

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO
NEL MARE ADRIATICO MERIDIONALE - BARIUM BAY
74 WTG – 1.110 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

Progettazione e SIA



Indagini ambientali e studi specialistici



Studio misure di mitigazione e compensazione



supervisione scientifica



1. ELABORATI GENERALI

R.1.3.3 Geologia marina e geomorfologia dell'area dell'impianto offshore - Studio integrativo

REV.	DATA	DESCRIZIONE
00	03/24	integrazioni MASE





POWERED BY HOPE GROUP AND GALILEO

PROGETTO PARCO EOLICO BARIUM BAY

Studio preliminare per l'individuazione di eventuali impatti del parco eolico offshore

"Barium Bay"

GEOLOGIA MARINA E GEOMORFOLOGIA
DELL'AREA DELL'IMPIANTO OFFSHORE

STUDIO INTEGRATIVO



Data di emissione

IDP

Revisione

2023/07/12

067A23

00

DOCUMENTO:

PROGETTO PARCO EOLICO BARIUM BAY

Studio preliminare per l'individuazione di eventuali impatti del parco eolico offshore "Barium Bay"

Geologia Marina e Geomorfologia dell'Area dell'Impianto Offshore

Studio Integrativo

Revisione N.: 00 Emessa da: GBa - FDG

Data: 15/03/2024 Revisionata da:

Descrizione: Emessa per approvazione del Cliente Approvata da:

STORICO DELLE REVISIONI

Rev	Sezione	Descrizione Revisione	Data
00		Emessa per approvazione del Cliente	15/03/2024

INDICE

1	INTRODUZIONE	8
2	MATERIALI E METODI	9
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	14
4	RISULTATI	19
4.1	Generalità	19
4.2	Linea Gondola	19
4.3	Unità Sismostratigrafiche Superficiali	21
4.3.1	Unità H	21
4.3.2	Superficie di non conformità 1 (U1)	24
4.3.3	Unità B	25
4.3.4	Superficie di non conformità 2 (U2)	26
4.3.5	Unità A	27
4.3.6	Unità M	29
4.3.7	Superficie di non conformità 3 (U3)	30
4.3.8	Unità P	30
5	CONCLUSIONI	32
5.1	Geologia superficiale e geomorfologia	32
5.2	Considerazioni conclusive e raccomandazioni	33
6	ALLEGATI	35
6.1	Schema delle unità sismostratigrafiche riconosciute	36
6.2	Bibliografia	40

TABELLE

Tabella 4-1 – Schema delle unità sismostratigrafiche riconosciute.....	36
---	-----------

FIGURE

Figura 2-1 – Esempio di correlazione 3D di dati stratigrafici, morfologici ed idrografici in ambiente DELPH Seismic GIS: dati sismostratigrafici VIDEPI su modelli del fondo da dati EMODNet.	10
Figura 2-2 – Esempio di correlazione 3D di dati stratigrafici, morfologici ed idrografici in ambiente DELPH Seismic GIS: dati SBP su mosaici SSS e modelli del fondo da dati rilievo 2023 e interpretazione degli orizzonti sulla singola sezione SBP	11
Figura 2-3 – Esempio di interpretazione dati sismostratigrafici VIDEPI: Linea F76-011, in rosso la faglia principale - Linea Gondola.....	12
Figura 2-4 – Esempio di interpretazione dati sismostratigrafici: interpretazione degli orizzonti principali e altre caratteristiche e loro correlazione spaziale.....	12
Figura 3-1 – Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000 (Foglio NK-33-8/9 – Bari) e Progetto 'Barium Bay'	14
Figura 3-2 – Legenda della alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011.	15
Figura 3-3 - Inquadramento cronologico schematico delle unità stratigrafico-sequenziali rappresentate in carta (Note Illustrative alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011).	16
Figura 3-4 - Schema stratigrafico attraverso il margine adriatico meridionale dalla piattaforma interna (a SO) alla scarpata (a NE) e definizione (Note Illustrative alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011).....	17
Figura 4-1 – Linea VIDEPI F076-009. In rosso le faglie che generano al tipica struttura a fiore positivo della faglia trascorrente. Il tratto rappresentato ricade sulla scarpata attuale subito a Est dell'area di studio.....	20
Figura 4-2 – Linea SSTAZ CL. Unità sismostratigrafica H (freccia nera).....	21
Figura 4-3 – Vista 3D Pale 04 A su mosaico dati SSS. Le frecce indicano le forme superficiali ascrivibili alle esalazioni gassose identificate nei dati SBP.	22
Figura 4-4. Linea SSTAZ CL. La freccia indica il probabile corpo dunare identificato nell'unità H.23	
Figura 4-5 – Superficie di non conformità 1 (U1). Si noti la troncatura dei riflettori dell'Unità B.24	
Figura 4-6 – Vista 3D Pale 09 A su batimetria. Le frecce indicano le ondulazioni della U1.....	24
Figura 4-7 – Unità sismostratigrafica B. Facies sismica e geometria esterna.....	25
Figura 4-8 – Unità sismostratigrafica A e B. Zona di erosione di Unità B e relazione stratigrafica tra le unità.	26
Figura 4-9 – Esempio di geometria della superficie di non conformità 2 (U2). Si noti la troncatura dei riflettori dell'Unità A (in basso) e l'onlap dei riflettori dell'unità B (in alto).	26
Figura 4-10 – Unità sismostratigrafica A. Geometria interna delle riflessioni.	27
Figura 4-11 – Unità sismostratigrafica A. Rapporti stratigrafici con Unità B. (Linea SBP Pale 09 A)	27
Figura 4-12 – Unità sismostratigrafica A. Linea TRASF_2006223_125102. Si noti l'intensa fratturazione e deformazione dell'Unità.....	28

Figura 4-13 – Unità sismostratigrafica A. Si noti come le deformazioni non si propagano alla soprastante unità B. 29

Figura 4-6 – Unità sismostratigrafica M. Geometria interna dei riflettori e forma esterna del corpo. 29

Figura 4-15 – Esempio di geometria della superficie di non conformità 3 (U3). Relazioni stratigrafiche tra unità H, M e P 30

Figura 4-16 – Unità sismostratigrafica P. Geometria interna dei riflettori. Si noti la degradazione del segnale sismico e la progressiva perdita di segnale dei riflettori..... 31

1 INTRODUZIONE

Hope group e Galileo hanno affidato alla Environmental Surveys s.r.l. (di seguito ENSU) l'esecuzione di questo studio geologico marino integrativo alla relazione finale per il rilievo marino emessa nel 2023 relativo all'area offshore dell'impianto eolico.

La redazione di questo documento è stata eseguita in base alle indicazioni e rilievi del Ministero dell'Ambiente e di tutti i dati ed i documenti tecnici e scientifici prodotti per il progetto e resi disponibili e reperiti. Nonché con il prezioso contributo dello staff tecnico della Hope Group in tutte le fasi di confronto e controllo.

Una ulteriore fase di ricerca bibliografica scientifica si è resa necessaria per un miglior inquadramento dell'area di studio e come confronto e verifica dei dati acquisiti per il progetto.

Questo documento va quindi inteso come integrazione ed approfondimento della relazione finale del rilievo marino eseguito nel 2023 da ENSU e focalizzato sugli aspetti geologici, geomorfologici e di relative pericolosità in relazione alla progettazione e, in particolare, alla installazione degli aerogeneratori nell'area offshore. Si faccia, quindi, riferimento al predetto documento per i dettagli sui risultati dell'attività di rilievo e la modalità di esecuzione e restituzione di tutti i dati che in questo documento verranno utilizzati e rielaborati, in parte, interpretati e discussi.

Il presente studio è volto ad integrare ed a valutare in modo più approfondito tutti gli elementi di pericolosità geologica al fine di garantire le condizioni di stabilità delle opere in progetto.

2 MATERIALI E METODI

Al fine di determinare la eventuale presenza di pericolosità legate a fenomeni geologici superficiali e la loro interferenza con il sistema in progetto, si è proceduto con questo schema di lavoro:

1. Raccolta bibliografica scientifica e selezione dei lavori ritenuti più consoni per lo scopo e loro analisi
2. Raccolta di dati geologici, geomorfologici, stratigrafici e oceanografici e idrografici da base dati pubbliche ricadenti nell'area di progetto e loro selezione
3. Raccolta di tutti dati geofisici ed idrografici acquisiti per il progetto 'Barium Bay'
4. Rielaborazione di tutti i dati geofisici, geomorfologici, stratigrafici e oceanografici e idrografici e loro rielaborazione ed interpretazione
5. Costituzione e consolidamento di una base dati unica in ambiente GIS contenente tutti i dati raccolti e le loro rielaborazioni
6. Interpretazione ed analisi e relativa redazione di questo studio
7. Produzione cartografica a corredo dello studio qui proposto

In dettaglio, per il punto 1 sono state interrogate le principali riviste scientifiche (es. Elsevier, Research Gate, ecc.) nel campo per la selezione di pubblicazioni interessanti in termini di relazione all'area di studio e di contenuti ritenuti affini allo scopo dello studio. Di grande aiuto è stato lo studio di fattibilità per il progetto Barium Bay redatto da GeoWYND per conto di HOPE Group che ha permesso una prima e importante indicazione sulle pubblicazioni e dati selezionabili. Si faccia riferimento alla bibliografia di questo documento per dettagli.

Per il punto 2 e 3, sono stati raccolti dati stratigrafici dalla piattaforma VIDEPI linee sismica a riflessione multicanale della serie D e F e dati di pozzo, dalla piattaforma EMODnet dati batimetrici e dalla piattaforma Copernicus dati oceanografici ricadenti nell'area di interesse.

I dati geofisici acquisiti per il rilievo marino del 2023 eseguito da ENSU, già in possesso dello scrivente, sono stati integrati da dati oceanografici forniti da HOPE Group ottenuti dalla boa oceanografica installata per lo scopo.

Fondamentale la fase 4, in cui tutti i dati stratigrafici, sia pubblici (VIDEPI) che acquisiti (Rilievo 2023), sono stati rielaborati ed inseriti in un unico ambiente GIS dedicato per il trattamento di dati da sismica mono e multicanale a riflessione marini (DELPH RoadMap, DELPH Seismic Intepretation,, ecc. ,**Figura 2-1**).

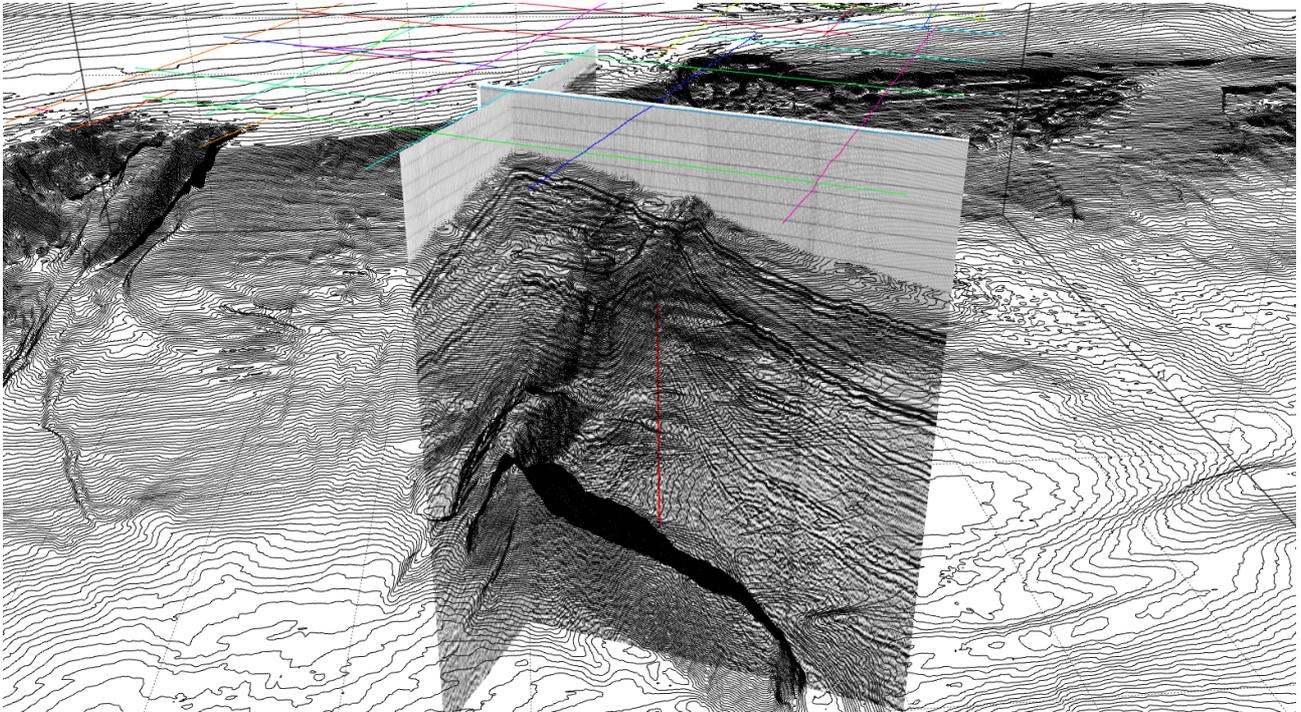


Figura 2-1 – Esempio di correlazione 3D di dati stratigrafici, morfologici ed idrografici in ambiente DELPH Seismic GIS: dati sismostratigrafici VIDEPI su modelli del fondo da dati EMODNet.

