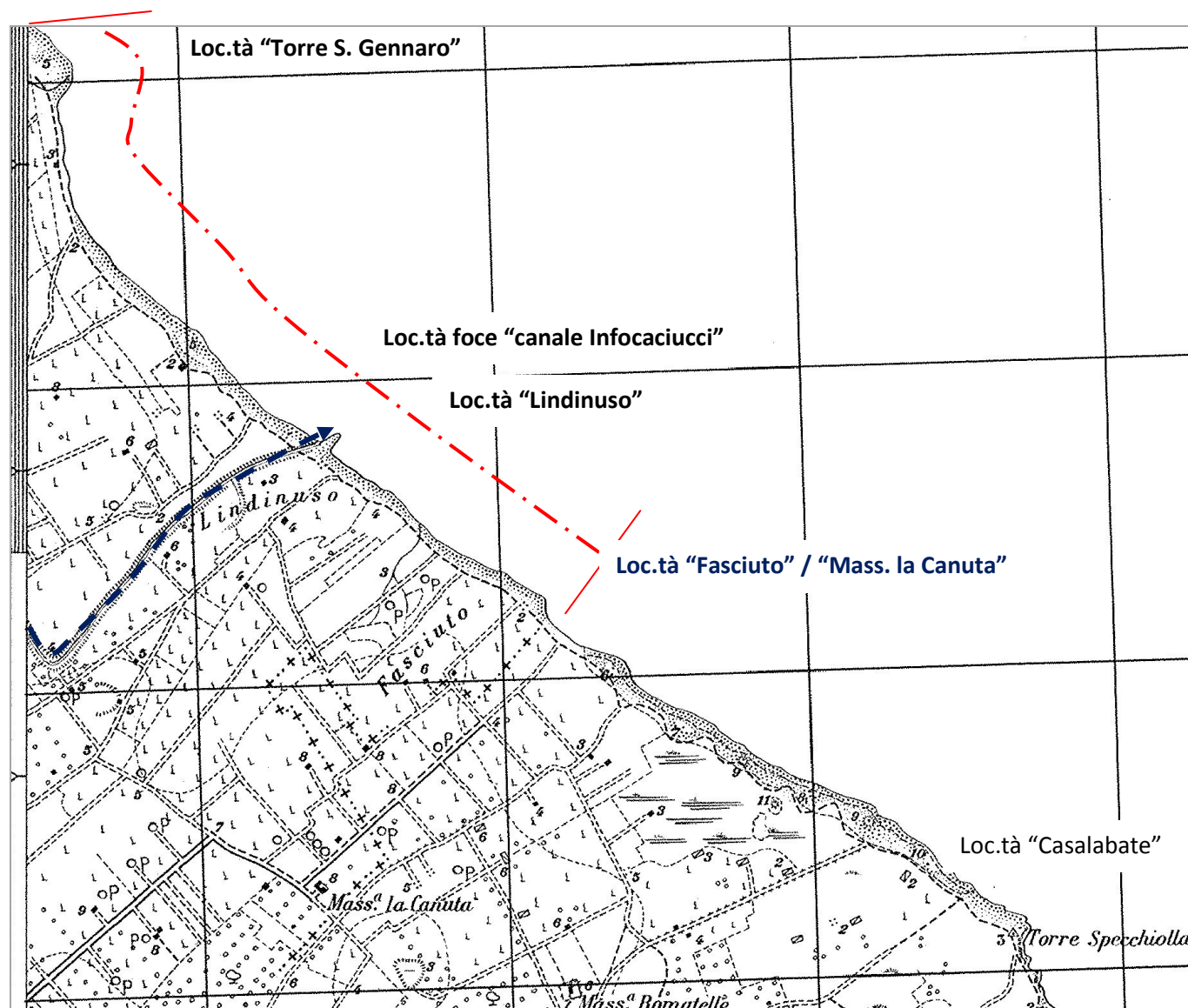


Figura 1 – stralcio IGM "Torre Specchiolla": Inquadramento geografico della costa del comune di Torchiarolo (Br) in rosso; segue a sud la costa del comune di Squinzano (Le), con la marina di Casalabate

Il litorale è inquadrato al foglio n. 204 (Lecce), tavolette in scala 1:25000 "Torre Specchiolla", IV di S.E. e "Stazione di Tutturano", IV di S.O.

2. Inquadramento fisiografico della costa di Torchiarolo

La costa di TORCHIAROLO, ultimo comune a sud-est della provincia di Brindisi, si colloca nella U.F. Unità Fisiografica n. 4 che va da Brindisi a Otranto"; più precisamente si colloca nella **S.U.F. - Sub Unità Fisiografica n. 4.3 "Brindisi Capo di Torre Cavallo" - Porto di Otranto"** - come inquadrata dal P.R.C. approvato - ed ha origine dal sottile lembo peninsulare di "Capo di Torre Cavallo", punto più a Est del territorio costiero della Z.I. di Brindisi.

La S.U.F 4.3 "Brindisi Capo di Torre Cavallo – porto di Otranto", si sviluppa da Brindisi est (il limite fisiografico più orientale della costa nella Z.I. di Brindisi) per una lunghezza di 99.91 Km fino a giungere al promontorio roccioso di Otranto; riferito ad un dettaglio maggiore, il tratto litorale compreso tra i

toponimi di “Torre San Gennaro” e “Mass. Canuta” si sviluppa per 4,37 km ed è confinante a nord con il territorio costiero del comune di S. Pietro Vernotico, appunto in loc.tà Torre S. Gennaro, ed a sud con la marina di Casalabate (ex comune di Lecce, attualmente territorio costiero del comune di Squinzano).

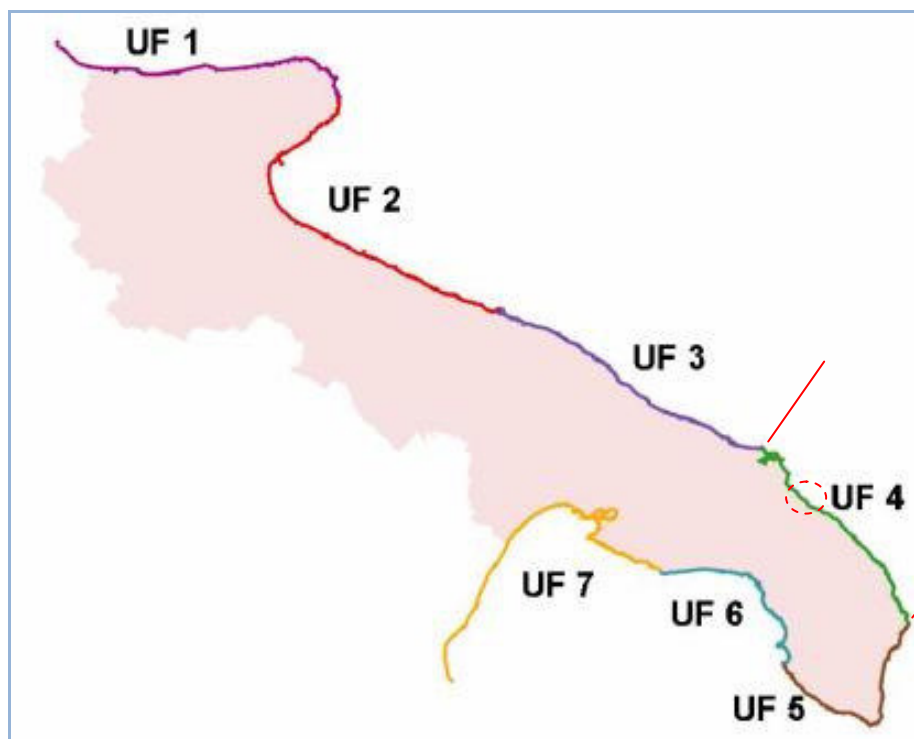


Figura 2 - Unità Fisiografiche della costa regionale pugliese, con le due unità che riguardano la fascia costiera della provincia di Brindisi; rispettivamente, a nord, la U.F. n. 3 “Monopoli porto – Brindisi Punta Penne” e, a sud la U.F. n.4 “Brindisi - Otranto”; in quest’ultima, la **SUF n. 4.3 “Brindisi Capo di T.re Cavallo – porto di Otranto” si colloca il territorio costiero del comune di **Torchiarolo**.**

(*) come definita dalla AdB Puglia in “Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero”(2010) e “Linee Guida per la individuazione di interventi tesi a mitigare le situazioni di maggiore criticità delle coste basse(2010) e alte (2011) pugliesi di competenza della AdB Puglia”

(**) stralcio delle NTA per la redazione dei Piani Comunali delle Coste

Art. 5.2 - Aree con divieto assoluto di concessione

Comprendono tutte quelle aree che, per la loro salvaguardia o necessità di sicurezza, non possono essere assolutamente oggetto di concessione.

Ai sensi del PRC e dell’art. 16 – comma 1 – della L.R. 17/2006, sono così identificate:

- a. lame, foci di fiume o di torrenti o di **corsi d’acqua**, comunque classificati, con **relative fasce di rispetto**;
- b. **canali alluvionali** con relative fasce di rispetto;
- c. aree **a rischio di erosione in prossimità di falesie**;
- d. aree archeologiche e di pertinenza di beni storici e ambientali;
- e. **le loro fasce di rispetto**.

Inoltre, **non possono essere oggetto di concessioni i tratti di spiaggia con profondità inferiore a 15,00 m**, da destinarsi esclusivamente a spiaggia libera.

In relazione a quest’ultimo aspetto, il PCC è lo strumento di pianificazione territoriale comunale mediante il quale si proporranno le modifiche/integrazioni utili a supporto delle NTA regionali, affinché le stesse mantengano la valenza della NORMA TECNICA fondata su assunti che considerano lo stato di fatto reale -fisico del territorio costiero.

In sintesi, una rilevante % percentuale delle spiagge del litorale di Torchiarolo, non dispongono della profondità di spiaggia minima utile dei 15 mt in quanto, si caratterizzano come ambiente costiero (dinamico), geomorfologicamente mai evoluto in tale strutturazione morfologico – sedimentaria.

- 2.1 - S.U.F. 4.1 da BRINDISI “Punta Penne” a “diga Punta Riso”
- 2.2 - S.U.F. 4.2 da BRINDISI “diga Punta Riso” a “Capo di Torre Cavallo”
- 2.3 - S.U.F. 4.3 da BRINDISI “Capo di Torre Cavallo a porto d’Otranto”

INFORMAZIONI GENERALI SULLA SUBUNITÀ - Limiti geografici

2.3 - U.F. n° 4: BRINDISI – OTRANTO

L’unità fisiografica principale U.F. 4 si estende da “Punta Penne” (Brindisi) fino al “porto di Otranto” per una lunghezza di 131.15 km (fig. 4).



Figura 3 – Inquadramento Unità Fisiografica Principale U.F. 4 “Brindisi – Otranto”

2.1 - S.U.F. 4.1 - da “PUNTA PENNE” a “PUNTA RISO”

INFORMAZIONI GENERALI SULLA SUBUNITÀ

Limiti geografici

La SubUnità ha origine in corrispondenza di Punta Penne e si sviluppa per una lunghezza di 10.37 Km fino a giungere a Punta Riso, fig.5

Limiti amministrativi

Provincia	Comune	Lunghezza litorale (km)	Lunghezza complessiva S.U.F. (km)
Brindisi	Brindisi	10.37	10.37



Figura 4 - Localizzazione dei limiti della S.U.F. 4.1 “Punta Penne” – “diga di Punta Riso”

Caratteri tipologici della costa

Tipologia	lunghezza litorale	% nella sub-unità Fisiogr.	
Costa rocciosa	10.37	100%	< 100%
Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede	0.00	0.00% (*)	> 0.001 %
Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	0.00	0.00% (*)	> 0.001 %
Falesia	0.00	0.00% (*)	
Falesia con spiaggia ciottolosa al piede	0.00	0.00% (*)	
Falesia con spiaggia sabbiosa al piede	0.00	0.00% (*)	
Rias	0.00	0.00% (*)	
Spiaggia ciottolosa	0.00	0.00% (*)	> 0.001 %
Spiaggia sabbiosa	0.00	0.00%	> 0.001 %
Spiaggia sabbiosa - ciottolosa	0.00	0.00%	> 0.001 %
Costa antropizzata	0.00	0.00%	

VULNERABILITÀ ALL'EROSIONE DEI LITORALI SABBIOSI E INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Lo stato di fatto**“La costa, interamente di tipo roccioso, non presenta fenomeni di erosione”**

Quanto sopra in evidenza, riportato nell'All.3.1 al PRC, non è rilevato dallo stato di fatto. E' vero sì che la costa rocciosa ha un minore grado di erodibilità rispetto ad una costa bassa sabbiosa; è vero anche che una costa rocciosa a litotipi calcareo-dolomitici ha un indice di resistenza maggiore rispetto ad una costa, come quella in studio, laddove affiora un litotipo calcarenitico mediamente cementato e “relativamente tenero ed erodibile”.

In sostanza, il tratto della costa nord Brindisi, benché roccioso - ma di tipo tenero - presenta diffusi e importanti segnali di arretramento per erosione e crollo, testimoniati da massi ciclopici diffusamente presenti lungo la parte alta di questo margine costiero ($4m \leq h \leq 6m$: “Posticeddu”, “Case bianche”, “canale Giancola”, “Torre testa”, “Punta Patedda”, “Cala Materdomini”).

2.2 - S.U.F. 4.2 - da “PUNTA RISO” a “capo di TORRE CAVALLO”

INFORMAZIONI GENERALI SULLA SUBUNITÀ

Limiti geografici

La SubUnità ha origine da “Punta Riso” (Brindisi) e si sviluppa per una lunghezza di 11.6 Km fino a “Capo Torre Cavallo”, Brindisi (fig.6).



Figura 5 – Localizzazione dei limiti della S.U.F. 4.2 “Punta Riso” - “Capo di Torre Cavallo”

Limiti amministrativi

Provincia	Comune	Lunghezza litorale (km)	Lunghezza complessiva S.U.F. (km)
Brindisi	Brindisi	11.64	11.64

2.3 - **S.U.F. 4.3** - da “BRINDISI Capo T.re Cavallo” a “Porto d’OTRANTO”

INFORMAZIONI GENERALI SULLA SUBUNITÀ

Limiti geografici

La SubUnità Fisiografica 4.3, nella quale è compreso il litorale del **comune di Torchiarolo**, ha origine da “Capo Torre Cavallo” (Brindisi) e si sviluppa per una lunghezza di 99.92 Km fino al “porto di Otranto” (fig.7).

Limiti amministrativi

Provincia	Comune	Lunghezza litorale (km)	Lunghezza complessiva S.U.F. (km)
Brindisi	Brindisi	11.99	100
	San Pietro Vernotico	4.33	
	Torchiarolo	4.15	
Lecce	Squinzano (*)	28.64	
	Trepuzzi (*)		
	Lecce		
	Vernole	9.32	
	Melendugno	18.76	
	Otranto	22.83	

(*) marina di Casalabate: tratto costiero del comune di Lecce passato nel giugno 2012 ai comuni di Squinzano e Trepuzzi

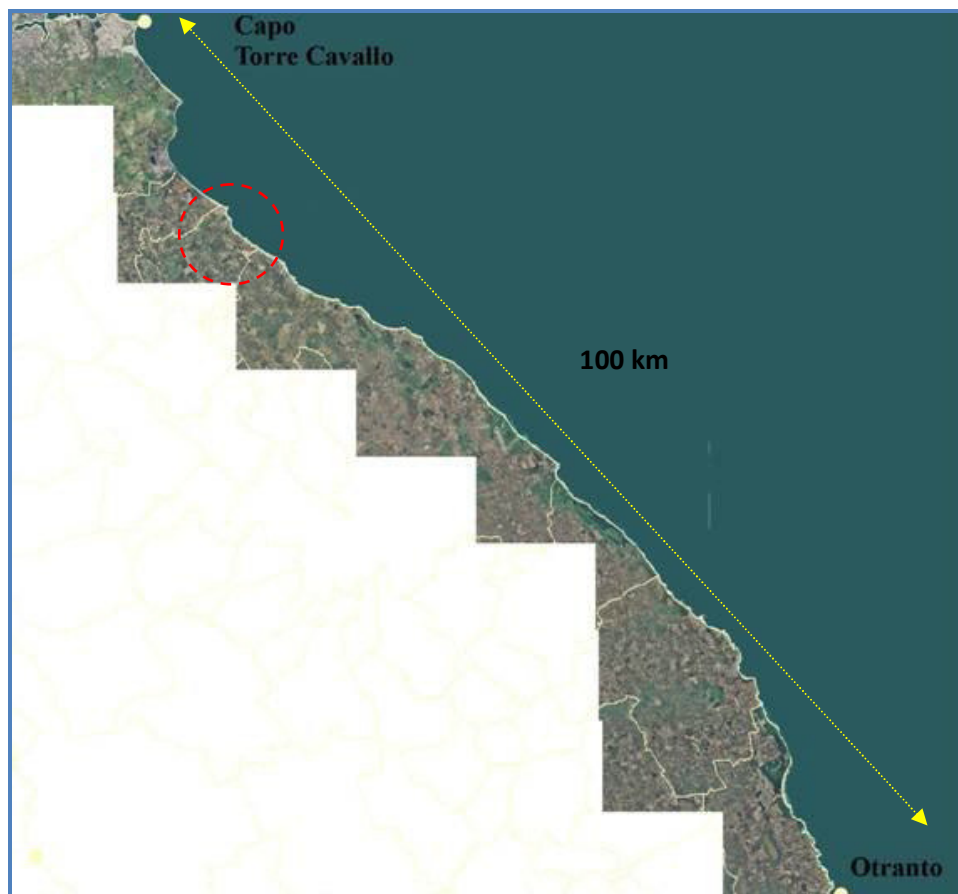


Figura 6 – Localizzazione dei limiti della S.U.F. 4.2 “Brindisi Capo di Torre Cavallo – Porto d’Otranto”

Principali corsi d'acqua

Lungo il tratto di costa sfociano numerose lame, impluvi e canali; tra i principali vi sono il Canale Foggia di Rau (Brindisi), Canale delle Chianche (Brindisi), Canale il Siedi (S. Pietro Vernotico), Canale della Foggia (S. Pietro Vernotico), **Canale Pilella (Torchiarolo)**, **Canale Infocaciucci (Torchiarolo)**, Canale del Brunese.

Caratteri tipologici della costa

Tipologia	lunghezza litorale	% nella sub-unità Fisiogr.	Note (*) oggetto di maggiore dettaglio in sede Piano Com.le delle Coste
Costa rocciosa	14.22	14.20%	
Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede	0.00	0.00%	
Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	1.14	1.10%	
Falesia	23.00	23.00%	
Falesia con spiaggia ciottolosa al piede	1.32	1.30%	
Falesia con spiaggia sabbiosa al piede	7.09	7.10%	
Rias	0.00	0.00%	
Spiaggia ciottolosa	0.00	0.00%	
Spiaggia sabbiosa	46.65	46.60%	
Spiaggia sabbiosa - ciottolosa	0.00	0.00%	
Costa antropizzata	6.62	6.60%	

Cordone dunale

Provincia	Comune	Tratto interessato	Stato	Lunghezza litorale (km)
Brindisi	Brindisi	Salina Vecchia	stabile	1.18
	Torchiarolo	Torre San Gennaro	in erosione	0.46
		Lendinuso	in erosione	0.51
Lecce	Lecce	Torre Specchiolla	in erosione	0.43
		Casalabate-Torre Rinalda	in erosione	2.54
		Torre Rinalda	stabile	1.18
		I Bacini	stabile	1.09

		Torre Chianca	stabile	2.75
		Frigole	stabile	1.15
		San Cataldo	in erosione	0.82
	Vernole	Campo Verde	stabile	0.93
		Pantano grande	in erosione	1.21
	Melendugno	Torre dell'Orso	In erosione	0.56
			Stabile	0.47
	Otranto	Frassanito	In erosione	1.81
		Alimini grande	In erosione	2.01



Figura 7 – PRC: stato del cordone dunale relativo alla costa a sud di Brindisi, nell'ambito della U.F. 4.3:

1. litorale a nord dell' area umida di "P.ta della Contessa" (Br)
2. Comune di Torchiarolo (Br), loc.tà nord "Torre S. Gennaro - duna di lido Presepe", e loca sud zona "Canuta – Fasciuto", limite amm.vo con Casalabate (Le).

All'interno della più ampia U.F. n.4 "Brindisi – Otranto", che si estende da "Punta Penne" (Brindisi nord) dove ha origine e si sviluppa per una lunghezza di 131,15 km fino a giungere al promontorio roccioso del "Porto di Otranto", si colloca appunto la costa di Torchiarolo nella SubUnità Fisiografica 4.3.

3. Inquadramento geologico – stratigrafico

La fascia costiera del comune di Torchiarolo è intagliata nella Formazione Geologica dei “Depositi Marini Terrazzati” (DMT), che si presentano con litofacies eterogenee di depositi sabbioso-calcarenitici passanti inferiormente a facies limoso-sabbiose e limo-argillose.

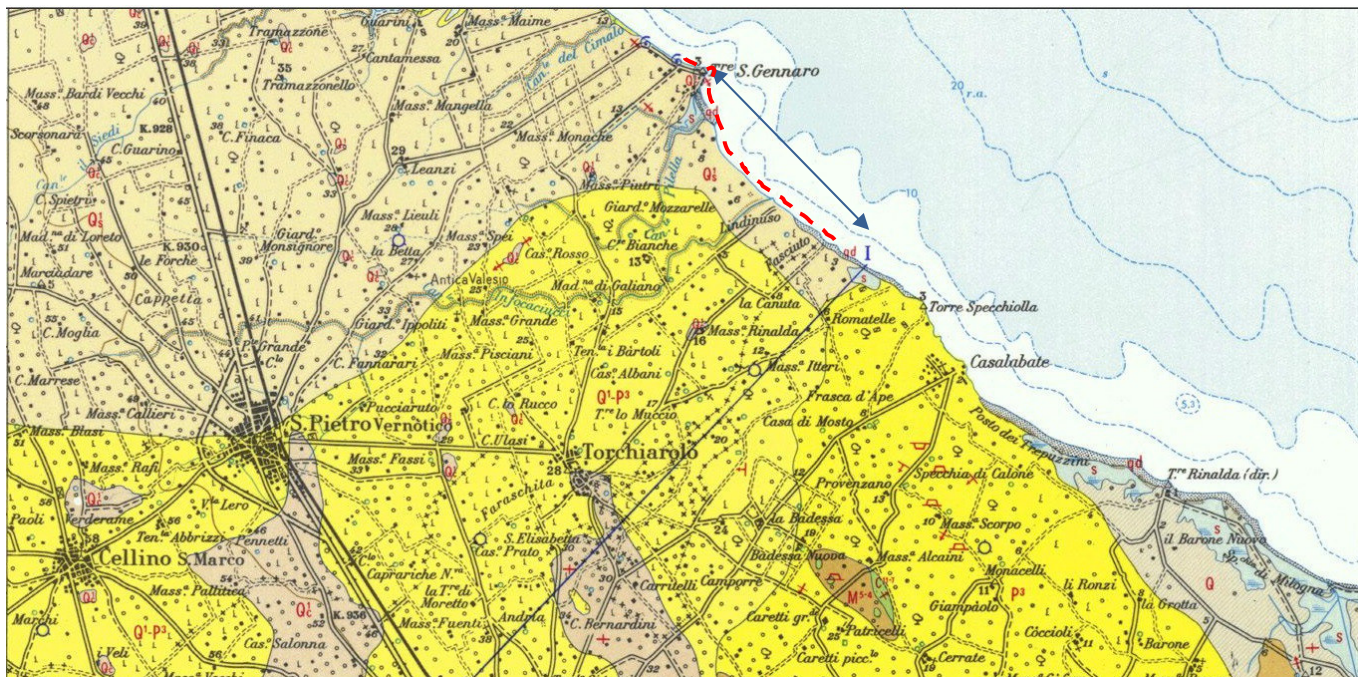


Figura 8 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio n. 204 “Lecce” (1968, sc. 1:100.000). Il litorale che si sviluppa da Torre S. Gennaro a Lendinuso è nel settore nord-orientale del territorio del comune di Torchiarolo. Geologicamente si caratterizza per la presenza in affioramento delle “Sabbie della Formazione di Gallipoli”, riclassificata nella più ampia facies dei D.M.T.- Depositi Marini Terrazzati nella Carta Geologica delle Murge e del Salento (1989, scala 1:250.000)

I caratteri morfologici sono in stretta relazione con quelli ereditati di tipo strutturale in quanto, l'evoluzione morfologica del territorio non è indipendente dalla sua struttura geologica ma strettamente connessa.

Piccole e medie forme paracarsiche di superficie ed epigee caratterizzano questo territorio, quali cavità di dissoluzione sub-verticali e piccole doline in presenza di substrati calcarenitici.

Le sabbie fini sono diffusamente presenti su questo territorio - afferente alla “Piana di Brindisi” - e, spesso si presentano *arrossate* entro il metro di profondità, apparentemente come *terre rosse*; queste ultime sono presenti invece dove ha agito il carsismo ovvero in presenza di calcareniti medio-grossolane che si intercalano nei depositi sabbiosi o affiorano direttamente in superficie.

Morfologicamente il territorio è sub-pianeggiante, senza elementi morfo-tettonici significativi.

E' inciso da due canali principali (“Infocaciucci” e “Pilella”) a carattere torrentizio che drenano le acque di infiltrazione superficiale ed alimentano la relativa falda; quest'ultima è sostenuta dalle argille grigio-azzurre sottostanti i depositi sabbioso-calcarenitici oggetto di caratterizzazione geologica nel presente studio. I depositi sabbioso-calcarenitici (Pleistocene medio-superiore) sono stati dal sottoscritto più volte oggetto di caratterizzazione geologico-sismica mediante le specifiche onde trasversali Vs₃₀.

