

Accordo attuativo di collaborazione

per lo studio e monitoraggio morfo-sedimentologico dello stato dei litorali della
Regione Friuli Venezia Giulia

finalizzato alla gestione integrata della zona costiera

in applicazione alla

Convenzione Quadro tra la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
e l'Università degli Studi di Trieste (DGR 264/2014)

RELAZIONE DELLE ATTIVITÀ

Dicembre 2020

SOMMARIO

Premessa.....	3
Attività previste	4
Fase 1: Raccolta dati	4
Rilievi topo-batimetrici.....	5
Foto aeree	10
Lidar	11
Localizzazione e tipologia delle difese costiere.....	11
Sedimentologia	11
Localizzazione ed entità degli interventi di ripascimento.....	16
Geositi.....	17
Ambiti di tutela	19
Costa alta.....	23
Fase 2: Raccolta dati sul campo	25
Rilievo topo batimetrico dell'area costiera tra Grado e foce Isonzo	26
Rilievo topografico della linea di riva dei banchi.....	33
CAMPIONAMENTO SEDIMENTOLOGICO	33
Fase 3: Definizione dello stato del litorale e sua evoluzione recente. Organizzazione e costruzione di un database costiero in ambiente GIS	36
Fase 4: Ipotesi a macroscale di interventi di difesa dall'erosione	39
Gruppo di lavoro	40
Bibliografia	41

PREMESSA

L'accordo di collaborazione per lo Studio e monitoraggio morfo-sedimentologico dello stato dei litorali della Regione Friuli Venezia Giulia finalizzato alla gestione integrata della zona costiera stipulato tra la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Direzione Centrale Ambiente ed Energia e l'Università degli Studi di Trieste Dipartimento di Matematica e Geoscienze (Coastal Group), in applicazione alla Convenzione Quadro tra la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e l'Università degli Studi di Trieste (DGR 264/2014), prevede l'esecuzione di un servizio pubblico attraverso una reale suddivisione dei compiti tra l'università e la Regione.

L'attività si articola in una serie di fasi successive che iniziano con la raccolta di dati esistenti e la loro verifica, la programmazione ed esecuzione di ulteriori rilievi per migliorare le conoscenze di base relative agli aspetti morfologici e sedimentologici della costa in esame (dalla foce del fiume Tagliamento al confine di Stato in località San Bartolomeo a Muggia), per giungere poi alla caratterizzazione dello stato dei litorali e delle ipotesi di interventi per la difesa all'erosione. È prevista l'organizzazione e costruzione di un database costiero in ambiente GIS.

La presente relazione descrive lo stato di avanzamento dei lavori nella zona costiera Regionale (Figura 1).



Figura 1 Inquadramento dell'area di studio

ATTIVITÀ PREVISTE

Nell'ambito dell'accordo sono state previste le seguenti attività, organizzate in quattro distinte fasi operative:

- Fase 1: Raccolta dati
- Fase 2: Raccolta dati sul campo
- Fase 3: Definizione dello stato del litorale e sua evoluzione recente
- Fase 4: Ipotesi a macroscale di interventi di difesa dall'erosione

FASE 1: RACCOLTA DATI

In ottemperanza a quanto previsto dal Piano delle attività dell'Accordo attuativo, questa fase del lavoro è consistita nella raccolta di dati esistenti. Il litorale, laddove possibile, è stato suddiviso in unità fisiografiche (Figura 2) per meglio gestire il volume di dati:

- Lignano
- Martignano – S.Andrea
- Banchi
- Grado – Primero
- Primero – Isonzo
- Isonzo – Timavo
- Timavo – Trieste
- Trieste – S.Bartolomeo



Figura 2 Suddivisione del litorale in unità fisiografiche

Le informazioni che seguono, sono organizzate in linea di principio rispettando questa suddivisione di base.

I dati disponibili in forma digitale o da noi digitalizzati sono stati organizzati, archiviati e sono resi disponibili al gruppo di lavoro, fatte salve limitazioni dovute a vincoli di *copyright*.

RILIEVI TOPO-BATIMETRICI

Per l'area di indagine relativa alla costa bassa tra la foce del Tagliamento e il Timavo sono disponibili tre levate topo-batimetriche realizzate per tutta l'area:

- 1968 (rilievo CNR - Gruppo di Studio dei Litorali) consistente in 54 sezioni fino alla profondità di 10 m che coprono tutto il litorale compreso tra la foce del Timavo e la foce del Tagliamento
- 1979 (rilievo commissionato allo Studio Volta dalla Regione Autonoma del Friuli Venezia Giulia), che è stato valutato di qualità non adeguata per gli scopi del presente lavoro.
- 1985 (*Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e coordinato dal prof. Brambati: Studio sedimentologico e marittimo costiero dei litorali del Friuli Venezia Giulia, ipotesi di intervento per il recupero ambientale e la valorizzazione della fascia costiera*). Di seguito verrà semplicemente richiamato come *Studio Brambati, 1985*.

Oltre a questi dati, sono disponibili ulteriori levate topo-batimetriche eseguite in tempi più recenti, qui presentate con riferimento alle diverse unità fisiografiche, partendo da quella più occidentale.

LIGNANO

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2018	La Dragaggi	profili topo-batimetrici	190-200m spaziatura media	Batimetrica -8m	Lignano Riviera	Lignano Riviera	Digitale
							No
2018	Università di Trieste - Cgroup ¹	MBES bocca + profili topo	50-100m spaziatura	batimetrica -6m	Lignano Sabbiadoro + bocca Lignano	bocche del Friuli Venezia Giulia	Digitale
							No
2018	Elmar srl Marine survey	profili topo-batimetrici	500m media – 50 m per la bocca	Batimetrica -11m	Lignano Sabbiadoro + bocca Lignano	da Lignano Sabbiadoro a bocca Porto Buso esclusa	Digitale
							No

¹ Attività svolta nell'ambito dell'*Accordo di collaborazione per l'Approfondimento tematico della dinamica sedimentaria laguna-mare ai fini della gestione degli interventi da attuare alle bocche lagunari della laguna di Marano e Grado e della valutazione della loro sostenibilità, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Direzione Centrale alle Infrastrutture, Mobilità, Pianificazione Territoriale, Lavori Pubblici e Università*.

2003	Università di Trieste - Cgroup	profili topo-batimetrici	200m spaziatura media	batimetrica -9m	Lignano Pineta + grigliato bocca Lignano	Da Lignano Pineta a Martignano	Digitale
							No
1985	Brambati	profili topo-batimetrici	varia	batimetrica -10m	Lignano Riviera e Pineta	da Lignano Riviera a foce Isonzo	Digitale
							No
1968	CNR	profili topo-batimetrici	900m spaziatura media	batimetrica -11m	Lignano Sabbiadoro	da Lignano Sabbiadoro al Timavo	Digitale
							No

MARTIGNANO – S. ANDREA

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2019	Università di Trieste - Cgroup ²	MBES+SBES	-	-	Canale navigabile bocca di Porto Buso	bocche del Friuli Venezia Giulia	Digitale
							No
2018	Università di Trieste - Cgroup ²	SBES + MBES bocca + profili topo	50-100m spaziatura	batimetrica -6m	Bocca di Lignano + Martignano + bocca S. Andrea	bocche del Friuli Venezia Giulia	Digitale
							No
2018	Elmar srl Marine survey	Profili batimetrici	500m spaziatura media	batimetrica -10m	bocca di Lignano + Martignano + S. Andrea + Bocca Porto Buso	da Lignano Sabbiadoro a bocca Porto Buso esclusa	Digitale
							No
2002	Università di Trieste - Cgroup	SBES	-	batimetrica -9m	S. Andrea	da S. Andrea alla bocca di Grado	Digitale
							No
1985	Brambati	profili topo-batimetrici	varia	batimetrica -10m	Martignano + S. Andrea	da Lignano Riviera a foce Isonzo	Digitale
							No
1968	CNR	profili topo-batimetrici	800m spaziatura media	batimetrica -11m	Martignano + S. Andrea	da Lignano Sabbiadoro al Timavo	Digitale
							No

² Attività svolta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione per l'Approfondimento tematico della dinamica sedimentaria laguna-mare ai fini della gestione degli interventi da attuare alle bocche lagunari della laguna di Marano e Grado e della valutazione della loro sostenibilità, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Direzione Centrale alle Infrastrutture, Mobilità, Pianificazione Territoriale, Lavori Pubblici e Università.

BANCHI

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2019	Università di Trieste – Cgroup ²	MBES+SBES	-	-	Canale navigabile bocca di Porto Buso	bocche del Friuli Venezia Giulia	Digitale
							No
2018	Elmar srl Marine survey	MBES	-	batimetrica -8m	Canale navigabile esterno bocca Porto Buso	bocca Porto Buso	Digitale
							No
2015	Università di Trieste - Cgroup	Profili topo-batimetrici	800-900m spaziatura	batimetrica -7m	d'Orio + Anfora + Tratauri	d'Orio + Anfora + Tratauri	Digitale
							No
2007	Università di Trieste – Cgroup, OGS ³	Profili topo-batimetrici	800-900m spaziatura media	batimetrica -10m	d'Orio + Anfora + Tratauri	da Anfora a Monfalcone	Digitale
							No
2002	Università di Trieste - Cgroup	SBES	200-500m spaziatura media	batimetrica -8m	Banchi + Bocca di Grado	Banchi + Bocca di Grado	Digitale
							No
1985	Brambati	profili topo-batimetrici	varia	batimetrica -10m	d'Orio + Anfora + Tratauri	da Lignano Riviera a foce Isonzo	Digitale
							No
1968	CNR	profili topo-batimetrici	800m spaziatura media	batimetrica -11m	d'Orio + Anfora + Tratauri	da Lignano Sabbiadoro al Timavo	Digitale
							No

GRADO – PRIMERO

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2019	Università di Trieste – Cgroup ⁴	SBES	-	-	canale di Primero	bocche del Friuli Venezia Giulia	Digitale
							No
2018	ELMAR	MBES	-	-	Canale Primero	Canale Primero	Digitale

³ Progetto Vector <http://www.conisma.it/it/documenti-progetto-vector/>

⁴ Attività svolta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione per l'Approfondimento tematico della dinamica sedimentaria laguna-mare ai fini della gestione degli interventi da attuare alle bocche lagunari della laguna di Marano e Grado e della valutazione della loro sostenibilità, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Direzione Centrale alle Infrastrutture, Mobilità, Pianificazione Territoriale, Lavori Pubblici e Università.

							No
2016	Università di Trieste – Cgroup ⁴	profili topo + MBES	100 m spaziatura media	batimetrica -7m	bocca di Grado	bocca di Grado	Digitale
							No
2007	Università di Trieste – Cgroup - OGS ³	profili topo-batimetrici	1000 m spaziatura media	batimetrica -10m	da Grado alla bocca del Primero	da Anfora a Monfalcone	Digitale
							No
1985	Brambati	profili topo-batimetrici	200-300m spaziatura media	batimetrica -9m	da Grado alla bocca del Primero	da Lignano Riviera a foce Isonzo	Digitale
							No
1968	CNR	profili topo-batimetrici	1000m spaziatura media	batimetrica -11m	da Grado alla foce dell'Isonzo	da Lignano Sabbiadoro al Timavo	Digitale
							No

PRIMERO – ISONZO

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2019	Università di Trieste – Cgroup ⁵	SBES	-	-	canale di Primero	bocche del Friuli Venezia Giulia	Digitale
							No
2018	ELMAR	MBES	-	-	Canale Primero	Canale Primero	Digitale
							No
2007	Università di Trieste – Cgroup - OGS ⁶	profili topo-batimetrici	2000m spaziatura media	batimetrica -9m	da Primero alla foce dell'Isonzo	da Anfora a Monfalcone	Digitale
							No
1985	Brambati	profili topo-batimetrici	varia	batimetrica -9m	da Primero alla foce dell'Isonzo	da Lignano Riviera a foce Isonzo	Digitale
							No

⁵ Attività svolta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione per l'Approfondimento tematico della dinamica sedimentaria laguna-mare ai fini della gestione degli interventi da attuare alle bocche lagunari della laguna di Marano e Grado e della valutazione della loro sostenibilità, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Direzione Centrale alle Infrastrutture, Mobilità, Pianificazione Territoriale, Lavori Pubblici e Università.