In particolare, tutti i dati SBP acquisiti, i dati sismici a riflessione multicanale VIDEPI e le informazioni di pozzo e tutti i dati ritenuti utili inseriti nel predetto GIS hanno permesso di analizzare approfonditamente ogni singola linea sismica e evidenziare correlazioni stratigrafiche, morfologiche e di altri tipi di fenomeni geologici individuati (deformazioni, fratture, faglie, ecc.).

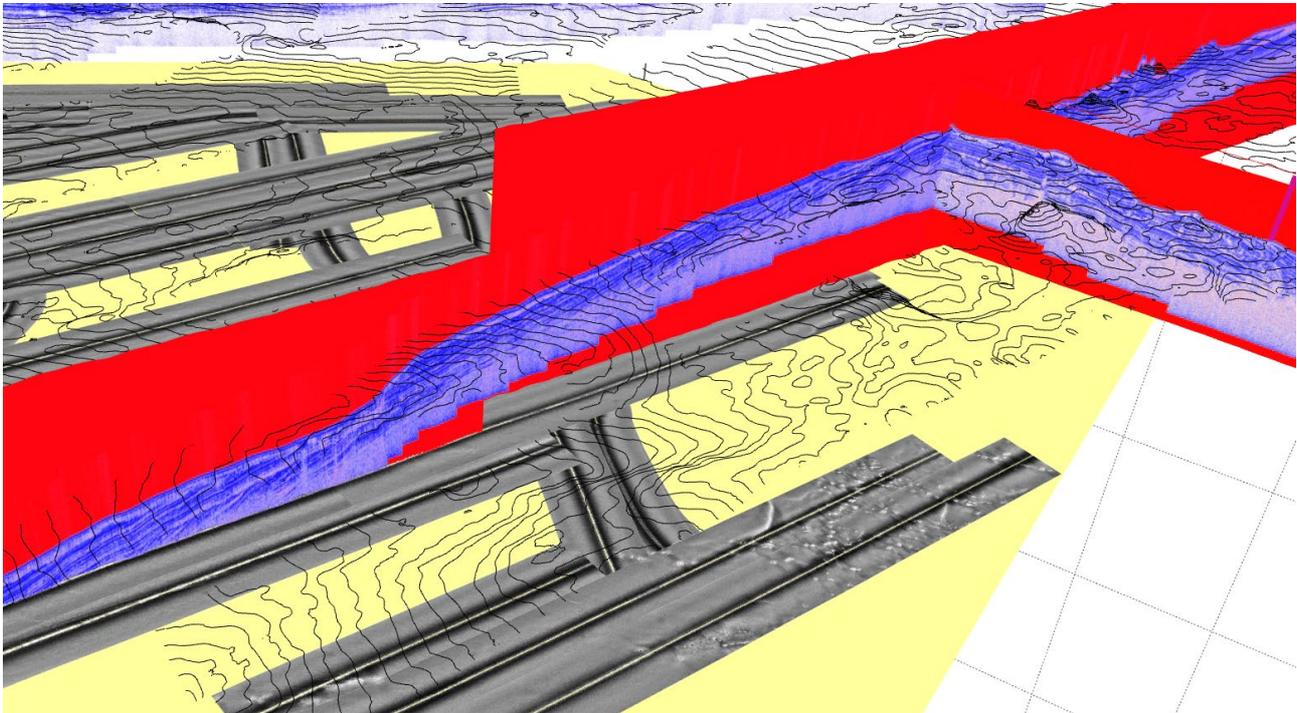


Figura 2-2 – Esempio di correlazione 3D di dati stratigrafici, morfologici ed idrografici in ambiente DELPH Seismic GIS: dati SBP su mosaici SSS e modelli del fondo da dati rilievo 2023 e interpretazione degli orizzonti sulla singola sezione SBP

Tutti i dati idrografici e morfologici sono stati inseriti nello stesso ambiente GIS 3D permettendo una accuratissima ricostruzione della geologica superficiale e delle caratteristiche del fondo relazionabili a questa (Figura 2-2).

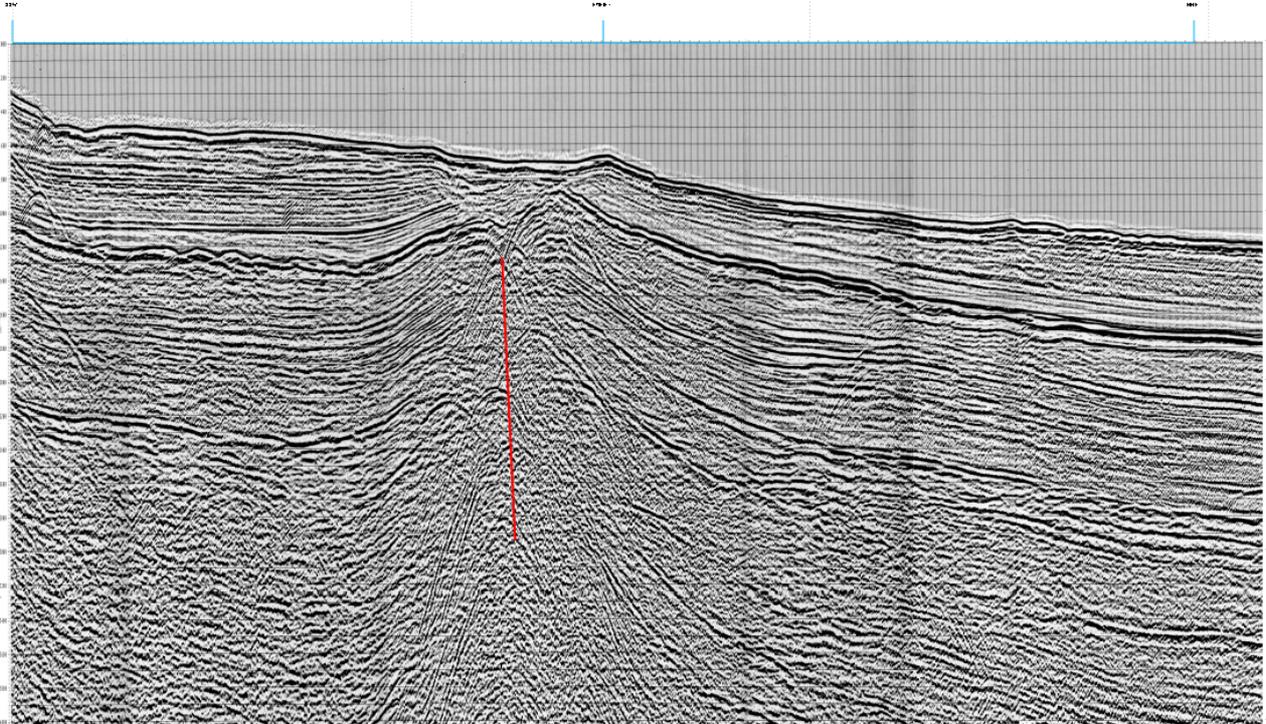


Figura 2-3 – Esempio di interpretazione dati sismostratigrafici VIDEPI: Linea F76-011, in rosso la faglia principale - Linea Gondola.

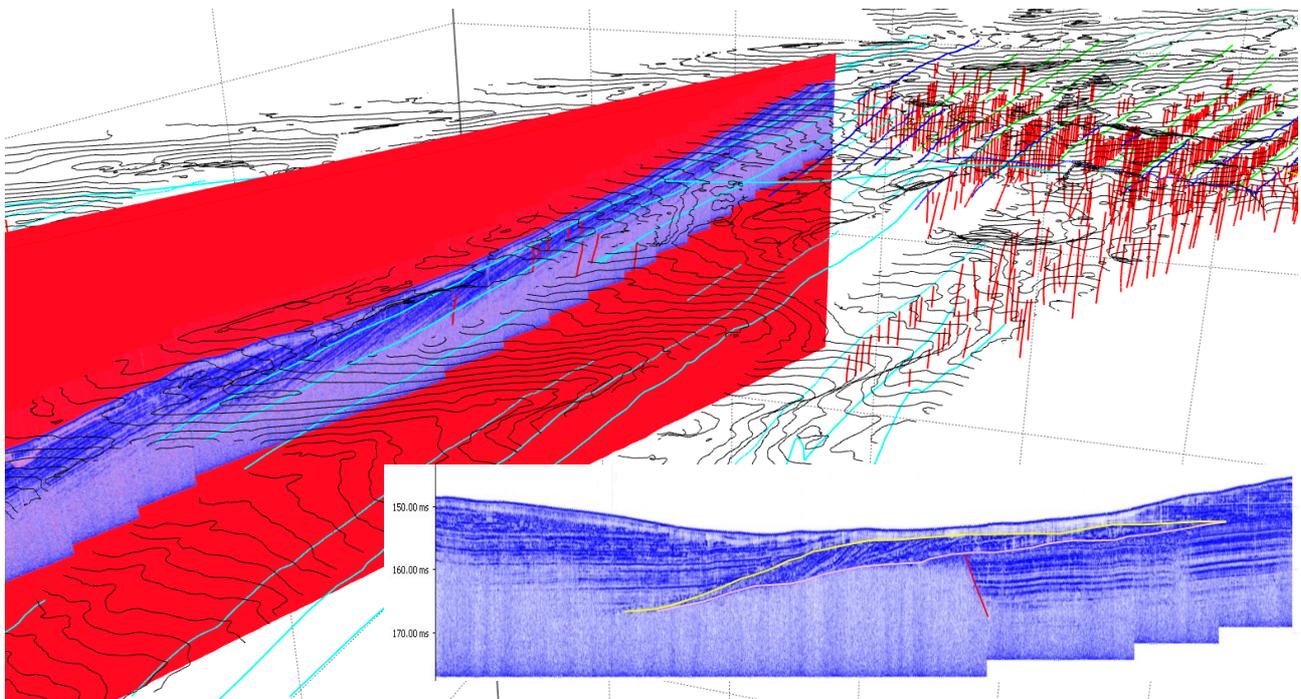


Figura 2-4 – Esempio di interpretazione dati sismostratigrafici: interpretazione degli orizzonti principali e altre caratteristiche e loro correlazione spaziale.

In particolare, sono stati individuate le principali caratteristiche per ogni singola linea (orizzonti preminenti, discontinuità, particolari forme o artefatti). Ognuna di queste caratteristiche è stata correlata spazialmente ad altre individuate su linee o altri strati informativi adiacenti. Quesi ha portato alla definizione di corpi, forme aventi caratteristiche geologiche e geomorfologiche omogenee e distinte che hanno condotto alla classificazione e alla definizione spaziale di unità informali, lineazioni, ecc. utili a definire lo stato dell'ammasso sedimentario costituente l'immediato sottofondo dell'area di studio (**Figura 2-3** e **Figura 2-4**).

Una volta definiti unità geologiche e geomorfologiche nonché altre caratteristiche omogenee presenti nell'area di studio, si è provveduto alla costituzione di una base dati in ambiente GIS cartografico (ESRI ARcGis) per la interpretazione finale, la verifica delle informazioni stratigrafiche in relazione allo scopo del lavoro e la produzione cartografica finale nonché alla redazione di questo studio.

Tutte le informazioni desunte da questa fase sono state confrontate con la letteratura scientifica selezionata.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio ricade al margine della scarpata attuale nella parte centrale del Mare Adriatico meridionale (Figura 3-1).