Questo tratto costiero sviluppa ca. 4370 m e vede affiorare sia **sabbie fini con livelli** sabbiosi **cementati** (calcareniti) che locali banchi calcarenitici fittamente laminati. I litotipi che caratterizzano le

falesie del tratto oggetto di analisi geomorfologica appartengono – riferite alla carta geo-litologica della Puglia in sc. 1:250.000 – alle “sabbie e arenarie, ..., calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale (Depositi Marini Terrazzati –DMT) del Pleistocene medio”.

Tale carta geo-litologica è basata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Convenzione fra Adb Puglia e Dipartimento di Geologica e Geofisica dell'Università di Bari del 6 apr 2009).

I terrazzi sovrastanti le falesie della costa raggiungono l'altezza max di 3.5m - 4m slm, sono principalmente intagliati nel corpo sedimentario sabbioso-calcarenitico; in taluni punti affiora nelle parti basali della falesia il litotipo argillo-limoso, che affiora lungo costa da 0,5 a 1,5 m slm, rispettivamente sul limite sud della falcatura litorale oggetto di studio, tra le loc.tà “Fasciuto e Canuta” (a sud di Lendinuso).

3.1 Caratteri stratigrafici

Come riportato al p.to precedente relativo ai caratteri litologici la stratigrafia generale dell'area si compone dall'alto verso il basso delle seguenti unità geologiche:

- **Sabbie fini** con livelli e/o laminazioni calcarenitiche (Depositi Marini Terrazzati – DMT, Pleistoc. sup)
- Limi sabbiosi e argillosi (Pleistocene medio-sup.)
- Argille grigio-azzurre (Plio-Pleistocene)

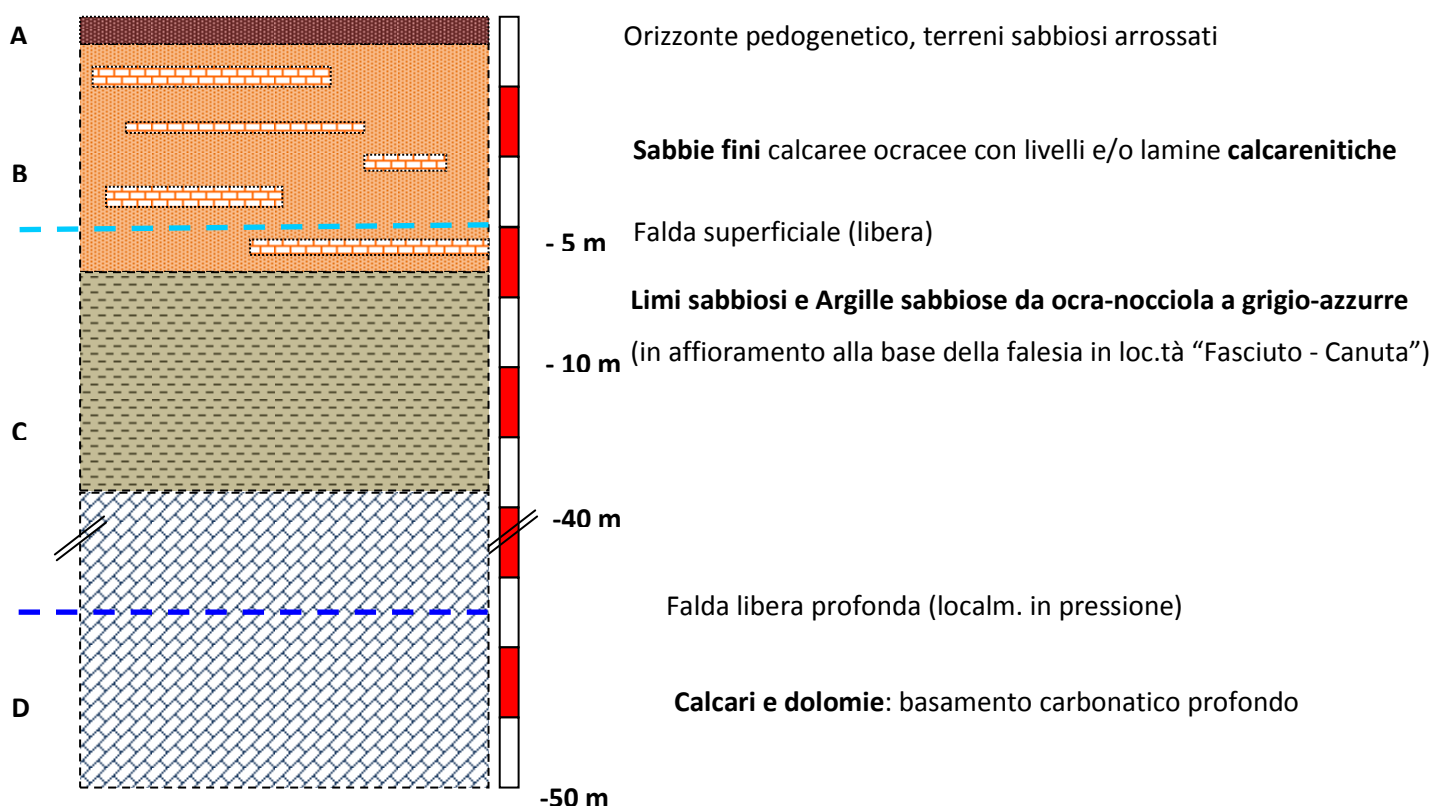


Fig. 7' – Colonna litostratigrafica dei terreni della fascia costiera del comune di Torchiarolo; dall'alto verso il basso:

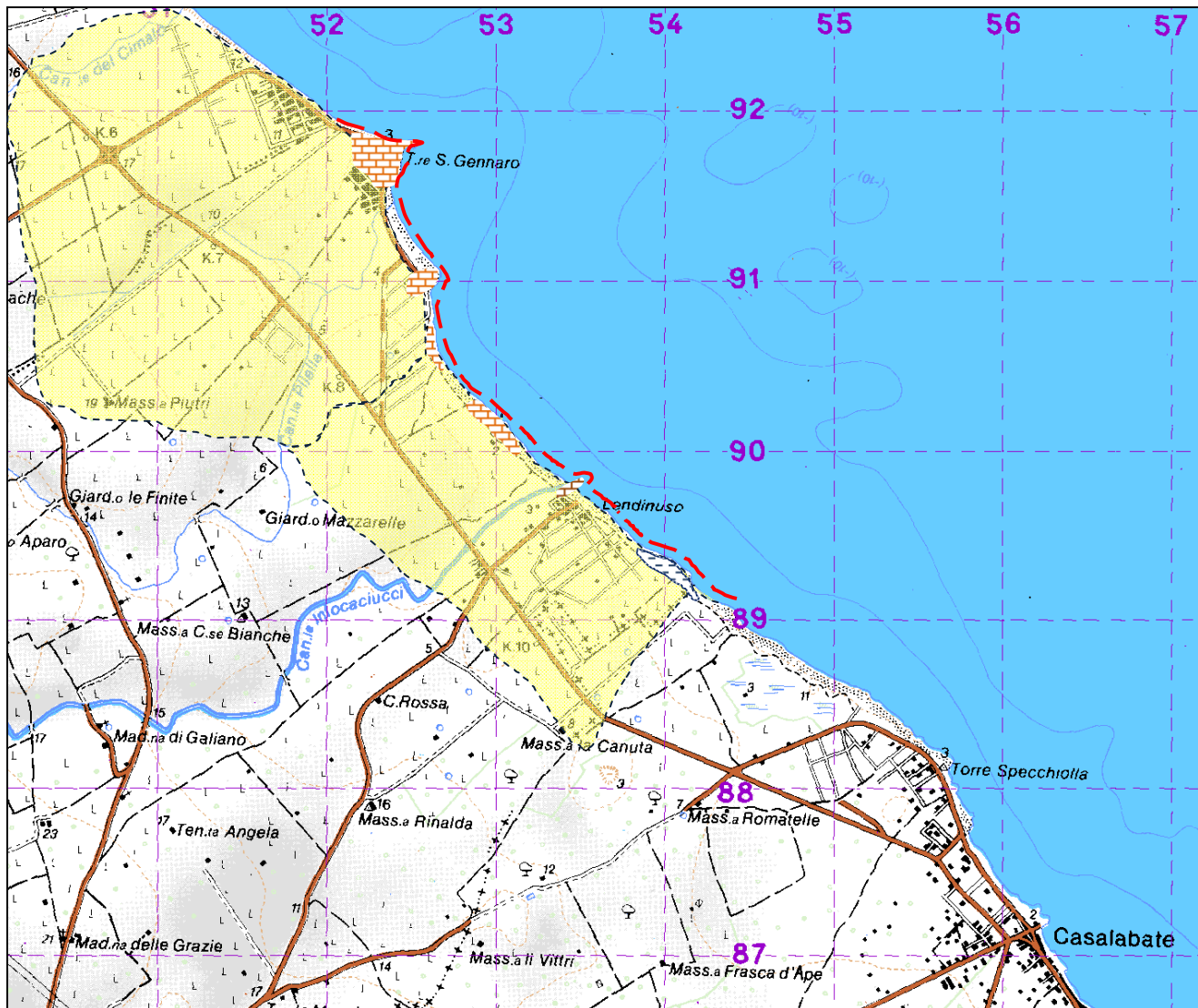
A) orizzonte pedogenetico/suolo (Terre Rosse, depositi alluvionali, sabbie arrossate) fino a 1,0 m, passante a B) depositi limoso-sabbiosi con noduli di precipitazione carbonatica e livelli calcarenitici da mm a cm fino a 10-11 m visibili in sezione di affioramento falesia; C) limi argillosi e argille limose dai 10-11 m ai 20 metri; D) calcari, substrato profondo roccioso non affiorante

3.2 - Caratteri idrogeologici

I caratteri idrogeologici si dividono in generali e specifici; quelli generali registrano, nell'area della fascia costiera, la presenza di una **falda superficiale** alla profondità variabile da 0,5 m a 3,5 m rispetto al piano campagna; è un acquifero allocato all'interno dei depositi sabbioso-calcarenitici, discontinuo e variabile a seconda del locale assetto litologico-stratigrafico; le interferenze dello stesso con il piano campagna sono in relazione al locale andamento plano-altimetrico e morfologico del terreno.

In prossimità della costa in località "Presepe", risalendo al di sopra del p.c. per diverse decine di cm da vita ad una importante area umida costiera, denominata della "Quatina"; questo stagno costiero è alimentato idraulicamente dal canale "Pilella", corso d'acqua a carattere effimero solcante un piccolo bacino imbrifero di pochi Km².

La soggiacenza è variabile in relazione all'andamento morfologico del terreno; la falda superficiale si alloca nei depositi sabbioso-calcarenitici presenti nell'area (*acquifero sabbioso*) ed è sostenuta dalla base impermeabile dei limi argillosi plio-pleistocenici; si rinvencono locali falde sup.li sospese sostenute da lenti limo-sabbiose.



CARTA GEOLOGICA DELLA FASCIA COSTIERA
DA TORRE S.GENNARO A LENDINUSO

Figura 9 – Individuazione del tratto costiero oggetto di studio sul foglio IGM n.496 “Squinzano”, stralcio alla scala 1:50.000; nell’ambito delle litofacies dei DMT, affiorano sia i litotipi sabbioso-calcarenitici che i litotipi calcarenitici (Carpari) che quelli limoso-argillosi.



Depositi Marini Terrazzati (DMT); sabbie fini con lamine e livelli sabbiosi ben cementati, anche bancate massive / laminate calcarenitiche, tipo “Carpari”



Sabbie limose e Limi argillosi

4. Criticità geomorfologiche in atto

Le criticità geomorfologiche esaminate sono ovviamente connesse alla capacità di ‘tenuta’ della costa rispetto ai fenomeni erosivi sia in atto che pregressi.

La migliore (e maggiore) capacità di tenuta di un qualsiasi margine costiero è connessa al suo stato di salute ambientale; per le coste antropizzate questo importante indicatore ambientale si è di molto abbassato nell’ultimo quarantennio e, il litorale di Torchiarolo non si è sottratto a questo generale livello di regressione della qualità dell’ambiente naturale.

La residualità di cordoni dunali e aree umide costiere testimoniano appunto l’involuzione della qualità ambientale della fascia litorale e, pertanto dello stato di salute; essendo il fenomeno erosivo connesso anche all’innalzamento del livello medio mare, si è calcolato che un aumento di 10 cm del livello corrisponde all’incirca ad una perdita di terre emerse della fascia costiera di 10 mt.

Riferito ad un dettaglio maggiore, il tratto litorale da “Torre S.Gennaro” a “Lendinuso” fino a “Mass.Canuta” si sviluppa per 4,37 km ed è confinante a nord con il territorio costiero del Comune di S.P.V.co (Br) ed a sud con il comune di Squinzano (Le), marina di Casalabate.

- A. Nello specifico, l’importante **cordone dunale di “lido Presepe”**, antistante l’area umida della “Quatina” (stagno retrodunale costiero), sta subendo da ca. un ventennio un incipiente fenomeno erosivo unitamente alla spiaggia sabbiosa antistante. Quest’ultima, perdendo ca. il 50% della sua profondità è passata da 20-25 mt a 10-12 mt ca., favorendo pertanto l’aggressione al piede della duna da parte delle mareggiate anche di media intensità.

In riferimento all’art. 4 - Metodologia di analisi dei Sistemi dunari costieri dell’**“Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero** (approvato nella seduta del Comitato tecnico della AdB Puglia del 29/11/2010), sarà opportuno eseguire *adeguato rilievo di campagna, opportunamente georeferenziato*, al fine di definirne *il limite di un’area di pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1) , in considerazione della sua potenziale fragilità rispetto a scoscendimenti dovuti a cause di varia natura.*

- B. Il secondo caso di criticità geomorfologiche in atto riguarda le **falesie**, intendendo che ai sensi del suddetto **Atto di indirizzo...**, *ai fini della valutazione della pericolosità geomorfologica, devono essere esaminati i tratti di costa, aventi caratteristiche di “falesia”, con altezza non inferiore 1,5 metri.*

Nel litorale in studio, da nord a sud, sono tre i tratti a falesia interessati da dissesti connessi ai processi erosivi costieri:

- B.1 - Il primo, si ubica a ca. 120 mt a sud del limite del cordone dunale di lido Presepe; è il tratto a maggiore altezza slm, variabile da 1.5 m a 3.5-4.0 m slm; è anche quello che tra i tre è il meno praticabile, non essendoci spiaggia antistante per cui, l’accesso in prossimità della falesia può avvenire solo da mare (vedi all. 1 “falesia”, scala 1:1000); il livello di Pericolosità Geomorfologica può definirsi “elevato”.
- B.2 - Il secondo si ubica a ca. 500 mt a sud del limite del cordone dunale di lido Presepe ed a 200 mt dal primo tratto a falesia di cui sopra; ha altezza variabile tra 1.5 e 3 m slm, ed è quello che, per la sua transitabilità connessa alla spiaggia antistante, presenta il maggior indice di pericolosità per i fruitori della costa. Sono evidenti i dissesti geotecnici pregressi e recenti manifestatisi con crolli

totali o parziali dalle mensole rocciose sovrastanti, disposte in aggetto sulla stretta spiaggia sottostante. Il livello di Pericolosità Geomorfologica è elevato, concreto e gravante.

- B.3 - Il terzo tratto a “falesia”, in loc.tà “Fasciuto – Canuta” conclude la costa di Torchiarolo, avendo inizio quella del comune di Squinzano con la marina di “Casalabate”; è un tratto costiero con altezza variabile da 0.5 m a 2.5-3.0 m slm che si compone della parte alta costituita dai depositi sabbiosi di un cordone dunale e della sottostante falesia sulla quale la duna è ancora oggi in appoggio; il morfotipo costiero testimonia maggiormente rispetto ai due tratti a falesia precedenti, di quanto sia rilevante la velocità di arretramento della linea di costa. Il livello di pericolosità geomorfologica può definirsi medio-basso.
- B.4 - un particolare tratto a falesia è quello che si ubica in loc.tà T.re S.Gennaro, sul confine del territorio costiero tra Torchiarolo e S.Pietro Vernotico; tale tratto a falesia, simmetricamente in comune tra le due municipalità, attualmente non è soggetto ad erosione da parte del moto ondoso in quanto protetto da un ampio arenile (ricostruito) e da opere di difesa costiera (scogliere in pietrame) disposte negli anni '90 da Campo di Mare a T.re S.Gennaro; il livello di pericolosità geomorfologica può definirsi basso, connesso al solo ruscellamento delle acque sup.li sul ciglio di scarpata.
- B.5 – la gabbionata collocata al fine di stabilizzare il pendio che costeggia la stretta spiaggia sabbiosa in loc.tà “lido Cipolla” è da anni soggetta ad un importante fenomeno deformativo per la spinta gravitativa del versante, tale da averne provocato in un tratto (ca.100 m), il definitivo ribaltamento.
- B.6 - la strada com.le litoranea che costeggia gli edifici lungocosta in loc.tà “lido Cipolla” è da anni soggetta ad un grave fenomeno erosivo, tanto che la carreggiata si è ridotta, nei luoghi, anche del 40%; per tale infrastruttura viaria, nel 2013 è stato finanziato l'intervento di consolidamento e ripristino della strada da parte della Regione.

4.1 - Preliminare valutazione della Pericolosità Geomorfologica

Il tratto costiero oggetto di studio nell'ambito dell'approfondimento del P.C.C., relativamente allo stato fisico geomorfologico, è oggetto del seguente schema di proposta di tipizzazione del vincolo di Pericolosità Geomorfologica (P.G.) definito dalla AdB Puglia sul litorale regionale;

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
P.G.1 “bassa-media”	cordone dunale “lido Presepe”		Falesia e duna “Mass. Canuta”	Falesia “T.re S.Gennar o”	Pendio (gabbionata) “lido Cipolla”	
P.G.2 “elevata”						Falesia (strada) “lido Cipolla”
P.G.3 “molto elevata”	falesia 120 mt a sud di “Lido Presepe” (Case Bianche)	falesia 500 mt a sud di “Lido Presepe” (Case Bianche)				

L'Autorità di Bacino della Puglia ha definito il tipo di costa (a falesia), oggetto insieme alle *coste basse* della presente verifica, come "erodibile"; questa classificazione, è riportata nell' **"Atto di Indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero"** laddove, sono individuate **"Peculiari condizioni geologiche di alcuni tratti costieri pugliesi: Il caso del territorio di Brindisi"**.

Per il tratto in studio considerato, da "Torre S. Gennaro a Mass. Canuta", si è preso come riferimento la base cartografica idro-geo-morfologica del webGIS "Coste" della Autorità di Bacino della Puglia e, in riferimento alla stessa, si è eseguito il rilevamento geomorfologico di campagna per meglio dettagliare i litotipi ed i morfotipi costieri e le criticità in atto e potenziali

Si riporta (di seguito) uno stralcio dell' **"Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero"**, approvato nella seduta del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino della Puglia del 29/11/2010.

[1. Premessa]

La finalità del presente Atto di indirizzo è quella di indicare una procedura operativa per individuare la pericolosità geomorfologica dei siti costieri del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, in modo da rendere più trasparente la concertazione tra soggetti pubblici e privati all'atto dell'applicazione degli **artt. 24 e 25 delle NTA del PAI vigente** (rispettivamente, art. 24 "Procedure di integrazione e modifica del PAI" e art. 25 "Istruttoria e valutazione delle istanze di modifica della perimetrazione di aree a pericolosità idraulica e geomorfologica")

L'Atto di indirizzo, si applica alle casistiche di seguito indicate:

- tratti di costa classificabili come "non erodibili";
- tratti di costa classificabili come **"erodibili"** (**tratti a falesia del litorale di Torchiarolo**)
- sistemi dunari costieri .

Per ciascuna delle tipologie indicate, valgono i seguenti criteri per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero.

Per le prime due casistiche il riferimento per la definizione delle caratteristiche geologiche dei siti è costituito dalla "Carta geo-litologica della Puglia e relative note illustrative, basata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000", prodotta dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, pubblicata sul portale internet dell'Autorità di Bacino della Puglia (www.adb.puglia.it) con le relative note esplicative in allegato.

In presenza di **falesie di altezza superiore a 1,5 metri**, costituite da rocce erodibili secondo la classificazione anzidetta, qualora concorra almeno uno fra gli altri fattori di seguito indicati in parentesi (possibile azione diretta del mare sul piede della falesia, geometria a sbalzo del fronte della falesia, possibile dissesto riconosciuto anche attraverso l'esame delle fotografie aeree della costa, presenza di **massi provenienti dal distacco dalla falesia**, arretramento storicamente noto della falesia, presenza di sistemi fessurativi, presenza nella serie stratigrafica di formazioni geologiche di maggiore erodibilità rispetto a quelle affioranti in superficie, alternanze stratigrafiche con contrasto di permeabilità e conseguente possibilità di formazione di falde temporanee o perenni, ecc.), la **pericolosità geomorfologica** associata al sito esaminato è da assumere di **livello massimo (PG3)**.

La sua **ampiezza** è somma di 2 termini: il primo relativo alla **pericolosità verso monte** (per possibili fenomeni di crollo ripetuti nel tempo) è pari, a partire dal piede della falesia (stimata attraverso il rilievo LIDAR), a non meno di **3 volte l'altezza della falesia** (sempre stimata attraverso il rilievo LIDAR, come variazione nel tratto esaminato tra la quota massima del ciglio superiore e quella minima del piede). Il secondo termine, relativo alla **pericolosità verso valle** (per possibili fenomeni di scivolamento, rotolamento e distacco con spostamenti cinematici), è pari ad almeno **2 volte l'altezza della falesia**.

L'ampiezza di questo termine ovviamente non può superare la linea di riva e, ove questo succeda, essa viene automaticamente ridotta. Analogamente a quanto indicato nel paragrafo precedente, contigua al margine più alto dell'area classificata PG3, deve prevedersi, in termini cautelativi, anche una fascia di aree a pericolosità geomorfologica elevata (PG2), di larghezza pari almeno all'altezza della falesia".]

In prospettiva di **interventi di riqualificazione della costa** (rfm. NTA del PRC: Art.7 - *Interventi di recupero e risanamento costiero*), la progettazione degli interventi di *restauro costiero* deve essere preceduta da studi, indagini e rilievi il cui livello di approfondimento sarà commisurato all'importanza degli stessi ed alla fase di progettazione.

Gli stessi studi devono riguardare:

- la caratterizzazione della spiaggia emersa e di quella sommersa;
- il clima ondoso del paraggio;
- il regime delle correnti costiere.

Al fine di evitare che l'evoluzione dell'area interessata dalle opere marittime da realizzarsi influenzi i tratti di litorale adiacenti, gli studi, le indagini ed i rilievi devono essere estesi all'intera Unità Fisiografica (UF 4.3).



Figura 10 - cartelli di avviso "Pericolo crollo falesia" presenti lungo la costa salentina, e disposti tra il 2011 e il 2014 laddove, a seguito di dissesti, franamenti, crolli, criticità pregresse e/o in atto, è presente la pericolosità geomorfologica (PG) come perimetrata dalla AdB Puglia.

Il Comune di Torchiarolo con il presente PCC, ha proceduto alla individuazione lungo il litorale dei tratti critici a falesia suddetti.

Stralcio da:

***“Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero”
(Autorità di Bacino della Puglia)***

Metodologia dei tratti di costa classificati come “erodibili”

*“Ulteriori aree da classificare a **pericolosità geomorfologica “elevata” (PG2)** , possono essere definite dai tecnici dell’AdB , a seguito di analisi specifica dei luoghi, nell’ipotesi che la configurazione morfologica, le caratteristiche litostratigrafiche e quelle strutturali siano tali da rendere potenzialmente probabili fenomeni di dissesto e /o di crollo costiero.*

L’ampiezza di tali aree è anch’essa somma di due termini:

- ✓ *il primo verso monte è pari, a partire dal piede, ad **almeno due volte l’altezza della falesia**;*
- ✓ *il secondo verso valle, è pari sempre a partire dal piede, **almeno ad una volta l’altezza della falesia**, con l’avvertenza già indicata in precedenza.*

La presenza di opere di difesa non è, da sola elemento da garantire, la sicurezza del sito.

Di conseguenza la eventuale pericolosità geomorfologica deve essere esaminata caso per caso, sulla scorta di rilievi diretti ed elementi tecnici appropriati”.



Figura 11 - Falesia sabbioso calcarenitica in loc.tà lido Presepe, 120 mt sud, oggetto di fenomeni di crollo per scalzamento al piede dovuto all'incipiente erosione costiera; proposta di perimetrazione Pericolosità Geomorfologica PG3.