⁶ Progetto Vector <http://www.conisma.it/it/documenti-progetto-vector/>

1968	CNR	profili topo- batimetrici	1000m spaziatura media	batimetrica -11m	da Primero alla foce dell'Isonzo	da Lignano Sabbiadoro al Timavo	Digitale
							No

ISONZO – TIMAVO

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2007	Università di Trieste – Cgroup - OGS ⁵	profili topo- batimetrici	1500m spaziatura media	batimetrica -10m	dalla foce dell'Isonzo a Monfalcone	da Anfora a Monfalcone	Digitale
							No
1985	Brambati	profili topo- batimetrici	varia	batimetrica -6m	foce dell'Isonzo	da Lignano Riviera a foce Isonzo	Digitale
							No
1968	CNR	profili topo- batimetrici	1000m spaziatura media	batimetrica -10m	dalla foce dell'Isonzo al Timavo	da Lignano Sabbiadoro al Timavo	Digitale
							No

TIMAVO – TRIESTE

Per l'area della costa alta dal Timavo a Trieste i rilievi batimetrici sono scarsi, la descrizione della morfologie e delle profondità del fondale possono essere ricavate dai profili geofisici eseguiti con diversa strumentazione nell'area a scopi sia di ricerca che applicativi, tra il 2005 e il 2015.

Sono stati infatti resi disponibili dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale OGS di Trieste (OGS) i dati relativi alle seguenti pubblicazioni:

- Trobec, A. & Busetti, M. (2017): Models of the bathymetry, of the base and of the thickness of Holocene marine sediment in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). OGS SNAP System, DOI: <https://doi.org/10.6092/6ad9b1e6-c977-cec9-8a2d-db10c7f90adc>
- Trobec, A., Busetti, M., Zgur, F., Baradello, L., Babich, A., Cova, A., Gordini, E., Romeo, R., Tomini, I., Poglajen, S., Diviacco, P., Vrabc, M. (2018). Thickness of marine Holocene sediment in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). Earth System Science Data, DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-10-1077-2018>

Si tratta dei grid della batimetria del Golfo di Trieste a spaziatura di 30 e 50m e gli shapefile delle isobate con intervallo 1m e 5m.

DA TRIESTE A SAN BARTOLOMEO

Anno rilievo	Fonte	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di rilievo	Area di riferimento progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2006	Università di Trieste - Cgroup	profili topo- batimetrici	spaziatura 100m	variabile tra 8 e 12 m	Muggia	Muggia	Digitale
							No

Analogamente all'unità fisiografica precedente, sono stati inoltre resi disponibili dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale OGS di Trieste (OGS) i dati relativi alle seguenti pubblicazioni:

- Trobec, A. & Buseti, M. (2017): Models of the bathymetry, of the base and of the thickness of Holocene marine sediment in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). OGS SNAP System, DOI: <https://doi.org/10.6092/6ad9b1e6-c977-cec9-8a2d-db10c7f90adc>
- Trobec, A., Buseti, M., Zgur, F., Baradello, L., Babich, A., Cova, A., Gordini, E., Romeo, R., Tomini, I., Poglajen, S., Diviacco, P., Vrabc, M. (2018). Thickness of marine Holocene sediment in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). Earth System Science Data, DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-10-1077-2018>

Si tratta dei grid della batimetria del Golfo di Trieste a spaziatura di 30 e 50m e gli shapefile delle isobate con intervallo 1m e 5m.

FOTO AEREE

Data	Nome volo	Dati reperiti su	Grado di dettaglio	Data ripresa	Note
2014	AgEA_Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura	IRDAT FVG + Archivio Università di Trieste - Cgroup	pixel 20 cm	I voli sono stati effettuati nella Provincia di Trieste: dal 27 settembre 2014 al 3 ottobre 2014	Ortofoto a colori e IR - Mula di Muggia non completa
2011	AgEA_Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura	IRDAT FVG + Archivio Università di Trieste - Cgroup	pixel 50 cm	voli effettuati nel mese di luglio 2011 09/07/2011	-
2007	CGR volo IT 2007	IRDAT FVG + Archivio Università di Trieste - Cgroup	pixel 50 cm	18/05/2007 e 17/07/2007.	Ortofoto IR - Mula di Muggia non visibile)
2006	-	online su http://www.pcn.minaambiente.it/mattm/servizio-wms/	-	17/07/2007.	-
2003	CGR	Archivio Università di Trieste - Cgroup	pixel 15 cm	probabilmente giugno 2003	Volo per ARPA con bassa marea
2003	CGR IT2003	IRDAT FVG	-	Voli eseguiti tra il 25 luglio 2003 e il 18 ottobre 2003	-
2000	-	online su http://www.pcn.minaambiente.it/mattm/servizio-wms/	pixel 1 m	12/05/1998 ; 01/11/1998	-
1998	CGR IT2000	IRDAT FVG	pixel 50 cm	12-05-98	-
1997	-	online su http://www.pcn.minaambiente.it/mattm/servizio-wms/	pixel 1 m	01-08-97	Ortofoto in bianco e nero anni 1994 - 1998

1990	volo CGR	Archivio Università di Trieste - Cgroup	-	28-02-90	Immagini scannerizzate dalle foto originali archiviate presso l'ex Cartografico della RAFVG
1989	-	online su http://www.pcn.minaambiente.it/mattm/servizio-wms/	pixel 1 m	05-05-89	Ortofoto in bianco e nero anni 1988-1989
1978	volo CNR	Archivio Università di Trieste - Cgroup	-	02-06-78	Ortofoto a colori
1954	volo GAI	Archivio Università di Trieste - Cgroup	-	11-04-54	-

LIDAR

E' disponibile il rilievo Lidar eseguito dalla Protezione Civile della Regione su tutto il territorio regionale nel periodo 2008-2010. I dati sono reperibili sul geoportale cartografico della regione FVG (IRDAT). Un nuovo rilievo Lidar eseguito nel 2018 è al momento disponibile per le sole unità fisiografiche Timavo-Trieste e Trieste-S.Bartolomeo.

LOCALIZZAZIONE E TIPOLOGIA DELLE DIFESE COSTIERE

Il rilievo e la digitalizzazione cartografica delle difese costiere appartenenti alle diverse tipologie derivano dalla Cartografia Geologico Tecnica della regione Friuli Venezia Giulia, un progetto che ha coinvolto il Servizio Geologico e dell'Università degli Studi di Trieste Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine e dell'Università di Udine Dipartimento di Georisorse e Territorio. La cartografia è stata realizzata a scala 1:5000, le aree di indagine ricadono nei fogli: 108 Lignano, 109 Grado, 110 Trieste. Le difese costiere sono anche mappate nel Geoportale cartografico della Regione FVG: le opere marittime o di difesa sono disegnate con poligono sulla base del rilievo ortofoto PCR 2012.

(http://irdat.regione.fvg.it/Distributore/download?idDset=10821&idFmt=383&type=wfs&path=GEOLOGIA:OPERE_MARITTIME&refSys=6708).

SEDIMENTOLOGIA

Una dettagliata conoscenza della sedimentologia delle spiagge e dei fondali adiacenti è funzionale a definire la morfodinamica di una spiaggia e necessario per pianificare correttamente gli interventi di ripascimento. Nel caso di apporti di sedimento per la ricostruzione o il rinforzo di spiagge e fondali in erosione è indispensabile infatti rispettare in maniera precisa alcuni criteri nella scelta del materiale da introdurre. I due parametri granulometrici più importanti per questa finalità sono il diametro medio (o un'altra misura di tendenza centrale come la mediana) e il sorting.

- Il diametro medio corrisponde al valore medio della distribuzione di frequenza delle classi dimensionali, quindi al valore dimensionale ponderato rispetto ai valori di occorrenza. Il diametro medio è uguale alla mediana - cioè al *diametro corrispondente al 50° percentile (D50) della curva cumulativa* - quando le distribuzioni granulometriche sono perfettamente gaussiane, ovvero simmetriche con un solo picco.

- Il *sorting* identifica il *grado di assortimento del sedimento* ossia la sua variabilità (deviazione standard) rispetto al valore medio della distribuzione e viene espresso nella scala logaritmica ϕ , di Krumbein (1934).

Un inquadramento dell'area dal punto di vista sedimentologico è dato dalla Carta Sedimentologica dell'Adriatico Settentrionale (Brambati et al., 1988).

Per l'area di indagine l'unica campagna di prelievo di analisi dei sedimenti superficiali della spiaggia e dei fondali che ha riguardato l'intero litorale sabbioso della regione è stata compiuta per lo Studio Brambati (1985). I campioni superficiali del sedimento del fondale sono stati prelevati in corrispondenza dei transetti di rilievo batimetrico da 0 a -7 m, a ogni metro di profondità. L'ubicazione dei campioni è pervenuta in mappe cartacee e in tabelle sono riportate la distribuzione granulometrica in classi ricavate dall'analisi con il metodo setacci / pipetta e i seguenti parametri: % di sabbia, % di silt, % di argilla, Mz, So; SK, Kg, Md. I dati sono pervenuti su supporto cartaceo per cui si è resa necessaria una fase di georeferenziazione delle posizioni dei campioni e di digitalizzazione dei dati.

Dati sedimentologici più recenti sono stati reperiti al momento solo per il litorale di Lignano come indicato nelle tabelle seguenti.

LIGNANO

Anno rilievo	Fonte	N. Profili / campioni	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2018	La Dragaggi	24	bennetta Van Veen	400	Da 0 a -5 m	solo Lignano Riviera	Digitale
							No
2018	Cgroup ⁷	71	benna Van Veen	maglia a spaziatura variabile	da 0 a -4,5 m	bocca di Lignano e relativo ebb delta, fondali antistanti l'isola di Martignano	Digitale
							No
1985	Brambati	105 campioni (26 sigla T, 68 sigla S, 11 sigla 19 U.O.)		lungo i profili batimetrici a diversa spaziatura	da 0 a -7 m , ogni metro di profondità	Tutta la costa regionale	cartacea (Allegato 2,12 ubicazione + volume 4 tabulati delle analisi)
							Si

⁷ Attività svolta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione per l'Approfondimento tematico della dinamica sedimentaria laguna-mare ai fini della gestione degli interventi da attuare alle bocche lagunari della laguna di Marano e Grado e della valutazione della loro sostenibilità, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Direzione Centrale alle Infrastrutture, Mobilità, Pianificazione Territoriale, Lavori Pubblici e Università.