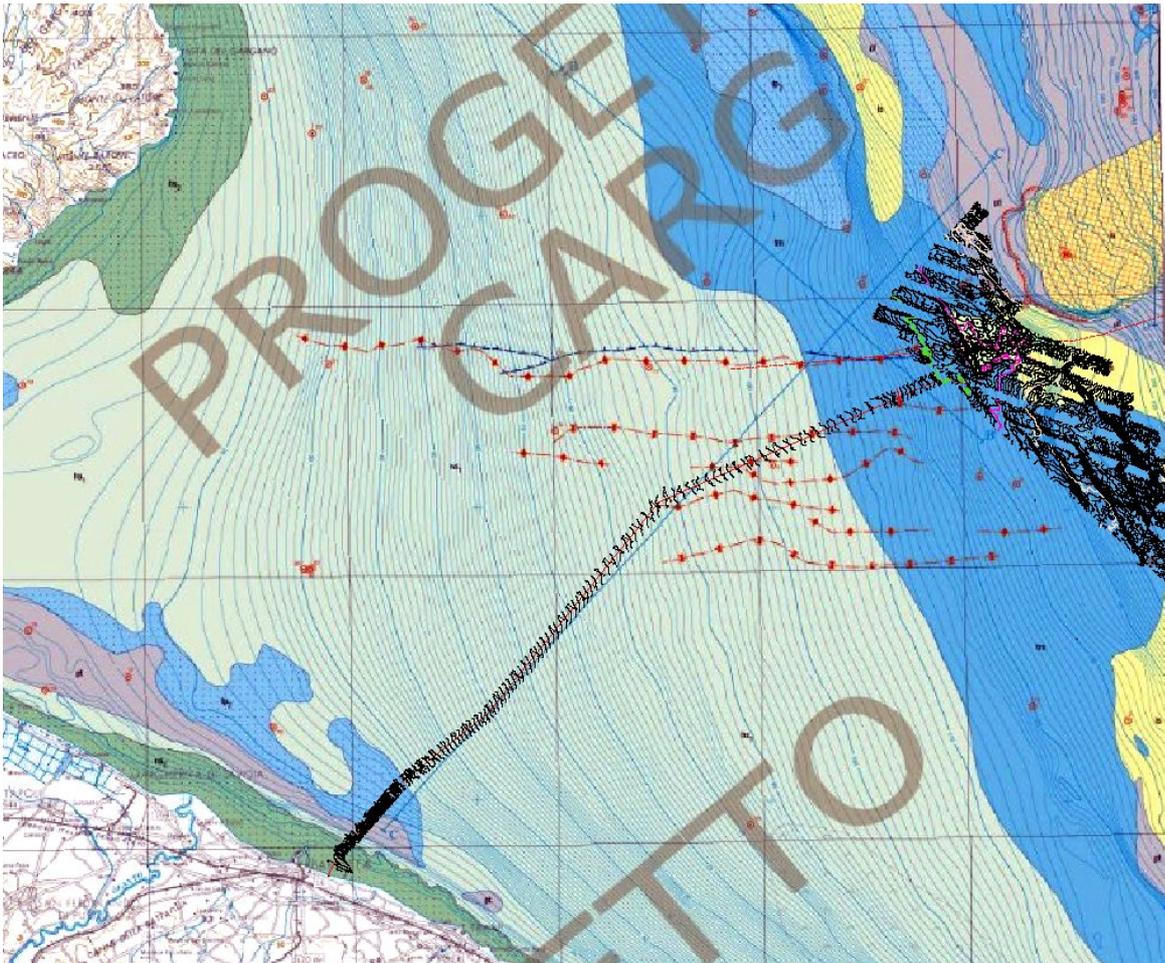


Figura 3-1 – Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000 (Foglio NK-33-8/9 – Bari) e Progetto 'Barium Bay'

In generale, il Mare Adriatico meridionale, a sud della soglia di Pelagosa, comprende un bacino profondo circa 1200 metri circondato da due aree di piattaforma continentale al largo della Puglia e dell'Albania.

La scarpata continentale che raccorda la piattaforma pugliese con il bacino adriatico meridionale è caratterizzata da pendenze significative (localmente fino ad oltre 30 gradi) e da una morfologia indicativa di diffusi e ricorrenti processi di instabilità del fondale come frane e colate di sedimento (Minisini, Trincardi, & Asioli, 2006).

La piattaforma pugliese comprende aree ad estensione e morfologia variabile, anche a causa della presenza di blande deformazioni tettoniche attive durante il Quaternario. (Ridente & Trincardi, 2006) (Ridente, Fracassi, Di Bucci, Trincardi, & Valensise, 2008a) (Ridente D., Trincardi, Piva, Asioli, & Cattaneo, 2008b)

In corrispondenza del Golfo di Manfredonia la piattaforma raggiunge la massima estensione ed è caratterizzata da basso gradiente e morfologia uniforme. La piattaforma presenta una microtopografia più complessa in corrispondenza del Promontorio del Gargano, dove è presente un alto morfologico con profondità inferiore a 60 m, con rilievi irregolari ed a profondità maggiori di circa 130 m dove sono evidenti strutture erosive a grande scala.

La piattaforma si restringe procedendo verso l'area a sud di Bari dove la piattaforma interna è molto pendente e irregolare mentre la piattaforma esterna, poco inclinata, presenta evidenti strutture erosive a grande scala.

Come già descritto nella relazione finale, l'area indagata è prospiciente l'attuale scarpata del Golfo di Manfredonia, nel quale le profondità massime si attestano intorno ai 200 m circa nei pressi dell'orlo della scarpata.

L'area di studio ricade su terreni Pleistocenici – Olocenici di margine di scarpata di una sequenza deposizionale tardo-quadernaria.



Figura 3-2 – Legenda della alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011.

In particolare, un complesso pelitico di stazionamento alto di età olocenica (HST – hs1; Versiliano) e da un complesso di unità a geometria aggradazionale di età Olocenica- Pliocenica (TST – tm e tp1; Tirreniano, Versiliano) costituiti da alternanze pelitico-sabbiose. A profondità comprese tra 100 e i 160 m si rinvencono ampi depositi dunari ascrivibili ad ambienti di spiaggia sommersa (Figura 3-2).

Da sottolineare la presenza di sedimenti di stazionamento basso (LST+FST – ls; Tirreniano) subito a Nord dell'area del capo offshore ascrivibili ad una evidente area di frana di grandissime dimensioni posta sulla scarpata attuale.

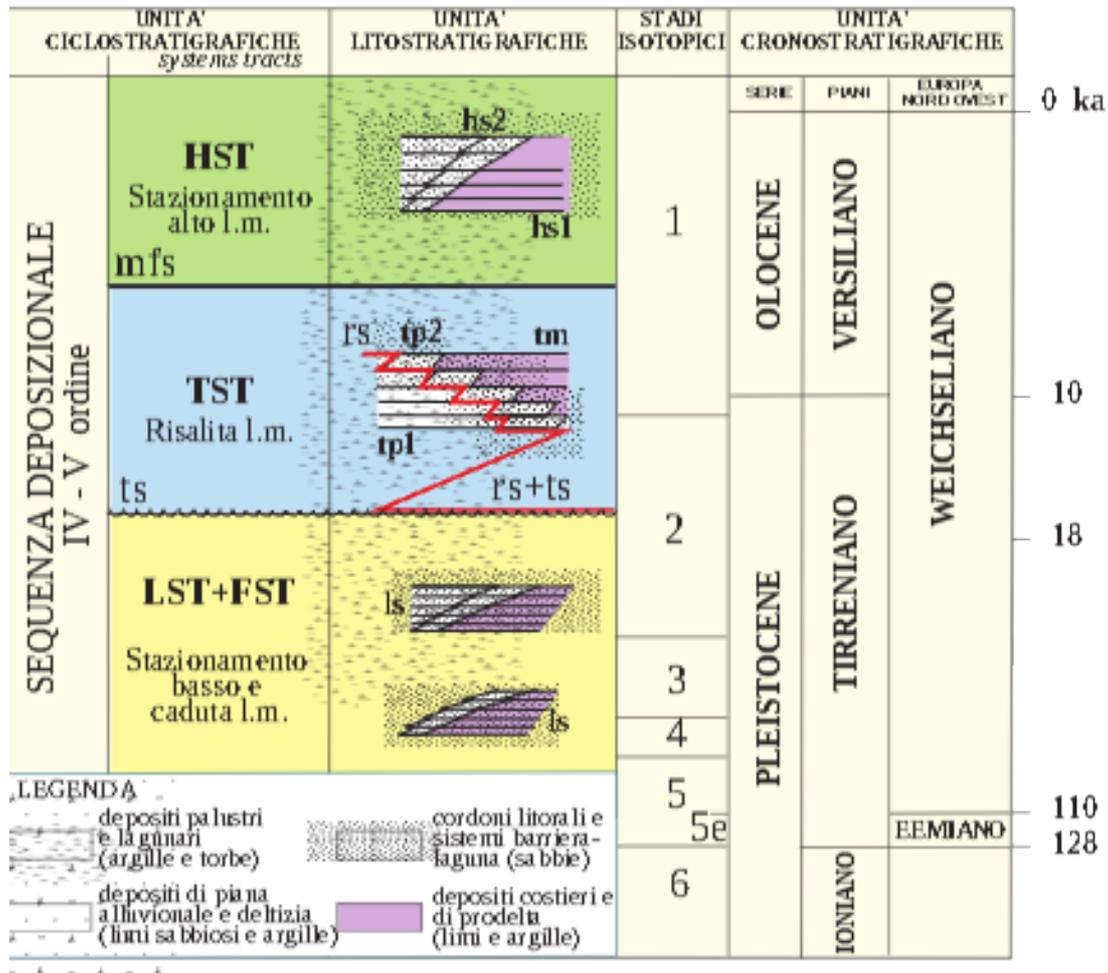


Figura 3-3 - Inquadramento cronologico schematico delle unità stratigrafico-sequenziali rappresentate in carta (Note Illustrative alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011).

Le unità principali ricadono temporalmente nello schema cronologico riportato in **Figura 3-3**.

Da rimarcare la presenza della grande lineazione tettonica derivata dalla faglia trascorrente del Gargano (Faglia di Mattinata, Linea Gondola) impostata nel complesso Cretacico-Miocenico. La lineazione assume importanza a livello regionale in quanto influenza l'intera area del Promontorio garganico sino al bacino del mar Adriatico meridionale.

La struttura determina una anticlinale che deforma evidentemente il fondo attuale oltre la scarpata e appare sepolta sotto di essa e dalla piattaforma nelle aree verso terra. Tale morfologia attraversa trasversalmente l'intera area del campo offshore (**Figura 3-1**).

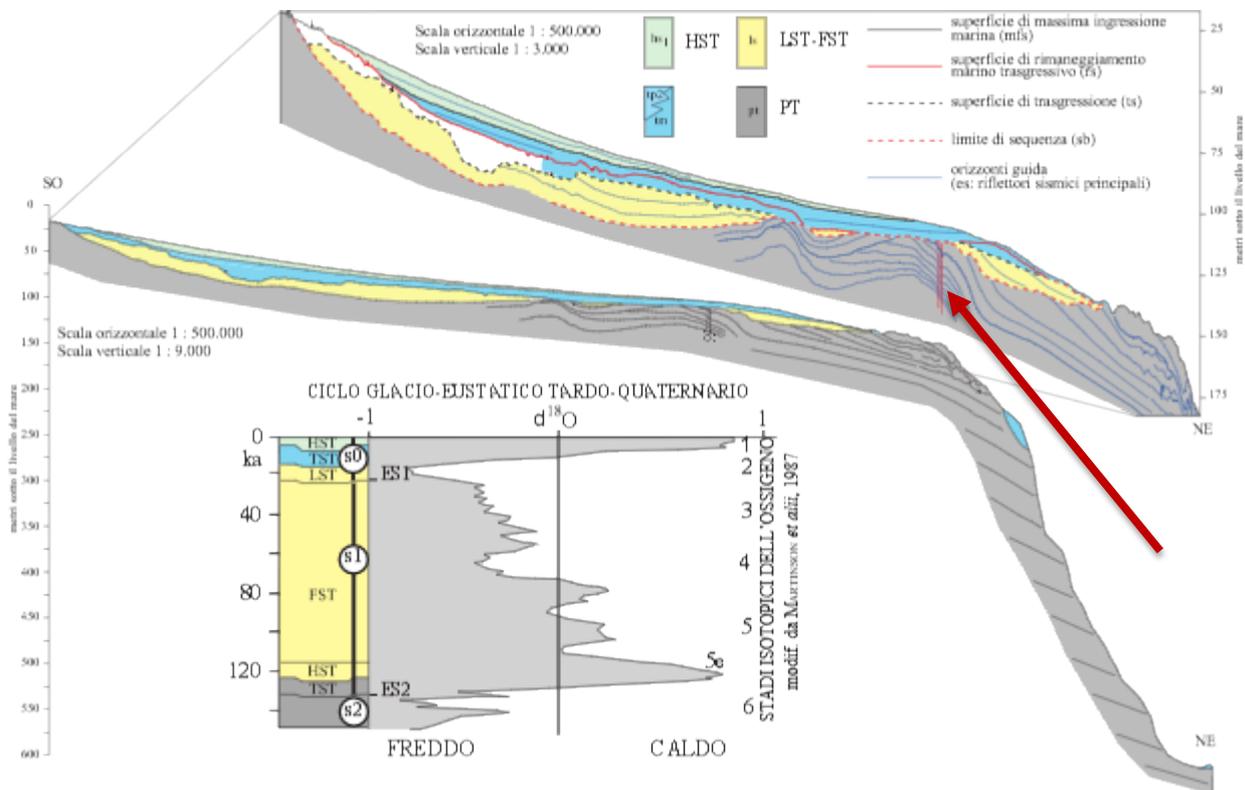


Figura 3-4 - Schema stratigrafico attraverso il margine adriatico meridionale dalla piattaforma interna (a SO) alla scarpata (a NE) e definizione (Note Illustrative alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011).

Come si evince dallo schema stratigrafico riportato in **Figura 3-4** (freccia rossa), la struttura non sembra deformare in maniera sostanziale le sequenze sedimentarie post-mioceniche. Tuttavia esistono evidenze di fenomeni tettonici quaternari registrati nelle sequenze deposizionali del periodo. Esiste comunque una sismicità registrata sulla Faglia Gondola nel tratto garganico che via via si riduce verso il bacino sud adriatico. Questo viene confermato la **scarsa attività sismogenetica della struttura nel periodo attuale** (Catalogo CSI, Castello et alii, 2006).

La struttura, tuttavia, per le sue caratteristiche geologico-strutturali, presenta una grande influenza sullo stato generale dell'area di studio, per cui si è provveduto, attraverso la elaborazione ed interpretazione di dati VIDEPI (così come descritto brevemente in § 9) ad una sua descrizione e precisa definizione spaziale.