Esempio di applicazione: falesia erodibile in loc.tà Lido Presepe, marina di Torchiarolo

- Al tetto della falesia la zona di vincolo è la somma di una prima fascia **PG3 $\geq 3H$** e di una ulteriore fascia **PG2 $\geq H$**
- Alla base della falesia, la fascia di vincolo **PG3 è $\geq 2H$**

Metodologia di analisi dei tratti di costa considerati come “ERODIBILI”

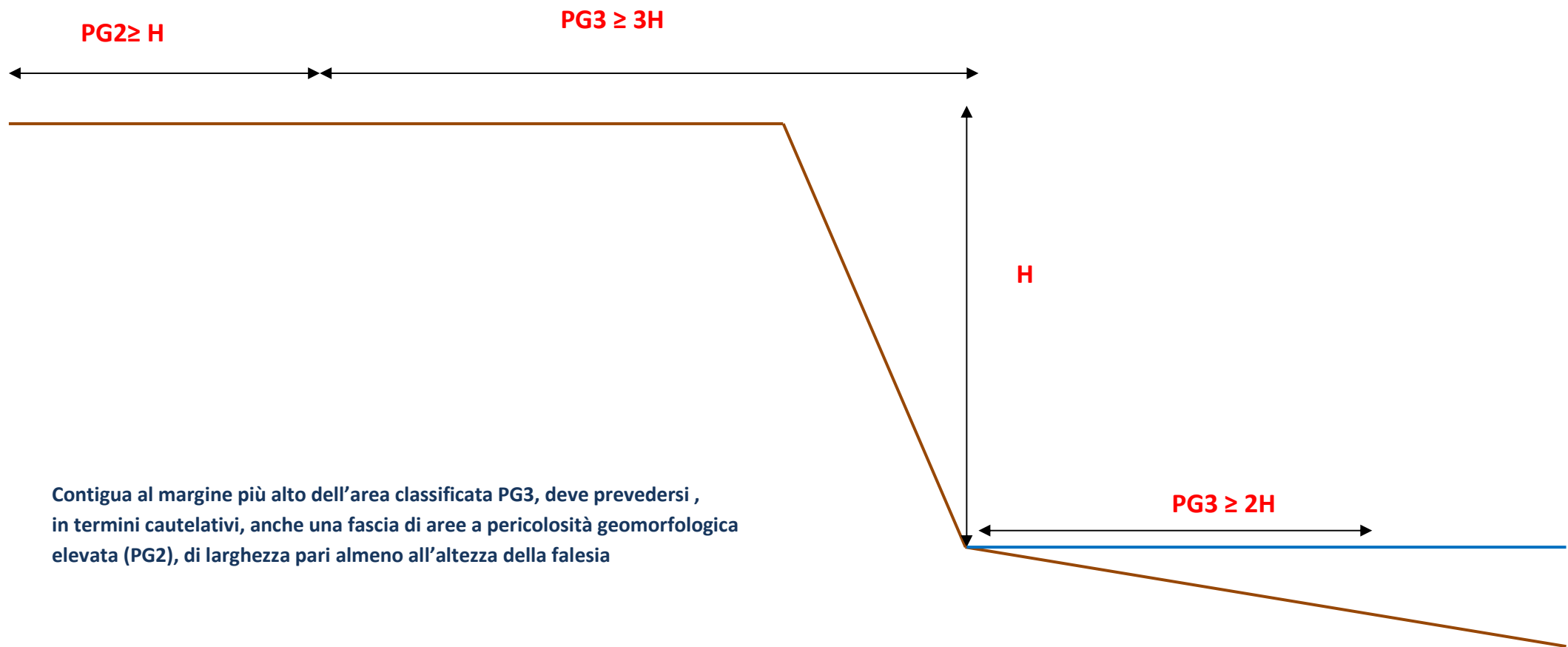




Figura 12 – Torchiarolo (Br), loc. tà sud di “lido Presepe”: esempio di applicazione alla falesia sabbioso-calcarenitica affiorante lungocosta

Atto di indirizzo per la definizione e perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica in ambito costiero

(approvato nella seduta del Comitato Tecnico della Autorità di Bacino della Puglia il 29/11/2010)

Metodologia di analisi dei tratti di costa considerati come “ERODIBILI”: Contigua al margine più alto dell’area classificata PG3, deve prevedersi, in termini cautelativi, anche una fascia di aree a pericolosità geomorfologica elevata (PG2), di larghezza pari almeno all’altezza della falesia



Figura 13 – Piccola falcatura poco a sud del limite morfologico del cordone dunale di Lido Presepe; la falesia bassa (<1.5 mt) lascia affiorare l'orizzonte pedogenetico a sabbie rosse con intercalazioni laminari calcarenitiche che vanno poi ad alimentare l'antistante spiaggia ciottolosa



Figura 14 – vista a sud della precedente foto n.13; in evidenza, l'esemplare secolare di ginepro coccolone sul ciglio di scarpata della falesia sabbioso-calcarenitica



Figura 15 – vista a nord sul limite del cordone dunale di lido “Presepe” dalla falesia sabbioso-calcarenitica oggetto di proposta di perimetrazione della Pericolosità Geomorfologica (PG)



Figura 16 – Falesia sabbioso-calcarenitica in loc. tà lido Cipolla, a 500 m sud dal limite del cordone dunale di “lido Presepe”; questo tratto di costa permette il transito sulla stretta spiaggia sabbiosa (larghezza < 3 mt) prospiciente la falesia che presenta evidenti dissesti geotecnici in atto, con il crollo di blocchi e strati di roccia dal tetto della volta calcarenitica (collasso per distacco lungo superfici di strato). Ai lati, gabbionate in pietrame a sostegno del pendio in terra.



Figura 17 – Spot di cui all’immagine precedente, con la fitta laminazione dei depositi sabbioso-calcarenitici e le forme erosive (cavità; piccole grotte) al piede della falesia



Figura 18 - il margine costiero, intagliato nelle sabbie limose con noduli, intercalazioni e livelli calcarenitici, poi selezionati granulometricamente dalla energia del moto ondoso; liberati della frazione fine, si depositano sulla spiaggia antistante il piede della falesia e sono rielaborati e ridistribuiti lungocosta e al largo dal moto ondoso. Si formano delle mensole calcarenitiche, in aggetto lungo superfici di strato, che evolvono facendo collassare l'ammasso roccioso superata la resistenza al taglio



Figura 19 - Recenti crolli hanno interessato questo tratto a falesia che, in una scala (relativa) di valutazione della criticità in atto, assegna un livello di Pericolosità Geomorfologica preliminarmente stimato in PG3



Figura 20 - Falesia a nord in prossimità di loc.tà lido Cipolla; si notino le forme di modellamento paracarsico, successivamente scalzate e crollate sulla sottostante spiaggia sabbiosa



Figura 21 - Foce del canale Infocaciucci e unghione calcarenitico massivo (e laminato) afferente alla formazione geologica dei DMT – Depositi Marini Terrazzati; visibile la linea di frattura sul lato nord che lo interessa e che lo sta progressivamente disarticolando; uno dei più delicati focus erosivi riguardanti la spiaggia bassa sabbiosa di loc.tà marina di Lendinuso



Figura 22 - Loc.tà “Fasciuto – Mass. Canuta” – il cordone dunale (residuale) in appoggio sui limi-sabbioso-argillosi nei quali è intagliata la falesia



Figura 23 – Sabbie fini limose arrossate (B) caratteristiche di questo margine costiero in loc.tà “Canuta” e “Torre S. Gennaro”; al tetto di questa formazione litologica olocenica si rinvencono gli ultimi lembi residuali di cordone dunale recente e attuale (A), quasi completamente eroso. Ben visibile al tetto e in sezione l’effetto del “soil creep” indotto dall’energia del moto ondoso che allenta e destruttura il margine costiero facendolo franare costantemente, determinando un arretramento quantificabile in 80 cm/anno

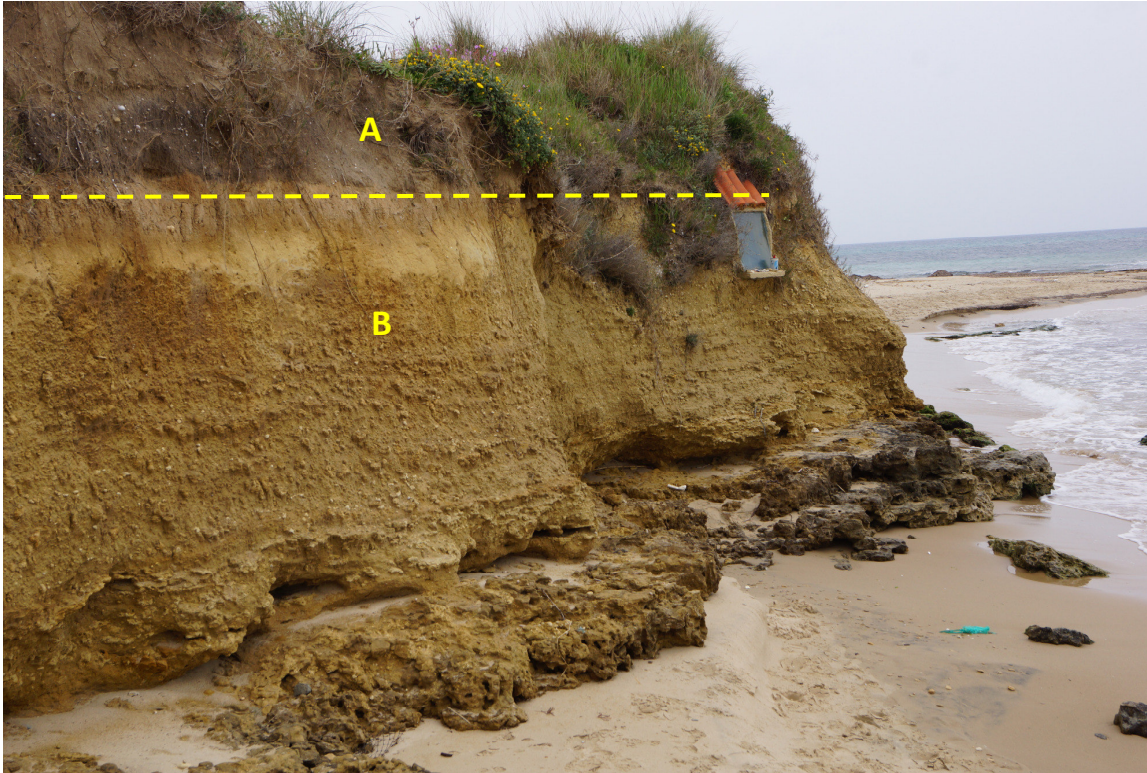


Figura 24 – Il tratto litorale tra le loc.tà “sud Lendinuso – Canuta - Fasciuto”, presenta un margine costiero pesantemente intagliato nei litotipi (teneri e semicoerenti sabbioso-limosi) dall’energia moto ondoso incidente. La vegetazione arbustiva e arborea, che in un primo momento si pensava potesse controllare e/o mitigare la incipiente erosione del suolo litorale, poco o nulla ha potuto contro l’aggressività degli agenti meteomarini.



Figura 25 – La vegetazione (macchia mediterranea), essendo ben adattabile a terreni sabbioso-limosi-argillosi ubicati in prossimità di ambienti ad elevata salinità, è oramai completamente divelta/disarticolata e periodicamente immersa in acqua, creando le condizioni di avvelenamento da cloruri dell'apparato radicale. E' evidente l'arretramento delle terre emerse, laddove si andavano ad ubicare gli impianti di forestazione recente dell'ultimo ventennio che caratterizzano la fascia costiera.



Figura 26 - Loc.tà “Lido Cipolla” – la strada com.le litoranea in adiacenza agli edifici è oggetto di incipiente erosione unitamente alla bassa falesia sabbioso calcarenitica al tetto della quale è stato realizzato il rilevato stradale



Figura 27 - il tratto della strada litoranea in loca “Cipolla” lambita dagli smottamenti della falesia (a meno di 3 mt dalla carreggiata stradale); di tutta evidenza la necessità di intervenire per controllare il focus erosivo che agisce per scalzamento al piede e crollo successivo; progetto di recupero finanziato dalla regione puglia

COMUNE DI TORCHIAROLO

N.T.A. “Piano regionale delle Coste”

**“NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE E INDIRIZZI GENERALI PER LA REDAZIONE
DEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE”**

Applicabilità operativa alla costa di Torchiarolo

Art. 4
(Piano comunale delle coste)

LEGGE REGIONALE 23 giugno 2006, n. 17
“Disciplina della tutela e dell’uso della costa”.

- stralcio da N.T.A. “Coste”: **NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE E INDIRIZZI GENERALI PER LA REDAZIONE DEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE:**

Applicabilità operativa alla costa di Toerchiarolo

Art. 4 - Ricognizione fisico - giuridica del Demanio Marittimo

I comuni operano una ricognizione fisico – giuridica del territorio costiero di propria competenza, attraverso:

- ✓ la **individuazione lungo tutta la costa comunale dei livelli di criticità all'erosione e di sensibilità ambientale definiti nel PRC**;
- ✓ la individuazione delle **aree sottratte alla competenza comunale**, comprendenti:
 1. aree del demanio marittimo e zone del mare territoriale espressamente dichiarate di interesse nazionale in relazione alla sicurezza dello Stato e alle esigenze della navigazione marittima, identificate dalla normativa dalle intese Stato/Regione;
 2. porti finalizzati alla difesa militare e alla sicurezza dello Stato (classificati di categoria I ai sensi della legge 28 gennaio 1994, n. 84);
 3. porti di rilevanza economica internazionale e nazionale (classificati di categoria II classe I e II, ai sensi della legge 28 gennaio 1994, n. 84) e, comunque, **i porti sede di Autorità portuali e relative circoscrizioni territoriali**;
- ✓ la individuazione delle aree e delle fasce di rispetto in cui è **assolutamente vietato il rilascio, il rinnovo e la variazione delle concessioni preesistenti** (ai sensi dell'art. 16 comma 1- della Legge regionale 17/2006), quali:
 - a) lame;
 - b) foci di fiume o di torrenti o di corsi d'acqua, comunque classificati;
 - c) canali alluvionali;
 - d) **aree a rischio di erosione in prossimità di falesie**;(*)
 - e) aree archeologiche e di pertinenza di beni storici e ambientali



Figura 28 – riferimento NTA: art. 4 lett. d) **aree a rischio di erosione in prossimità di falesie**; loc. tà sud lido “Presepe”: **Falesia PG2** (proposta)

- stralcio da N.T.A. “PRC”: **NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE E INDIRIZZI GENERALI PER LA REDAZIONE DEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE:**

Applicabilità operativa alla costa di Torchiarolo (BR)

Art. 5 - Zonizzazione del Demanio

Il PCC, sulla base delle analisi di cui al precedente art. 4, individua nell'ambito del proprio territorio costiero e all'interno di ciascuna tipologia costiera appartenente ai diversi livelli di criticità all'erosione e di sensibilità ambientale:

1. aree **escluse dalla competenza amministrativa regionale/comunale**;(*)
2. **aree con divieto assoluto di concessione**;

3. aree di **interesse turistico ricreativo**, determinate in conformità all'art. 16 – comma 5 – della legge regionale 17/2006;
 4. aree con **finalità diverse**;
 5. **aree vincolate**.
- ... omissis

- stralcio da N.T.A. “Coste”: NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE E INDIRIZZI GENERALI PER LA REDAZIONE DEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE:

Applicabilità operativa alla costa di Torchiarolo

Art. 5.1 - Aree escluse

Comprendono tutte quelle aree escluse dalla competenza regionale e, in particolare:

- a. le **aree del demanio marittimo** e le zone del mare territoriale espressamente dichiarate di interesse nazionale in relazione agli interessi della sicurezza dello Stato e alle esigenze della navigazione marittima, identificate dalla normativa vigente e dalle intese tra Stato e Regione;

... omissis

- stralcio da N.T.A. “Coste”: NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE E INDIRIZZI GENERALI PER LA REDAZIONE DEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE:

Applicabilità operativa alla costa di Torchiarolo

Art. 5.2 - Aree con divieto assoluto di concessione

Comprendono tutte quelle aree che, per la loro salvaguardia o necessità di sicurezza, non possono essere assolutamente oggetto di concessione.

Ai sensi del PRC e dell'art. 16 – comma 1 – della L.R. 17/2006, sono così identificate:

- a. **lame, foci di fiume o di torrenti o di corsi d'acqua**, comunque classificati, con relative fasce di rispetto;
- b. **canali alluvionali** con relative fasce di rispetto;(*)
- c. aree **a rischio di erosione in prossimità di falesie**;
- d. aree archeologiche e di pertinenza di beni storici e ambientali;
- e. le loro **fasce di rispetto**.

Inoltre, **non possono essere oggetto di concessioni i tratti di spiaggia con profondità inferiore a 15,00 m**, da destinarsi esclusivamente a spiaggia libera.



Figura 29 – costa bassa rocciosa in loc. tà lido Presepe”: visibile una ampia superficie di abrasione laddove fino a qualche decennio orsono era in appoggio il corpo del cordone dunale, il cui piede è sullo sfondo a sx

- *stralcio da N.T.A. “Coste”: NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE E INDIRIZZI GENERALI PER LA REDAZIONE DEI PIANI COMUNALI DELLE COSTE:*

Applicabilità operativa alla costa di Torchiarolo

Art. 7 - Interventi di recupero e risanamento costiero

Nel PCC devono essere previsti **interventi di recupero e risanamento costiero finalizzati al contenimento e alla riduzione della criticità all'erosione dei litorali sabbiosi e della sensibilità ambientale della costa** per:

- la **ricostituzione delle spiagge, anche attraverso ripascimenti artificiali**;(*)
- la **rinaturalizzazione della fascia costiera con interventi di tutela e ricostituzione della duna litoranea**;
- la **ricarica e il riordino delle opere di difesa esistenti**;
- il **ripristino di assetti costieri al fine di avere una maggiore naturalità, anche con rimozione di opere di urbanizzazione esistenti**.(**)

Al fine di **programmare gli interventi di recupero e risanamento costiero, i Comuni provvedono al monitoraggio locale della costa**, che si affianca a quello generale di competenza regionale.

I dati desunti dall'attività di monitoraggio possono altresì consentire la **riclassificazione**, laddove se ne presentino le condizioni, dei **livelli di criticità all'erosione e di sensibilità ambientale** definiti dal PRC.

Tutti gli **interventi di recupero e risanamento** devono essere messi in atto con metodi e **tecniche tali da minimizzare l'impatto ambientale**, perseguendo - anche nel lungo periodo - l'obiettivo di una generale **rinaturalizzazione del sistema costiero** e la ricostituzione degli habitat acquatici.



Figura 30 – Cordone dunare di Lido Presepe: COSTA bassa sabbiosa loc.tà “lido PRESEPE” con annesso sistema ambientale-morfologico “spiaggia-duna-palude di retroduna” (Quatina), nell’ambito della S.U.F. 4.3; rappresenta un’area idonea alla “rinaturalizzazione della fascia costiera con interventi di tutela e ricostituzione della duna litoranea”.

Art. 8.1 - Aree in concessione per strutture balneari

Le aree concedibili ai fini turistico - ricreativi, quali gli **Stabilimenti Balneari e le Spiagge Libere con Servizi**, sono **individuare nell’ambito degli elaborati del PCC**.

Il PCC, avuto riguardo degli utilizzi già esistenti, indica **la distribuzione e la consistenza dei singoli lotti concedibili**, secondo moduli non frazionabili il cui **Fronte Mare (FM) non deve essere inferiore a 20 ml e non deve superare la lunghezza di 100 ml**.

Nella pianificazione delle aree concedibili deve prevedersi ed assicurarsi l'esistenza di fasce di spiaggia (**corridoi**) ortogonali al mare (FO), destinate a garantire il **libero passaggio** in particolare tra due concessioni contigue, di **larghezza non inferiore a 5 m**, anche ai fini del transito dei mezzi di soccorso.

La pulizia e la loro infrastrutturazione con materiali adeguati, che comunque non apportino alcuna modifica permanente allo stato dei luoghi, sono posti a carico dei concessionari confinanti, il cui obbligo è da indicarsi nell'atto concessorio, compresi la modalità e i tempi di realizzazione.

Per particolari ragioni connesse alla specificità del territorio, **si possono prevedere concessioni contigue**, purché vengano comunque assicurati **accessi con la ricorrenza di almeno 150 m**.

Nelle aree concedibili deve prevedersi ed assicurarsi l'esistenza di **fasce parallele (FP)** al mare a cui corrispondono specifiche funzioni. La prima (FP/1) di **profondità teorica pari a 5 ml dalla linea esterna di battigia è destinata esclusivamente al libero transito pedonale lungo la spiaggia**; la **seconda (FP/2) è destinata alla posa di ombrelloni e sdraio** e alla localizzazione delle strutture di servizio; la **terza (FP/3) intesa come fascia di rispetto della larghezza minima di 3 ml, anche attrezzabile con pedane, è destinata alla localizzazione del verde** (con l'impiego di essenze che non producano alterazioni degli habitat naturali e che non costituiscano ostacolo alla visuale del mare) e al libero transito, anche ciclabile.

Al fine della uniformità e della transitabilità con mezzi di soccorso, **il PCC indica le caratteristiche costruttive delle pedane, da ubicarsi nella fascia FP/3 e FO**.

L'uso delle **fasce di spiaggia FP/1, FP/3 e FO è sempre libero e gratuito**. Qualora non esistano accessi pubblici a distanza non inferiore a 150 m, il concessionario ha l'obbligo di assicurare il libero accesso alla battigia attraverso appositi **corridoi, compatibili con le esigenze dei soggetti diversamente abili**, utilizzabili anche nel periodo di chiusura della struttura balneare

art. 11 - **Norme transitorie per concessioni esistenti**

Il PCC prevede le **norme transitorie volte a disciplinare le modalità di adeguamento dello stato dei luoghi** antecedente alla pianificazione.

In particolare detta le modalità:

1. per il rientro nel limite massimo consentito di utilizzo della **"linea di costa concedibile"** per **Stabilimenti Balneari (non superiore al 40%)**, secondo i criteri di cui all'16 – comma 7 - della legge regionale 17/2006;
2. per la **trasformazione** dei manufatti preesistenti di **"tipo stabile"**, quali opere di difficile rimozione, escluse le sole pertinenze demaniali, in **"strutture precarie"**, ovvero di facile rimozione;
3. per la **rimozione delle recinzioni**, ancorché regolarmente autorizzate, in quanto considerate **pregiudizievoli ai fini dell'accesso al demanio marittimo**, anche se non strettamente destinato all'uso turistico – ricreativo;
4. per la **trasformazione degli accessi privati in pubblici**, al fine di garantire la massima fruibilità del demanio marittimo, anche per mezzo dell'esproprio;
5. per l'individuazione di **apposite aree da destinare alla traslazione delle concessioni non rinnovabili**, in quanto in contrasto con il PCC;
6. per l'**eliminazione di tutte le barriere architettoniche, sia pubbliche sia private**;
7. per la realizzazione di **fasce di spiaggia ortogonali al mare (FO)** tra due concessioni contigue esistenti, **della larghezza non inferiore a 5 m, attraverso la cessione di almeno 2,50 m da parte di ciascuna di esse, e di fasce di spiaggia parallele al mare (FP/3) per i camminamenti**;
8. per l'**adeguamento dei manufatti preesistenti alle prescrizioni del PCC**.
L'**adeguamento deve avvenire entro il termine massimo di anni due dalla data di approvazione del PCC**, ad eccezione delle singole fattispecie diversamente normate;
9. per l'**eliminazione delle interclusioni rivenienti da concessioni che insistono sullo stesso fronte mare**;
10. per il rientro nei parametri fissati dall'art. 8.1. delle presenti norme;
11. per la **riduzione del fronte mare in concessione, in presenza di acquisizione di aree relitte che comporta un incremento della superficie complessiva superiore al 20%**.

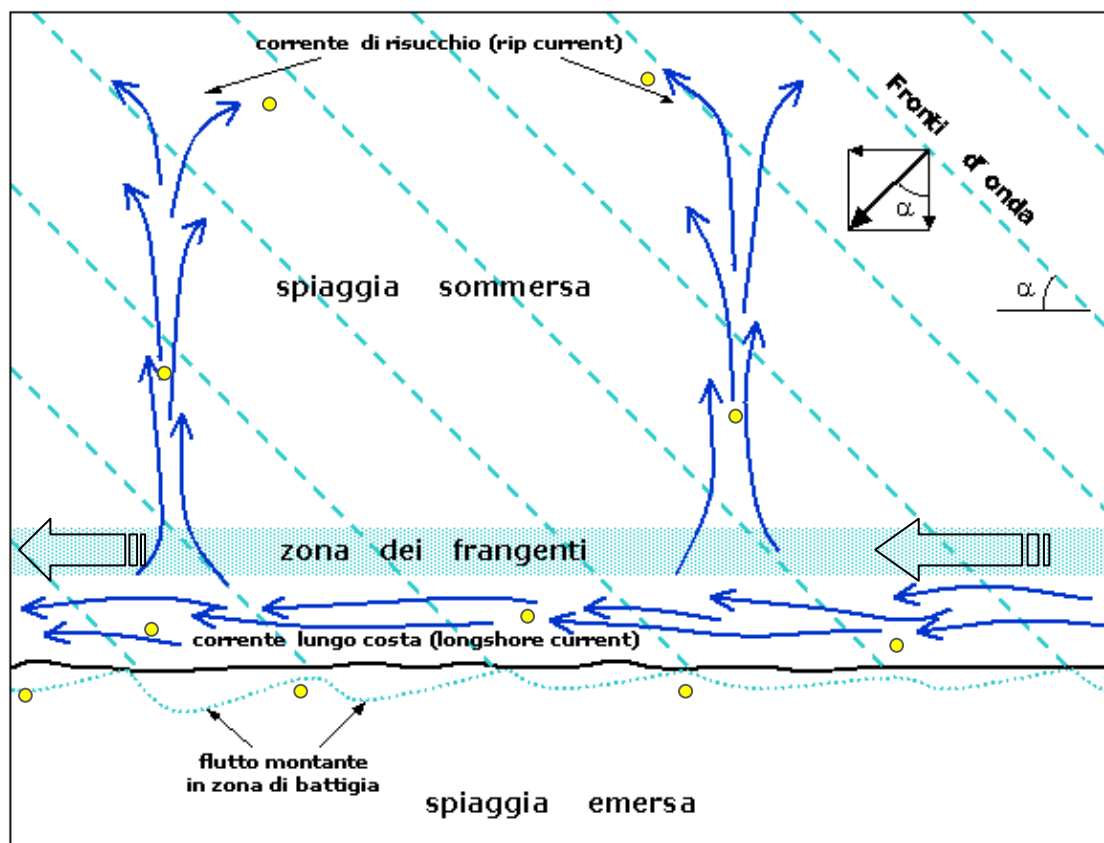


Figura 31 – Forze in gioco nella deriva lungocosta ed al largo, in relazione al bilancio sedimentario stagionale di un tratto costiero



Figura 32 – loc.tà “Case Bianche”, a sud di lido presepe e a nord di lido cipolla: il tratto di litorale si caratterizza per una scarpata e vegetata sul ciglio, con angolo di naturale declivio di ca. 30°; la scarpata è morfologicamente *stabilizzata* e probabile oggetto di gradonatura pregressa (gabbionate). Segue verifica numerica della stabilità delle gabbionate



Figura 33 - loc.tà “sud lido presepe”: piccolo promontorio con top roccioso calcarenitico, morfoelemento costituito da una falesia sabbioso – limosa con tetto calcarenitico di chiusura della sequenza stratigrafico-sedimentaria.