MARTIGNANO – S. ANDREA

Anno rilievo	Fonte	N. profili / campioni	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
2018	Cgroup ⁶	71	benna Van Veen	maglia a spaziatura variabile	da 0 a -4,5 m	bocca di Lignano e relativo ebb delta, fondali antistanti l'isola di Martignano	Digitale
							No
1985	Brambati	54 campioni (44 sigla M, 10 sigla 18 U.O.; per i transetti 17U.O, 16UO e 15U.O campioni solo nel 1972-73)	-	lungo i profili batimetrici dello stesso progetto a diversa spaziatura	da 0 a -7 m , ogni metro di profondità	Tutta la costa regionale	cartacea (Allegato 2,12 ubicazione, allegato 1,6 ubicazione regionale, volume 4 tabulati delle analisi)
							Si

BANCHI

Anno rilievo	Fonte	N. profili / campioni	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
1985	Brambati	transetti 14U.O, 13UO e 12U.O e 11 U.O. campioni solo nel 1972-73)	-	lungo i profili batimetrici a diversa spaziatura	da 0 a -7 m , ogni metro di profondità	Tutta la costa regionale	cartacea (Allegato 1,6 ubicazione regionale, volume 4 tabulati delle analisi)
							No

GRADO – PRIMERO

Anno rilievo	Fonte	N. profili / campioni	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto

1985	Brambati	(173 campioni (8 sigla 10UO, 8 11UO, 73 sigla G, 77 sigla B, 8 sigla 8UO)	-	lungo i profili batimetrici a diversa spaziatura	da 0 a -7 m , ogni metro di profondità	Tutta la costa regionale	cartacea (Allegato 3,14 ubicazione , volume 4 tabulati delle analisi)
							Si

PRIMERO - ISONZO

Anno rilievo	Fonte	N. profili / campioni	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
1985	Brambati	(165 campioni (8 sigla 10UO, 8 11UO, 73 sigla G, 68 sigla B, 8 sigla 8UO) transetti 4UO-7 UO campionati solo nel 1973	-	lungo i profili batimetrici a diversa spaziatura	da 0 a -7 m , ogni metro di profondità	Tutta la costa regionale	cartacea (Allegato 1,6 ubicazione regionale, volume 4 tabulati delle analisi)
							Si

ISONZO – TIMAVO

Anno rilievo	Fonte	N. profili / campioni	Modalità di campionamento	Spaziatura	Profondità	Area di riferimento del progetto	Modalità di archiviazione
							Digitalizzazione per il progetto
1985	Antonio Brambati	47 campioni sigla P, 10 sigla 1UO	-	lungo i profili batimetrici a diversa spaziatura	da 0 a -7 m , ogni metro di profondità	Tutta la costa regionale	cartacea (Allegato 4,14 ubicazione regionale, volume 4 tabulati delle analisi)
							Si

Nello *Studio Brambati* (1985) sono presenti una serie di carte sedimentologiche per l'area in esame (diametro medio in phi, % di sabbia, silt argilla) basate sui campionamenti del 1985 e di quelli realizzati dal CNR nel 1972-73. Uno stralcio della cartografia relativa alla distribuzione dei valori di diametro medio è riportata in Figura 3, mentre in Figura 4 sono riportate le distribuzioni delle diverse percentuali di contenuto in sabbia.

Campionamenti più recenti sono stati fatti per la realizzazione della Cartografia Geologico Tecnica della Regione Friuli Venezia Giulia; si tratta di 576 campioni prelevati con benna in tutto il Golfo di Trieste e analizzati

presso il laboratorio di sedimentologia del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università di Trieste. Di interesse per il presente studio sono soltanto quelli più prossimi alla linea di costa ossia indicativamente entro i 10 m di profondità.

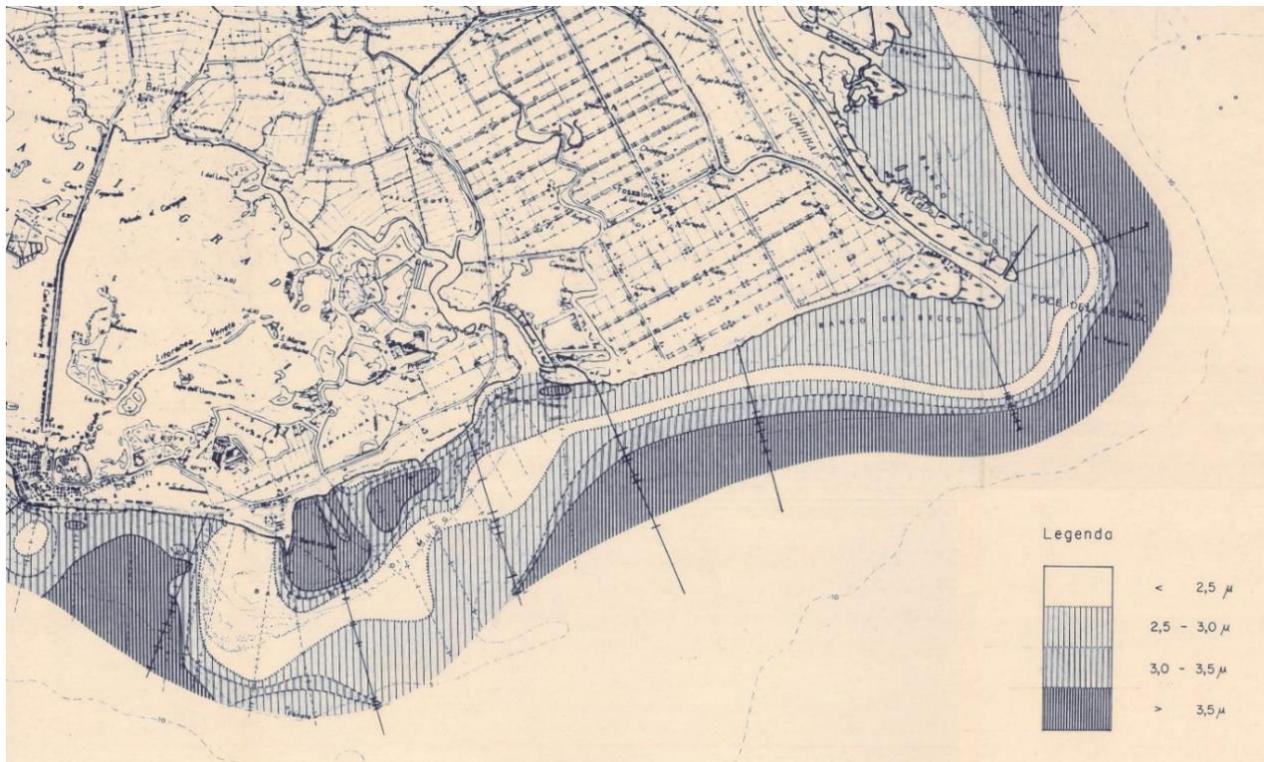


Figura 3 Carta sedimentologica che riporta i valori di diametro medio (MZ) per l'area in esame (da Studio Brambati, 1985), i valori sono espressi in unità phi.

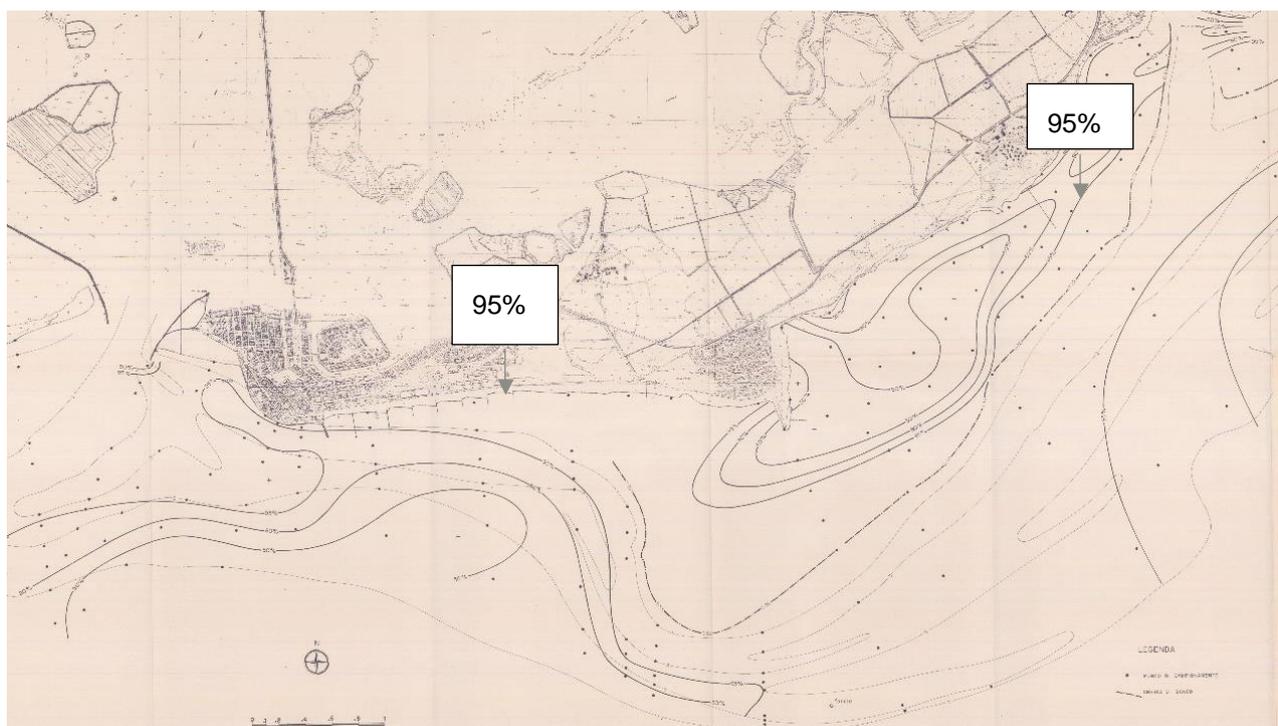


Figura 4 Carta sedimentologica che riporta i valori di percentuale di sabbia nei sedimenti (da Studio Brambati, 1985).

LOCALIZZAZIONE ED ENTITÀ DEGLI INTERVENTI DI RIPASCIMENTO

È di fondamentale importanza conoscere l'entità e l'ubicazione dei ripascimenti per valutare correttamente i dati di budget sedimentario all'interno di un litorale. È infatti chiaro che il valore del budget di un settore (o cella) interessata da un ripascimento è condizionato dall'intervento, e avrà un significato diverso rispetto ai settori costieri che si sono evoluti naturalmente. Inoltre è altrettanto fondamentale conoscere i quantitativi di sabbia interessata anche nel contesto di innalzamento del livello del mare e dei fenomeni erosivi estremi.

Di seguito vengono riportati i dati raccolti per le due principali spiagge che sono soggette a ripascimenti a fini turistici.

LIGNANO

ANNO	DECRETO	SPIAGGIA RIPASCIMENTO	QUANTITÀ AU. [MC]
2016-2017	n. 217 18/02/2016	Pineta	76.000 complessivi
2016-2017	n. 315 02/03/2016	Sabbiadoro	80.000 complessivi
2015	n. 243 19/02/2015	Sabbiadoro	55.000
2014	n. 788 30/04/2014	Sabbiadoro	7.500
2013	n. 1829 05/08/2013	Sabbiadoro	37.500
2012-2013	n. 215 06/02/2012	Pineta	80.000 complessivi
2011	n. 738 11/04/2011	Pineta	46.000
2009	n. 65 27/01/2009	Pineta	10.000
2008-2011	n. 2165 11/11/2008	Pineta	138.000 complessivi
2007-2009	n. 69 23/01/2007	Sabbiadoro	104.000 complessivi
2006-2008	n. 2913 23/11/2005	Pineta	max 50.000/anno
2005	n. 639 30/03/2005	Pineta	24.000
2004	n. 437 24/03/2004	Pineta	20.000

GRADO

Informazioni in merito ai ripascimenti della spiaggia di Grado sono ancora in fase di raccolta. I dati più recenti in possesso risalgono al 2010: durante le operazioni di dragaggio del canale di accesso al porto di Grado, sono stati escavati circa 55.000 mc di materiale sabbioso, refluito poi sul litorale di Grado ottenendo un incremento dell'ampiezza di circa 25 m e un soprizzo di circa 1 m.