La faglia di Mattinata ha una sua ideale prosecuzione in mare in quella che viene comunemente definita la struttura o piega di Gondola, dal nome del pozzo di esplorazione petrolifera che l'allora Agip S.p.A. effettuò qui nel 1970. Questa fascia di deformazione è costituita da due anticlinali simmetriche con asse sub-verticale, orientate circa E-0, anche se in mappa risultano leggermente concave verso nord. Verso ovest le due anticlinali diventano asimmetriche con una vergenza più marcata verso nord. Nel suo insieme la fascia di deformazione

è lunga 60 e larga 20 km, La principale fase di deformazione della struttura plicativa di Gondola sembra precedere l'erosione messiniana, come indicato dalla marcata discordanza angolare che si osserva alla base della successione plio-quadernaria. Nel complesso i profili sismici marini a riflessione multicanale a disposizione nell'area di Gondola mostrano una diminuzione progressiva della deformazione plicativa durante il Plio-Quadernario, mentre non risultano evidenti deformazioni attuali del fondo marino. Anche la scarsa quantità di terremoti in corrispondenza della struttura di Gondola e l'affievolirsi della sismicità man mano che si scende verso sud nell'avampaese apulo (CARTA DELLA SISMICITÀ e delle STRUTTURE ATTIVE ALLA BASE DEL QUATERNARIO) sembrano escludere che ad essa sia associato un potenziale sismogenetico

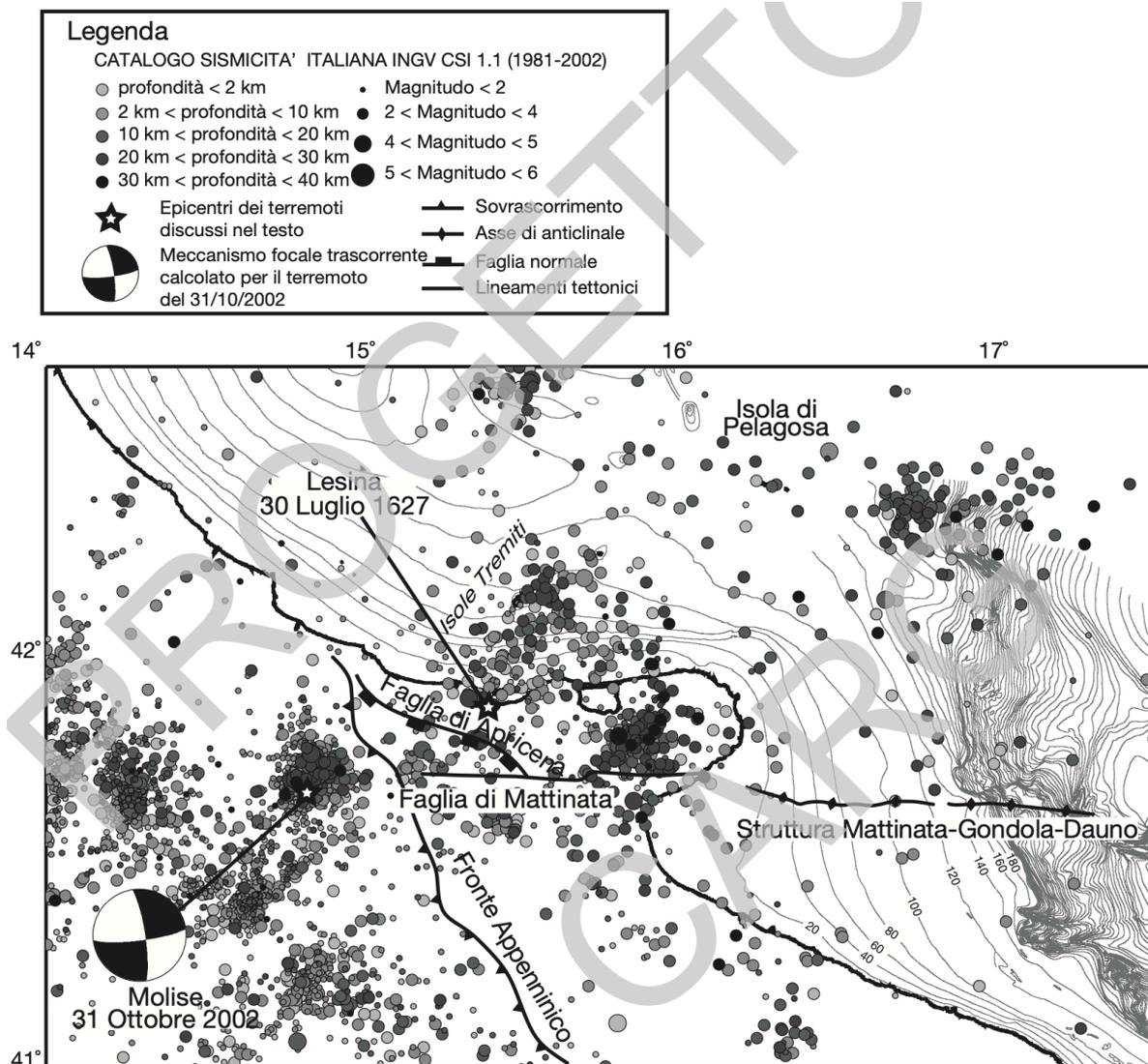


Figura 3-5 – Catalogo della sismicità italiana, da cui si evince come la faglia di Mattinata sia sostanzialmente sismicamente inattiva in epoca recente (Note Illustrative alla Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:25000, 2011)

4 RISULTATI

4.1 Generalità

Le analisi condotte sull'intera base dati raccolta e, in particolare, sui dati SBP dell'area del campo eolico offshore del progetto acquisiti nel 2023 e rielaborati hanno portato alla definizione di alcune unità sismostratigrafiche definite sulla base delle peculiari *facies* sismiche, dai rapporti geometrici interni ed esterni e alla susseguente individuazione di superfici di discontinuità tra queste.

Queste unità corrispondono a corpi sedimentari differenti separati da superfici di non conformità (Unconformity, Vail et alii, 1980) o di non deposizione. Altre caratteristiche ascrivibili a deformazioni e/o fratturazioni, accumuli localizzati di fluidi (gas) sono stati chiaramente riconosciute.

Non è possibile sulla base delle informazioni disponibili definire ulteriormente questi corpi sedimentari associandoli a precisi intervalli temporali a Unità Geologiche o stratigrafiche, anche informali, adottate dalla comunità scientifica. Questa limitazione non inficia il raggiungimento dello scopo del lavoro in quanto le principali caratteristiche di questi corpi, le loro relazioni spaziali definiscono in maniera soddisfacente lo stato dei terreni in relazione al progetto di installazione del campo eolico.

Nei successivi paragrafi si descrivono le unità sismostratigrafiche riconosciute e schematicamente i loro rapporti spaziali, altre caratteristiche individuate e riportati nella cartografia allegata.

4.2 Linea Gondola

Questa struttura tettonica rappresenta una importante morfologia dell'area. Anche se si trova sepolta sotto la coltre sedimentaria Plio-pleistocenica di notevole spessore (circa 400 m, dati VIDEPI Pozzo Grazia001) e non presenta segni di rilevante attività nello stesso periodo, rappresenta una morfologia che ha certamente influenzato l'evoluzione sedimentaria dell'area di studio. Per questo motivo, si è ritenuto utile definirne in dettaglio la geometria e la posizione spaziale in questa area per una migliore definizione dello stato dei corpi sedimentari affioranti e non nell'area di studio.

Sono state interpretate alcune linee VIDEPI (per il listato completo vedasi allegato) che ne hanno permesso la precisa localizzazione nella zona del parco eolico. Tale informazione viene riportata nella cartografia allegata.

Come mostrato in **Figura 4-1**, una struttura *a fiore positivo* tipica di condizioni di transpressione lungo la cosiddetta Faglia trascorrente Gondola mostra una stretta relazione con la sequenza sedimentaria della scarpata attuale. Come confermato da *Dalla Valle, G., Gamberi, F., Foglini, F., & Trincardi, F. (2015)*, la frana impostasi sulla scarpata attuale e chiaramente visibile nei dati batimetrici (EMODNet 2024) appare strettamente correlata alla attività tettonica della predetta struttura. In particolare, sono riconosciuti diverse fasi evolutive legate, probabilmente, a eventi sismici di notevole intensità avvenuti tra 62 e 56 mA e 34 e 21 mA (MIS 4/3 e MIS2).

In questo senso, viene riportata in questo documento e nella cartografia allegata.

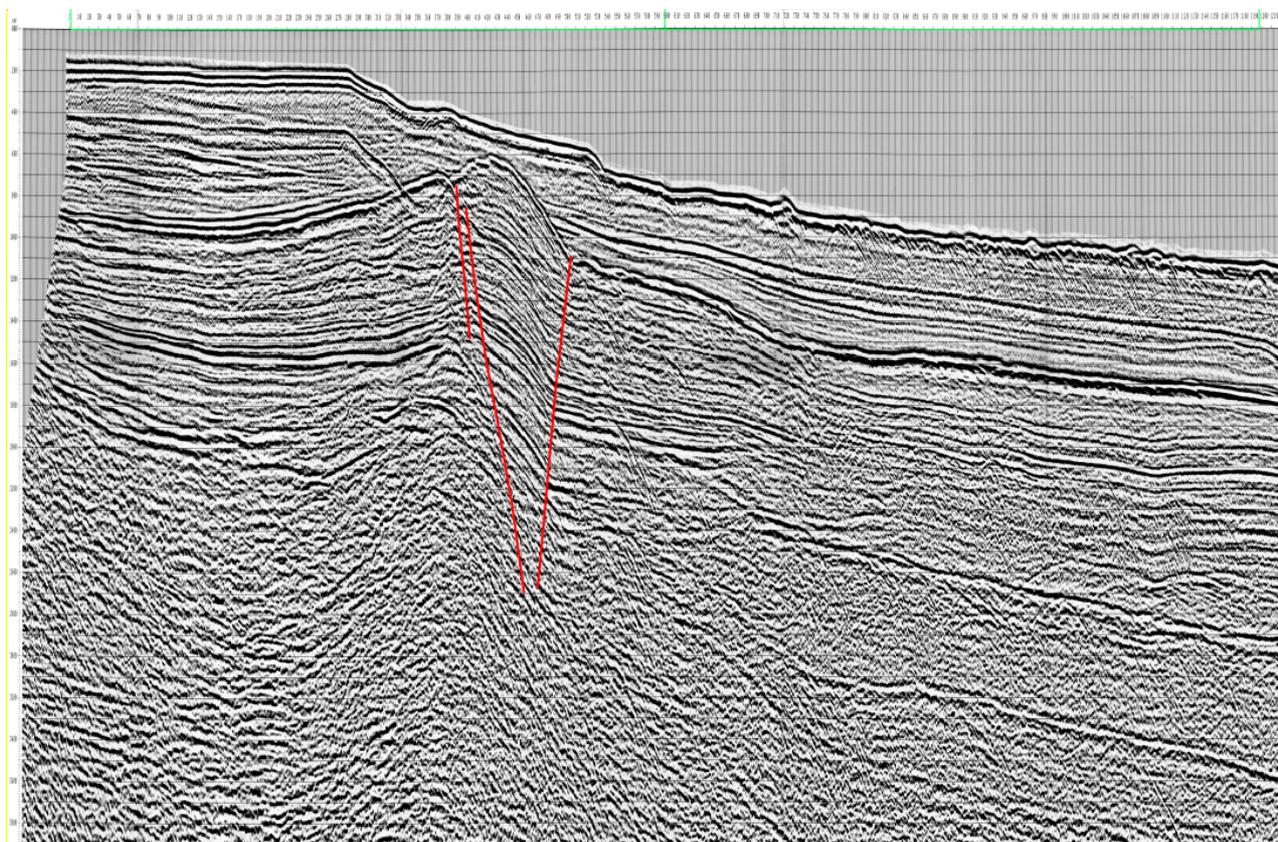


Figura 4-1 – Linea VIDEPI F076-009. In rosso le faglie che generano al tipica struttura a fiore positivo della faglia trascorrente. Il tratto rappresentato ricade sulla scarpata attuale subito a Est dell'area di studio.

4.3 Unità Sismostratigrafiche Superficiali

Come descritto in precedenza, sono stati differenziati alcuni corpi sedimentari superficiali associabili a sequenza sedimentarie oloceniche e pleistoceniche sulla base delle caratteristiche del segnale sismico (riflessioni interne, ampiezza, qualità, continuità laterale, ecc.) delle relazioni geometriche tra le riflessioni (*onlap*, *toplap*, *downlap*, troncature, uncinature, ecc.) necessari per la definizione di una *facies* sismica distintiva dei vari corpi sedimentari presenti. L'analisi dei dati SBP acquisiti durante il rilievo 2023 hanno permesso di classificare alcune unità sismostratigrafiche, identificare superfici di non conformità ed altre caratteristiche di rilievo.

Qui si seguito si descrivono le principali caratteristiche sismiche di tali unità e le modalità della loro differenziazione e classificazione.

Inoltre, uno schema stratigrafico e sezioni di riferimento (vedi Allegati) interpretate mostrano le correlazioni tra queste unità e la loro interpretazione geologica in termini di tipologia di terreno e qualche indicazione sul loro stato.