Evidenti i massi ciclopici litoidi staccatisi dal fronte della falesia ed il rotolamento al piede tale da giustificare le fasce di Pericolosità Geomorfologica PG3 dal ciglio verso terra (**PG3 ≥ 3H**, *sul terrazzo*) e verso mare (**PG3 ≥ 2H** *sulla spiaggia*)

COMUNE DI TORCHIAROLO

PCC – Piano Comunale delle Coste

Marzo 2014

Relazione Meteomarina

U.T.C. Torchiarolo

Sommario

PREMESSA	50
1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO E SETTORE DI TRAVERSIA	50
2 - FETCHES GEOGRAFICI ED EFFICACI	51
3 - REGIME ANEMOLOGICO LOCALE	51
3.1 - FREQUENZE DI APPARIZIONE ANNUALI (Fig. 3.1; Tab. 3.1)	53
3.2 - FREQUENZE DI APPARIZIONE INVERNALI (Fig. 3.2; Tab. 3.2)	55
3.3 - FREQUENZE DI APPARIZIONE PRIMAVERILI (Fig. 3.3; Tab. 3.3)	56
3.4 - FREQUENZE DI APPARIZIONE ESTIVE (Fig. 3.4; Tab. 3.4)	57
3.5 - FREQUENZE DI APPARIZIONE AUTUNNALI (Fig. 3.5; Tab. 3.5)	59
4 - IL CLIMA METEOMARINO AL LARGO.....	61
4.1 GENERALITA'	61
4.2 METODI DI RICOSTRUZIONE DELLE MAREGGIATE	61
4.3 MAREGGIATE EQUIVALENTI ED EVENTI ESTREMI	65
4.4 CLIMA METEOMARINO EQUIVALENTE.....	66
4.5 EVENTI ESTREMI	66
5.0 PARAGGIO DI BRINDISI	67

1 - PREMESSA

Nella presente relazione tecnica Meteo – Marina si è fatto riferimento ai dati resi disponibili dall'I.G.M. e dall'ISPRA (istituto superiore per la protezione e il recupero ambientale) per la *boa ondamentrica* di Monopoli (BA) e Brindisi in quanto le caratteristiche anemometriche e meteomarine sono omogenee alla fascia costiera di progetto; si è fatto riferimento alle indagini meteomarine che accompagnano il PRC - *Piano Regionale delle Coste* della Regione Puglia che inserisce la fascia costiera in progetto nell'*Unità Fisiografica* n. 4 sub 4.3. che si estende da Brindisi Punta Cavallo fino a Otranto.

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO E SETTORE DI TRAVERSIA



Figura 1- inquadramento geografico: la fascia costiera interessata dal progetto si trova a una distanza di circa 20 Km a sud di Brindisi

Essa si estende per 4,3 Km tra le direzioni 318°N e 126°N con un angolo di traversia (inteso come l'angolo che comprende tutte le direzioni da cui il vento, spirando, genera onde che raggiungono il punto medio di costa considerato) di circa 180°. Come si dirà in seguito, la direzione di provenienza del vento da NNO, per effetto dello strozzamento orografico tra la costa salentina e quella albanese, determina un rafforzamento del settore di traversia e un rafforzamento della velocità di propagazione dell'onda marina.

3 - *FETCHES GEOGRAFICI ED EFFICACI*

Il *fetch geografico* è definito come la distanza, espressa in chilometri, fra due opposte coste in mari chiusi lungo una data direzione.

Per il tratto di costa in progetto i fetches geografici si estendono (vedi figura 2) tra i 312°N con una distanza di circa 205 Km (promontorio garganico) a 320°N con una distanza di circa 710 Km (costa veneta) a 327°N con una distanza di circa 580 Km (Croazia nord) a 342°N con una distanza di circa 300Km (Croazia sud) a 95°N con una distanza di circa 100 Km (costa albanese) a 123°N con una distanza di 150 Km (isole greche).



figura 2 - fetches geografici

4 - *REGIME ANEMOLOGICO LOCALE*

La serie storica disponibile è costituita dalle registrazioni acquisite nel periodo 1951-2005, dalla stazione anemometria dell' Aeronautica Militare di Brindisi; durante questo periodo non si sono verificate interruzioni di rilievo nella raccolta dei dati e la percentuale di rilevazioni effettive sul totale delle misurazioni teoriche risulta di poco inferiore al 100% (Tab. 3.0 e Fig. 3.0).

anno	n° dati attesi	% dati mancanti	anno	n° dati attesi	% dati mancanti
1951	2920	0.00	1979	2920	0.51

1952	2928	0.00	1980	2928	0.41
1953	2920	0.00	1981	2920	0.00
1954	2920	0.00	1982	2920	0.00
1955	2920	0.00	1983	2920	0.00
1956	2928	0.00	1984	2928	0.00
1957	2920	0.00	1985	2920	0.00
1958	2920	0.00	1986	2920	0.00
1959	2920	0.00	1987	2920	0.10
1960	2928	0.00	1988	2928	2.36
1961	2920	0.00	1989	2920	0.07
1962	2920	0.00	1990	2920	0.17
1963	2920	0.00	1991	2920	0.00
1964	2928	0.00	1992	2928	0.00
1965	2920	0.00	1993	2920	0.00
1966	2920	0.00	1994	2920	0.00
1967	2920	0.00	1995	2920	0.00
1968	2928	0.00	1996	2928	0.00
1969	2920	0.00	1997	2920	0.00
1970	2920	0.07	1998	2920	0.00
1971	2920	0.00	1999	2920	5.17
1972	2928	0.31	2000	2928	4.51
1973	2920	0.82	2001	2920	0.14
1974	2920	0.00	2002	2920	0.03
1975	2920	0.00	2003	2920	0.00
1976	2928	0.00	2004	2928	0.00
1977	2920	0.00	2005	2920	0.03
1978	2920	0.00			

Tabella 3.0 - Rendimento della stazione.

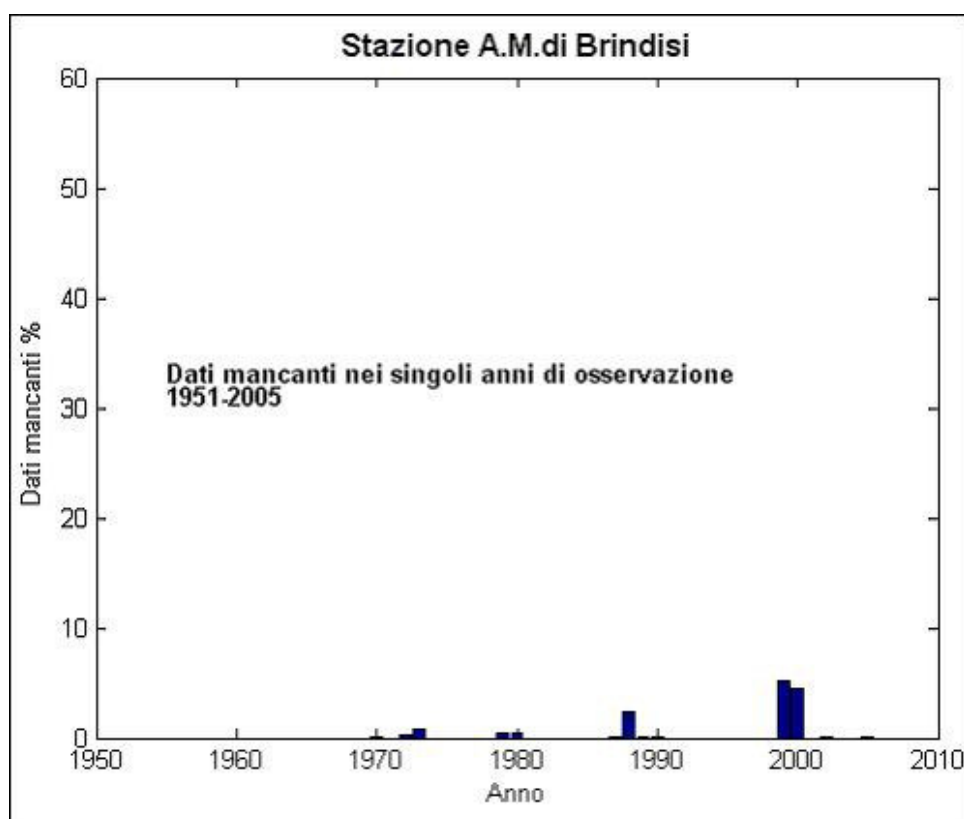


Figura 3.0 - Percentuale di dati anemometrici mancanti della stazione A.M. di Brindisi.

3.1 - FREQUENZE DI APPARIZIONE ANNUALI (Fig. 3.1; Tab. 3.1)

Dall'elaborazione delle registrazioni emerge che la classe delle calme risulta piuttosto frequente, esse costituiscono, infatti, il 17.93% dell'intera popolazione. Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza risulta che il maggior numero di osservazioni spetta ai venti da NNO, la cui percentuale di presenze rispetto all'intera popolazione è del 16.2%. Seguono i venti da ONO e da S con una frequenza rispettivamente del 11% e del 10.2%. I venti da N fanno registrare una percentuale pari al 7.5%, mentre a SSE compete una frequenza pari al 7% di tutte le osservazioni. I venti provenienti dal primo e secondo quadrante hanno un'incidenza piuttosto esigua; il vento da NNE si attesta intorno al 6.2%, mentre i venti da ENE, E ed ESE fanno registrare il minor numero di casi con il percentuali intorno al 3%.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che i venti con velocità minore di 7 nodi (calma, I e II classe Beaufort) rappresentano il 50.5% della popolazione, pertanto, si giunge alla soglia della III classe con una percentuale disponibile del 48.5%. I venti di III e IV classe costituiscono da soli il 39.8% della popolazione, mentre i venti con velocità maggiore di 17 nodi costituiscono il restante 9.7% del totale. Se si passa a considerare solo i venti con velocità superiore a 17 nodi si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti da NNO. Anche i venti spiranti da N, da S e da ONO presentano un'alta intensità, mentre i venti spiranti dalle altre direzioni sono caratterizzati da velocità piuttosto basse.

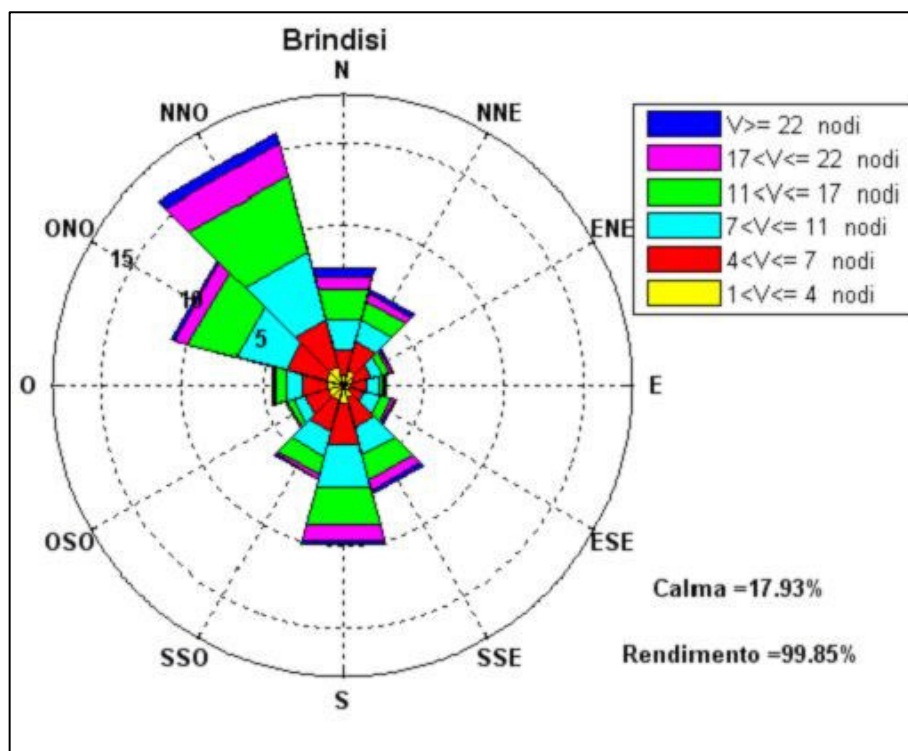


Figura 3.1 - Frequenze di apparizione annuali.

DIREZIONE	VELOCITA'						TOT
	$1 < U \leq 4$	$4 < U \leq 7$	$7 < U \leq 11$	$11 < U \leq 17$	$17 < U \leq 22$	$U > 22$	
0	0.74	1.61	1.88	1.96	0.87	0.49	7.55
30	1.01	1.84	1.42	1.15	0.55	0.27	6.24
60	0.64	1.19	0.74	0.43	0.15	0.07	3.22
90	0.45	1.05	0.77	0.31	0.09	0.04	2.71
120	0.42	1.01	1.01	0.66	0.24	0.08	3.42
150	0.79	1.92	1.76	1.62	0.65	0.27	7.01
180	1.16	2.68	2.67	2.46	0.95	0.31	10.23
210	0.98	1.99	1.62	1.15	0.30	0.09	6.13
240	1.00	1.46	0.79	0.38	0.11	0.04	3.78
270	1.02	1.66	1.01	0.63	0.20	0.08	4.60
300	1.10	2.62	3.20	3.02	0.83	0.22	10.99
330	1.25	3.02	4.31	4.84	2.07	0.71	16.20

Tabella 3.1 - Frequenze annuali.

3.2 - FREQUENZE DI APPARIZIONE INVERNALI (Fig. 3.2; Tab. 3.2)

La classe delle calme risulta meno frequente che nelle altre stagioni, esse costituiscono infatti il 15.14% dell'intera popolazione. Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza risulta che il maggior numero di osservazioni spetta ai venti da NNO, ONO e S la cui percentuale di presenze rispetto all'intera popolazione si aggira intorno a valori prossimi al 12%. Al secondo posto si collocano i venti da SSE con una frequenza del 8.8%. I venti da N fanno registrare una percentuale pari a circa il 7.5%, mentre al vento da NNE compete un frequenza pari al 7% di tutte le osservazioni. I restanti venti provenienti dal primo e secondo quadrante hanno un'incidenza piuttosto esigua con percentuali del 3%.

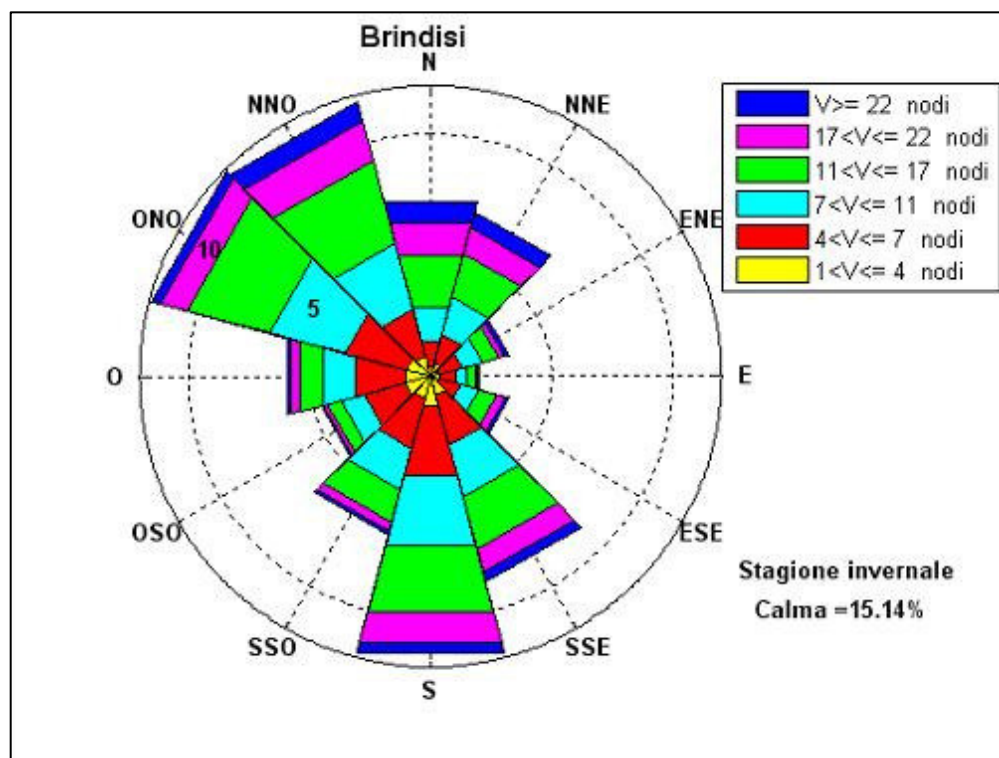


Figura 3.2 - Frequenze di apparizione invernali.

DIREZIONE	VELOCITA'						TOT
	1<U≤4	4<U≤7	7<U≤11	11<U≤17	17<U≤22	U>22	
0	0.44	1.03	1.48	2.21	1.36	0.95	7.47
30	0.54	1.25	1.58	1.87	1.12	0.67	7.03
60	0.39	0.96	0.85	0.69	0.26	0.18	3.33
90	0.36	0.71	0.48	0.33	0.15	0.07	2.10
120	0.39	0.88	0.80	0.78	0.38	0.13	3.36
150	0.81	2.15	2.17	2.26	0.99	0.40	8.78
180	1.23	3.04	2.98	2.82	1.32	0.42	11.81
210	0.95	2.12	1.77	1.41	0.38	0.12	6.75
240	1.10	1.75	0.99	0.57	0.17	0.08	4.66

270	1.09	2.08	1.42	1.02	0.36	0.18	6.15
300	1.03	2.61	3.24	3.53	1.10	0.41	11.92
330	0.86	1.99	2.82	3.53	1.71	0.79	11.70

Tabella 3.4.3 -Frequenze invernali.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che i venti con velocità minore di 7 nodi (calma, I e II classe Beaufort) rappresentano circa il 45% della popolazione, pertanto, si giunge alla soglia della III classe con una percentuale disponibile del 55%. I venti di III e IV classe costituiscono da soli il 41.6% della popolazione, mentre i venti con velocità maggiore di 17 nodi costituiscono il restante 13.7% del totale. Se si passa a considerare solo i venti con velocità superiore a 17 nodi si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti da NNO e da N. Anche i venti spiranti da NNE, da S, da ONO e da SSE presentano un'alta intensità, mentre i venti spiranti dalle altre direzioni sono caratterizzati da velocità piuttosto basse.

3.3 - FREQUENZE DI APPARIZIONE PRIMAVERILI (Fig. 3.3; Tab. 3.3)

Dall'elaborazione delle registrazioni emerge che la classe delle calme risulta molto frequente, esse costituiscono il 19.15% dell'intera popolazione. Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza risulta che il maggior numero di osservazioni spetta ai venti da NNO la cui percentuale di presenze rispetto all'intera popolazione si aggira intorno al 17%. Al secondo posto si collocano i venti da ONO e da S rispettivamente del 11.7% e del 10.7%. I venti da N e da SSE fanno registrare una percentuale pari a circa il 6%, mentre al vento da SSO compete una frequenza pari al 7% di tutte le osservazioni. I venti provenienti dal primo e secondo quadrante hanno un'incidenza piuttosto esigua con percentuali mediamente del 3%.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che i venti con velocità minore di 7 nodi (calma, I e II classe Beaufort) rappresentano il 53.16% della popolazione, pertanto, si giunge alla soglia della III classe con una percentuale disponibile del 46.8%.

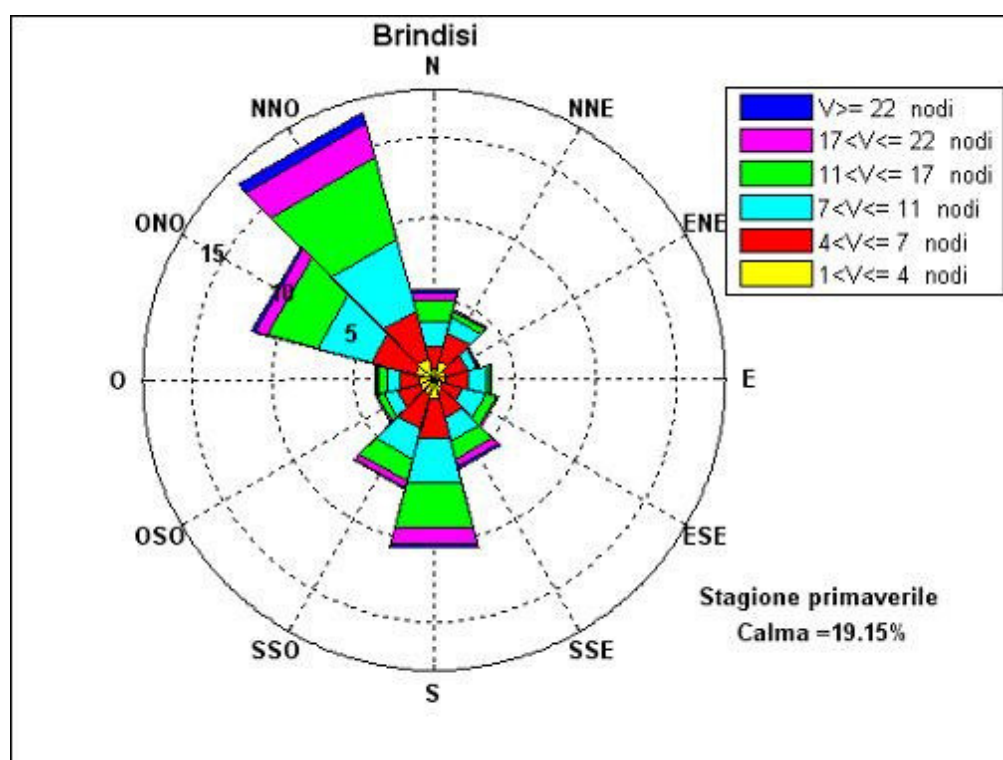


Figura 3.3 - Frequenze di apparizione primaverili.

DIREZIONE	VELOCITA'						TOT
	1<U≤4	4<U≤7	7<U≤11	11<U≤17	17<U≤22	U>22	
0	0.72	1.40	1.60	1.33	0.50	0.23	5.78
30	1.17	1.90	0.96	0.38	0.12	0.03	4.56
60	0.79	1.35	0.61	0.16	0.03	0.00	2.94
90	0.65	1.58	1.10	0.26	0.04	0.01	3.64
120	0.53	1.35	1.41	0.68	0.15	0.02	4.14
150	0.80	1.71	1.44	1.14	0.48	0.18	5.75
180	1.19	2.55	2.81	2.92	0.97	0.31	10.75
210	1.01	2.17	1.89	1.47	0.39	0.10	7.03
240	0.94	1.48	0.85	0.36	0.14	0.04	3.81
270	0.94	1.29	0.75	0.55	0.15	0.05	3.73
300	1.23	2.81	3.45	3.21	0.79	0.18	11.67
330	1.34	3.11	4.52	5.25	2.20	0.69	17.11

Tabella 3.3 - Frequenze primaverili.

I venti di III e IV classe costituiscono da soli il 39.1% della popolazione, mentre i venti con velocità maggiore di 17 nodi costituiscono il restante 7.8% del totale. Se si passa a considerare solo i venti con velocità superiore a 17 nodi si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti da NNO. Anche i venti spiranti da S, da ONO e da N presentano un'alta intensità, mentre i venti spiranti dalle altre direzioni sono caratterizzati da velocità piuttosto basse.

3.4 - FREQUENZE DI APPARIZIONE ESTIVE (Fig. 3.4; Tab. 3.4)

Dall'elaborazione delle registrazioni emerge che la classe delle calme risulta molto frequente, esse costituiscono il 20.18% dell'intera popolazione. Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza si osserva inoltre una concentrazione dei venti di NNO la cui percentuale di presenze rispetto all'intera popolazione si aggira intorno al 22.9%. Al secondo posto si collocano i venti da ONO con una frequenza superiore al 12%. I venti da N fanno registrare una percentuale superiore al 9%, mentre ai venti da S ed ENE compete una frequenza pari al 6% di tutte le osservazioni. I venti provenienti dal primo e secondo quadrante hanno un'incidenza piuttosto esigua con percentuali del 3%.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che i venti con velocità minore di 7 nodi (calma, I e II classe Beaufort) rappresentano il 54.21% della popolazione, pertanto, si giunge alla soglia della III classe con una percentuale disponibile del 45.8%. I venti di III e IV classe costituiscono da soli il 39.3% della popolazione, mentre i venti con velocità maggiore di 17 nodi costituiscono il restante 6.5% del totale.