GEOSITI

La collocazione spaziale dei geositi, ovvero le *località, aree o territori in cui è possibile definire un interesse geologico-geomorfologico per la conservazione* (Wimbledon, 1996), è stata fornita dal Servizio Geologico della Regione FVG.

Di seguito una immagine (Figura 5) che ne rappresenta la distribuzione spaziale lungo il litorale regionale.

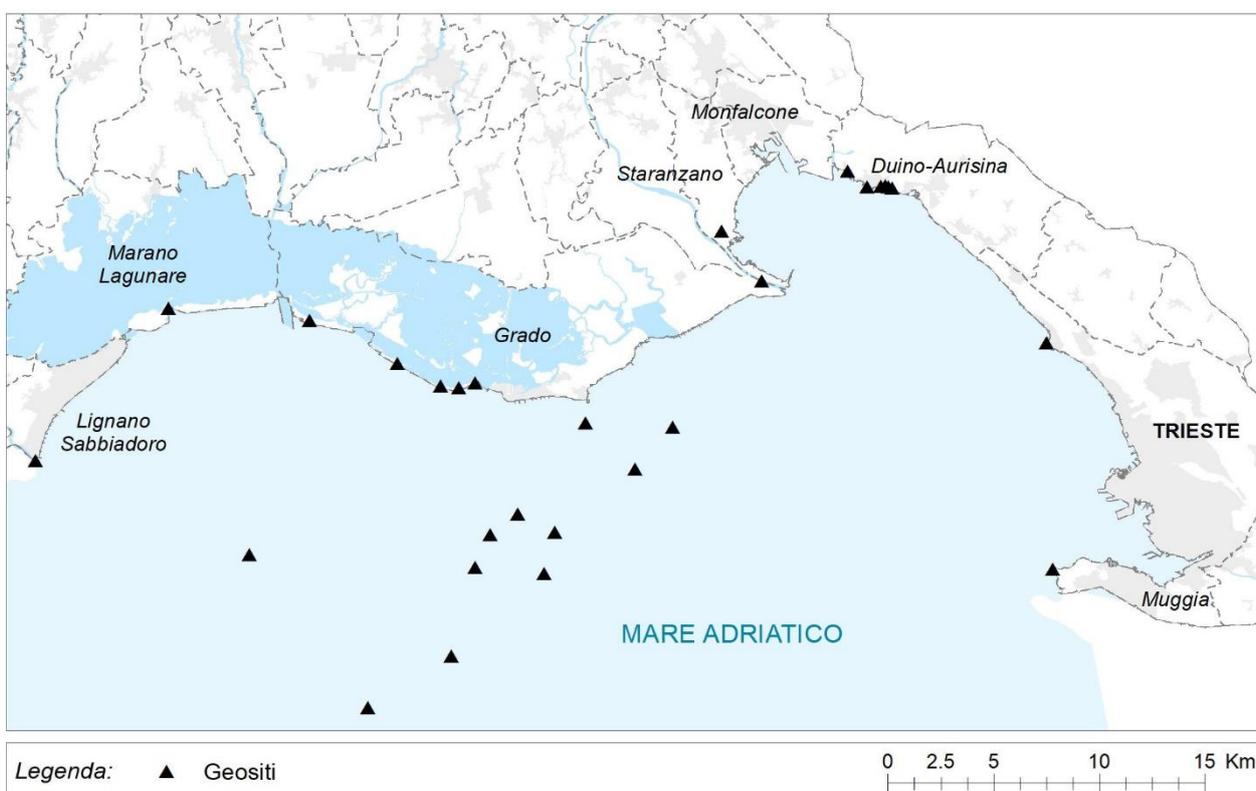


Figura 5 Geositi

ID	NOME	LOCALITÀ	POSIZIONE	GRADO DI INTERESSE
64	Dinosauri del Villaggio del Pescatore	Villaggio del pescatore	Emerso	Sovranazionale
152	Falesia di Duino: carsismo, Grotta dell'Utimo Dinosaurio, solco di battente	Duino	Epigeo Sommerso - emerso	Sovranazionale
154a	Banco sommerso della Trezza Grande	Primero	Sommerso	Regionale

154b	Banchi sommersi della Trezza Piccola	Primero	Sommerso	Regionale
154c	Banchi sommersi della Mula di Muggia	Primero	Sommerso	Regionale
156a	Foce dell'Isonzo	Foce dell'Isonzo	Epigeo Sommerso - emerso	Nazionale
156b	Isola della Cona	Foce dell'Isonzo	Epigeo Sommerso - emerso	Nazionale
163a	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163b	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163c	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163d	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163e	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163f	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163g	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
163h	Grebani del Golfo di Trieste	Grado	Sommerso	Nazionale
186	Falesia di Duino - Solco di battente	Duino	Epigeo Sommerso - emerso	Nazionale
187	Piattaforma sommersa di Punta Sottile	Muggia	Sommerso	Nazionale
232a	Cordone litorale del banco d'Anfora	Grado	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale
232b	Cordone litorale del banco d'Orio e dei Tratauri	Grado	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale
232c	Cordone litorale dei Tratauri	Grado	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale
232d	Cordone litorale dei Tratauri	Grado	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale
232e	Cordone litorale dei Tratauri	Grado	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale
397	Bocca lagunare di Sant'Andrea	Laguna di Marano	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale

486	Delta del Fiume Tagliamento	Foce del Tagliamento – Lignano Riviera	Epigeo Sommerso - emerso	Nazionale
487	Frana sottomarina (olistostroma) di Miramare	Castello di Miramare	Epigeo Sommerso - emerso	Regionale
531	Falesia di Duino - Grotta dell'Ultimo Dinosaurio	Duino	Ipogeo Emerso	Regionale
544a	Falesia di Duino - Carsismo	Duino	Epigeo	Regionale
544b	Falesia di Duino - Carsismo	Duino	Epigeo	Regionale

AMBITI DI TUTELA

Lungo la fascia costiera, la tutela delle aree naturali, si esplica attraverso l'individuazione di ambiti di tutela appartenenti a tre diversi livelli normativi:

1. Aree marine protette
2. Riserve naturali regionali e biotopi
3. Rete europea Natura 2000 (attraverso le aree ZSC e ZPS)

A questi ambiti è possibile aggiungere quelli definiti dalla Convenzione di Ramsar sulle Zone Umide, un trattato intergovernativo che fornisce il quadro per l'azione nazionale e la cooperazione internazionale per la conservazione e l'uso razionale delle zone umide e delle loro risorse.

La fonte dei dati risulta anche in questo caso il Geoportale Cartografico Regionale (IRDAT).

AREE MARINE PROTETTE

Lungo il litorale è presente l'Area Marina Protetta di Miramare nel Golfo di Trieste.

L'area è parte della rete mondiale di Riserve della Biosfera MAB Unesco, Area Protetta ASPIM, sito Natura 2000 SIC IT3340007 ai sensi della Direttiva 92/43/CEE.

L'ambito spaziale coincide con quello del SIC di riferimento.

RISERVE NATURALI REGIONALI E BIOTOPI

Le **riserve naturali** promuovono lo sviluppo delle attività educative, informative, divulgative, di formazione e di ricerca al fine di incrementare la cultura naturalistica.



Figura 6 Riserve naturali regionali

ISTITUZIONE	NOME	GESTORE
L.R. n. 42 del 30.9.1996 art. 46	Riserva naturale regionale della Valle Cavanata	Comune di Grado
L.R. n. 42 del 30.9.1996 art. 47	Riserva naturale regionale della Foce dell'Isonzo	Associazione dei Comuni di Staranzano, Fiumicello, Grado, San Canzian d'Isonzo
L.R. n. 42 del 30.9.1996 art. 49	Riserva naturale regionale delle Falesie di Duino	Comune di Duino-Aurisina

I **biotopi** naturali sono aree di limitata estensione territoriale, individuati in aree esterne ai parchi e alle riserve, caratterizzate da emergenze naturalistiche di grande interesse, che corrono il rischio di distruzione e scomparsa.



Figura 7 Biotopi

ISTITUZIONE	NOME	COMUNI INTERESSATI
23/6/98 n.0237/Pres	Palude del Fiume Cavana	Monfalcone
Risorgive di Schiavetti	28/9/01 n.0360/Pres	Monfalcone e Staranzano

RETE EUROPEA NATURA 2000

La Rete Natura 2000 definita dalle Direttive "Habitat" ed "Uccelli" tutela la biodiversità attraverso siti caratterizzati dalla presenza di habitat e specie di flora e fauna di interesse comunitario da mantenere in uno stato di conservazione soddisfacente.

ZSC: *Zone Speciali di Conservazione* di cui agli allegati 1 e 2 alla direttiva 92/43/CEE (si tratta di siti individuati allo scopo principale di mantenere o ripristinare un determinato habitat naturale in uno stato di conservazione soddisfacente).