4.3.1 Unità H

Compresa tra il fondo attuale ed una superficie di non conformità (**U1**) correlabile all'ultimo stazionamento basso del livello del mare (MIS1). Presenta *facies* sismica trasparente con rari e deboli riflettori al suo interno. La geometria esterna di tipo tabulare, drappeggia la superficie U1 con spessori variabili da pochi decimetri ad alcuni metri. È presente in tutta l'area del campo eolico ad eccezione di una zona nella parte settentrionale in prossimità del margine della scarpata.

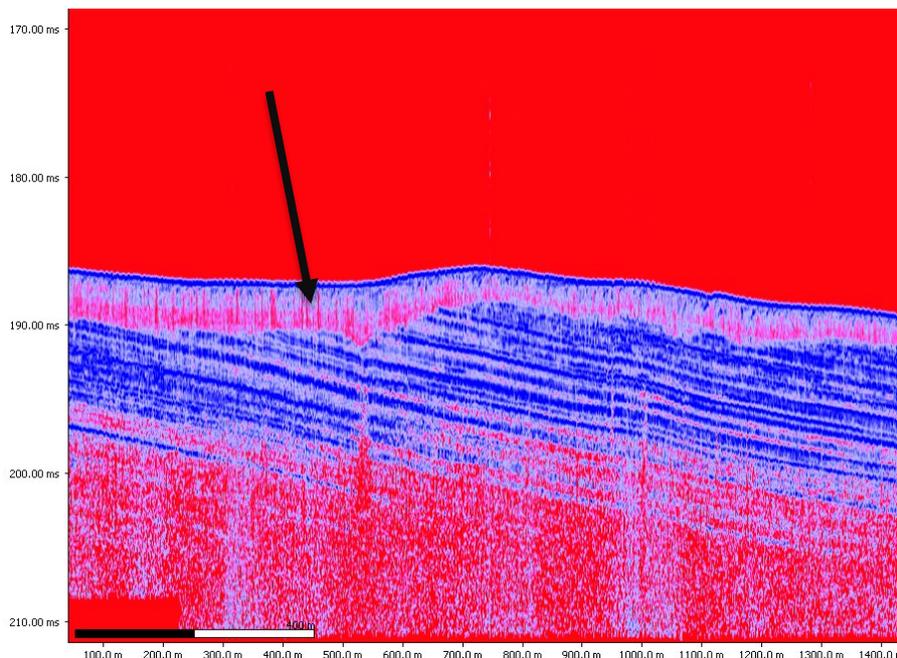


Figura 4-2 – Linea SSTAZ CL. Unità sismostratigrafica H (freccia nera).

Questa unità viene associata al corpo sedimentario più recente costituito da sedimenti finissimi poco compatti depositatosi durante l'Olocene tra l'ultimo glaciale e l'attuale. Presenta caratteristiche di *facies* sismiche tipiche di questa litologia.

Sono stati identificate altre caratteristiche interne a questa unità, interpretate come accumuli di fluidi gassosi che sembrano avere corrispondenza con delle piccole forme identificate sulla superficie del fondo sui dati SSS. Data la loro superficialità e il bassissimo rilievo, si ritiene che siano delle piccole risalite di gas accumulato nei sedimenti che a tratti esalano formando delle piccole forme subcircolari non definibili veri e propri *pockmark*. Come tali sono state cartografate e riportate nella cartografia allegata. Non sono stati identificate delle risalite di fluidi rilevanti provenienti da unità più profonde né forme superficiali tipiche associabili a questi fenomeni. La associazione di queste piccole risalite gassose con l'unità H sembra confermata dalla loro distribuzione superficiale limitata al settore meridionale dell'area di studio e in relazione con lo spessore di questa (vedi cartografia allegata, Aree di emissione gassosa).

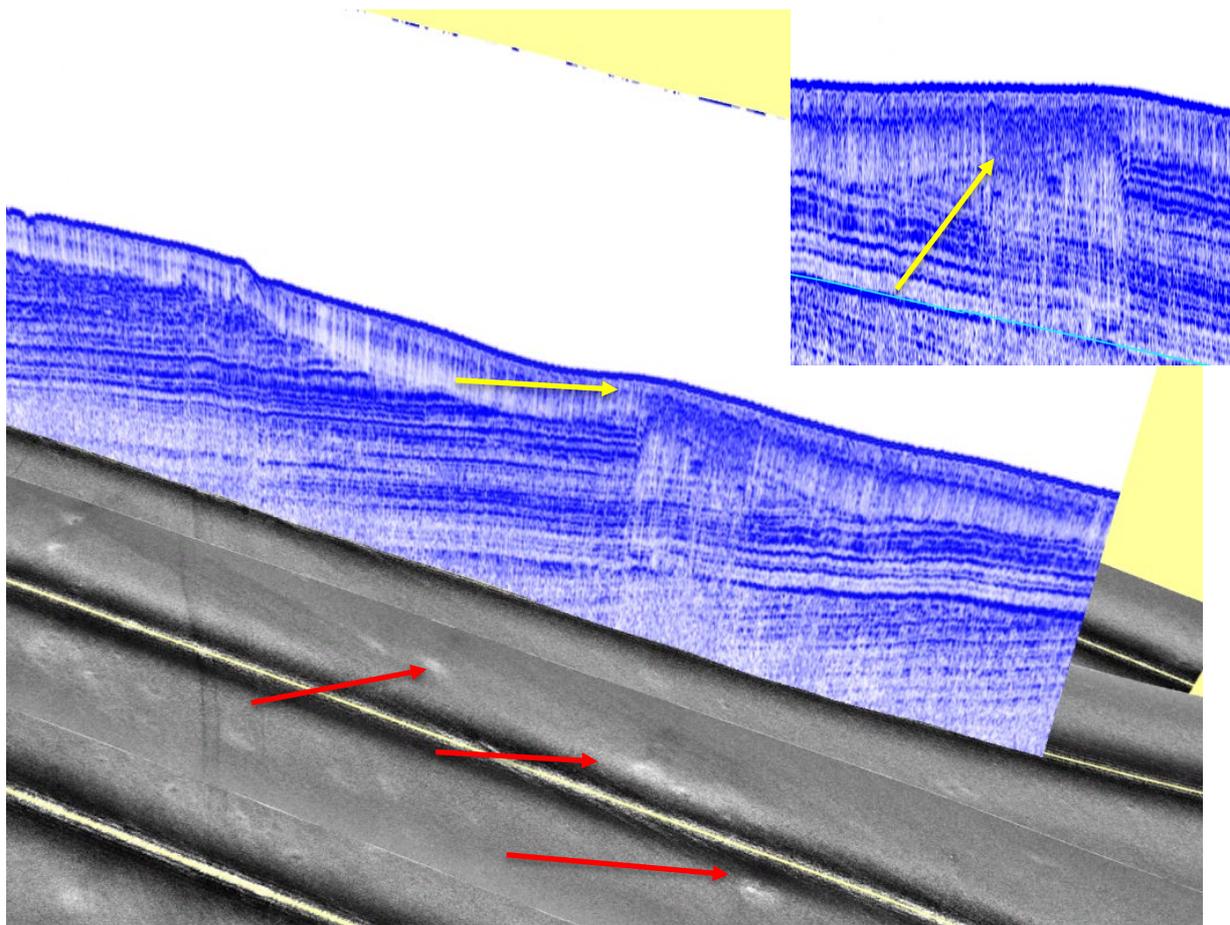


Figura 4-3 – Vista 3D Pale 04 A su mosaico dati SSS. Le frecce indicano le forme superficiali ascrivibili alle esalazioni gassose identificate nei dati SBP.

Nelle aree meno profonde presenti nel settore orientale dell'area di studio (a circa 130 m di profondità) sono state chiaramente identificati degli accumuli sedimentari più grossolani limitati arealmente costituiti da depositi dunari di spiaggia sommersa.

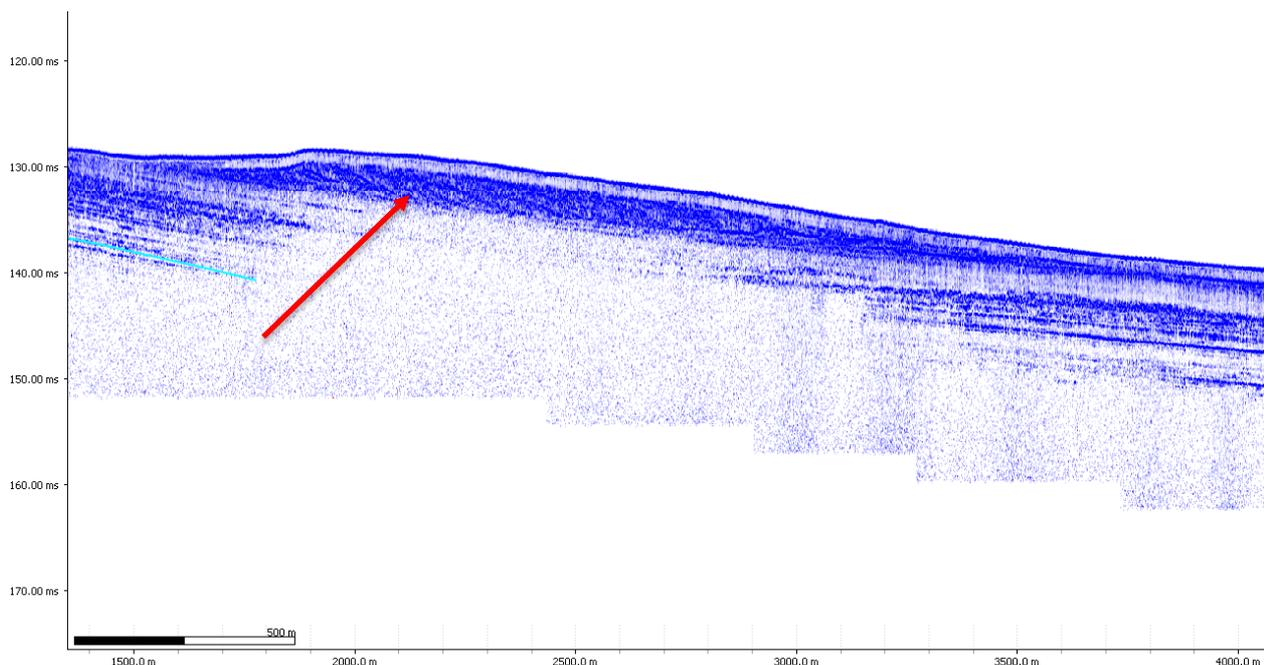


Figura 4-4. Linea SSTAZ CL. La freccia indica il probabile corpo dunare identificato nell'unità H.

4.3.2 Superficie di non conformità 1 (U1)

Generatasi probabilmente durante l'ultimo periodo glaciale (MIS1), separa con una netta troncatura erosiva l'unità H dalle sottostanti dalle Unità A e B.

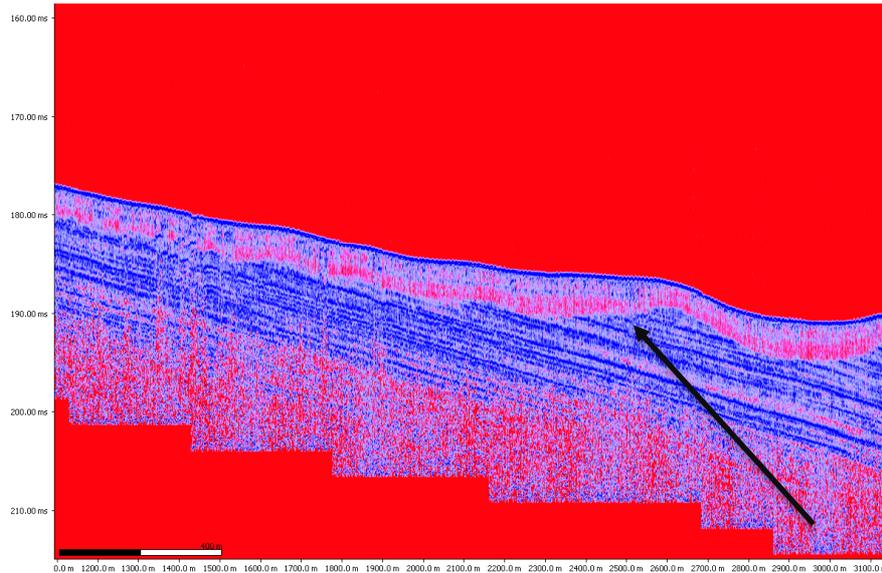


Figura 4-5 – Superficie di non conformità 1 (U1). Si noti la troncatura dei riflettori dell'Unità B.

Si rinviene in tutta l'area indagata ed appare ondulata presentando dei deboli avvallamenti allungati in direzione NO—SE nella parte meridionale. Riportate in cartografia allegata (**Figura 4-5**).