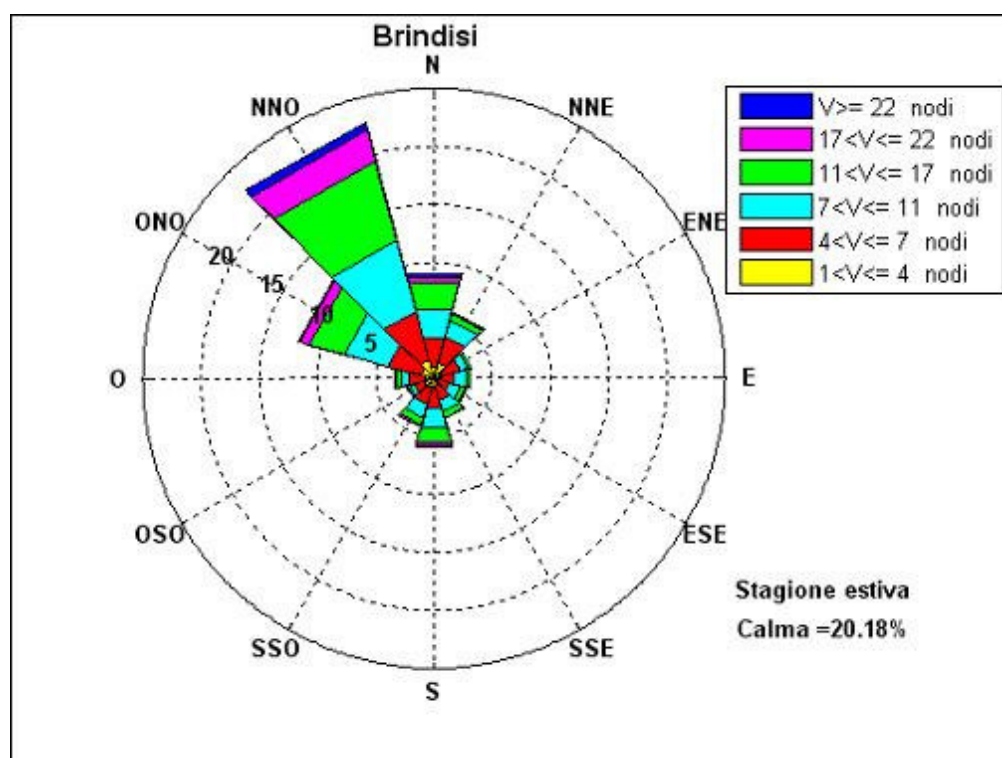


Figura 3.4 - Frequenze di apparizione estive.

DIREZIONE	VELOCITA'						TOT
	1<U≤4	4<U≤7	7<U≤11	11<U≤17	17<U≤22	U>22	
0	1.05	2.54	2.61	2.25	0.60	0.23	9.28
30	1.32	2.47	1.43	0.62	0.13	0.04	6.01
60	0.86	1.52	0.69	0.21	0.05	0.01	3.34
90	0.51	1.29	1.04	0.27	0.03	0.00	3.14
120	0.40	1.01	1.01	0.46	0.08	0.01	2.97
150	0.73	1.30	0.91	0.60	0.11	0.01	3.66
180	0.77	1.84	1.70	1.35	0.37	0.07	6.10
210	0.81	1.55	1.16	0.71	0.14	0.03	4.40
240	0.88	0.92	0.41	0.22	0.04	0.01	2.48
270	0.84	1.33	0.73	0.40	0.10	0.02	3.42
300	1.13	2.96	3.95	3.15	0.83	0.13	12.15
330	1.62	4.38	6.38	7.02	2.77	0.71	22.88

Tabella 3.4 - Frequenze estive.

Se si passa a considerare solo i venti con velocità superiore a 17 nodi si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti da NNO. Anche i venti spiranti da ONO e da N presentano un'alta intensità, mentre i venti spiranti dalle altre direzioni sono caratterizzati da velocità piuttosto basse.

3.5 - FREQUENZE DI APPARIZIONE AUTUNNALI (Fig. 3.5; Tab. 3.5)

Dall'elaborazione delle registrazioni emerge che la classe delle calme risulta molto frequente, esse costituiscono il 17.28% dell'intera popolazione. Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza risulta che il maggior numero di osservazioni spetta ai venti da NNO la cui percentuale di presenze rispetto all'intera popolazione si aggira intorno al 13%.

Al secondo posto si collocano i venti da S con una frequenza superiore al 12%. I venti da SSE fanno registrare una percentuale pari a circa il 10%, mentre ai venti da N e da NNE compete un frequenza superiore al 7% di tutte le osservazioni. I venti provenienti dal primo e secondo quadrante hanno un'incidenza piuttosto esigua con percentuali del 3%.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che i venti con velocità minore di 7 nodi (calma, I e II classe Beaufort) rappresentano il 50% della popolazione, pertanto, si giunge alla soglia della III classe con una percentuale disponibile del 50%. I venti di III e IV classe costituiscono da soli il 39.4% della popolazione, mentre i venti con velocità maggiore di 17 nodi costituiscono il restante 10.7% del totale. Se si passa a considerare solo i venti con velocità superiore a 17 nodi si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti da NNO. Anche i venti spiranti da S, da N e da NNE presentano un'alta intensità, mentre i venti spiranti dalle altre direzioni sono caratterizzati da velocità piuttosto basse.

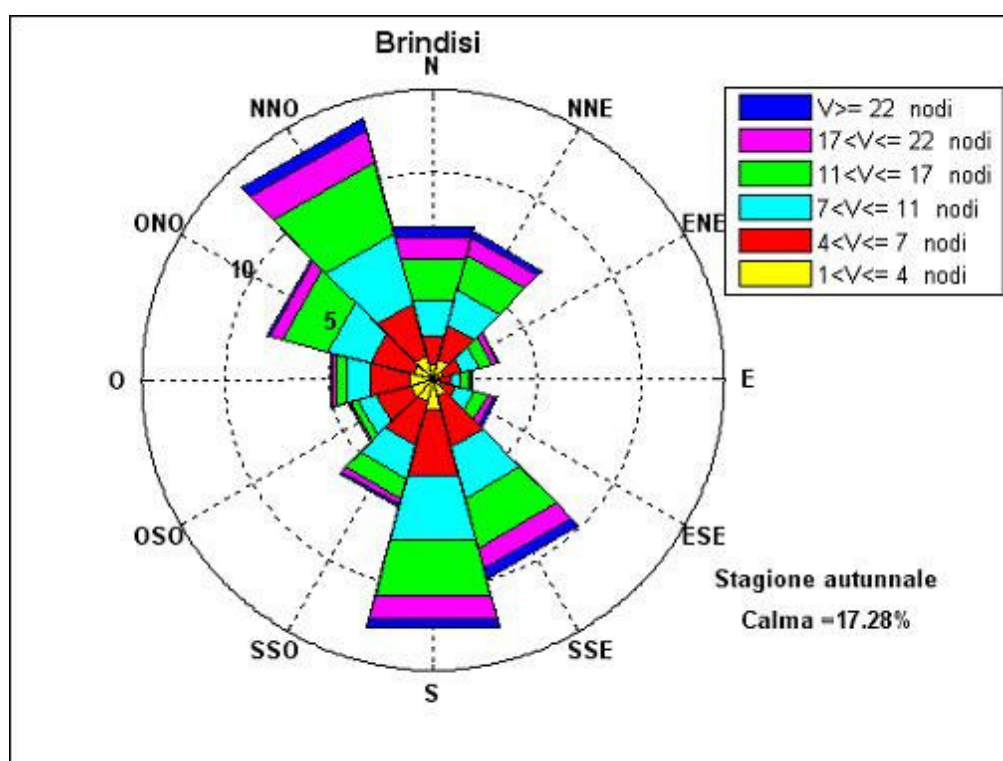


Figura 3.5 - Frequenze di apparizione autunnali.

DIREZIONE	VELOCITA'						
	1<U≤4	4<U≤7	7<U≤11	11<U≤17	17<U≤22	U>22	TOT
0	0.72	1.44	1.82	2.04	1.02	0.58	7.62
30	1.01	1.75	1.73	1.74	0.85	0.33	7.41
60	0.54	0.91	0.83	0.67	0.28	0.09	3.32
90	0.30	0.62	0.46	0.37	0.14	0.09	1.98
120	0.36	0.82	0.84	0.73	0.33	0.16	3.24
150	0.84	2.55	2.51	2.50	1.00	0.50	9.90
180	1.45	3.31	3.23	2.79	1.15	0.46	12.39
210	1.13	2.14	1.66	1.02	0.28	0.10	6.33
240	1.10	1.71	0.92	0.38	0.11	0.03	4.25
270	1.20	1.94	1.13	0.57	0.19	0.06	5.09
300	1.00	2.11	2.18	2.20	0.61	0.17	8.27
330	1.17	2.61	3.51	3.56	1.58	0.63	13.06

Tabella 3.5 - Frequenze autunnali.

4 - IL CLIMA METEOMARINO AL LARGO

4.1 GENERALITA'

La conoscenza del clima meteomarino al largo di un paraggio è un requisito essenziale per qualsiasi tipo di intervento nella fascia costiera. Inoltre, i gravi problemi di instabilità delle spiagge che investono ormai i litorali di gran parte del bacino mediterraneo impongono attenti studi sulla caratterizzazione del clima ondoso medio.

In letteratura sono presentate diverse metodologie di ricostruzione delle mareggiate sia con metodi indiretti (a partire dai dati di vento), sia con metodi diretti (a partire da misure sullo stato ondoso). In entrambi i casi è necessario disporre di serie storiche piuttosto lunghe per conferire affidabilità alle procedure di tipo statistico necessarie per la previsione degli eventi estremi e per la ricostruzione del clima ondoso medio.

La caratterizzazione del clima meteomarino medio attraverso metodi diretti, è possibile grazie alla presenza, da circa un decennio, sui litorali italiani di una rete ondometrica gestita dal Servizio Idrografico e Mareografico della Presidenza del Consiglio. Le boe, pur non essendo in grado di caratterizzare l'intero litorale italiano (sia per la limitatezza del periodo di osservazione, sia per la scarsa copertura geografica), consentono interessanti analisi sui metodi di ricostruzione delle mareggiate attualmente in uso.

La definizione del clima ondoso in un paraggio ha sostanzialmente due obiettivi: la ricostruzione del clima meteomarino medio al largo di un paraggio e la determinazione della probabilità di ricorrenza delle onde estreme. Il regime medio del mare, la cui definizione è necessaria per valutare la dinamica del litorale, deriva da considerazioni energetiche; si possono cioè calcolare mareggiate aventi un flusso di energia pari quello all'intera serie storica delle mareggiate. Il calcolo delle onde estreme da utilizzare per il progetto delle strutture si effettua elaborando statisticamente le caratteristiche delle agitazioni ondose che si sono verificate nel paraggio. Per quanto riguarda il primo obiettivo, ovviamente, è opportuno considerare tutte le possibili mareggiate che si sono succedute sul litorale, anche se energeticamente modeste. Per quanto riguarda la previsione degli eventi estremi, invece, si possono considerare solo le mareggiate di maggiore intensità, giacché quelle di altezza più bassa non influenzano le previsioni effettuate.

Si procede ad una rapida disamina dei modelli disponibili in letteratura che possono essere utili al raggiungimento degli obiettivi suddetti.

4.2 METODI DI RICOSTRUZIONE DELLE MAREGGIATE

Come già ricordato, la previsione del moto ondoso, può essere effettuata con i metodi di previsione indiretta, tramite cioè una procedura di ricostruzione delle caratteristiche del moto ondoso al largo, partendo dalla descrizione del campo di vento sull'area di generazione, ovvero con metodi diretti, partendo dai rilievi ondametrici. Si ricostruisce, quindi, la serie delle mareggiate che sono avvenute in passato e si ipotizza che la distribuzione di questi eventi possa essere rappresentativa anche degli eventi futuri.

4.2.1 Metodi Indiretti

I modelli disponibili forniscono le caratteristiche di uno stato di mare generato da un campo di vento avente velocità e direzione costante per tutta la durata dell'evento anemometrico e su tutta l'area di generazione. Questa semplificazione del fenomeno di trasferimento di energia dal vento alla superficie del mare permette la ricostruzione delle mareggiate una volta nota la velocità, la direzione, la durata del vento e l'estensione dell'area di generazione. Questa ultima è riconducibile al calcolo del fetch efficace, a sua volta ottenuto a partire dalla distribuzione direzionale dei fetch geografici.

Tra la direzione del vento e quella delle mareggiate esiste una deviazione a volte di notevole entità, dovuta al fatto che il trasferimento di energia non è assolutamente trascurabile in settori angolari di $\pm \pi/2$ a cavallo della direzione di provenienza del vento. La diversa lunghezza dei fetch in tale settore determina una dissimetria nel trasferimento di energia e quindi una diversa direzione di propagazione dell'onda. Nei modelli di ricostruzione indiretti si rende quindi necessaria una procedura di calcolo per valutare la deviazione fra direzione del vento e quella delle mareggiate.

I modelli di ricostruzione si classificano in quattro categorie:

- modelli spettrali che risolvono l'equazione differenziale del trasporto di energia calcolando lo spettro di energia su tutti i punti della griglia con cui viene discretizzata l'area di generazione;
- modelli parametrici che ipotizzano una distribuzione costante dell'energia del moto ondoso rappresentabile in funzione di un numero limitato di parametri;
- modelli statistici che si basano sulla tecnica della regressione multipla, per valutare la relazione tra il moto ondoso e il campo di vento;
- modelli empirici, i più usati nella pratica ingegneristica, che si basano su relazioni sperimentali tra il vento e le caratteristiche del moto ondoso.

Nel presente studio sono stati utilizzati il modello JONSWAP e quello proposto dallo Shore Protection Manual, opportunamente integrato con una funzione direzionale.

4.2.2 Modello Parametrico Jonswap

I modelli parametrici sono modelli spettrali semplificati e a differenza dei modelli spettrali puri che simulano il processo fisico di trasferimento di energia vento-mare considerando una sovrapposizione di onde aventi direzione, altezza e periodo diversi, essi si fondano su assunzioni preliminari che portano ad una minore accuratezza nei calcoli dell'altezza d'onda.

Tra i metodi esistenti, molto utilizzato è quello dello spettro JONSWAP: esso opera la semplificazione che la distribuzione spettrale dell'energia del mare da vento abbia una forma costante rappresentabile con una funzione nota dipendente da cinque parametri espressi in funzione della lunghezza del fetch (F) e della velocità del vento (U_{10}). Si può quindi ricostruire uno spettro teorico di tipo Jonswap partendo dalla sola conoscenza della velocità del vento e della lunghezza del fetch (considerato fattore limitante).

Lo spettro di un'onda in crescita nell'area di generazione, è stato proposto nell'ambito del progetto JONSWAP (1973), da Hasselman:

$$E(f) = \frac{\alpha g}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_p}\right)^4\right] \cdot \gamma \exp\left[-(f - f_p)^2 / (2\sigma^2 f_p^2)\right]$$

I parametri di cui lo spettro è funzione sono i seguenti:

- α , la costante di Phillips, calcolata come

$$\alpha = 0,076 \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{-0,22}$$

- f_p , la frequenza di picco (la frequenza a cui compete la massima energia),

$$f_p = \frac{3,5g}{U_{10}^2} \left(\frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{-0,33}$$

- γ , il fattore di picco o coefficiente di amplificazione,

$$\gamma = 4,42 \left(\frac{f_p U_{10}}{g} \right)^{3/7}$$

Il fattore di amplificazione è variabile tra 1 e 7 e non è costante durante lo sviluppo del moto ondoso. Nell'ambito del progetto JONSWAP si è ricavato per γ il valore medio 3,3 che può essere utilizzato per semplificare l'applicazione del modello.

- σ , il fattore di forma, che varia a seconda della frequenze

$$\sigma = 0,07 \quad \text{per } f < f_p$$

$$\sigma = 0,09 \quad \text{per } f > f_p.$$

Lo spettro JONSWAP è uno spettro monodirezionale, che assegna quindi all'onda la direzione media del vento che l'ha generata. In seguito sono stati proposti gli spettri di energia multidirezionali,

$$E(f, \theta) = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} E(f, \theta) df d\theta$$

calcolati come prodotto tra lo spettro monodirezionale ed una spreading function che considera l'angolo tra la direzione media del vento e le direzioni adiacenti sulle quali avviene il trasferimento di energia.

4.2.3 Modello S.P.M.

Il modello S.P.M., presentato dallo Shore Protection Manual nel 1984, è stato ricavato dal CERC (Coastal Engineering Research Center) come evoluzione del metodo classico di Sverdrup, Munk e Bretshneider, introducendo il concetto di altezza significativa spettrale introdotto da Hasselman. L'altezza e il periodo dell'onda sono espresse in funzione della velocità del vento, della durata dell'evento anemometrico e del fetch efficace valutato lungo la direzione media del vento. Le caratteristiche dello stato di mare dipendono dalle condizioni di sviluppo del moto ondoso. Il modello distingue tra mare completamente sviluppato, mare limitato dalla lunghezza del fetch e limitato dalla durata del vento.

Se lo sviluppo dell'onda è limitato dalla durata dello stato di vento o dalla lunghezza del fetch per il calcolo delle caratteristiche ondose si utilizzano le seguenti relazioni:

$$\frac{gH_{mo}}{U_a^2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_a^2} \right)^{0,5}$$

$$\frac{gT_m}{U_a} = 2,857 \cdot 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_a^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{gt}{U_a} = 6,88 \left(\frac{gF}{U_a^2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Se il mare, invece, è completamente sviluppato (condizione FAS) sono state ricavate le seguenti formule, che mostrano che sia l'altezza d'onda che il periodo sono funzione solo della velocità del vento:

$$\frac{gH_{mo}}{U_a^2} = 2,433 \cdot 10^{-1}$$

$$\frac{gT_m}{U_a} = 8,134$$

$$\frac{gt}{U_a} = 7,15 \cdot 10^4$$

Le caratteristiche dell'onda nel modello S.P.M. sono funzione del fattore di forza del vento U_a (wind-stress) definito come:

$$U_a = 0,71 \cdot U^{1,23}$$

Questo coefficiente correttivo è stato introdotto per tenere in considerazione l'effettivo trasferimento di energia dal vento alla superficie del mare.

Tutte queste equazioni sono riportate su un abaco pubblicato dallo Shore Protection Manual, da cui, noti la durata del vento, l'intensità media dell'evento e la lunghezza del fetch, si ricavano le grandezze significative dell'onda.

Si deve rilevare che il metodo SPM classico non prevede alcuna relazione per il calcolo della direzione di provenienza delle onde, che quindi viene assunta coincidente con quella del vento. La direzione dell'onda risulta quindi la media delle direzioni di tutte le registrazioni che compongono l'evento pesata rispetto alle intensità, si trascurano quindi gli effetti della geometria dell'area di generazione sulla direzione dell'onda.

Si rende quindi necessario introdurre nel modello relazioni finalizzate alla correzione della direzione del vento per tenere in considerazione che il trasferimento di energia dal vento al mare dipende anche dalla distribuzione direzionale dei fetch. Si può quindi pensare di assegnare allo stato di mare una direzione calcolata come media pesata delle direzioni rispetto alla lunghezza del fetch geografico. Si ipotizza che il trasferimento di energia avvenga in un settore di ampiezza variabile tra $\pm 90^\circ$ intorno la direzione media del vento e che la funzione di trasferimento dell'energia sia rappresentabile da una potenza ennesima del coseno. In particolare si può osservare che il trasferimento di energia si riduce lungo le direzioni più lontane da quella di provenienza, mentre aumenta lungo le direzioni a cui competono i fetch più estesi, di conseguenza le onde generate da venti spiranti da direzioni prossime ai limiti del settore di traversia tendono a propagarsi lungo direzioni più interne.

Lo scarto tra la direzione media del vento e la direzione del moto ondoso che esso genera si valuta come

$$\Delta\Theta = \arctg \left(\frac{\sum_1^N (F_i \sin \Theta_i \cos^n \Theta_i)}{\sum_1^N (F_i \cos \Theta_i \cos^n \Theta_i)} \right)$$

dove:

- F_i è il fetch geografico valutato lungo le direzioni adiacenti alla direzione media del vento comprese in un settore di ampiezza variabile;

- θ è l'angolo tra la direzione media del vento e le direzioni adiacenti comprese in un settore di ampiezza variabile;
- n è l'esponente del coseno.

Il calcolo delle altezze significative viene così sviluppato introducendo nelle formule del modello SPM il valore del fetch valutato lungo la direzione del vento corretta.

4.2.4 Metodi Diretti

I metodi diretti consistono nell'elaborazione delle registrazioni ondametriche dalle quali è possibile risalire alla serie storica delle mareggiate verificatesi nel paraggio monitorato.

Per quanto riguarda il metodo diretto, si deve sottolineare che il rilievo del moto ondoso è attualmente limitato a pochi punti ed anche se in futuro la rete verrà ampliata, è impensabile che tutte le coste vengano strumentate. Di conseguenza l'utilizzo del metodo diretto può fornire risultati attendibili solo in alcuni casi. Si rende, quindi, necessario l'utilizzo di un metodo per la trasposizione spaziale delle registrazioni dal punto di misura ad un paraggio limitrofo caratterizzato da una esposizione simile a quella del punto monitorato.

Il metodo di trasposizione si basa sull'ipotesi che le stesse condizioni anemometriche che hanno generato gli stati di mare rilevati dalla boa abbiano interessato anche l'area di generazione del paraggio in esame. Si assume, quindi, che nei due siti si verifichi un evento anemometrico con la stessa direzione di provenienza, intensità e durata. La tecnica consente di determinare la corrispondenza tra le caratteristiche del moto ondoso (direzione, altezza e periodo) rilevate dalla boa e quelle del paraggio in esame.

Nell'ambito di questo studio il modello di trasposizione geografica è stato perfezionato, superando la limitazione imposta dalla precedente formulazione sulle condizioni di sviluppo del mare.

La prima operazione consiste nel calcolo della direzione di propagazione della mareggiata nel paraggio in studio a partire dalla direzione registrata dall'ondametro. Applicando la spreading function, già introdotta nei precedenti paragrafi, si ricavano le leggi che legano la direzione del vento alla direzione del mare nei due siti, una volta note le rispettive distribuzioni dei fetch.

A questo punto, nota la direzione di moto ondoso nel punto di misura si calcola la direzione del vento che lo ha generato ed ipotizzando che nel punto di interesse abbia spirato un vento con la stessa direzione si valuta la direzione dell'onda nel paraggio. Avendo definito le direzioni dell'onda nei due paraggi, si valutano lungo esse le lunghezze dei fetch efficaci, si individuano le condizioni di sviluppo del moto ondoso e si calcolano i coefficienti di trasporto delle caratteristiche delle onde.

4.3 MAREGGIATE EQUIVALENTI ED EVENTI ESTREMI

La ricostruzione delle mareggiate nell'intero periodo ha sostanzialmente due obiettivi: la ricostruzione del clima meteomarinico medio al largo di un paraggio e l'individuazione degli eventi estremi con riferimento ai diversi tempi di ritorno da considerare. In definitiva occorre procedere a due studi distinti, il primo di tipo "hindcasting" ed il secondo "forecasting", intendendo indicare con questi due termini un'analisi rivolta al passato ed una tesa a prevedere gli eventi estremi che potrebbero verificarsi sul litorale in esame.

Per quanto riguarda il primo obiettivo, ovviamente, è opportuno considerare tutte le possibili mareggiate che si sono succedute sul litorale, anche se energeticamente modeste. Pertanto è opportuno considerare tutti i venti del settore di traversia, a partire da un valore di soglia molto basso. Se il periodo di osservazione è sufficientemente lungo, si può ragionevolmente concludere che i risultati ottenuti sono rappresentativi del paraggio in esame.

La prima analisi, analoga a quella effettuata per definire il clima anemometrico, consiste nel rappresentare il campione di dati costituito dall'insieme delle mareggiate espresse in termini di durata secondo le caratteristiche essenziali, ovvero direzione di provenienza e classe di intensità: si possono così realizzare anche i diagrammi polari per le mareggiate.

Per quanto riguarda la previsione degli eventi estremi, invece, si può considerare un valore di soglia per il vento sensibilmente più alto del precedente, giacché le mareggiate di minore intensità, per le metodologie utilizzate, non influenzano le previsioni che si desidera effettuare. L'assunzione di un valore di soglia piuttosto elevato consente di operare su una mole di dati meno ampia della precedente e quindi favorisce tempi di calcolo più rapidi. Per quanto riguarda il periodo di osservazione necessario per garantire l'attendibilità dei risultati, esso deve essere sensibilmente più esteso di quello assunto per la ricostruzione del clima medio. La metodologia proposta fornisce i valori estremi attraverso la valutazione dei massimi annuali, pertanto, occorre un congruo numero di anni di osservazione (ovvero di dati) per conferire consistenza statistica alle elaborazioni.

4.4 CLIMA METEOMARINO EQUIVALENTE

Il clima meteomarino medio è stato valutato ricavando per ciascuna delle direzioni prescelte e per l'intero paraggio la mareggiata energeticamente equivalente all'intera serie storica disponibile.

A tal fine è utile una procedura di calcolo che ripartisca l'intero campione di onde ricostruite fra i settori angolari di competenza di ciascuna delle direzioni fondamentali prescelte. L'altezza d'onda energeticamente equivalente per ciascuna direzione è stata calcolata con la relazione:

$$H_s = \sqrt{\frac{\sum_i H_{si}^2 \cdot T_{pi} \cdot t_i}{\sum_i T_{pi} \cdot t_i}}$$

in cui la sommatoria è estesa al numero di mareggiate che compete ciascuna direzione considerata e H_{si} , T_{pi} e t_i sono rispettivamente l'altezza significativa, il periodo di picco e la durata di ciascuna mareggiata.