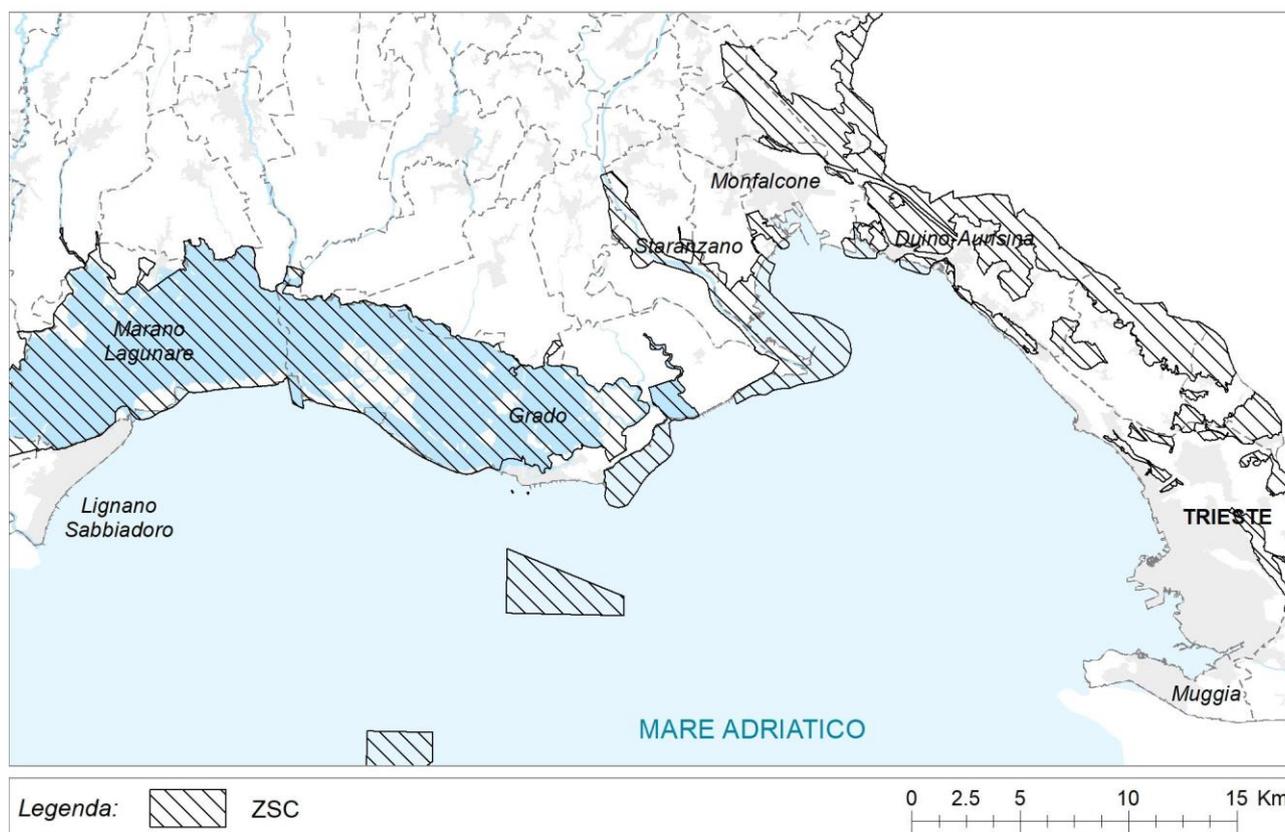


Figura 8 ZSC

CODICE	NOME	TIPO
IT3320037	Laguna di Marano e Grado	C -ZSC e ZPS coincidenti
IT3330005	Foce dell' Isonzo - Isola della Cona	C - ZSC e ZPS coincidenti
IT3330006	Valle Cavanata e Banco Mula di Muggia	C – ZSC e ZPS coincidenti
IT3330009	Trezze San Pietro e Bardelli	B - SIC senza relazioni con altro sito NATURA 2000
IT3340006	Carso Triestino e Goriziano	G – ZSC incluso in una ZPS
IT3330008	Relitti di Posidonia presso Grado	B - SIC senza relazioni con altro sito NATURA 2000
IT3340007	Area marina di Miramare	B - SIC senza relazioni con altro sito NATURA 2000

ZPS: *Zone di Protezione Speciale* di cui alla c.d. 'direttiva uccelli', n. 2009/147/CE (si tratta di zone istituite allo scopo principale di tutelare in modo i siti in cui vivono le specie ornitiche elencate in diversi elenchi)

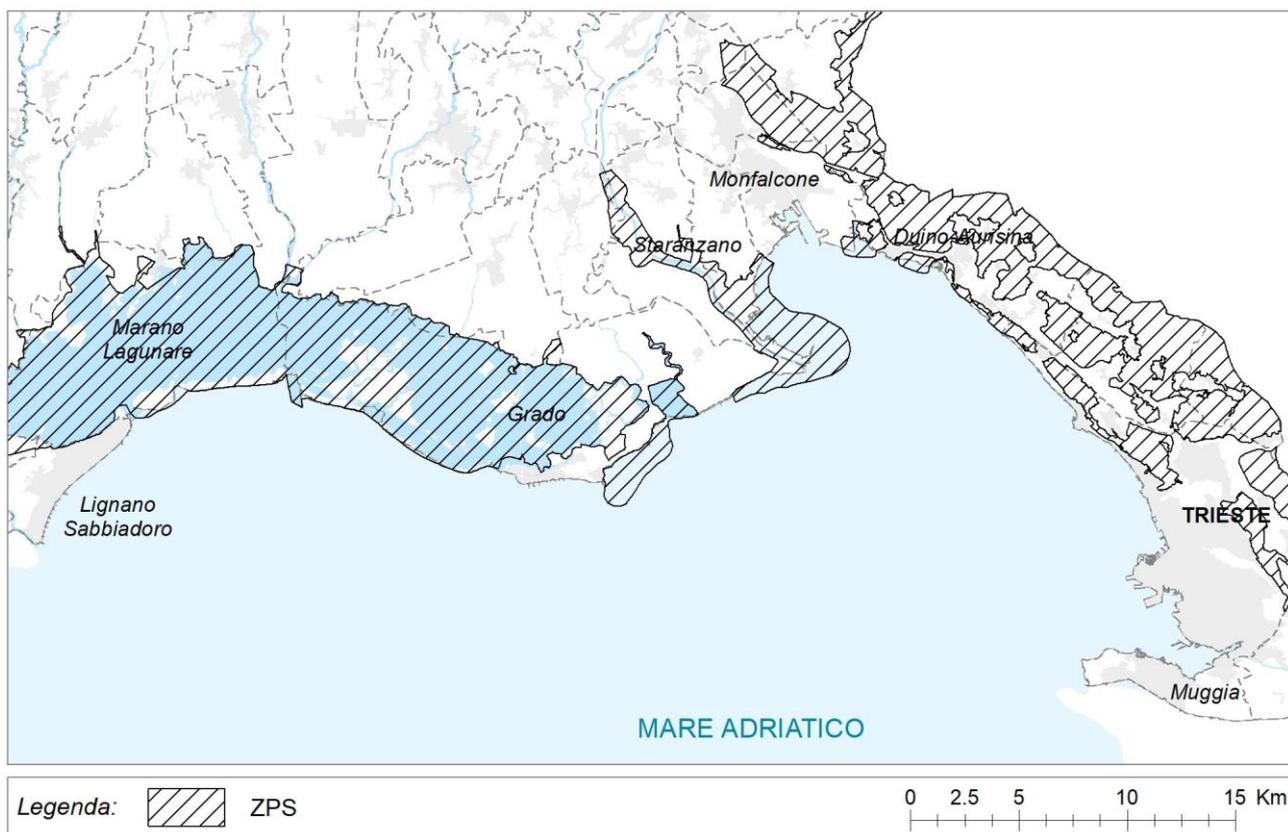


Figura 9 ZPS

CODICE	NOME	TIPO
IT3320037	Laguna di Marano e Grado	C - SIC e ZPS coincidenti
IT3330005	Foce dell'Isonzo - Isola della Cona	C - SIC e ZPS coincidenti
IT3330006	Valle Cavanata e Banco Mula di Muggia	C - SIC e ZPS coincidenti
IT3341002	Aree Carsiche della Venezia Giulia	F - ZPS che contiene SIC

COSTA ALTA

Le coste alte richiedono una trattazione e analisi a sé stante rispetto a quelle basse sabbiose. Esse sono comprese tra la foce del Timavo e il valico di San Bartolomeo con l'esclusione dell'area urbana e portuale di Trieste (Figura 10).



Legenda:  Ambito di studio: costa alta

0 2.5 5 10 Km

Figura 10 Ambito di studio definito come "Costa alta"

GEOMORFOTIPI COSTIERI

FONTI DATI

Sara Biolchi, Stefano Furlani, Stefano Covelli, Martina Busetti & Franco Cucchi
 (2016) *Morphoneotectonics and lithology of the eastern sector of the Gulf of Trieste (NE Italy)*,
 Journal of Maps, 12:5, 936-946, DOI: 10.1080/17445647.2015.1099572

LITOLOGIE

FONTI DATI

Sara Biolchi, Stefano Furlani, Stefano Covelli, Martina Busetti & Franco Cucchi
 (2016) *Morphoneotectonics and lithology of the eastern sector of the Gulf of Trieste (NE Italy)*,
 Journal of Maps, 12:5, 936-946, DOI: 10.1080/17445647.2015.1099572

ELEMENTI MORFOLOGICI E ANTROPICI DI RILIEVO

FONTI DATI

Sara Biolchi, Stefano Furlani, Stefano Covelli, Martina Busetti & Franco Cucchi
(2016) *Morphoneotectonics and lithology of the eastern sector of the Gulf of Trieste (NE Italy)*,
Journal of Maps, 12:5, 936-946, DOI: 10.1080/17445647.2015.1099572

FASE 2: RACCOLTA DATI SUL CAMPO

L'attività di raccolta dati eseguita in collaborazione con il personale della regione FVG ha permesso di avere una visione complessiva dei dati disponibili per l'area di indagine e di evidenziarne le carenze.

In primo luogo è necessario ricordare che non esiste in Friuli Venezia Giulia un piano di monitoraggio delle coste che preveda rilievi e raccolta dati a cadenza regolare e con criteri tecnico scientifici adeguati. Il risultato, come si è visto, è un insieme di dati discontinui, incoerenti, a volte di difficile reperibilità e non sempre adeguati a essere messi a confronto gli uni con gli altri.

Si ribadisce la necessità che venga definito a livello istituzionale un piano di monitoraggio per le coste basse sabbiose del Friuli Venezia Giulia come raccomandato, anche, dalla Carta di Bologna (Regione Emilia Romagna - Bologna Charter, Join Action Plan).

In attesa di iniziative in tal senso, si sono definite, per le necessità dello studio, una serie di priorità con lo scopo di colmare le principali lacune di dati attualmente esistenti:

- Rilievi topo-batimetrici in aree prive di aggiornamenti successivi al 2007 (Figura 11):
 - o Area di Lignano: la porzione centrale del litorale di Lignano, ovvero quello di Pineta, manca di dati dal 2003; vista l'importanza turistica del sito è necessari acquisire informazioni quanto prima, prioritariamente lungo profili che riprendano la campagna del 1968 e che la implementino. Inoltre i profili batimetrici eseguiti da Elmar nel 2018 a Sabbiadoro chiudono verso terra alla batimetrica -1m; quindi anche per questo settore si propone un'implementazione dei rilievi nella parte di spiaggia mancante, che comprende la porzione sommersa dallo 0 alla -1m e tutta la spiaggia emersa.
 - o Area dell'Isola di Sant'Andrea: i rilievi più recenti in questa zona (eseguiti da Elmar nel 2018) non sono completi in quanto non coprono tutto il profilo dalla spiaggia emersa a quella sottomarina e necessitano di aggiornamento e implementazione.
 - o Area compresa tra Grado e il Porto di Monfalcone: si tratta di un settore costiero in cui l'ultimo rilievo topo-batimetrico è stato eseguito nel 2007. In virtù di questo aspetto, tra marzo e luglio 2019, è stata effettuata un'accurata indagine topo-batimetrica nell'area (come descritto in seguito).
 - o Area tra Duino e il confine di Stato di S. Bartolomeo (ad esclusione della zona urbana e portuale di Trieste): i fondali di questa porzione di costa alta è stata indagata con varie metodologie geofisiche a cavallo tra il 2005 e il 2015; si propone pertanto, seppur non prioritariamente data la tipologia di fondali, di effettuare dei nuovi rilievi per uniformare le informazioni rispetto a quelle esistenti negli altri settori, eseguendo profili il più possibile equidistanti (1000m).



Figura 11 Aree prive di aggiornamenti topo-batimetrici

- Campionamento sedimentologico delle spiagge
 - o Si propone di creare una banca dati relativamente alle spiagge emerse del FVG che comprenda i dati granulometrici completi, da utilizzare ai fini della pianificazione di eventuali interventi di ripascimento, ma anche per finalità conoscitive di tipo morfodinamico (energia del moto ondoso, direzione del trasporto longshore) anche attraverso l'applicazione di modellistica numerica (calcolo del trasporto longshore).
- Campionamento sedimentologico dei fondali
 - o Si propone di creare una banca dati relativamente alle spiagge emerse del FVG che comprenda i dati granulometrici completi, da utilizzare ai fini della pianificazione di eventuali interventi di ripascimento, ma anche per finalità conoscitive di tipo morfodinamico (energia del moto ondoso, direzione del trasporto longshore) anche attraverso l'applicazione di modellistica numerica (calcolo del trasporto longshore). In ottemperanza a quanto previsto dal Piano di Attività, si è proceduto nell'avviare la fase di implementazione dei rilievi preesistenti, come descritto di seguito.