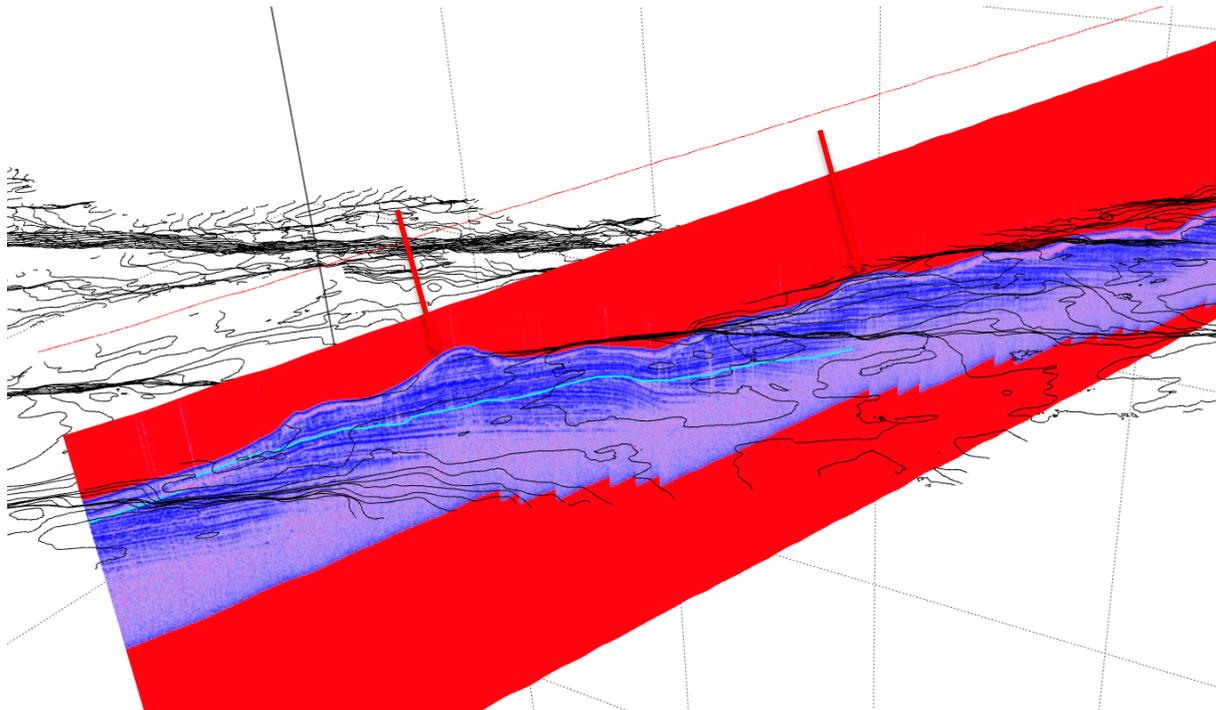


Figura 4-6 – Vista 3D Pale 09 A su batimetria. Le frecce indicano le ondulazioni della U1.

4.3.3 Unità B

Compresa tra la superficie di non conformità 1 (U1) e la superficie di non conformità 2 (U2). Si presenta con alternanza di forti riflettori di ottima continuità laterale plano-paralleli o leggermente inclinati verso NE tendenti a divergere leggermente e progradare verso le aree distali (**Figura 4-7**). La geometria esterna è influenzata alla U1 che ne determina una forte troncatura erosiva al tetto mentre poggia in *onlap* su U2 o in continuità di sedimentazione con l'unità A.

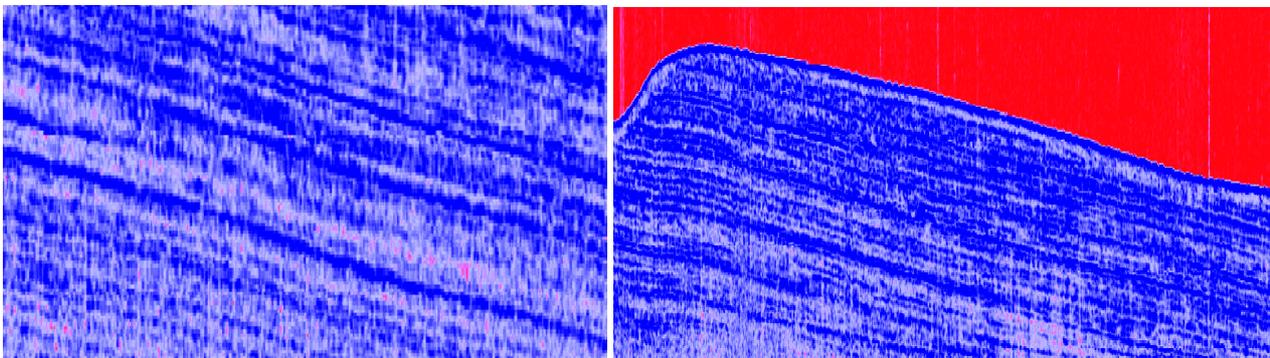


Figura 4-7 – Unità sismostratigrafica B. Facies sismica e geometria esterna.

Probabilmente costituito da alternanze di limi e/o argille variamente sabbiosi o siltosi, il corpo aggradante nella parte occidentale tende a progradare nella parte distale verso il margine della piattaforma attuale.

Questa unità è stata identificata nella parte orientale dell'area di studio (occupa la parte più vicina al margine della piattaforma) mentre sembra completamente eroso in una area settentrionale (in corrispondenza dell'area in cui l'Unità H non è presente (**Figura 4-8**). In questa zona Unità A affiora sul fondo attuale o, ove presente, è a contatto diretto con l'unità H.

Presenta chiaramente progradazione nelle aree più profonde e probabilmente depositosi tra MIS 1 e MIS3(?).

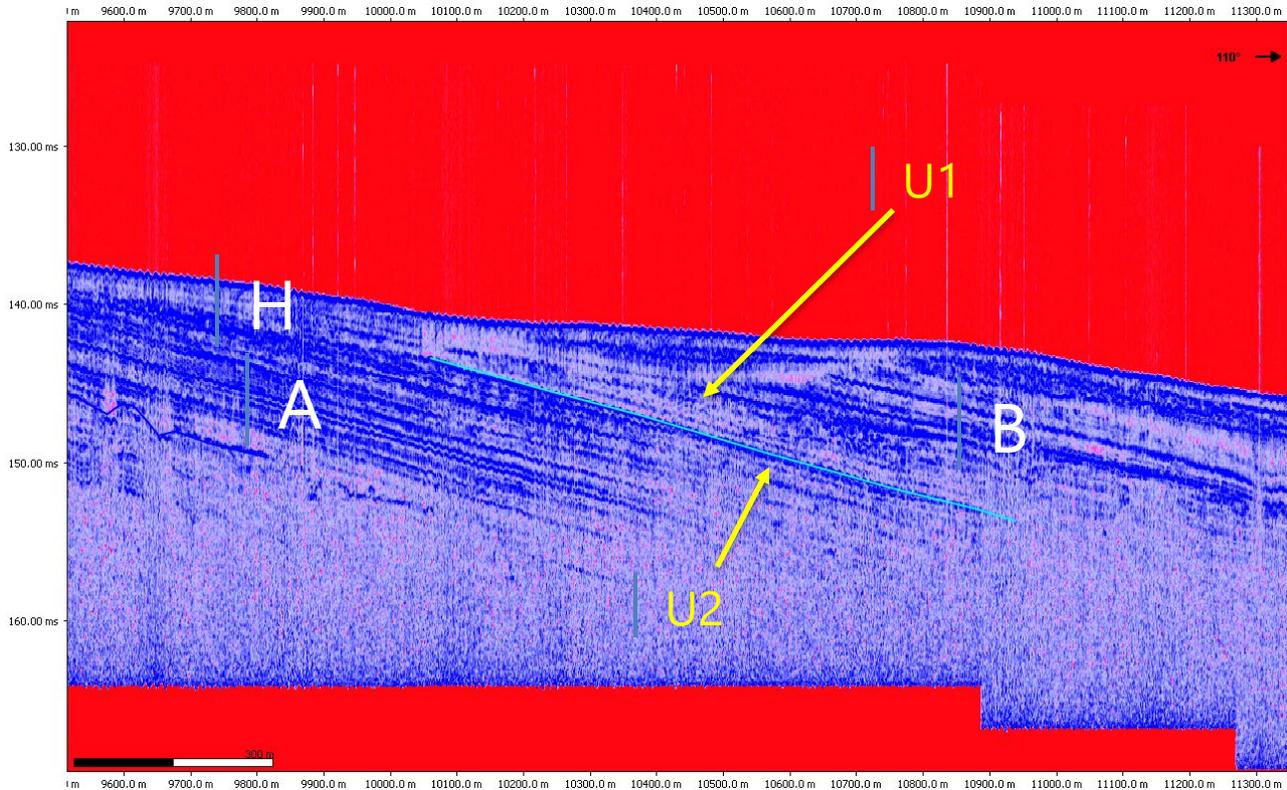


Figura 4-8 – Unità sismostratigrafica A e B. Zona di erosione di Unità B e relazione stratigrafica tra le unità.

4.3.4 Superficie di non conformità 2 (U2)

Separa con una netta troncatura erosiva l'unità B dalle sottostanti dalle Unità A e M.

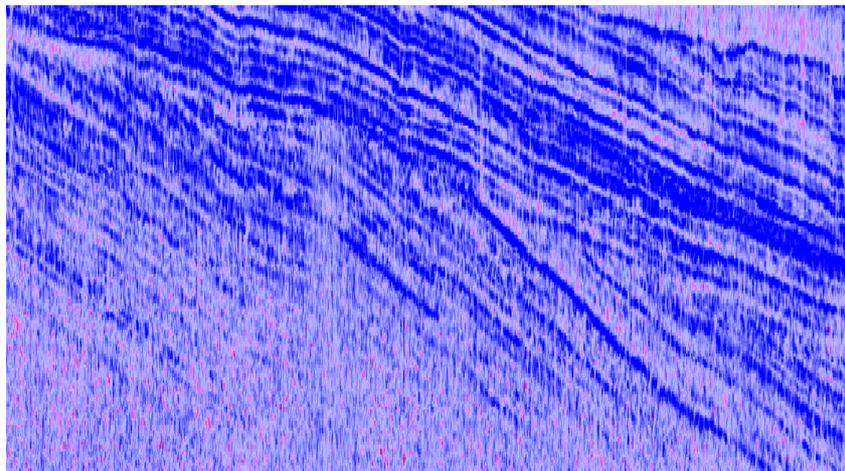


Figura 4-9 – Esempio di geometria della superficie di non conformità 2 (U2). Si noti la troncatura dei riflettori dell'Unità A (in basso) e l'onlap dei riflettori dell'unità B (in alto).

Anche questa superficie sembra di origine erosiva a sua volta troncata dalla U1 nelle aree ove l'unità B non è presente (Figura 4-8).

4.3.5 Unità A

Compresa tra la superficie di non conformità 1 (U1) e la superficie di non conformità 2 (U2). Mostra una alternanza di riflettori in netta discordanza angolare con Unità B. In probabile continuità eteropica con Unità M. Alternanza di riflettori piano-paralleli tendenti a progredire verso le aree distali in netta discordanza angolare con Unità B soprastante (**Figura 4-10**).

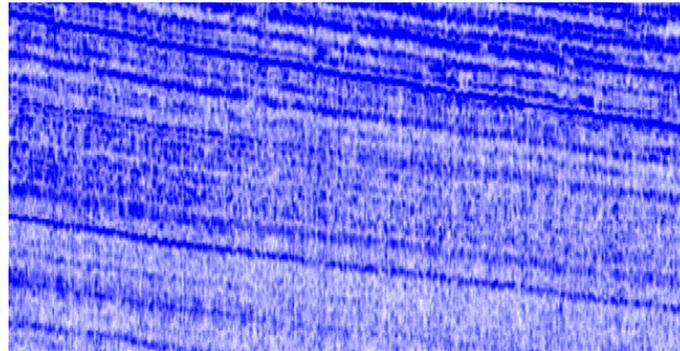


Figura 4-10 – Unità sismostratigrafica A. Geometria interna delle riflessioni.

Si rinviene in tutta l'area indagata ad eccezione delle zone estreme settentrionali ove viene sostituita dall'Unità M. I forti riflettori interni si mostrano di ottima continuità laterale decisamente inclinati verso NE nell'area distale.