Analogamente il periodo da associare alla suddetta altezza d'onda è stato ricavato come media pesata dei periodi delle singole mareggiate rispetto alle relative durate secondo la relazione:

$$T_p = \frac{\sum_i T_{pi} \cdot t_i}{\sum_i t_i}$$

Per quanto riguarda l'individuazione dell'onda caratterizzante l'intero paraggio, si considerano ovviamente tutte le mareggiate calcolate nell'intero settore di traversia procedendo al calcolo dell'altezza e del periodo con la stessa metodologia innanzi descritta. In questo caso però si è reso necessario anche il calcolo della direzione di provenienza della mareggiata equivalente. A tale scopo, il flusso di energia è stato trattato come un vettore, le cui componenti hanno consentito di ricavare la direzione media con la seguente relazione:

$$\phi = \arctan \left[\frac{\sum_i H_{si}^2 \cdot T_{pi} \cdot t_i \cdot \sin \vartheta_i}{\sum_i H_{si}^2 \cdot T_{pi} \cdot t_i \cdot \cos \vartheta_i} \right]$$

4.5 EVENTI ESTREMI

Come è noto, ai fini della progettazione di una struttura, è necessario conoscere l'altezza d'onda massima cui essa sarà sottoposta nel suo tempo di vita. Trattandosi di eventi stocastici, le altezze d'onda non possono essere calcolate con metodi deterministici e quindi il margine di incertezza dei risultati ottenuti è insito nel problema stesso. I metodi probabilistici in uso consistono nella ricerca di una legge di distribuzione rappresentativa del campione di dati disponibile ed in una successiva estrapolazione di detta legge fino a tempi di ritorno congrui con l'importanza e le esigenze dell'opera progettata. Ovviamente, maggiori sono i tempi di ritorno considerati, maggiore deve essere la dimensione del campione analizzato, per non incorrere in una scarsa attendibilità dei risultati: sono generalmente accettate previsioni che superano di due o massimo tre volte la serie storica a disposizione.

Per tempo di ritorno (T) si intende l'intervallo temporale fra due eventi di uguale intensità, ovvero, nel caso specifico, il tempo in cui una data altezza d'onda possa essere eguagliata o superata una sola volta.

La procedura di calcolo messa a punto richiede come input l'intera serie di dati utilizzati nel modello per la ricostruzione delle mareggiate.

La prima operazione da effettuare consiste nella ricerca delle massime altezze d'onda verificatesi nel corso di ciascun anno per l'intero paraggio (serie dei massimi annui).

La serie storica così ottenuta può essere regolarizzata, statisticamente, utilizzando una delle metodologie più comuni come quella di Gumbel.

5.0 PARAGGIO DI BRINDISI

Il paraggio e il settore di traversia del tratto di costa in progetto può essere equiparato con il paraggio di Brindisi. Il settore di traversia geografico del paraggio di Brindisi (fig. 5.1) comprende tutte le direzioni tra 295° e 145°. La distribuzione dei fetch presenta tre zone ben distinte: la prima che si estende da 295° a 305° con fetch dell'ordine di 200km limitati dal promontorio del Gargano, alla direzione 320 compete il fetch più sviluppato, 692km, che si estende fino alla costa veneta, dai 325° ai 125° i fetch risultano limitati dalle coste iugoslave e albanesi con distanze variabili da 100 a 300km, i fetch delle direzioni 135° e 145°, con uno sviluppo di 300km, si estendono invece fino alle isole greche.



Figura 5.1 - Inquadramento del paraggio.

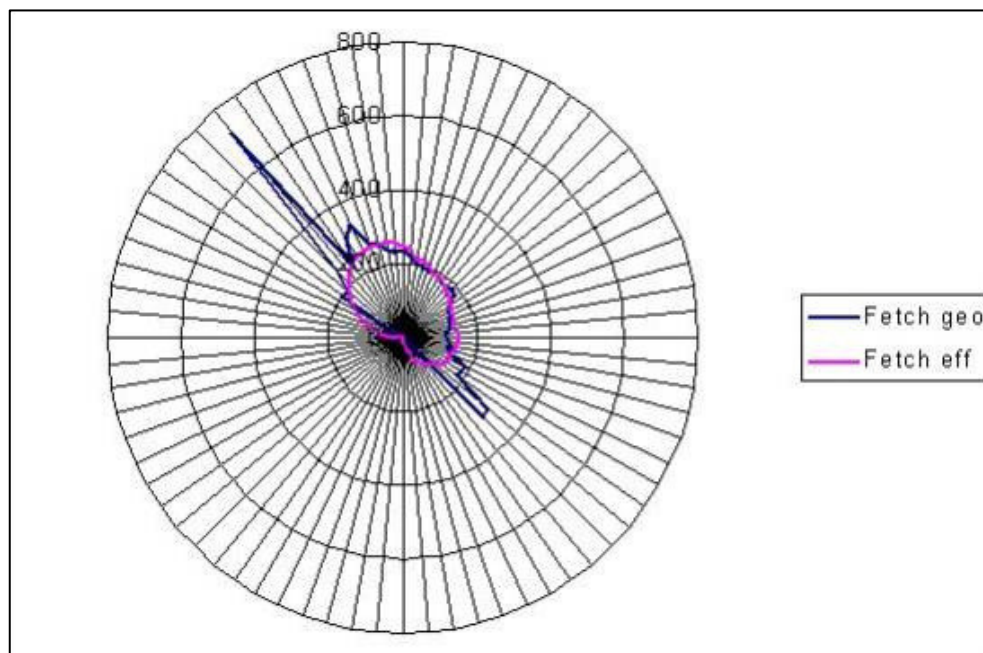


Figura 5.1 - Distribuzione dei fetch geografici e efficaci.

Il settore di traversia efficace se si considera il limite dei 100km risulta compreso nell'intervallo 288°-136°. I fetch, geografici e efficaci, sono rappresentati in fig. 5. 1 e tab. 5.1

DIR. (°NORD)	FETCH GEOGRAFICI (km)	DIR. (°NORD)	FETCH GEOGRAFICI (km)
0	290	180	19
5	196	185	18
10	187	190	16
15	186	195	11
20	181	200	11
25	173	205	11
30	168	210	10
35	159	215	9
40	160	220	9
45	169	225	10
50	145	230	11
55	130	235	13

60	128	240	11
65	127	245	11
70	119	250	12
75	118	255	13
80	111	260	17
85	105	265	20
90	105	270	22
95	103	275	27
100	108	280	32
105	119	285	52
110	112	290	64
115	133	295	192
120	180	300	200
125	170	305	192
130	139	310	473
135	295	315	645
140	318	320	692
145	327	325	504
150	43	330	381
155	32	335	264
160	28	340	255
165	25	345	230
170	24	350	220
175	22	355	218

Tabella 5.1 - Fetch geografici.

La ricostruzione del clima meteomarinario del paraggio di Brindisi è stato effettuato utilizzando il metodo della trasposizione geografica dei dati ondametrici acquisiti dalla boa ormeggiata al largo di Monopoli nel periodo 1990-2005.

Dall'analisi della frequenza delle mareggiate ricostruite (fig. 5.2) risulta che le calme costituiscono il 25.53% delle osservazioni, presentando una concentrazione massima in estate (33.5%) e minima in inverno (19.69%). Dalla lettura di tali dati si evince, inoltre, che il maggior numero di ondatazioni proviene da NNO con una percentuale del 22.3% e da ESE con frequenza del 19.15. Le mareggiate da N costituiscono il 12.64% dei casi ricostruiti, mentre le onde provenienti da NNE ed ENE si attestano su valori di poco superiori al 7%, quelle da E presentano percentuale pari al 3.1%. Le onde provenienti dalle restanti direzioni fanno registrare percentuali inferiori all'1%.

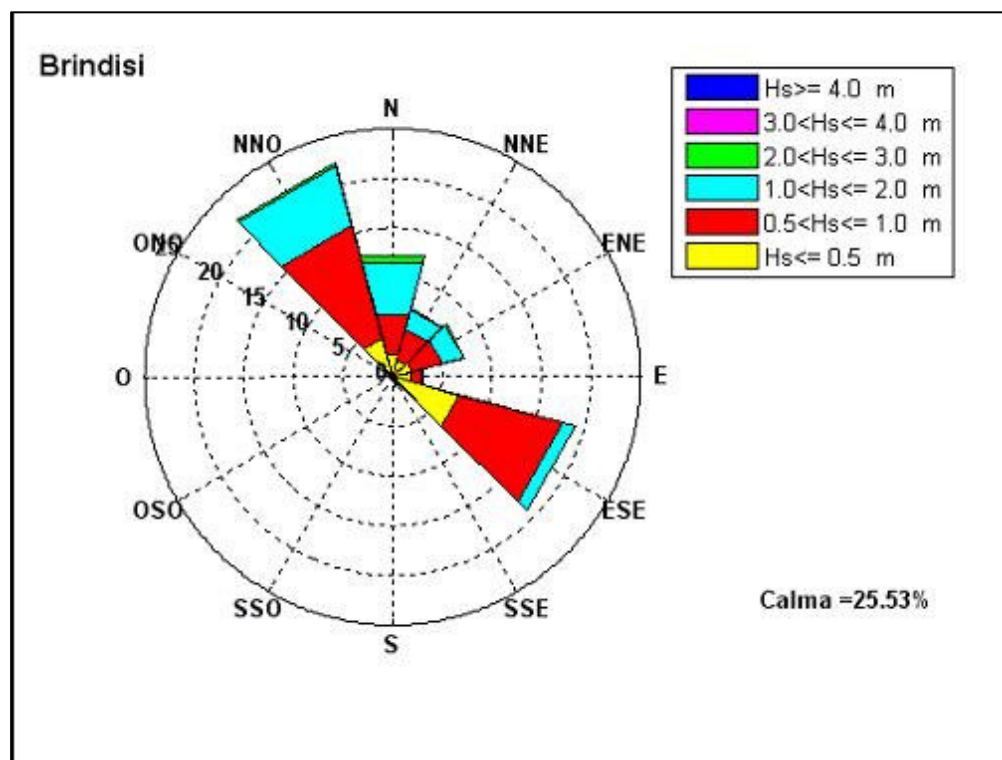


Figura 5.2 - Frequenze di apparizione annuali.

DIREZIONE	ALTEZZA SIGNIFICATIVA						TOT
	$H_s \leq 0.5$	$0.5 < H_s \leq 1$	$1 < H_s \leq 2$	$2 < H_s \leq 3$	$3 < H_s \leq 4$	$H_s > 4$	
0	2.36	4.15	5.37	0.71	0.05	0	12.64
30	1.7	3.31	1.98	0.11	0	0	7.1
60	2.03	3.19	2.16	0.16	0.02	0	7.56
90	1.79	1.24	0.07	0	0	0	3.1
120	6.98	10.84	1.33	0	0	0	19.15
150	0.07	0.46	0.29	0.14	0	0	0.96
180	0.07	0.07	0	0	0	0	0.14
210	0.21	0.03	0.01	0	0	0	0.25

240	0.14	0.04	0.01	0	0	0	0.19
270	0.12	0.06	0.04	0	0	0	0.22
300	0.24	0.46	0.14	0.02	0	0	0.86
330	3.98	11.79	6.24	0.29	0	0	22.3

Tabella 5.2 - Frequenze annuali.

Se si classificano le onde secondo l'altezza significativa si osserva (fig. 5.3) che le onde con altezza significativa minore di 0,5m rappresentano il 19.69% di tutte le osservazioni mentre le mareggiate con altezza compresa tra 0,5 e 1m costituiscono la classe più frequente con il 35.64%.

Risulta, inoltre, che il 17.64% delle osservazioni compete ad onde con altezza compresa tra 1 e 2m. Le mareggiate con altezza superiore ai 2m non sono molto frequenti nel paraggio e fanno registrare una percentuale dell'1.5%.

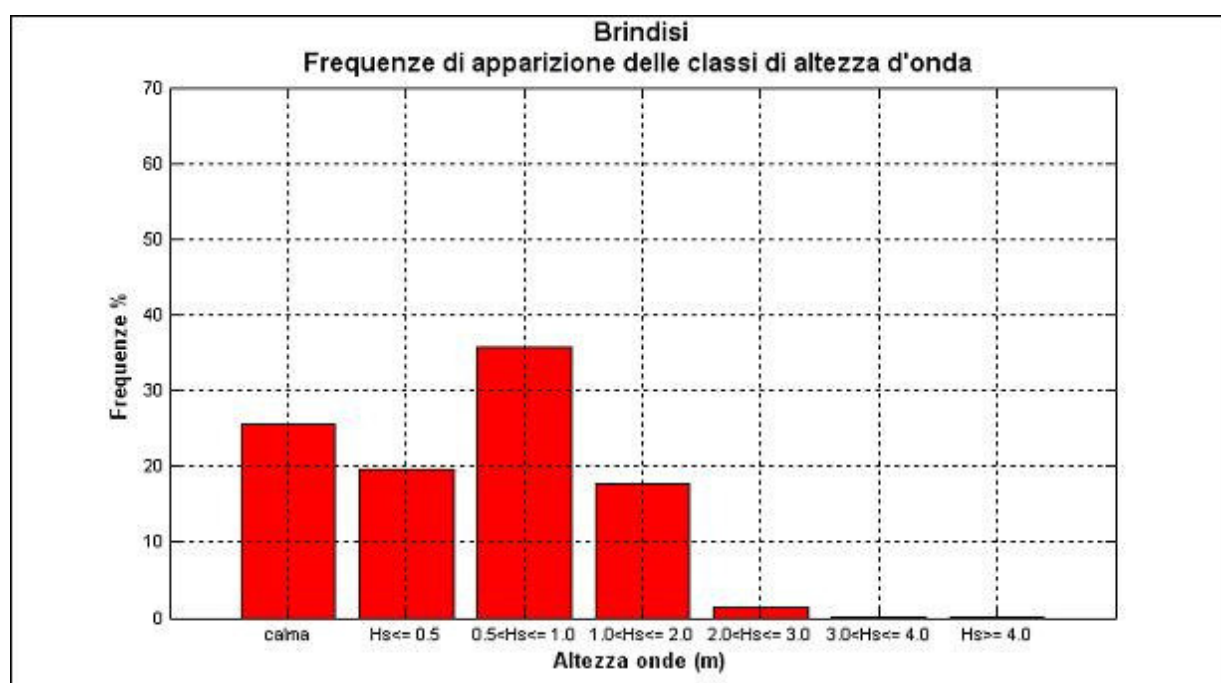


Figura 5.3 - Frequenze di apparizione annuali delle classi di altezza d'onda.

Se si considera il clima medio stagionale (fig. 5.4,5,6,7 e tab. 5.3,4,5,6) si osserva che le altezze d'onda più elevate provengono da N e si concentrano prevalentemente nel periodo invernale, mentre in primavera ed in estate si registrano molto raramente altezze superiori ai 2m:

- in inverno le frequenze di apparizione maggiori spettano alle mareggiate da N (22.15%). Le onde provenienti da NNO registrano una percentuale del 16.79%, quelle da ESE del 15.36%, quelle da NNE del 10.84%. Frequenze ancora rilevanti sono quelle delle mareggiate da ENE pari al 9.65%, mentre quelle delle altre direzioni sono decisamente inferiori, comprese tra il 2.55% (E) e lo 0.03% (OSO).
- in primavera le frequenze di apparizione maggiori spettano alle mareggiate da NNO (27.8%) e da ESE (25.39%), seguite da quelle da N (8.44%). Le onde da NNE ed ENE si attestano attorno al valore del

4%, quelle da E hanno frequenza del 2.59%. Le restanti direzioni fanno registrare percentuali comprese tra lo 0.77% (ONO) e lo 0.03% (O).

- in estate le frequenze di apparizione maggiori spettano alle mareggiate da NNO (32.52%); seguono le onde provenienti da ESE (11.86%), N (9%), NNE (5.54%). Le altre direzioni fanno registrare percentuali inferiori, comprese tra 3.44% (ENE) e lo 0.06% (SSO).
- in autunno le frequenze di apparizione maggiori spettano alle mareggiate da ESE (23.95%). Le onde provenienti da ENE registrano una percentuale del 13.02%, quelle da NNO del 12.01%, quelle da N dell'11.09%. Seguono le mareggiate rivenienti da NNE (7.73%) e da E (4.75%). Le altre direzioni fanno registrare frequenze inferiori comprese tra l'1.68% (SSE) e lo 0.26% (S).

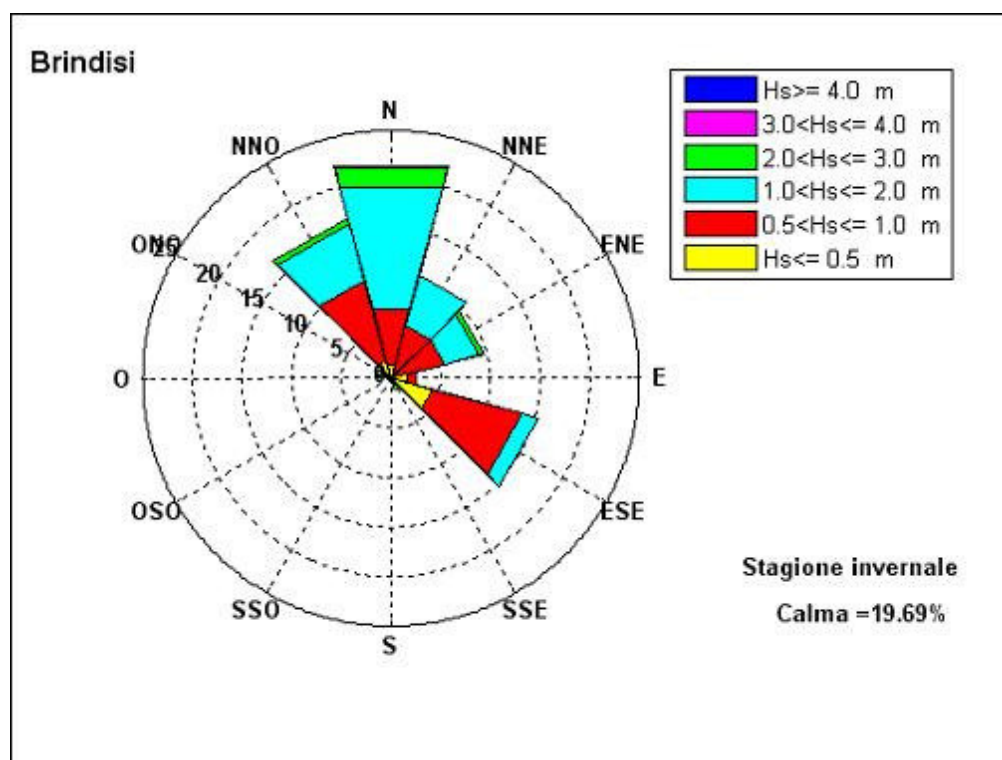


Figura 5.4 - Frequenze di apparizione invernali.

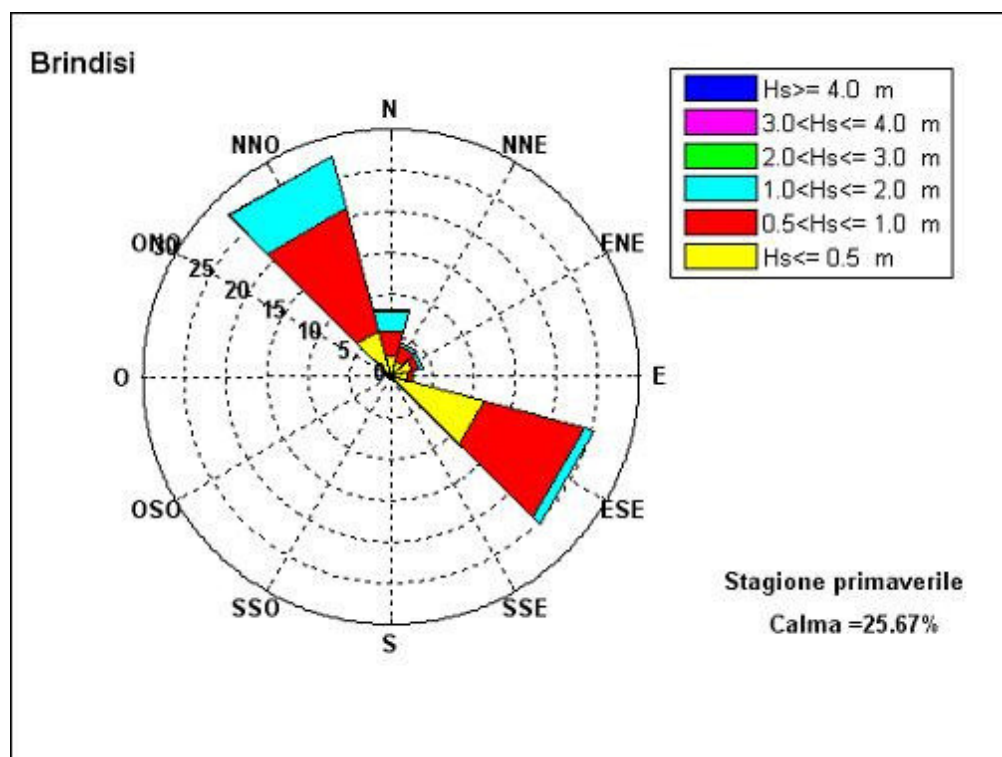


Figura 5.5 - Frequenze di apparizione primaverili.

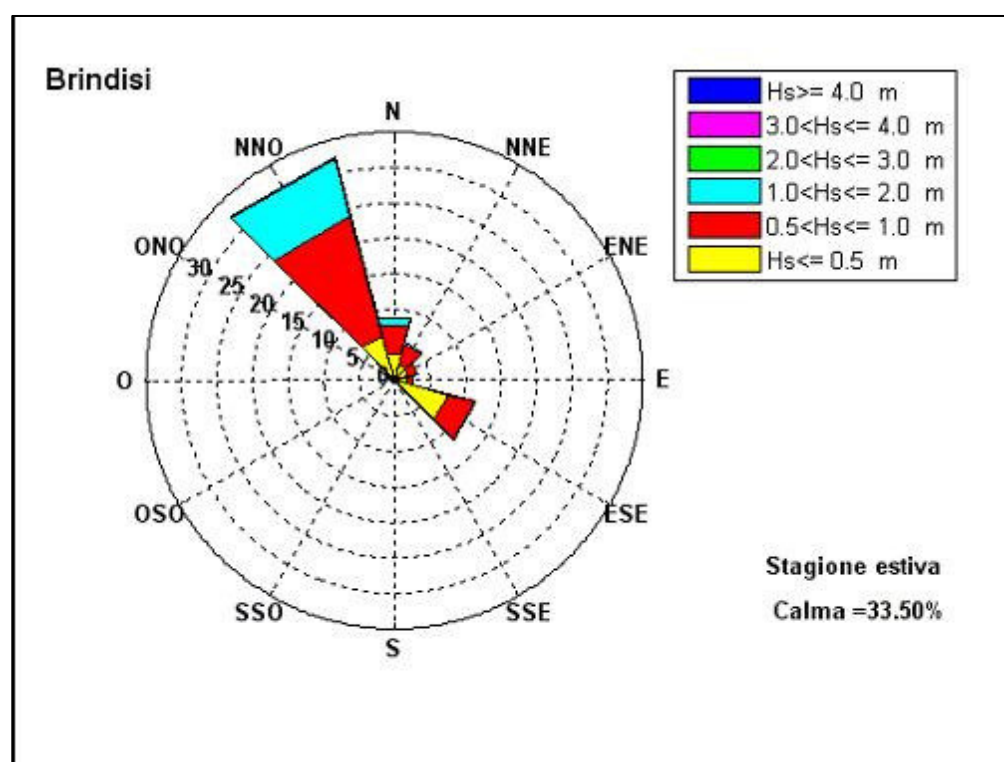


Figura 5.6 - Frequenze di apparizione estive.

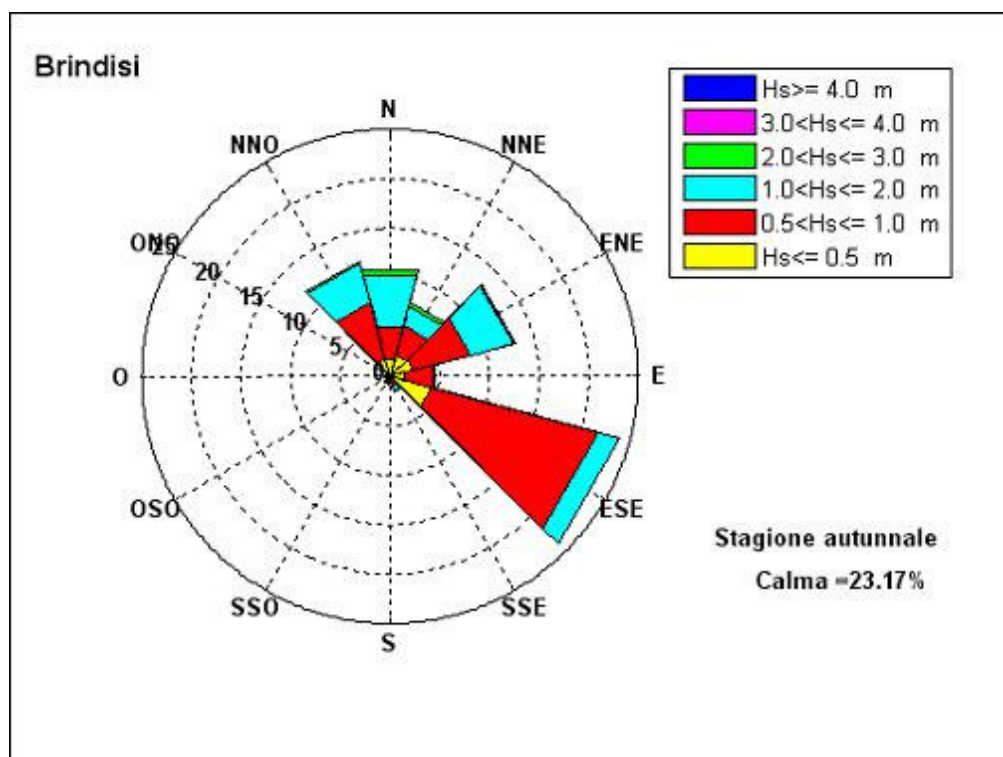


Figura 5.7 - Frequenze di apparizione autunnali.