RILIEVO TOPO BATIMETRICO DELL'AREA COSTIERA TRA GRADO E FOCE ISONZO

Sono tre i fattori per si è deciso di dare priorità per l'acquisizione di nuovi dati topo batimetrici nelle unità fisiografiche Grado-Primero e Primero-Isonzo:

1. Si tratta di una zona ad elevato valore turistico
2. Le ultime indagini risalgono al 2007

3. L'area è stata scelta come Sito Pilota nell'ambito del progetto Interreg Italia Croazia Change We Care di cui la regione FVG è partner e ciò offre la possibilità di integrare questa fase di rilievo con altre indagini e analisi, già previste nel progetto.

Per questi motivi tra marzo e luglio 2019 è stata effettuata un'accurata indagine topo-batimetrica nell'area. Il sistema di coordinate adottato è ETRS89-UTM33N. Tutte le quote sono riferite al dato IGM come registrato nel caposaldo regionale.

Per quanto riguarda la *mesh* di campionamento, è stato scelto un doppio approccio:

- parte dei rilievi sono lineari, perpendicolari al litorale e distribuiti geometricamente in modo da avere una copertura generale per un totale di 30 profili
- le restanti indagini sono state condotte al fine di rilevare particolari caratteristiche morfologiche della zona. Esse si sono concentrate sull'area denominata Banco della Mula di Muggia e l'acquisizione è stata eseguita in modo più dettagliato dove sono state riscontrate variazioni morfologiche come barre, truogoli, canali.

Il posizionamento di 15 dei 30 profili segue la necessità di un confronto con i dati topo-batimetrici registrati nel 2007 e nel 1968.

Sono stati aggiunti 13 profili tra i profili 1 e 9 del 1968 con l'obiettivo di aumentare i dettagli e migliorare la ricostruzione topografica del Banco della Mula di Muggia, mentre altri due profili sono stati collocati a est del profilo più orientale del 1968 (profilo 15) per allargare l'area rilevata alla foce del fiume Isonzo.

Per ottenere un rilevamento accurato e dettagliato della morfologia sono state utilizzate diverse tecniche di rilevamento:

TOPOGRAFIA CON SISTEMA GNSS

I rilievi topografici sono stati effettuati sulla spiaggia e sulle zone intertidali dove la profondità dell'acqua non era sufficiente per la misurazione dell'ecoscandaglio. Sono stati usati due sistemi GNSS Stonex S9III, collegati alla rete di correzione NRTK di Italpos.

La quota ellissoidale (WGS84) è stata successivamente corretta sulla base del delta ellissoide / geoide calcolato per il caposaldo di riferimento, convertito in geoidico utilizzando il software IGM Convergo. Più di 4800 punti sono stati acquisiti lungo circa 17 km tra la Bocca di Porto di Grado e la foce del fiume Isonzo. Le indagini topografiche sono state condotte a piedi e in pedalò in base alle esigenze logistiche (Figura 13).

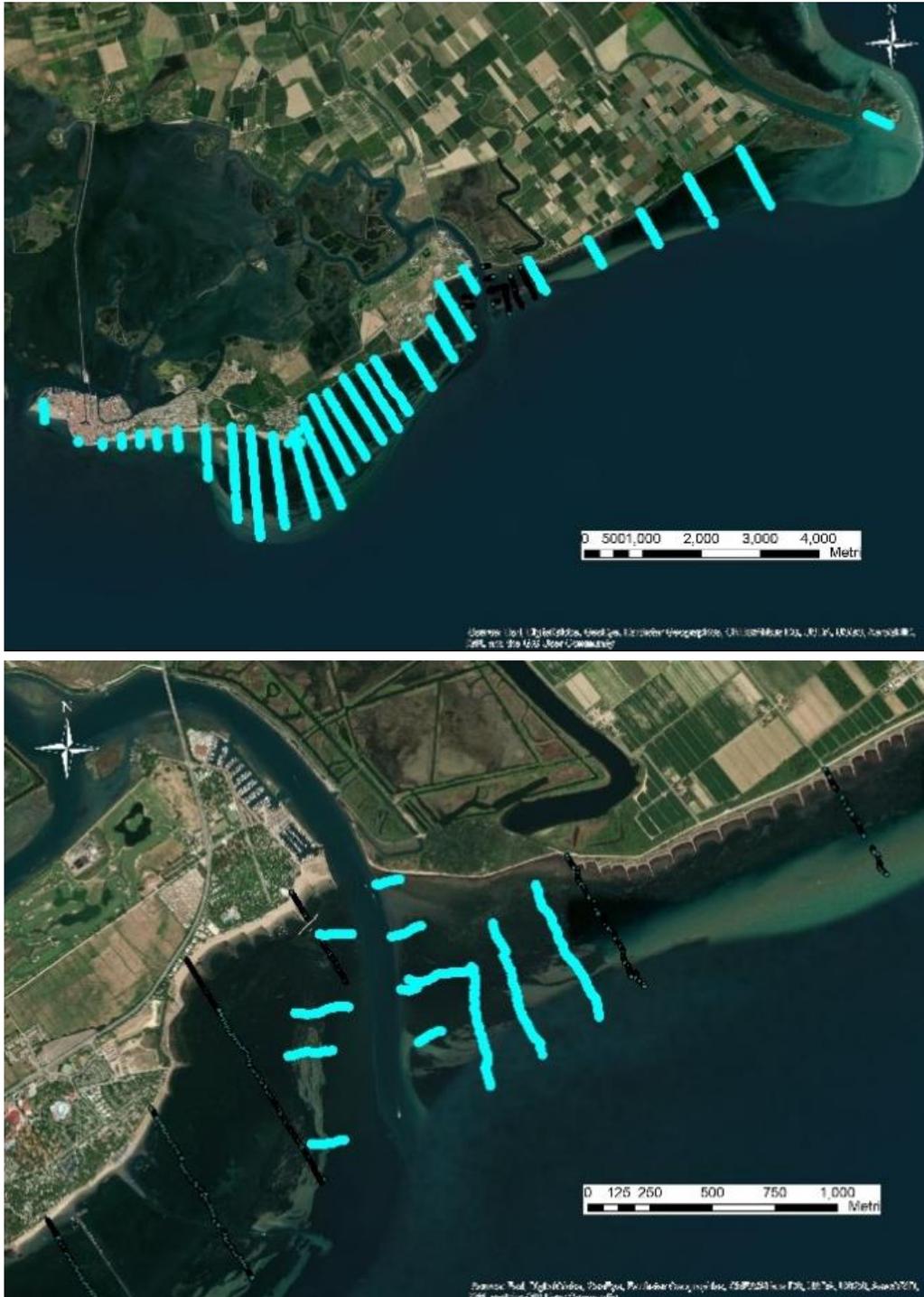


Figura 12 rilievi topografici del 2019



Figura 13 modalità con cui sono stati eseguiti i rilievi topografici del 2019

FOTOGRAMMETRIA CON APR

Il rilievo aereofotogrammetrico è stato eseguito con l'APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) DJI Phantom RTK (Figura 14) (collegato alla rete di correzione NRTK di Italpos) sul banco sabbioso emerso intertidale della Mula di Muggia. Le indagini fotogrammetriche sono state condotte il 25/05/2019 con 3 voli a 72 m di altitudine, per un totale di 380 scatti e una copertura di circa 185 ha. I fotogrammi sono stati elaborati in Agisoft Metashape per ottenere ortofoto e DSM georeferenziati. Dal modello fotogrammetrico è stata generata solo l'ortofoto (Figura 15) poiché la precisione relativamente al DSM era inferiore al valore desiderato, in quanto non è stato possibile rilevare i punti di controllo a terra.



Figura 14 DJI Phantom RTK



Figura 15 Ortofoto generata dal modello fotogrammetrico prodotto con le immagini del volo con l'APR

BATIMETRIE SINGLE BEAM

Sono state condotte 6 campagne nei mesi di marzo, maggio e luglio 2019. Il sistema di acquisizione è stato il seguente: ecoscandaglio digitale Ohmex Sonarmite 3.0 con un GNSS Stonex S9III in modalità NRTK e software di acquisizione CommTec Navigator Professional 6.42 (Figura 16). Il software salva i dati raccolti dal GNSS e dal trasduttore con la frequenza di 1Hz. L'ecoscandaglio digitale funziona a una frequenza di 235 KHz, con un cono di 10° e una precisione di $\pm 0,025$ m RMS. I profili acquisiti si sovrappongono a terra ai profili topografici per un'ulteriore calibrazione e controllo del rilevamento batimetrico.

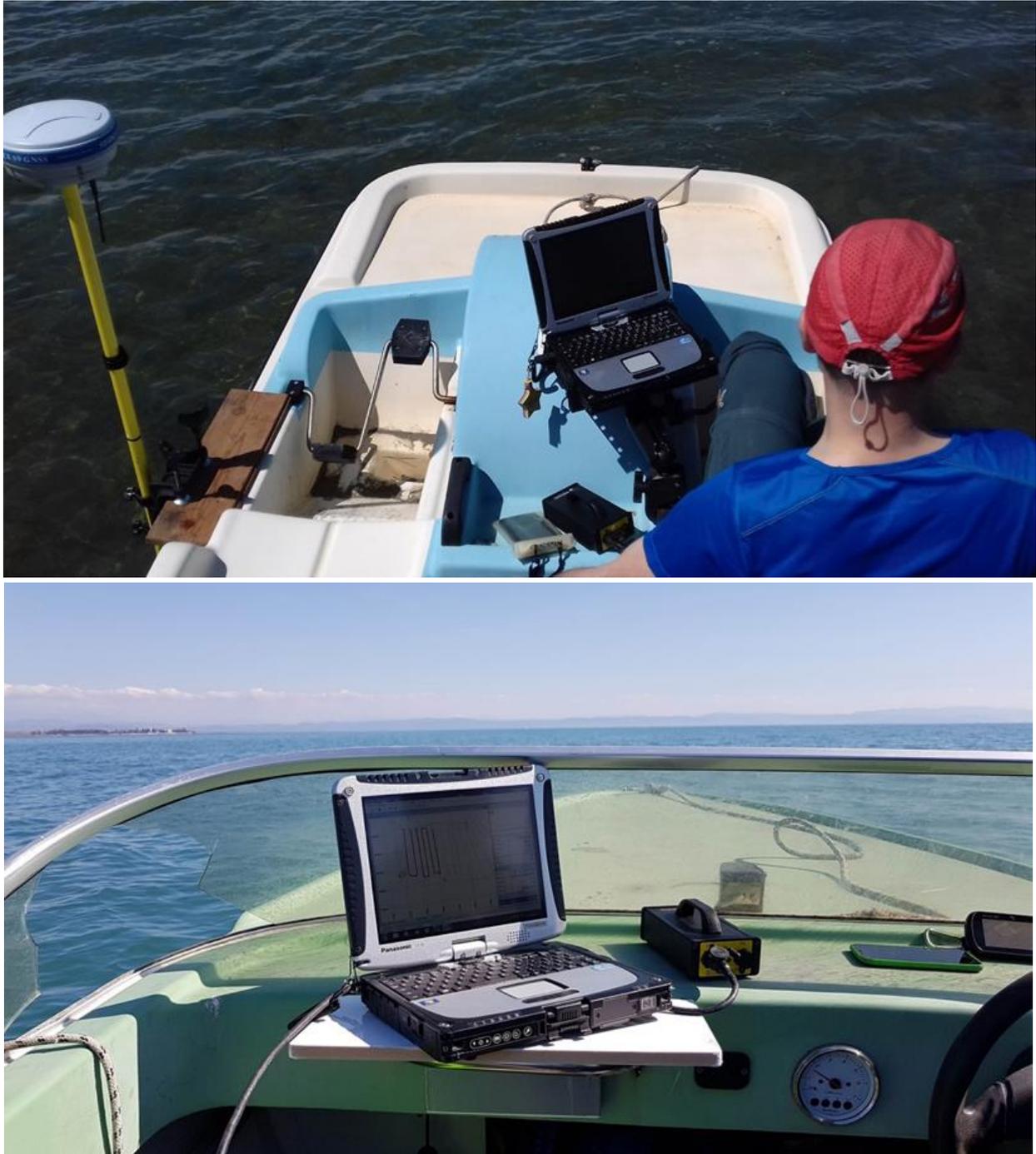


Figura 16 strumentazione utilizzata nei rilievi single beam

Nella fase di elaborazione, la distribuzione spaziale dei profili non è sembrata adeguata per rappresentare correttamente il limite occidentale del Banco della Mula di Muggia poiché questo limite ha un orientamento sub-parallelo rispetto ai profili. Sono state quindi condotte indagini supplementari al fine di avere un'adeguata copertura del limite occidentale del banco e per identificare e rappresentare elementi morfologici specifici come i canali artificiali, il delta di riflusso del Primero e la foce del fiume Isonzo (Figura 17).