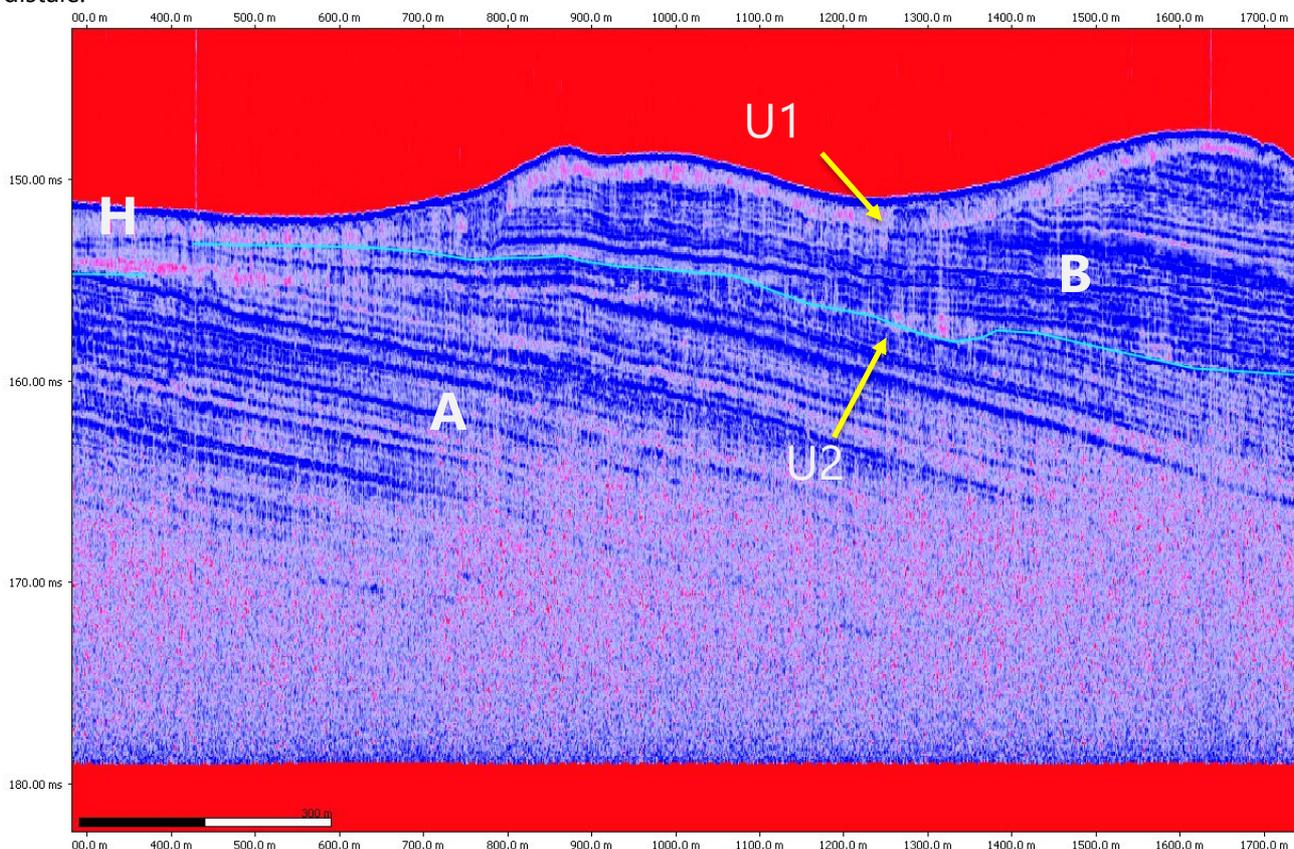


Figura 4-11 – Unità sismostratigrafica A. Rapporti stratigrafici con Unità B. (Linea SBP Pale 09 A)

Registra una attività di deformazione e fratturazione in una area ristretta a NE dell'area di studio. Probabilmente legate alla attività della Frana di Gondola presente sulla scarpata immediatamente a NE, queste forti evidenze di deformazione sono l'effetto di una propagazione della testata della frana verso la piattaforma avvenuta a causa di impatti eventi sismici avvenuti circa 50 mA e 30 mA (MIS 2 e 3, **Figura 4-12**).

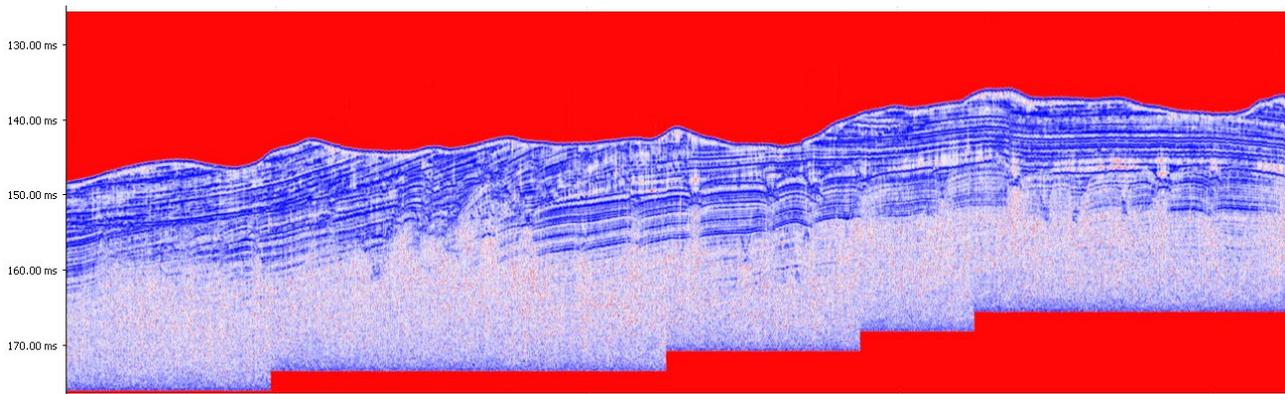


Figura 4-12 – Unità sismostratigrafica A. Linea TRASF_2006223_125102. Si noti l'intensa fratturazione e deformazione dell'Unità.

In questa zona è in parte assente la copertura olocenica (unità H) e l'unità B, unità A affiora direttamente sul fondo marino attuale.

Importante evidenziare la relazione tra le deformazioni in unità A e unità B in alcune zone. Come mostrato in **Figura 4-13**, unità A appare fortemente fratturata con un *pattern* di giunti molti ravvicinati e paralleli tra di loro (quasi crenulazione) che evolvono verso le aree distali in forme in un sistema di piccole faglie. Importante mettere in evidenza il fatto che l'unità B che poggia in discontinuità su queste forme non mostra alcuna propagazione del fenomeno al suo interno. Questo sembra confermare l'ipotesi di un *triggering* da evento sismico di queste deformazioni-fratturazioni e la loro correlazione con frana di Gondola presente più a Nord sulla scarpata. Le strutture così differenziate sono riportate nella cartografia allegata come aree di intensa deformazione/fratturazione dell'unità A e lineamenti tettonici (faglie) nelle unità quaternarie.

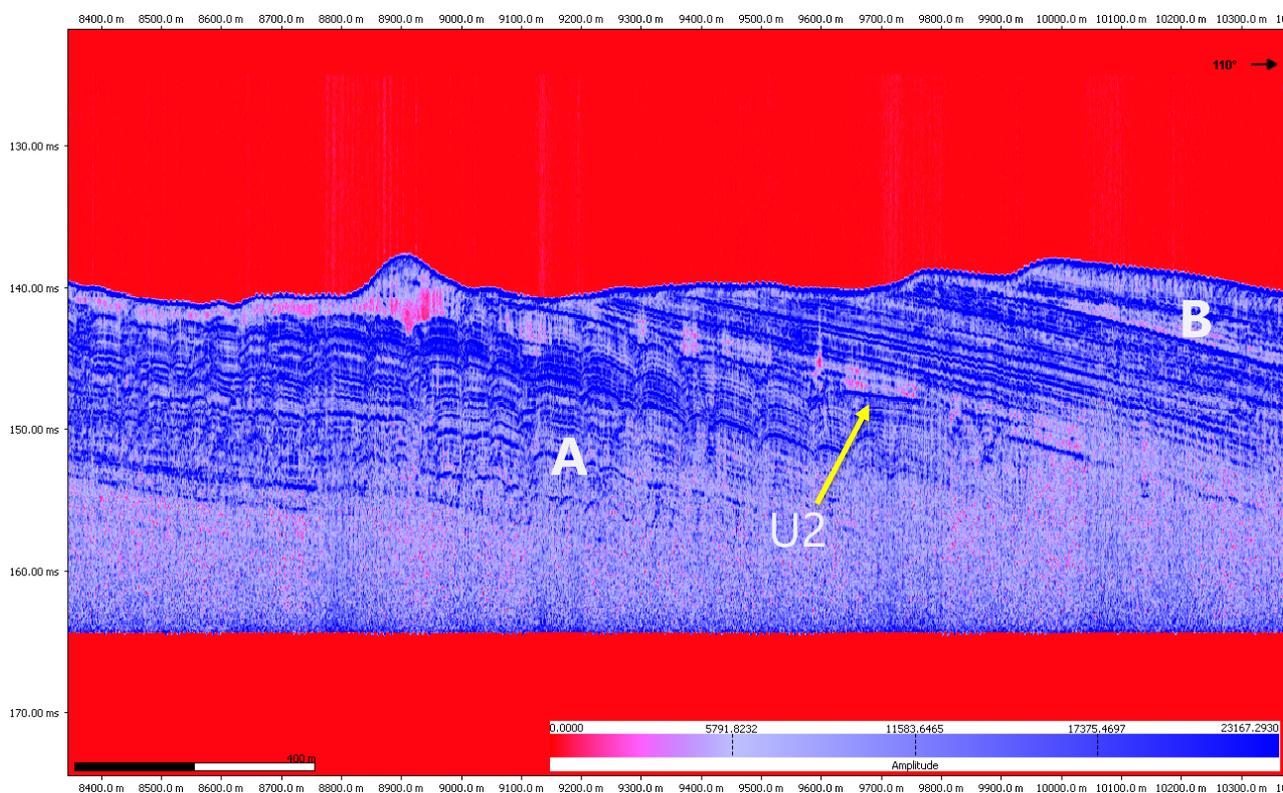


Figura 4-13 – Unità sismostratigrafica A. Si noti come le deformazioni non si propagano alla soprastante unità B.

4.3.6 Unità M

Compresa tra la superficie di non conformità 1 (U1) e la superficie di non conformità 2 (U2). Mostra una alternanza di riflettori in netta discordanza angolare con unità. In probabile continuità eteropica con Unità A. Si rinviene al di sotto della copertura olocenica solo nella parte NO dell'area indagata. Di forma esterna tabulare lievemente sigmoidale con riflettori interni di buona continuità laterale e ampiezza variabile.

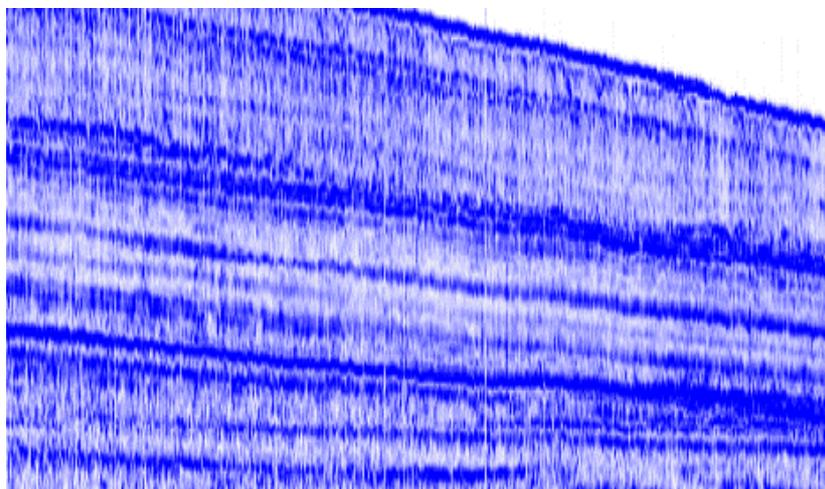


Figura 4-14 – Unità sismostratigrafica M. Geometria interna dei riflettori e forma esterna del corpo.

Si tratta probabilmente della parte prossimale della unità B separata da questa da erosione. Non è stato possibile determinare la correlazione tra queste, si è preferito per motivi spaziali considerare le due unità come corpi differenti.

Anche in questo caso, probabilmente costituita da alternanze di sedimenti sciolti fini o medio fini aggradanti verso l'area di scarpata a NE.

Non presenta segni di deformazione o fratturazione evidenti.

4.3.7 Superficie di non conformità 3 (U3)

Separa con una netta troncatura erosiva l'unità A e/o M dalla sottostante dalla unità P. Probabile superficie erosiva di basso stazionamento di maximum glaciale. E' stata identificata solo nella parte settentrionale dell'area di studio come limite inferiore dell'unità A. In questa zona, mostra caratteristiche di superficie di *downlap* erosione dell'unità di cui costituisce il tetto. In una limitata area questa superficie tronca U1 e U2 portando l'unità P a diretto contatto con la copertura olocenica (unità H, **Figura 4-15**).

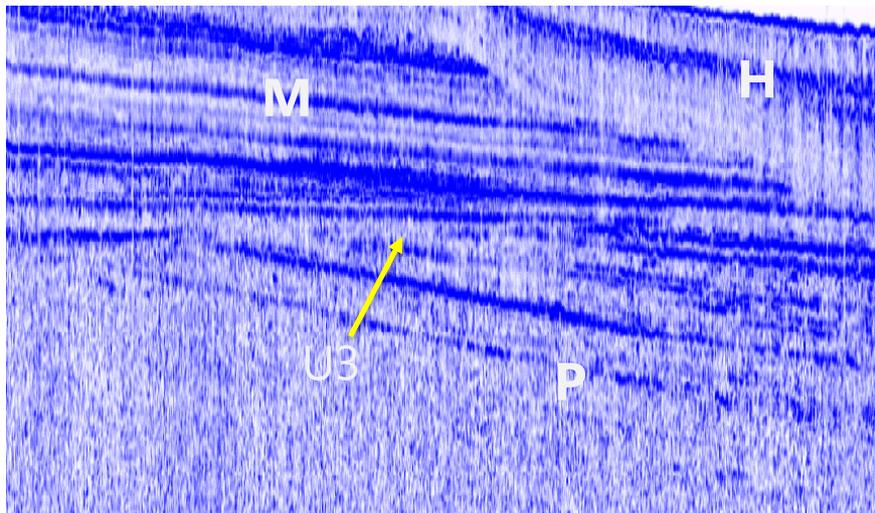


Figura 4-15 – Esempio di geometria della superficie di non conformità 3 (U3). Relazioni stratigrafiche tra unità H, M e P

4.3.8 Unità P

E' l'unità più profonda e antica stratigraficamente individuata. Compresa tra la superficie di non conformità 3 (U3) ma non è visibile il suo limite stratigrafico inferiore per la inevitabile dispersione del segnale sismico SBP. Riflettori di buona continuità laterale di ampiezza variabile ove visibile che tendono ad attenuarsi in profondità fino a scomparire (**Figura 4-16**).