DIREZIONE	ALTEZZA SIGNIFICATIVA						TOT
	$H_s \leq 0.5$	$0.5 < H_s \leq 1$	$1 < H_s \leq 2$	$2 < H_s \leq 3$	$3 < H_s \leq 4$	$H_s > 4$	
0	1.32	5.93	12.68	2.01	0.21	0	22.15
30	0.47	5.12	5.25	0	0	0	10.84
0	0.82	4.74	3.51	0.58	0	0	9.65
90	1.66	0.87	0.02	0	0	0	2.55
120	4.28	9.45	1.63	0	0	0	15.36
150	0.06	0.3	0.42	0.45	0	0	1.23
180	0.06	0	0	0	0	0	0.06
210	0.11	0	0	0	0	0	0.11
240	0.03	0	0	0	0	0	0.03
270	0.09	0.03	0	0	0	0	0.12
300	0.25	0.74	0.4	0	0	0	1.39
330	1.82	8.42	5.92	0.61	0	0.02	16.79

Tabella 5.3 - Frequenze di apparizione invernali.

	ALTEZZA SIGNIFICATIVA						
DIREZIONE	Hs≤0.5	0.5<Hs≤1	1<Hs≤2	2<Hs≤3	3<Hs≤4	Hs>4	TOT
0	2.59	3.11	2.48	0.26	0	0	8.44
30	1.89	1.98	0.46	0	0	0	4.33
60	2.64	0.91	0.59	0	0	0	4.14
90	2.06	0.53	0	0	0	0	2.59
120	11.58	12.54	1.27	0	0	0	25.39
150	0	0.44	0.06	0	0	0	0.5
180	0.07	0.03	0	0	0	0	0.1
210	0.08	0	0	0	0	0	0.08
240	0.15	0	0	0	0	0	0.15
270	0.03	0	0	0	0	0	0.03
300	0.21	0.56	0	0	0	0	0.77
330	5.78	15.34	6.5	0.18	0	0	27.8

Tabella 5.4 - Frequenze di apparizione primaverili.

	ALTEZZA SIGNIFICATIVA						
DIREZIONE	Hs<0.5	0.5<Hs<1	1<Hs<2	2<Hs<3	3<Hs<4	Hs>4	TOT
0	3.74	4.16	1.1	0	0	0	9
30	2.25	3.04	0.25	0	0	0	5.54
60	2.15	1.27	0	0.02	0	0	3.44
90	1.92	0.58	0	0	0	0	2.5
120	7.82	3.84	0.2	0	0	0	11.86
150	0.1	0.2	0.13	0.03	0	0	0.46
180	0.06	0.1	0	0	0	0	0.16
210	0.04	0.02	0	0	0	0	0.06
240	0.05	0.03	0	0	0	0	0.08

270	0.08	0.03	0	0	0	0	0.11
300	0.24	0.51	0.05	0	0	0	0.8
330	6.45	17.49	8.43	0.15	0	0	32.52

Tabella 5.5 - Frequenze di apparizione estive.

DIREZIONE	ALTEZZA SIGNIFICATIVA						TOT
	Hs≤0.5	0.5<Hs≤1	1<Hs≤2	2<Hs≤3	3<Hs≤4	Hs>4	
0	1.76	3.41	5.32	0.6	0	0	11.09
30	2.17	3.1	2.02	0.44	0	0	7.73
60	2.49	5.85	4.55	0.04	0.09	0	13.02
90	1.52	2.98	0.25	0	0	0	4.75
120	4.23	17.51	2.21	0	0	0	23.95
150	0.11	0.92	0.55	0.08	0	0.02	1.68
180	0.09	0.15	0.02	0	0	0	0.26
210	0.61	0.12	0.04	0	0	0	0.77
240	0.31	0.14	0.05	0	0	0	0.5
270	0.28	0.16	0.14	0.02	0	0	0.6
300	0.25	0.03	0.1	0.07	0	0	0.45
330	1.85	5.87	4.08	0.21	0	0	12.01

Tabella 5.6 - Frequenze di apparizione autunnali.

Dallo studio del clima meteomarinario medio del paraggio risulta che alla direzione SSE compete l'altezza d'onda energeticamente equivalente più elevata (1.25m).

La mareggiata equivalente relativa al N ha altezza pari a 1.22m; l'altezza delle onde provenienti da ENE, NNO e NNE si attesta attorno al valore di 1m, quelle delle altre direzioni sono inferiori. L'onda caratteristica dell'intero paraggio ha un'altezza di 0.98m, periodo pari a 5.47s e direzione di provenienza 9° (tab. 5.7).

DIREZIONE	Hs (m)	Tp (s)
0	1.22	5.91

		30	0.98	5.6
		60	1.07	5.34
		90	0.56	4.63
		120	0.7	4.89
		330	1.01	5.37
		9	0.98	5.47
IO	PARAGG			

Tabella 5.7 - Onde equivalenti annue.

Se si considera il clima medio stagionale si osserva che:

- in inverno (tab. 5.8) le altezze equivalenti maggiori spettano alle mareggiate da N, mentre al secondo posto si collocano le onde da ENE e NNO. Seguono le mareggiate da NNE, ESE ed E. La mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.2m e direzione di provenienza 9°.

		DIREZIONE	Hs (m)	Tp (s)
		0	1.42	6.23
		30	1.14	5.87
		60	1.24	5.45
		90	0.58	4.62
		120	0.74	5
		330	1.2	5.44
		9	1.2	5.67
IO	PARAGG			

Tabella 5.8 - Onde equivalenti invernali.

- in primavera (tab. 5.9) le altezze equivalenti maggiori spettano alle mareggiate da N. Seguono le onde da NNO, NNE. La mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 0.81m e direzione di provenienza 354°.

DIREZIONE	Hs (m)	Tp (s)
-----------	--------	--------

		0	1.02	5.49
		30	0.73	5.19
		60	0.61	4.78
		90	0.46	4.39
		120	0.65	4.71
		330	0.91	5.59
IO	PARAGG	354	0.81	5.29

Tabella 5.9 - Onde equivalenti primaverili.

- in estate (tab. 5.10) le altezze equivalenti maggiori spettano alle mareggiate da NNO, N. Le onde da NNE ed ENE hanno altezze equivalenti di circa 0.6m. La mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 0.79m e direzione di provenienza 341°.

		DIREZIONE	Hs (m)	Tp (s)
		0	0.73	5.84
		30	0.59	5.42
		60	0.56	4.76
		90	0.43	4.1
		120	0.51	4.22
		330	0.93	5.07
IO	PARAGG	341	0.79	5.19

Tabella 5.10 - Onde equivalenti estive.

- in autunno (tab. 5.11) le altezze equivalenti maggiori spettano alle mareggiate da N, seguono le onde da NNO, ENE, NNE. La mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.01m e direzione di provenienza 34°.

DIREZIONE	Hs (m)	Tp (s)
-----------	--------	--------

		0	1.24	5.68
		30	1.08	5.56
		60	1.11	5.59
		90	0.63	5.04
		120	0.78	5.33
		330	1.12	5.56
IO	PARAGG	34	1.01	5.69

Tabella 5.11 - Onde equivalenti autunnali.

Dalla serie storica delle mareggiate ricostruite sono stati estrapolati i massimi annuali delle altezze d'onda le cui caratteristiche sono riportate in tabella 5.12.

Dalla figura 5.8, che visualizza i valori massimi annuali di altezza d'onda ricostruiti nel periodo 1990-2005 per direzione di provenienza, si osserva che alle direzioni N, NNO competono il maggior numero di massimi annuali ricostruiti. Il paraggio di Brindisi è caratterizzato da una media frequenza di eventi ondosi significativi con una massima altezza d'onda ricostruita di 5.05m.

anno	Dir (°N)	Hs (m)	Tp (s)
1990	324	3.64	6.5
1991	4	4.09	6.26
1992	354	4.56	6.22
1993	328	4.01	7.32
1994	350	4.21	7.52
1995	51	4.57	6.33
1996	333	3.71	7.2
1997	8	4.52	7.79
1998	350	4	7.79
1999	324	3.89	5.83
2000	46	3.77	4.95

2001	324	2.75	6.25
2002	147	3.71	9.98
2003	46	4.17	8.48
2004	324	5.05	7.79
2005	358	2.89	7.85

Tabella 5.12 - Valori massimi annuali di altezza d'onda registrati nel periodo di osservazione.

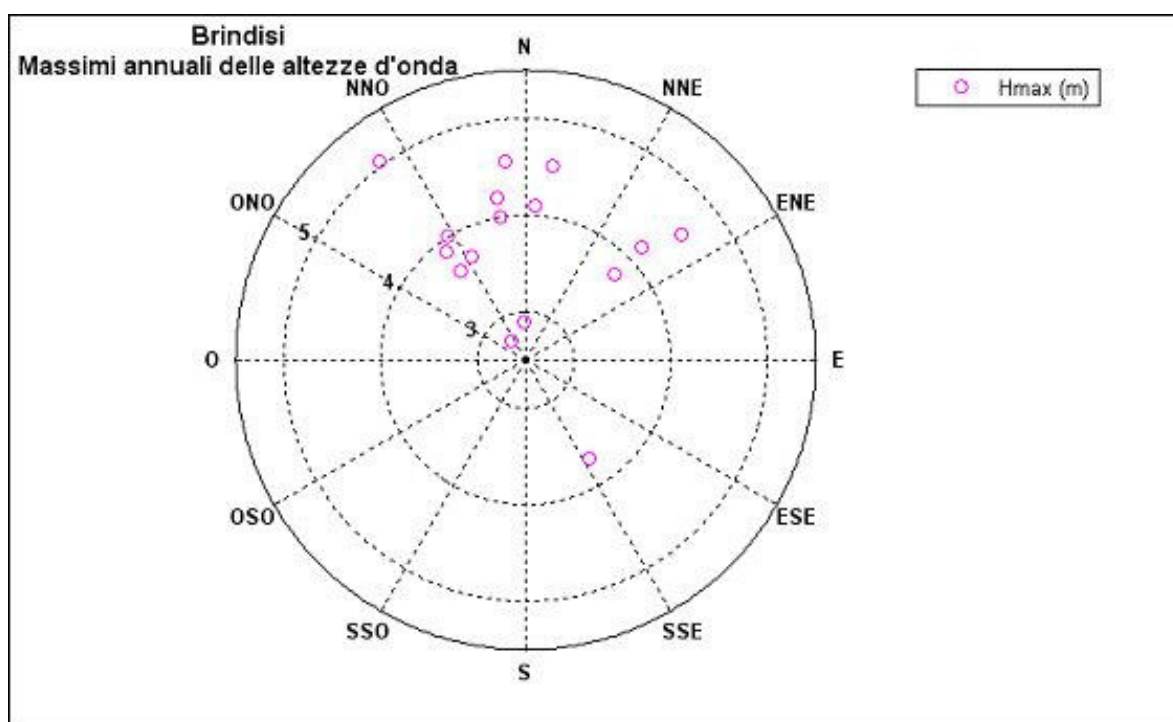


Figura 5.8 - Valori massimi di altezza d'onda per direzione di provenienza.

Per quanto riguarda gli eventi estremi, la tabella 5.13 riporta, per assegnati tempi di ritorno, le altezze significative relative al paraggio calcolate con la distribuzione di Gumbel; i parametri della distribuzione prescelta sono stati ricavati con il metodo dei momenti. La distribuzione di Gumbel, tra le varie distribuzioni esaminate, risulta essere quella che meglio si adatta ad interpretare la serie storica dei massimi annuali.

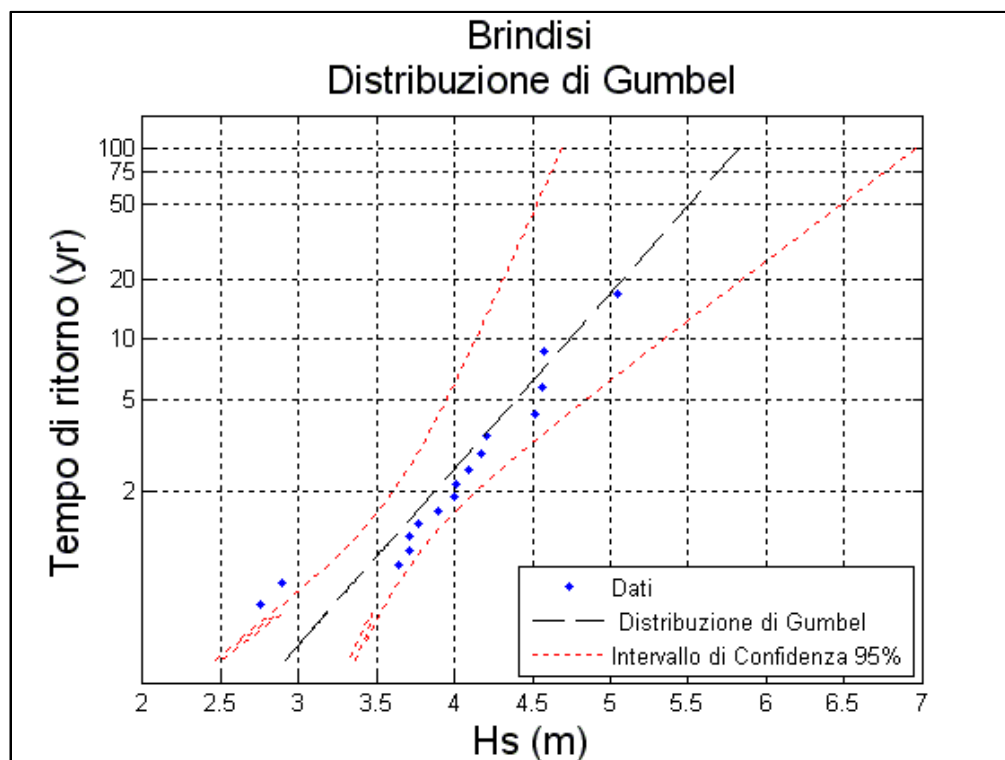


Figura 5.9 - Valori estremi di altezza d'onda.

Tempo di ritorno	$H_{\max}$ (m)	T_p (s)
100	5.83	10.89
75	5.69	10.76
50	5.5	10.58
25	5.18	10.26
20	5.07	10.16
10	4.74	9.82

Tabella 5.13 - Eventi estremi.

Nelle successive figure 5.10, 11, 12, 13 e tabelle 5.14, 15, 16, 17 sono riportate le altezze d'onda estreme riferite alle singole direzioni di provenienza. Gli eventi ondosi di maggiore intensità si riferiscono alle direzioni da N, da ENE, NNO con valore massimo, riferito al tempo di ritorno di 100 anni, relativo alla direzione ENE e pari a 6.07 m.

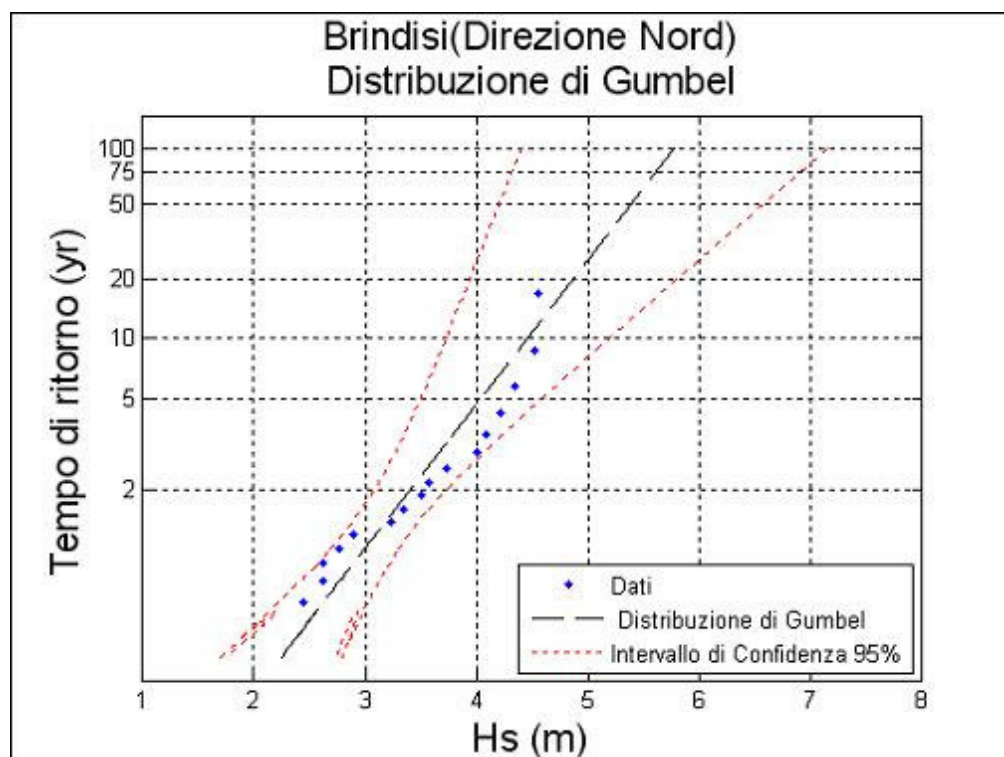


Figura 5.10 - Valori estremi di altezza d'onda (direzione N).

Tempo di ritorno	$H_{\max}$ (m)	T_p (s)
100	5.78	10.84
75	5.62	10.69
50	5.39	10.47
25	5	10.08
20	4.87	9.95
10	4.46	9.53

Tabella 5.14 - Eventi estremi (direzione N).

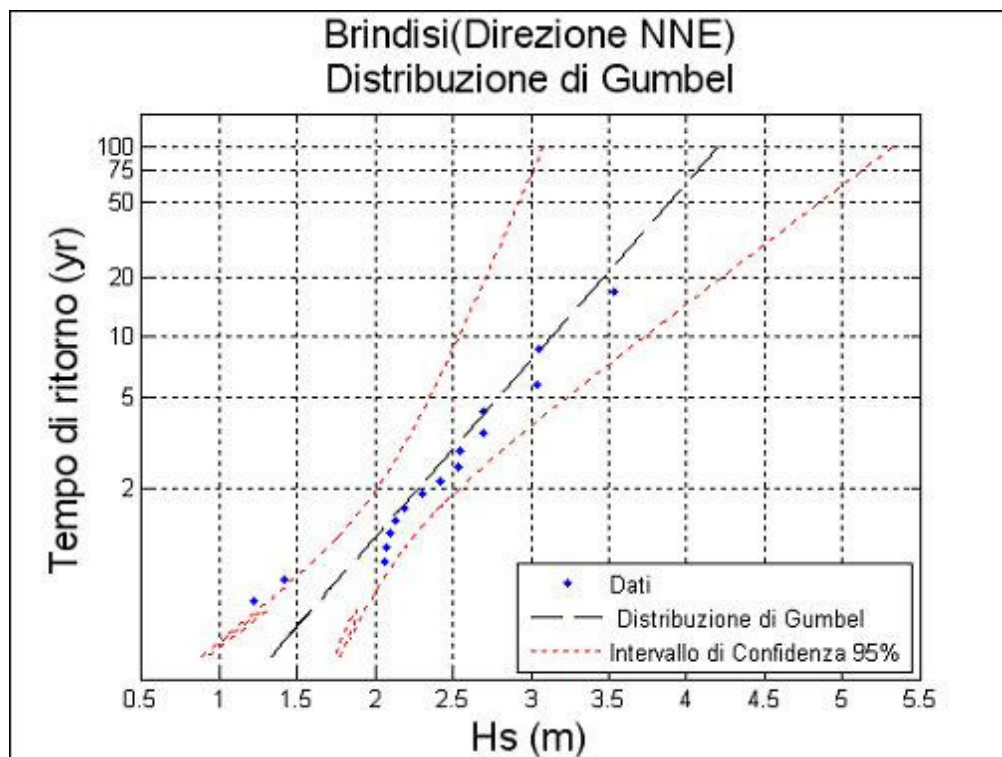


Figura 5.11 - Valori estremi di altezza d'onda (direzione NNE).

Tempo di ritorno	$H_{\max}$ (m)	T_p (s)
100	4.2	9.25
75	4.07	9.1
50	3.89	8.89
25	3.57	8.52
20	3.46	8.39
10	3.14	7.99

Tabella 5.15 - Eventi estremi (direzione NNE).

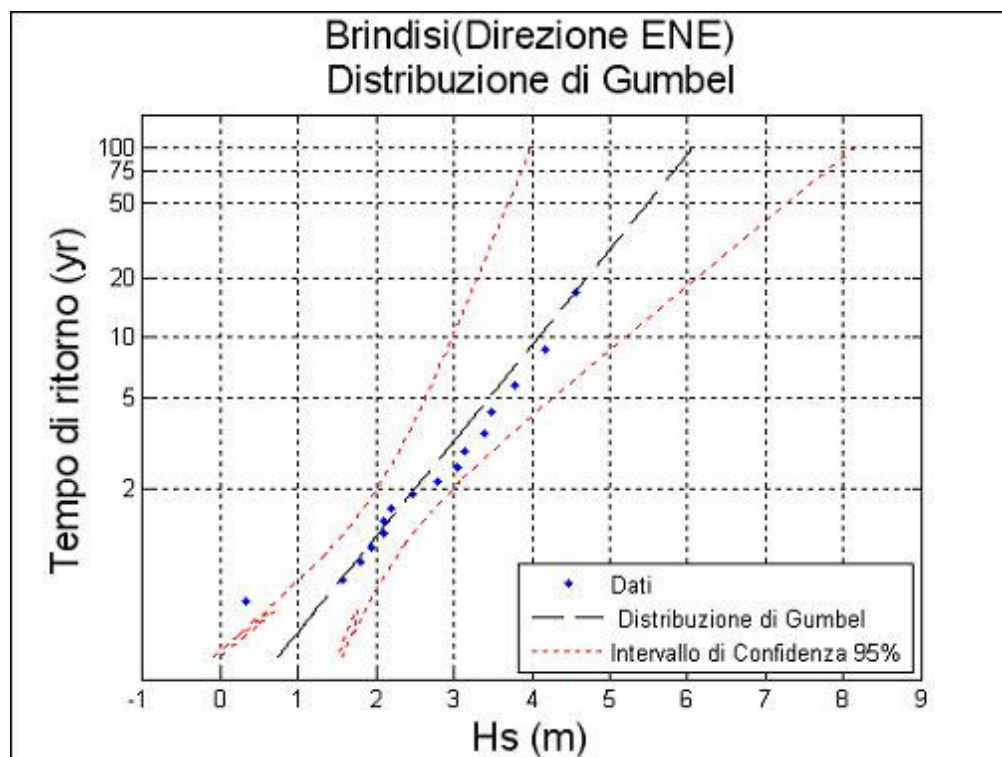


Figura 5.12 - Valori estremi di altezza d'onda (direzione ENE).

Tempo di ritorno	$H_{\max}$ (m)	T_p (s)
100	6.07	11.11
75	5.83	10.89
50	5.48	10.56
25	4.89	9.97
20	4.7	9.77
10	4.09	9.12

Tabella 5.16 - Eventi estremi (direzione ENE).

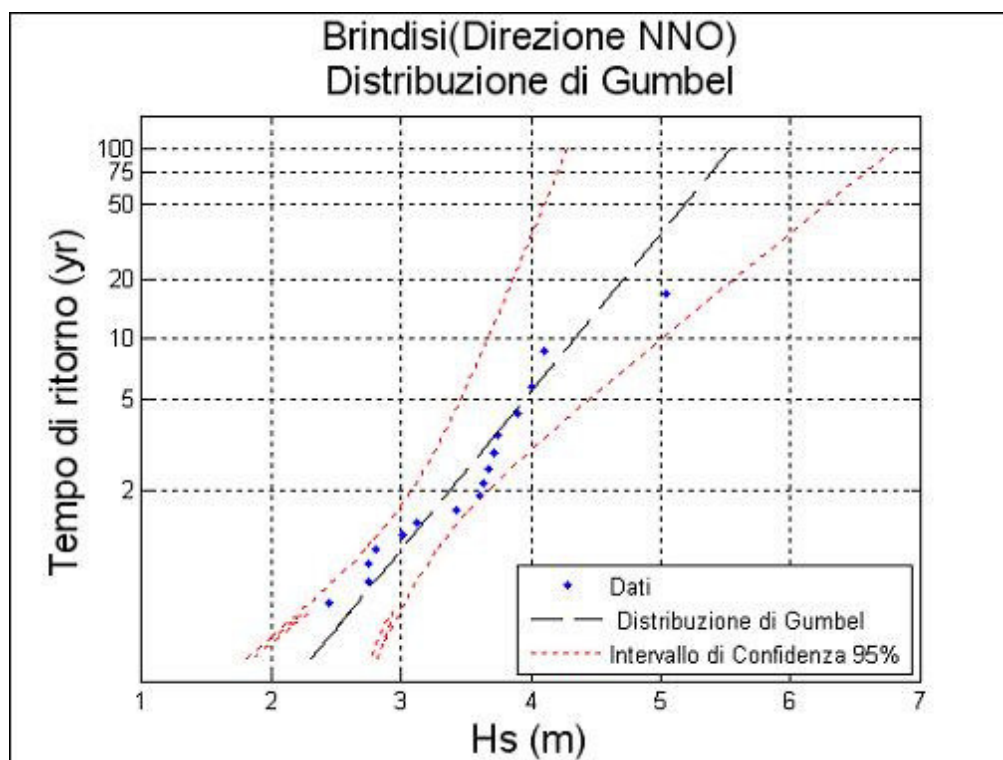


Figura 5.13 - Valori estremi di altezza d'onda (direzione NNO).

Tempo di ritorno	$H_{\max}$ (m)	T_p (s)
100	5.54	10.62
75	5.39	10.47
50	5.18	10.27
25	4.82	9.91
20	4.71	9.79
10	4.34	9.4

Tabella 5.17 - Eventi estremi (direzione NNO).

Dall'analisi dei dati meteo marini si deduce che il paraggio è caratterizzato da valori massimi annuali di altezza d'onda di 5 m ca. associati alle direzioni N, NNO.