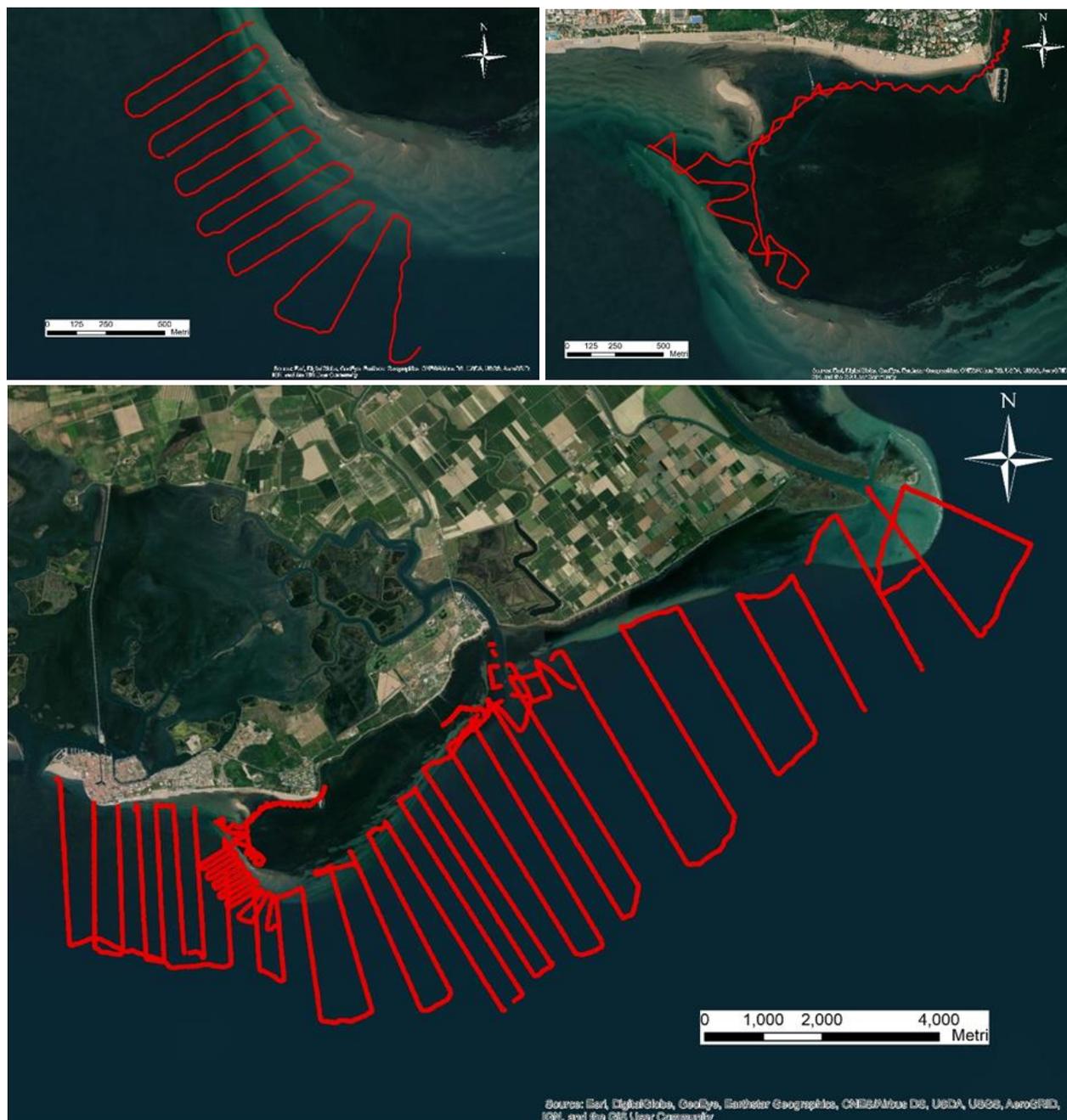


Figura 17 Dettagli dei rilievi integrativi a quelli previsti. Sotto il rilievo batimetrico completo del 2019

È stata verificata la presenza di *spikes* nei dati batimetrici single beam e sono stati corretti per ottenere la quota ellissoidale del fondo. Successivamente, la quota geodetica è stata calcolata applicando il differenziale tratto dal caposaldo di riferimento utilizzando il *software* IGM Convergo. Infine, è stata verificata la congruenza con i punti topografici misurati con GPS. Successivamente, è stata applicata una media mobile di ordine 5 ad alcune misurazioni per correggere le oscillazioni presenti non a causa delle morfologie ma del moto ondoso.

RILIEVO TOPOGRAFICO DELLA LINEA DI RIVA DEI BANCHI

Nel luglio 2019 è stata rilevata la linea di riva dei banchi sabbiosi compresi tra Porto di Grado e Porto Buso (Figura 18). I rilievi sono stati eseguiti con 3 ricevitori GNSS: due Stonex S9III e un Topcon Hiperv. I ricevitori GNSS funzionavano in modalità NRTK collegati alla rete Hexagon Smartnet (Italpos). Un ricevitore era installato su zaino per consentire a un operatore di rilevare in modalità cinematica continua la linea di riva secondo l'evidenza morfologica *in situ*. Gli altri due ricevitori sono stati utilizzati in modalità classica su palina per eseguire piccoli transetti terra – mare con una spaziatura di circa 200 m o minore, nei casi di elevata variabilità morfologica, al fine di tarare la linea di riva con le quote corrette, riferite al Datum IGM42. La trasformazione delle quote da ellissoidiche a geodetiche è stata eseguita in Convergò.



Figura 18 Rilievo della linea di riva dei banchi sabbiosi, in blu i profili di taratura.

CAMPIONAMENTO SEDIMENTOLOGICO

Al fine di fornire una caratterizzazione sedimentologica del litorale, si è proceduto a due campagne di campionamenti aventi come oggetto rispettivamente la spiaggia emersa e la spiaggia sottomarina.

SPIAGGIA EMERSA

Per quanto concerne la spiaggia emersa, sono stati individuati lungo il litorale 44 possibili punti di campionamento in corrispondenza dei profili topo-batimetrici del 1968. Ognuno dei campioni è stato prelevato sulla berma manualmente e una aliquota è stata posta in un sacchetto di polietilene ben sigillato. Anche in questo caso la corretta posizione per ogni punto di prelievo è stata presa utilizzando un ricevitore GNSS Stonex S9III.

Di questi punti, 40 sono stati oggetto di campionamento e 4 ritenuti non idonei per la presenza di estese banquette vegetali o completa artificializzazione dell'arenile (Figura 19).

La campagna di campionamento si è svolta tra il 03.06.2020 e il 24.06.2020.



Figura 19. Punti di campionamento della spiaggia emersa: ● punti campionati ● punti non campionati

SPIAGGIA SOTTOMARINA

Per quanto concerne la spiaggia sottomarina, per il momento le indagini si sono focalizzate sul tratto di litorale compreso tra la bocca di Grado e la foce del fiume Isonzo.

Sono stati individuati 94 possibili punti di campionamento (Figura 20), distribuiti lungo i profili topo-batimetrici del 1968 così distribuiti: ogni metro dalla batimetrica -1 alla batimetrica -6, alla -8 e in alcune morfologie di particolare interesse.

La campagna di campionamento, iniziata il giorno 22.10.2020, non è ancora terminata. Ad oggi sono stati prelevati 74 Campioni. Il campionamento è stato eseguito utilizzando una benna Van Veen in acciaio della capacità di 10 litri. Per ogni bennata è stata prelevata una aliquota posta poi in sacchetti e barattoli etichettati con la propria sigla identificativa. Il corretto posizionamento dei punti di prelievo è stato ottenuto utilizzando un ricevitore GNSS Stonex S9III in modalità NRTK collegato alla rete Hexagon Smartnet (Italpos) per navigare al punto previsto, mentre in fase di campionamento è stato rilevato il punto effettivo.



Figura 20. Distribuzione dei punti di campionamento della spiaggia sottomarina.

ANALISI DI LABORATORIO

Ogni campione di sabbia è stato sottoposto a due differenti tipologie di analisi:

- Colorimetrica
- Granulometrica

ANALISI COLORIMETRICA

L'analisi colorimetrica è stata svolta mediante colorimetro Konica Minolta CR-400 con le seguenti specifiche tecniche principali:

- Geometria: $d/0^\circ$ (illuminazione diffusa/osservazione a 0°)
- Area di misura: \varnothing 8 mm
- Sorgente: lampada Xe-pulsata
- Sistema di rivelazione: sistema a doppio raggio con 6 fotocellule al Si
- Testa di lettura indipendente con memoria e display.

ANALISI GRANULOMETRICA

L'analisi sedimentologica è stata condotta presso il laboratorio di sedimentologia del DMG utilizzando due diversi strumenti che si basano su due diversi approcci.

Laser Mastersizer 3000,

Campo dimensionale: 0,01 - 3500 μm Questo strumento utilizza la tecnica della diffrazione laser (LALLS Low Angle Laser Light Scattering). Lo strumento utilizza la teoria di Mie, che consente di ottenere misure più accurate soprattutto al di sotto dei 10 micron. Inoltre lo strumento in dotazione del laboratorio del DMG è dotato di unità di dispersione automatica di grande volume (Hydro LV) che consente di misurare campioni ad umido; L'operazione di analisi restituisce come risultato le percentuali di frequenza delle diverse classi granulometriche, espresse in scala ϕ (corrispondente a $-\log_2$ delle classi dimensionali in mm).

Le percentuali complessive di sabbia, limo e argilla vengono poi utilizzate per la caratterizzazione del sedimento secondo il diagramma triangolare di Shepard (1954). Inoltre, è stata calcolata la percentuale di pelite (argilla e silt fino ai 52 μm) secondo la classificazione di Kruit-Nota (1958).

La distribuzione delle classi granulometriche è stata descritta in termini di diametro medio (Mz), sorting (SD), skewness (Sk) e kurtosis (Kg).

Bilancia di sedimentazione

Campo dimensionale: 32-2000 μm

La bilancia di sedimentazione (Macrogranometer) viene utilizzata per analizzare la frazione sabbiosa. Questo strumento è un sistema di analisi "idraulico" che si basa sulla legge di Stokes e valuta, di conseguenza, le dimensioni delle particelle sedimentarie in funzione della loro velocità di sedimentazione entro un fluido di caratteristiche fisico-chimiche note. Fornisce perciò una distribuzione granulometrica direttamente applicabile al comportamento dei sedimenti in natura.

Lo strumento restituisce come risultato le percentuali di frequenza delle diverse classi granulometriche, espresse in scala ϕ (corrispondente a $-\log_2$ delle classi dimensionali in mm). La distribuzione delle classi granulometriche viene poi descritte con gli stessi termini del caso precedente ma limitatamente alla frazione sabbiosa.

FASE 3: DEFINIZIONE DELLO STATO DEL LITORALE E SUA EVOLUZIONE RECENTE. ORGANIZZAZIONE E COSTRUZIONE DI UN DATABASE COSTIERO IN AMBIENTE GIS

POPOLAMENTO DELLE VARIABILI

Le variabili principali, funzionali alla strutturazione del GeDB per la formulazione di ipotesi a macroscale di interventi di difesa dall'erosione del litorale, sono le seguenti:

- Variazione altimetrica dei nfondali
- Variazione nel tempo della linea di riva
- Sedimentologia e colorimetria

DTM (DIGITAL TERRAIN MODEL)

Dal punto di vista dell'elaborazione dati e popolamento delle variabili, è stata data la priorità alla creazione dei DTM (*Digital Terrain Model*) funzionali alla quantificazione dell'evoluzione dei fondali e al relativo computo volumetrico per il calcolo del bilancio sedimentario.

In base ai dati già disponibili in archivio e a quelli di nuova acquisizione (sia già acquisiti che programmati), abbiamo definito le seguenti necessità per la generazione dei DTM:

Anno	Ambito territoriale di riferimento	Stato avanzamento lavori
1968	Intero litorale	Completato
2003	Lignano	Completato
2007	Banchi sabbiosi perilagunari	Completato
	Bocca di Grado – Foce Isonzo	Completato
	Foce Isonzo – Foce Timavo	In corso
2015	Banchi sabbiosi perilagunari	Completato
2018	Isola di S. Andrea	In corso
2019-2020	Bocca di Grado – Foce Timavo	In corso

Grazie al completamento dei suddetti DTM sarà possibile eseguire i confronti sui seguenti ambiti e intervalli temporali:

Ambito territoriale di riferimento	Intervalli temporali a confronto	
Lignano Sabbiadoro e Riviera	1968-2003	2003-2018
Lignano Pineta	1968-2003	
Isola di Martignano	1968-2003	2003-2018
Isola di S. Andrea	1968-1980	1980-2018 (parziale)
Banchi sabbiosi perilagunari	1968-2007	2007-2015
Bocca di Grado – Grado Primero	1968-2007	2007-2019
Grado Primero – Foce Isonzo	1968-2007	2007-2019
Foce Isonzo - Foce Timavo	1968-2007	2007-2019/2020

LINEA DI RIVA

È stata calcolata la variazione della linea di riva lungo tutto il litorale sabbioso del Friuli Venezia Giulia, ad esclusione dei banchi sabbiosi presenti tra la Bocca di Grado e la bocca di Porto Buso, per i quali la sola variazione della linea di riva non rappresenta un indicatore valido.

L'evoluzione della linea di riva è stata calcolata tra gli anni 1978 e 2014. La linea di riva del 1978 è stata digitalizzata dalle ortofoto CNR 1978, mentre la linea di riva 2014 è stata digitalizzata dalle ortofoto AGEA 2014. Le linee di riva così ottenute sono state elaborate attraverso una estensione di ESRI ArcGIS appositamente creata dallo USGS (Servizio Geologico Statunitense), denominata DSAS (Digital Shoreline

Analysis System). Tale estensione consente di creare delle sezioni perpendicolari alle linee di riva equispaziate di un valore a scelta. Abbiamo calcolato le variazioni della linea di riva con sezioni spaziate di 50 m.

SEDIMENTOLOGIA E COLORIMETRIA

I risultati delle indagini sedimentologiche e colorimetriche condotte sui campioni prelevati nella spiaggia emersa e sottomarina sono stati organizzati in fogli di calcolo e georiferiti attraverso le corrispondenti basi di dati geografiche del GeoDB.

I parametri granulometrici calcolati sono quelli che usualmente vengono utilizzati per la valutazione della compatibilità granulometrica per i ripascimenti: % sabbia, MZ (Mean size) e SD (Standard deviation).

ANALISI DELLE VARIABILI

Dal punto di vista analitico, il primo passo sarà quindi quello di prendere in esame una per una le variabili che sovrintendono ai seguenti aspetti:

- caratteristiche dei principali elementi geomorfologici del comparto costiero: spiaggia emersa, dune costiere, spiaggia sottomarina;
- evoluzione della linea di riva e dei fondali;
- caratterizzazione sedimentologica e colorimetrica della spiaggia e dei fondali adiacenti;
- calcolo del volume dei sedimenti accumulati o erosi;
- definizione delle variabili da considerare per la costa alta
- suddivisione del litorale in unità o celle.

Per ciascuna variabile sarà verificato, grazie alle conoscenze scientifiche e all'esperienza maturata, quali saranno le modalità migliori di descrizione e rappresentazione, anche in seguito alle indicazioni delle Linee Guida del Tavolo Nazionale dell'Erosione Costiera (Ispra, 2018).

In base all'analisi delle variabili raccolte e popolate all'interno del geodatabase, il litorale verrà quindi suddiviso in comparti distinti in base alle loro caratteristiche secondo criteri da definire.

Una volta effettuata la suddivisione, tutte le variabili precedentemente popolate saranno associate a ciascun comparto, giungendo così a una completa caratterizzazione del litorale, che verrà rappresentata in schede sinottiche da utilizzare a scopi gestionali come previsto dall'art. 2 (*oggetto della convenzione*).

STRUTTURAZIONE DATI

I dati così ottenuti saranno strutturati e archiviati all'interno di un apposito *geodatabase* che ne consentirà la consultazione e l'ulteriore analisi in ambiente ESRI ArcMAP.

Alla base delle scelte fatte per la sua progettazione e compilazione vi è:

- la volontà di creare un archivio georiferito quanto più possibile completo dei dati attualmente disponibili relativamente agli aspetti che riguardano l'assetto geomorfologico, evolutivo e gestionale della fascia costiera (dati che a oggi risultano non organizzati e di fatto spesso irrimediabili o inutilizzabili).
- la volontà di fornire nel contempo un primo strumento di immediata e fruibile interpretazione delle dinamiche in atto sul sistema spiaggia, a proposito della sua voce più importante, ossia il bilancio sedimentario.

FASE 4: IPOTESI A MACROSCALA DI INTERVENTI DI DIFESA DALL'EROSIONE

Le conoscenze fin qui acquisite costituiranno la base conoscitiva per affrontare i seguenti aspetti gestionali e di difesa dall'erosione, oggetto del presente Accordo attuativo:

- definizione dei tratti critici e interventi prioritari (analisi di vulnerabilità);
- ipotesi di tutela e ripristino dei cordoni dunali;
- definizione di serbatoi sedimentari sottocostieri;
- altre ipotesi di interventi di conservazione ambientale;
- fabbisogni di sabbia nel caso di ripristino/ricarica di spiagge mediante ripascimento.

GRUPPO DI LAVORO

Sono state identificate le seguenti figure a composizione del Gruppo di lavoro del Dipartimento di Matematica e Geoscienze (DMG) e della Regione Friuli Venezia Giulia (RAFVG):

Responsabili scientifici

Antonio Bratus, Servizio geologico, Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, RAFVG;

Giorgio Fontolan, professore associato presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Gruppo di lavoro

Fiorella Bieker, Servizio geologico, Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, RAFVG;

Laura Colombetta, Servizio geologico, Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, RAFVG;

Dario Gallitelli, Servizio difesa del suolo, Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, RAFVG;

Marco Lipizer, Servizio difesa del suolo, Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, RAFVG;

Fabio Sgambati, Servizio difesa del suolo, Direzione centrale difesa dell'ambiente, energia e sviluppo sostenibile, RAFVG;

Annelore Bezzi, assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Mauro Bussi, operatore tecnico presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Giulia Casagrande, assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Michele Ferneti, operatore tecnico presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Stefano Furlani, professore associato presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Davide Martinucci, borsista di ricerca presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Simone Pillon, borsista di ricerca presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Stefano Sponza, operatore tecnico presso il Dipartimento di Matematica e Geoscienze;

Si attesta che il gruppo di lavoro afferente all'Università degli Studi di Trieste è costituito da personale qualificato all'esecuzione di attività di ricerca, ai sensi dell'art. 18 comma 5 della L.240/2010.

BIBLIOGRAFIA

- BIOLCHI S., FURLANI S., COVELLI S., BUSETTI M., CUCCHI F., 2016). *Morphoneotectonics and lithology of the eastern sector of the Gulf of Trieste (NE Italy)*, Journal of Maps, 12:5, 936-946, DOI: 10.1080/17445647.2015.1099572
- BRAMBATI A., CIABATTI M., FANZUTTI G.P., MARABINI F., MAROCCO R. 1988. Carta sedimentologica dell'Adriatico settentrionale. CNR. Istituto Geografico De Agostini.
- BURLA I., 2003. *Metodologie di valutazione del rischio costiero associato a diverse valenze ambientali*. Tesi di Dottorato inedita, Università degli Studi di Trieste: 201 pp.
- MATTM-Regioni, 2018, LINEE Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici. Versione 2018 – Documento elaborato dal Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera MATTM-Regioni con il coordinamento tecnico di ISPRA, 304 pp.
- REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA, 1978. *Studio dell'assetto fluviale e costiero della Regione Friuli-Venezia Giulia*. Rapporto Preliminare. Sezione Seconda: Parte Costiera. Relazione ed Allegati. ELC-Milano, Studio Volta- Savona, 161 pp.
- REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA, 1985. *Studio sedimentologico e marittimo costiero dei litorali del Friuli Venezia Giulia, ipotesi di intervento per il recupero ambientale e la valorizzazione della fascia costiera*. A cura di A. Brambati. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione Regionale dei lavori Pubblici, Servizio dell'Idraulica, Trieste: 67 pp.
- TRINCARDI F., CORREGGIARI A., CATTANEO A, REMIA A., TAVIANI M, ANGELETTI L., FOGLINI F., CAMPIANI E., 2011. *Carta geologica dei mari italiani alla scala 1:250.000 Foglio NL 33- Venezia*. ISPRA.
- TROBEC, A. & BUSETTI, M., 2017. Models of the bathymetry, of the base and of the thickness of Holocene marine sediment in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). OGS SNAP System, DOI: <https://doi.org/10.6092/6ad9b1e6-c977-cec9-8a2d-db10c7f90adc>
- TROBEC, A., BUSETTI, M., ZGUR, F., BARADELLO, L., BABICH, A., COVA, A., GORDINI, E., ROMEO, R., TOMINI, I., POGLAJEN, S., DIVIACCO, P., VRABEC, M., 2018. Thickness of marine Holocene sediment in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). Earth System Science Data, DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-10-1077-2018>
- WIMBLEDON W.A.P., (1996) *Geosites — a new conservation initiative*. Episodes 19(3): 87–88