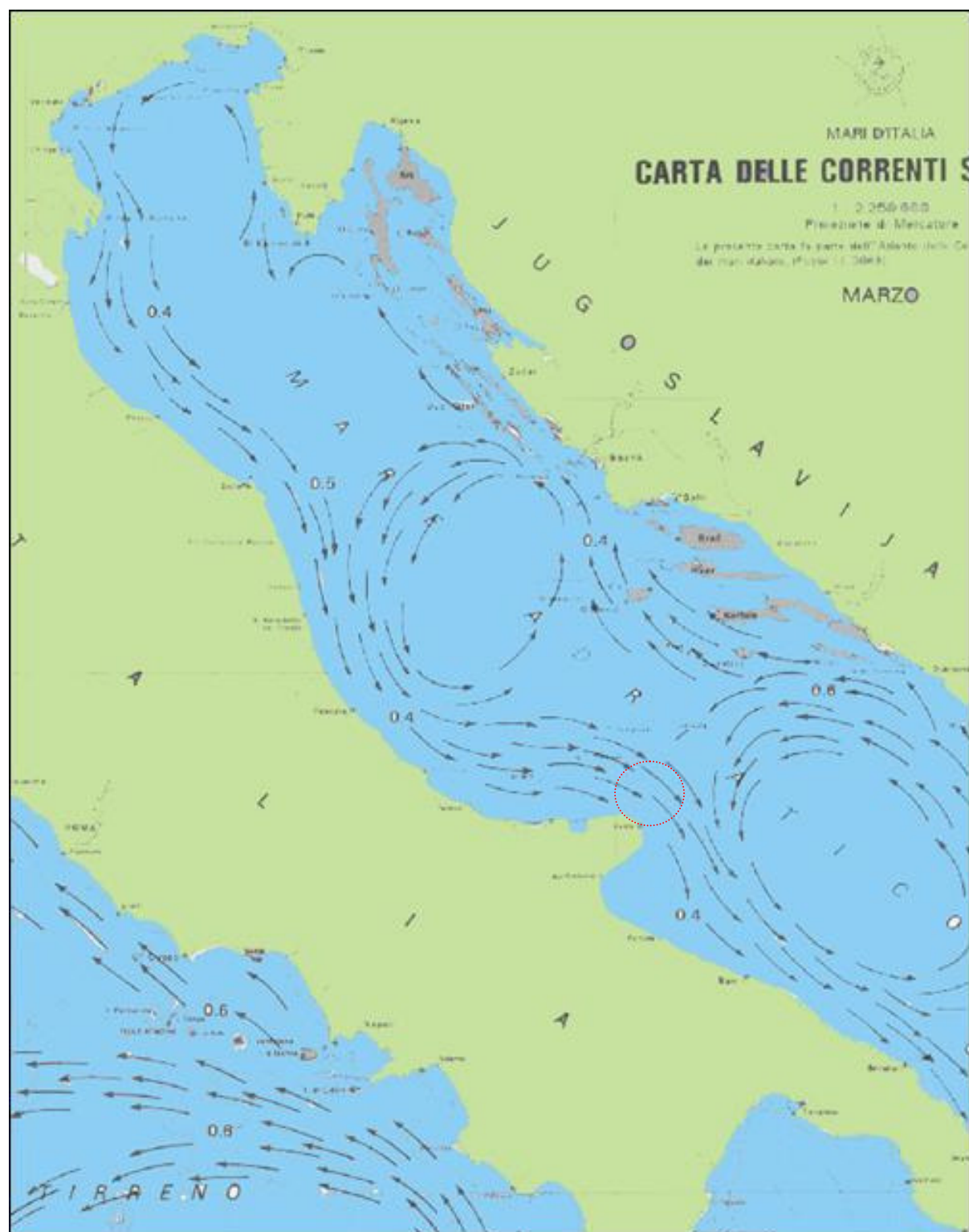


Figura 34 – Carta delle correnti superficiali dei mari d'Italia; da: Istituto Idrografico della Marina

7 - Indicazioni regionali sugli INTERVENTI (rif. a P.R.C. approvato)

- ✓ *DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 30 dicembre 2010, n. 3030 (su BUR N.11 del 20.01.2011)*

Adozione delle “Linee guida per la individuazione di **interventi** tesi a mitigare le situazioni di maggiore criticità delle **coste basse** pugliesi di competenza dell’Autorità di Bacino della Puglia”.

- ✓ *DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 10 marzo 2011, n. 410 (su BUR n.42 del 23.03.2011)*

Approvazione delle “Linee guida per la individuazione di interventi tesi a mitigare le situazioni di maggiore criticità delle coste basse pugliesi”.

ALLEGATO 3.1

“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”, elaborati da:

- Politecnico di Bari - Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica
[Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC)]
- Università del Salento
[Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione]

7.1 **INTERVENTI DI DIFESA DEL LITORALE** [Stralcio dall’ **ALL. 3.1** al PRC: (pag. 97)]

S.U.F. 4.3 “Brindisi – Otranto”

S.U.F. n.4 – “Brindisi- Otranto”

- ✓ S.U.F. n.4.1 “Punta Penne - Punta Riso”
- ✓ S.U.F. n.4.2 - “Punta Riso” – “Capo di Torre Cavallo”
- ✓ S.U.F. n.4.3 - “Brindisi capo di Torre Cavallo”- “Porto di Otranto”

VULNERABILITÀ ALL’EROSIONE DEI LITORALI SABBIOSI E INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Lo stato di fatto

La morfologia della SubUnità, come si vede in fig 4.1. per circa la metà è rocciosa, con falesie e con spiagge sabbiose o ciottolose al piede, e per la restante parte è sabbiosa con diversi cordoni dunali.

Anche lungo questo litorale i sedimenti, con spessori più o meno consistenti, sono depositati su un fondo roccioso e, in genere, sono contenuti ai due estremi da speroni rocciosi affioranti; per cui **si possono individuare delle insenature** più o meno lunghe. Un’attenta osservazione della costa mediante le ortofoto del GIS mostra chiaramente questa caratteristica morfologica.

Nella SubUnità negli ultimi decenni si è avuto un forte deficit sedimentario con una generale tendenza all’arretramento della linea di riva. Il deficit è imputabile alle notevoli sistemazioni dei terreni, all’aumento dell’uso del suolo e alla forte antropizzazione, infatti, numerosi sono gli insediamenti abitativi realizzati negli ultimi decenni nella fascia costiera. Al fenomeno erosivo ha contribuito certamente anche l’innalzamento del livello medio mare che, come si è detto nella Relazione Generale, negli ultimi 50 anni è stato di circa 9 cm e può aver determinato un arretramento della linea di riva dei litorali sabbiosi compreso tra 4,5 e 9 m, valore significativo per i litorali che avevano una

larghezza della spiaggia emersa di poche decine di metri e per le spiagge sabbiose al piede di coste rocciose o di falesie.

Lungo il litorale gli arretramenti della linea di riva sono evidenziati dalla scomparsa dei sedimenti dagli speroni rocciosi che delimitano le insenature e dal loro affioramento. Inoltre in alcuni tratti fortemente antropizzati e con una larghezza della spiaggia emersa molto ridotta gli arretramenti della linea di riva, specie nella stagione invernale e in concomitanza di mareggiate significative, sono tali che il moto ondoso investe direttamente le infrastrutture stradali e/o abitazioni realizzate sulla fascia costiera.

Nell'ALLEGATO n. 7.1.2, "L'erosione costiera in Europa, in Italia e in Puglia" del PRC sono analizzate in dettaglio i vari tratti di costa ed è riportata la loro classificazione, (alta, media e bassa criticità) fatta, come si è detto, con i dati disponibili al novembre 2007. Nel "GIS degli Studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste", ALLEGATO 4, nello strato informativo "Criticità definita nel PRC" sono riportati tutti i dettagli". Da tali elaborati si nota che nella classificazione dei litorali sabbiosi compaiono molti tratti a rischio di erosione alto che si alternano ad altri a rischio di erosione media. Dal 2007 all'attualità le criticità sono aumentate a causa delle intense mareggiate che si sono avute nel 2008, 2009 e 2010.

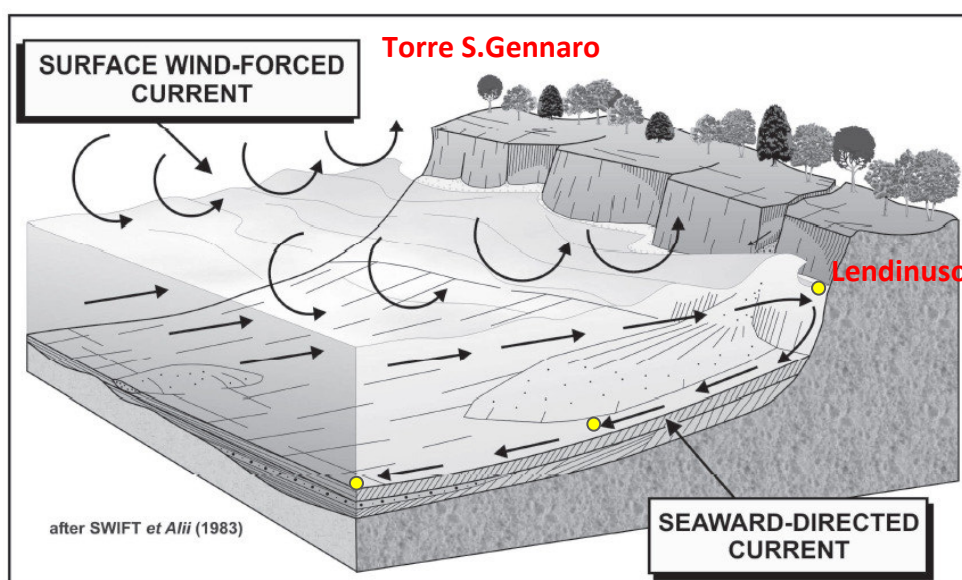


Figura 35 – L'interazione tra moto ondoso e falesia genera, tra le altre, delle correnti dirette al largo che allontanano e disperdono il sedimento secondo una ciclicità stagionale. Correnti costiere nella **S.U.F. n.4.3** "Brindisi - Otranto" ed il movimento di un clasto sabbioso.

Considerazioni generali

Visto il deficit sedimentario nella SubUnità, per far fronte a erosioni locali e/o, per realizzare ripascimenti artificiali di arenili di particolare pregio socioeconomico, occorre individuare tratti di litorale con forti e costanti accumuli di sedimenti (determinati da opere a mare trasversali), e/o cave terrestri e/o sottomarine da cui prelevare sedimenti compatibili con quelli presenti nei siti in cui fare gli interventi.

Altro aspetto importante della morfologia della SubUnità fisiografica, e di molte altre della costa pugliese, è la presenza di diversi sistemi dunali che in questo tratto di costa hanno subito forti modificazioni e, in molti casi, sono quasi scomparsi, per cui bisogna mettere in atto azioni di ripristino e tutele.

La SubUnità, come si può vedere in dettaglio nell'ALLEGATO 2, è esposta a moti ondosi provenienti dal I, II e IV quadrante. Considerabile è il trasporto longitudinale di sedimenti diretto sia verso Sud che verso Nord. Il bilancio dei sedimenti lungo il litorale dipende, quindi, notevolmente dalla direzione delle singole mareggiate e si possono avere consistenti variazioni stagionali. Queste condizioni meteo

marine fanno **escludere interventi a mare con opere trasversali**. Come si dirà in seguito, sul tratto di costa negli ultimi anni sono state eseguite diverse opere trasversali che, a tutti gli effetti, hanno determinato la creazione di nuove SubUnità.

Per la SubUnità si auspica la continuazione, e in alcuni tratti l'intensificazione, dell'**attività di monitoraggio**, avviata con il POR Puglia 2000 – 2006, in modo da tenere sotto controllo l'evoluzione del litorale, anche ai fini della predisposizione e gestione dei Piani Comunali delle Coste, che, come previsto dal PRC, potranno subire degli aggiornamenti, specie per quanto attiene le concessioni demaniali, in funzione dell'evoluzione dei fenomeni erosivi.

Inoltre, altre eventuali tipologie di opere di protezione non contemplate in questa fase di studio propedeutico la cui opportunità invece dovesse emergere dai successivi studi e monitoraggio, dovranno essere accuratamente studiate valutandone il loro impatto sulla dinamica dei sedimenti nella SubUnità fisiografica anche mediante l'utilizzo di studi su modello fisico e/o numerico.

Analoghe considerazioni valgono, ovviamente, per le misure di mitigazione già individuate nella fase propedeutica di analisi della Sub Unità.

Di seguito si riportano indicazioni e considerazioni specifiche per i diversi tratti sabbiosi della SubUnità fisiografica.

Tratto tra la foce armata di Cerano (Brindisi) e Torre San Gennaro (S. Pietro V.co - Torchiarolo)

Il litorale è costituito da falesia erodibile con spiaggia al piede ed è stato oggetto in passato di vari interventi di protezione. Nel 1992 erano già presenti 6 dighe a scogliera frangiflutti distanziate in massi naturali di cava realizzate nello specchio acqueo antistante l'area antropizzata, oltre a 3 pennelli trasversali, con interasse di circa 700 m, realizzati lungo la costa tra Torre San Gennaro e la centrale termoelettrica di Cerano già protetta con una difesa radente di massi naturali.

Antecedentemente al 1997 sono stati realizzati altri 2 pennelli, di dimensioni minori rispetto

a quelli esistenti, immediatamente a Nord delle barriere emerse. Anche la falesia in corrispondenza delle barriere emerse è stata rinforzata con la realizzazione di un muro di contenimento in cemento armato.

La realizzazione delle dighe distanziate emerse ha prodotto negli anni un notevole accumulo di sedimenti nella striscia di mare protetta determinando la formazione delle caratteristiche configurazioni a tombolo nella zona protetta dalle scogliere. Lungo il litorale protetto con i pennelli si è registrato un discreto accumulo di sedimenti sul lato Nord, mentre si è verificata una non trascurabile erosione al piede della falesia nella zona di sottoflutto rispetto al verso del trasporto solido prevalente che in questo paraggio è da Nord verso Sud.

In quest'area, tuttavia, i terreni immediatamente a ridosso della costa sono a destinazione agricola e non sono presenti strutture o opere di urbanizzazione tali da giustificare interventi a protezione della falesia. Sarebbe necessaria che sul tratto di costa venisse conservata la naturalità attuale.

Tratto tra Torre San Gennaro (Torchiarolo) e Casalabate (Lecce)

La prima parte di litorale, fino a Torre Specchiolla, è sabbioso con sistemi dunali alle spalle: Detto tratto, già in erosione storicamente, ha avuto negli ultimi tre anni forti arretramenti della linea di riva a causa delle intense mareggiate che si sono succedute nel 2008, 2009 e 2010. Detti arretramenti hanno interessato anche infrastrutture stradali, come a Contrada Bianca e a Lindinuso.

Vista la dinamica del litorale, con correnti longitudinali intense e prevalentemente dirette da Nord verso Sud **sono da escludere interventi a mare con opere trasversali**.

Per i tratti con criticità che interessano infrastrutture a terra, quali quelli innanzi richiamati, sono auspicabili interventi locali di riqualificazione, **completamento o realizzazione di opere di difesa aderenti possibilmente morbide**.

Per l'intero tratto di costa, invece, **nell'immediato è necessario** prevedere **azioni di riqualificazione e salvaguardia dei cordoni dunali** e della fascia costiera vietando la realizzazione di strade sui sistemi dunali.

Se la tendenza erosiva dovesse persistere, sarà opportuno un intervento di ripascimento protetto, a partire dai tratti critici posti a Nord.



Figura 36 – Torchiarolo, loc.tà “Case Bianche - Cipolla”: margine costiero in erosione e gabbionata di stabilizzazione del pendio; spiagge ciottoloso-sabbiose: riescono ad attenuare meglio l’energia del moto ondoso che si scarica sulla costa durante le mareggiate e sono integrate naturalmente con l’ambiente costiero

*Infine, si evidenzia che il tratto di costa tra Torre Specchiolla e Casalabate è di tipo roccioso e presenta fenomeni di erosione delle spiagge nelle insenature e di collasso di tratti, anche ampi, di falesia. Laddove la spiaggia è scomparsa, è opportuno prevedere la realizzazione di **ripascimenti protetti in ghiaia o in ciottoli arrotondati**, sia con la funzione di difesa radente al piede della costa rocciosa, sia con la finalità di ricreare tratti di spiaggia destinati alla balneazione. In quest’ultimo caso sarà da preferirsi la realizzazione di ripascimenti in **ciottoli arrotondati protetti**.*

7.2 Tipi di intervento

In relazione allo stato della costa ed ai vincoli P.G. proposti, sono state definite le tipologie connesse alle aree di intervento che sono la prima a mare e la seconda a terra.

Gli interventi a mare consistono in **ripascimenti sabbiosi** e sabbioso-ciottolosi protetti al piede; è esclusa qualsiasi opera di difesa emersa ed ortogonale alla linea di riva. Eventualmente, sono da privilegiare opere di difesa longitudinali, radenti o distaccate e valutando la possibile sommersione delle stesse.

A terra, gli interventi consistono nella riprofilatura o gradonatura; quest’ultima è funzione dell’altezza della falesia stessa; i gradoni sono atti a riprofilare il corpo della falesia secondo un angolo da 45° a 60° che arretra il ciglio di scarpata all’interno, stabilizzandolo. L’eventuale profilo di progetto è funzione della caratterizzazione geotecnica sito-specifica.

Il potere di massima attenuazione dell’energia del moto ondoso, lo garantisce la combinazione lineare tra **ripascimento ciottoloso/sabbioso** e gabbionate a tergo, il tutto tendente a minimizzare gli impatti ambientali e paesaggistici rispetto ad altre opere comunemente utilizzate.

Il ripascimento ciottoloso è auspicabile laddove la costa presenta già caratteristiche morfologiche e granulometriche compatibili; la costa torchiarolese ha diversi tratti laddove il ripascimento ciottoloso si integrerebbe naturalmente con l'ambiente costiero.

I cordoni dunali necessitano di interventi sia di salvaguardia che di ripristino; la salvaguardia si attua mediante opere di difesa, tipo palizzate e/o palificate al fine di proteggere la duna fronte mare dallo scalzamento al piede esercitato dalle mareggiate; sarebbe auspicabile un ripascimento protetto nello specchio acqueo antistante il cordone dunare, al fine di attenuare sia l'energia del moto ondoso incidente che di ampliare il tratto di spiaggia (emerso e sommerso) che separa il corpo della duna dalla linea di riva.

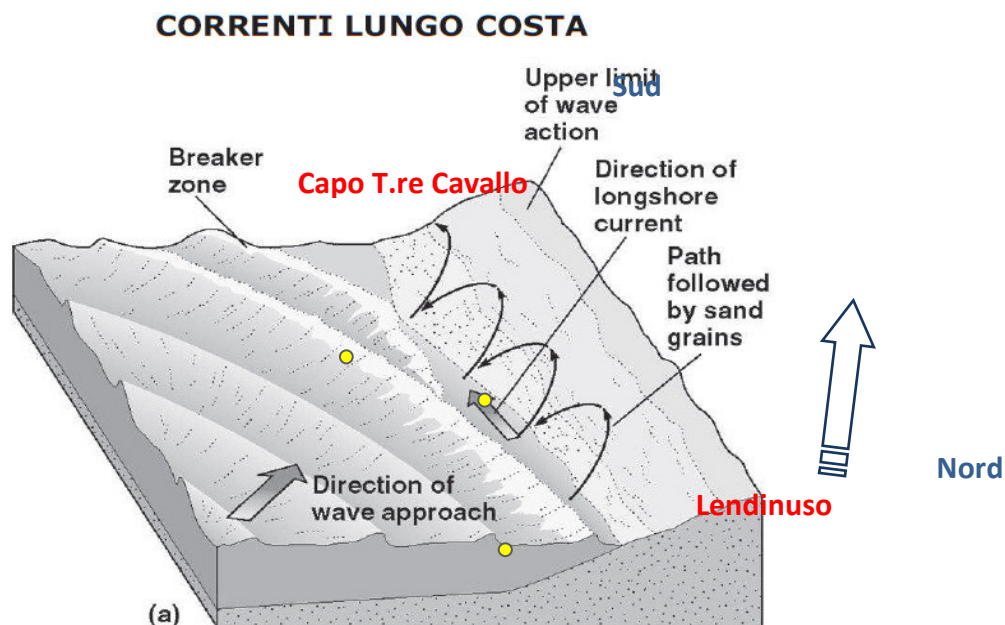


Figura 37 - Correnti lungocosta nella S.U.F. n. 4.3 da "Brindisi a Otranto" ; la deriva ideale di un granulo sabbioso



Figura 38 – Spiagge ciottolose ricostruite sulla costa di Bari mediante un ripascimento protetto al piede; rispetto alla situazione originaria, viene elevato il livello di fruibilità della spiaggia

7.3 Interventi non strutturali

- Relativamente agli interventi di difesa del litorale “di tipo **non strutturale**” nel caso di specie si intendono le ricariche artificiali di sedimenti sabbiosi sugli arenili in erosione noti come **ripascimenti** morbidi.

Questo tipo di interventi necessita della disponibilità giacimentologica di depositi sabbiosi, siano essi di origine continentale (cave terrestri) o di origine marina (cave marine).

Per i primi tipi di giacimenti, attualmente vi sono due vie di approvvigionamento: la prima vede la pronta disponibilità di sedimenti continentali alluvionali rivenienti da cave extraregionali (Basilicata, Calabria); la seconda vede una potenziale disponibilità di sabbie fini fossili dislocate sul territorio continentale del Salento, seppur questi giacimenti sabbiosi non siano pronti ad un utilizzo immediato sulle spiagge.

Gli interventi di ripascimento sono annoverati tra quelli indicati dalla Regione Puglia negli Allegati 3.1 e 3.2 al P.R.C. Da soli però non bastano a fronteggiare il fenomeno dell'erosione costiera che, sul litorale in oggetto, si manifesta mediante l'arretramento delle terre emerse per frane e/o crolli delle falesie e con l'erosione degli arenili sabbiosi.

Altri interventi non strutturali sono altresì necessari lungo il ciglio della falesia laddove, successivamente ad una leggera e non invasiva riprofilatura con un angolo variabile da 45° a 60°, si procede ad un inerbimento mediante l'essenza alloctona della “*Vetivaria vetiver*” o similari.

Tale pianta ha caratteristiche di stabilizzazione morfologica e geotecnica dei pendii in terra che gli sono derivanti dall'apparato radicale che si sviluppa in profondità, molto resistente meccanicamente in ambienti climaticamente aggressivi come quello marino.

La sintesi degli **interventi non strutturali** prevede le attività di **ripascimento** da effettuarsi mediante sabbie di origine continentale o marina, a seconda della disponibilità, compatibilità e costi di approvvigionamento. Ai ripascimenti, di per se effimeri, si possono affiancare piccole opere di difesa costiera quali **palificate in legno** permeabili e non riflettenti (a protezione del fianco e piede dunare), idrodinamicamente e idraulicamente compatibili con il regime del moto ondoso e delle correnti locali e generali nell'ambito della locale S.U.F. 4.3 (Sub-Unità Fisiografica) “Capo di Torre Cavallo – porto d'Otranto”.

Come intervento di completamento, non strutturale e non invasivo, si ricorre alla ingegneria naturalistica con l'idrosemina di piante (*Vetivaria* o similari) che favoriscono la stabilizzazione morfologica della falesia ed il miglioramento del comportamento geotecnico dei terreni sabbioso-limosi.

In riferimento a quanto sopra, lo stesso PRC (all.3.1 e 3.2) indicano chiaramente i **ripascimenti sabbiosi protetti** al piede, ovvero con ciottoli. Per quanto riguarda questo ultimo aspetto, taluni tratti di costa si caratterizzano per la presenza di ciottoli rivenienti dalla rielaborazione del materiale calcarenitico affiorante in falesia (laminazioni, livelli, intercalazioni calcarenitiche cementate all'interno del corpo sabbioso-limoso principale). L'efficacia di queste fasce costiere acciottolate nell'azione di attenuamento dell'energia del moto ondoso incidente è ben evidente in occasione di mareggiate di media ed elevata intensità.

7.4. Interventi strutturali

In sintesi, gli interventi di restauro della costa con sabbia e/o ciottoli nei tratti di litorale sono sia auspicabili che compatibili con le condizioni *morfo-sedimentologiche* della SUF 4.3, ma non sono sufficienti alla protezione della costa senza strutture sommerse di contenimento ed a difesa del ripascimento stesso.

In sostanza, i ripascimenti dovrebbero essere “protetti al piede” mediante strutture soffolte al fine di non vanificare l'intervento stesso.

La possibilità di realizzare un progetto integrato, completo di opere a mare ed opere a terra, è quella che maggiormente si adatta alle esigenze del litorale da difendere, sia sotto l'aspetto della dinamica litorale che della tendenza morfologica evolutiva costiera.

Per quanto sopra, le opere a terra si caratterizzano come necessarie ma non sufficienti.

Le opere a mare, completano la progettazione di difesa integrata della costa.

Le opere di progetto si prefiggono il raggiungimento di condizioni di nuovo equilibrio del tratto litorale, con la ricostruzione delle originarie condizioni morfologiche e sedimentarie recenti (1980).

Realizzando le sole opere a terra (palificate in legno e ripascimenti sabbiosi), appare evidente che i tempi di recupero e stabilizzazione del litorale saranno più lenti e non definitivi.

Con l'esecuzione integrata delle opere a mare (sommerse), disposte longitudinalmente alla linea di riva (parallele al generale *trasporto solido* lungocosta) e non riflettenti l'energia del moto ondoso, il restauro della costa sarebbe più efficace e duraturo.

Il nuovo regime idraulico costiero determinerebbe le condizioni per il mantenimento della spiaggia dopo la sua ricostruzione, con una difesa efficace ed efficiente del fronte mare. Successivamente alla esecuzione delle barriere a mare, si può pensare ad interventi di “ripascimento morbido” che, nella fattispecie diventerebbe “ripascimento protetto” e, pertanto, meno effimero.

Torchiarolo lì, aprile 2014

Il tecnico
f.to Geol. Tommaso ELIA