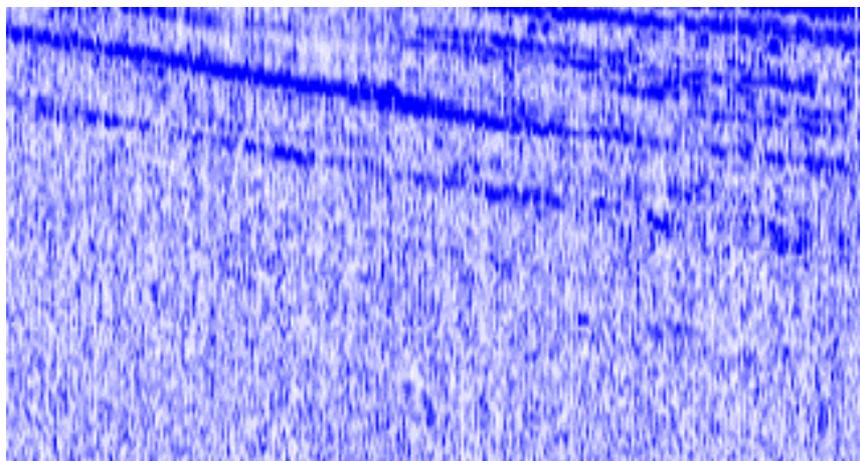


Figura 4-16 – Unità sismostratigrafica P. Geometria interna dei riflettori. Si noti la degradazione del segnale sismico e la progressiva perdita di segnale dei riflettori.

5 CONCLUSIONI

5.1 Geologia superficiale e geomorfologia

La dettagliata analisi dei dati SBP acquisiti per il progetto e dei dati raccolti indicano una sostanziale conferma delle evidenze riportate dalle pubblicazioni scientifiche più recenti relativa all'area di studio.

Stratigraficamente, l'area del campo offshore ricade completamente su terreni sciolti costituiti da sedimenti fini o medio fini organizzati in corpi sedimentari aggradanti e progradanti depositati (MIS2-3) in ambiente di piattaforma esterna verso la scarpata. Si tratta di alternanze di limi e/o argille variamente sabbiose o siltose ricoperti da sedimenti finissimi post ultima glaciazione (MIS1). In particolare, il corpo sedimentario classificato come unità H è riconducibile chiaramente ai sedimenti di mare aperto olocenici tipici dell'adriatico centro meridionale. I corpi sedimentari posti alla base di unità H, classificati come unità A, B, M e P rappresentano la normale evoluzione di sequenze deposizionali di scarpata esterna controllate dalle variazioni eustatiche degli ultimi 100 mA. I corpi presentano caratteristiche sismostratigrafiche omogenee al loro interno ad eccezione dell'unità H ove, nelle parti meno profonde dell'area di studio, è evidente la presenza di sedimentazione più grossolana depositati in un ambiente di spiaggia sommersa durante l'ultimo stazionamento base del livello del mare.

Le superfici identificate e classificate come (U1,2 e 3), che separano tali corpi sono controllate dai medesimi meccanismi di variazione del livello del mare e presentano caratteristiche simili di tipo erosivo – non deposizionale nelle aree prossimali dell'area di studio e, probabilmente, in continuità di deposizione nelle aree più distali verso la scarpata. In particolare, la superficie di non conformità classificata U1, correlabile all'ultimo stazionamento basso del livello del mare, si presenta come una evidente superficie di erosione caratterizzata da blande creste ed avvallamenti allungati in direzione NE. Questo, associato alle profondità dell'area, indicherebbe una azione erosiva delle correnti come genesi di questa forma.

In tutta l'area di studio non sono emerse condizioni di erosione diffusa o di instabilità incipienti ad eccezione di una limitata area ricadente nella parte settentrionale dell'area prossima al ciglio della scarpata. Qui l'assenza della copertura olocenica e la assenza dell'unità B mettono in evidenza un fenomeno erosivo. Inoltre, la corrispondenza di questa zona con la parte dell'unità A fortemente fratturata/deformata indicherebbe una correlazione del fenomeno con la grande Frana di Gondola che si localizza sulla scarpata subito a NE di questa area.

D'altra parte, queste deformazioni non appaiono coinvolgere l'unità B stratigraficamente superiore indicando una stasi del fenomeno dopo la fase di messa in posto di tale corpo.

In accordo con le ipotesi di Dalla Valle, G., Gamberi, F., Fogliani, F., & Trincardi, F. (2015), la genesi della Frana di Gondola appare legata alla struttura tettonica principale (Linea Gondola, Faglia di mattinata-Gargano) in termini sismogenetici. Inoltre, gli stessi autori riportano l'idea di eventi sismici di rilievo differenti che hanno prodotto il movimento di massa in tempi successivi. Ciò sembra confermata dall'analisi dei dati acquisiti durante il rilievo del 2023 dove nel corpo unità A sono stati chiaramente identificati almeno due stili di deformazione, e conseguenti strutture associate, probabilmente associabili alla propagazione della testata della frana verso la piattaforma.

Nondimeno va considerato l'effetto delle correnti di fondo come genesi di erosione diffusa. In accordo con le 'Note illustrative della Carta Geologica Dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 - Fogli NK 33-6 e NK 33-8/9 Vieste e Bari' la presenza di forti correnti di fondo è confermata dai depositi *contouritici* sulla scarpata e sulla Frana di Gondola. Inoltre, l'analisi di dati correntometrici acquisiti per il progetto *Barium Bay* ha confermato la presenza e l'entità di tali correnti anche in tempi attuali. Queste potrebbero spiegare le forme qui registrate in termini di assenza della copertura olocenica e della evidente erosione al tetto delle unità A e B in queste zone.

5.2 Considerazioni conclusive e raccomandazioni

In generale, l'area di impianto degli aerogeneratori presenta condizioni di stabilità in termini erosivi e di condizione dei terreni ad eccezione di una limitata area nella parte settentrionale del campo in prossimità del ciglio della scarpata attuale (vedi cartografia allegata)

In questa zona sono evidenti forme erosive di deformazione dei terreni nell'immediato sottofondo marino (entro 15 m – 20 m circa al di sotto del fondo attuale).

La correlazione di tali forme con la vicina *frana di Gondola* (Ridente, D., Fracassi, U., Di Bucci, D., Trincardi, F., & Valensise, G., 2008; Ridente, D., & Trincardi, F., 2006) è confermata dai dati geofisici acquisiti nel rilievo 2023 eseguito per questo progetto.

Tuttavia, la probabile origine sismogenetica del fenomeno franoso (Minisini, D., Trincardi, F., & Asioli, A., 2006) connesso alla bassa sismicità specifica dell'area (DISS – Database of Individual Seismogenic Sources Version 3.3.0) attesa nei modelli e da evidenze che indicano la parte attiva della Faglia di Gondola nella parte occidentale garganica (Bucci et alii., 2010) fanno supporre una stasi o una quiescenza del fenomeno. Come detto precedentemente, ciò trova conferma nell'analisi dei dati SBP in questa specifica area che mostrano tali aree di deformazione e fratturazioni, ove non affioranti, sepolte da corpi sedimentari indeformati che ne suturano la propagazione.

La mancanza della copertura olocenica e di alcuni lembi di corpi sedimentari mette in evidenza un fenomeno erosivo potenzialmente in atto in questa stessa area. Vanno, quindi, approfondite le cause che hanno determinato tale evidenza. In particolare, la presenza di forti correnti di fondo è confermata dalla presenza di tipici corpi sedimentari sulla scarpata della frana. I dati correntometri acquisiti per il progetto, tuttavia, non esaudiscono in maniera definitiva l'entità di tali correnti nell'area di erosione. Queste potrebbero essere la causa principale di fenomeni erosivi che potenzialmente interessano l'area di progetto. Considerato che il progetto prevede la realizzazione di ancoraggi profondi mediante pali battuti, si può presumere che il fenomeno erosivo abbia una influenza molto limitata sulla stabilità degli ancoraggi.

Ad ogni modo si raccomanda, unitamente a quanto descritto nella relazione finale dei risultati del rilievo geofisico, una accurata valutazione sulla geologia e morfologia superficiale di tale area attraverso un rilievo geofisico di dettaglio e attività di campionamento, prove in situ e la successiva fase di analisi di laboratorio finalizzata ad una accurata e definitiva definizione dello stato dei terreni e del conseguente dimensionamento definitivo degli ancoraggi.

Inoltre, si raccomanda l'esecuzione di una campagna di misure correntometriche per la valutazione della entità delle correnti di fondo in corrispondenza del ciglio della scarpata e della testata della Frana di Gondola in quanto potenziale causa dei fenomeni erosivi registrati.

6 ALLEGATI

- **Allegato 1:** Schema delle unità sismostratigrafiche riconosciute

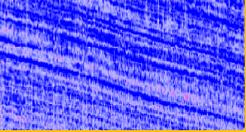
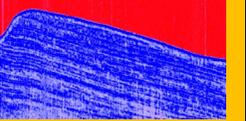
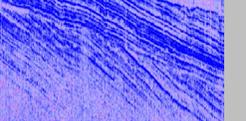
- **Allegato 2:** Bibliografia

- **Cartografia:**
 - Carta della pericolosità geologica e geomorfologica dell'area del campo – Carta di insieme alla scala 1:40000, n° 1 foglio
 - Carta della pericolosità geologica e geomorfologica dell'area del campo – Carta di dettaglio alla scala 1:17500, n° 3 fogli

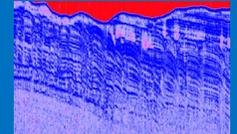
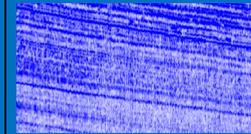
6.1 Schema delle unità sismostratigrafiche riconosciute

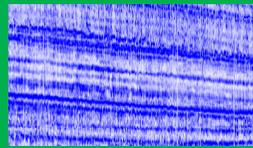
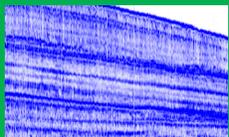
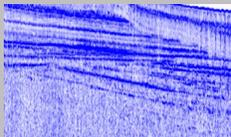
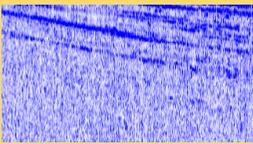
Tabella 4-1 – Schema delle unità sismostratigrafiche riconosciute

Codice	Unità	Età	Tipo	Facies sismica	Geometria interna	Geometria esterna
H	Olocene	MIS 1	Probabili sedimenti finissimi post glaciali	Trasparente. Nelle aree prossimali evidenti forme sigmoidali da probabili accumuli dunari	Rari deboli riflettori interni piano paralleli	Tabulare drappeggiata su non conformità erosiva
U1	Unconformity 1	MIS 1	probabile superficie erosiva dell'ultimo basso stazionamento del maximum glaciale. Tende alla continuità di sedimentazione progradante con l'Unità sottostante nelle aree distali	Troncature dei riflettori dell'Unità B	NA	Superficie erosiva blandamente ondulata e complessa su con evidenti troncature dei riflettori dell'Unità B. Presenta scarpate ed ondulazioni allungate in direzione NE-SO

Codice	Unità	Età	Tipo	Facies sismica	Geometria interna	Geometria esterna
B	B	MIS 3?	Probabili alternanze di sedimenti sciolti da limi/argille a sabbie fini	Alternanza di riflettori plano-paralleli tendenti a progredire verso le aree distali	Riflettori forti plano-paralleli di ottima continuità laterale leggermente inclinati verso NE tendenti a divergere leggermente verso le aree distali 	Tabulare con la superficie superiore da complessa a fortemente ondulata per effetto erosivo. In alcune aree non è presente probabilmente a causa della sua completa erosione 
U2	Unconformity 2	MIS 3?	Probabile superficie erosiva di basso stazionamento di maximum glaciale. Tende alla continuità di sedimentazione progredante con l'Unità sottostante nelle aree distali	Troncature dei riflettori dell'Unità A e M	NA	Superficie erosiva su con evidenti troncature dei riflettori dell'Unità B. Andamento planare tendente ad immergere verso NE nelle aree distali. Non presenta, ove visibile, particolari complessità. Presenta scarpate erosive sull'Unità M 

Codice	Unità	Età	Tipo	Facies sismica	Geometria interna	Geometria esterna
A	A	MIS 3?	Probabili alternanze di sedimenti sciolti da limi/argille a sabbie fini	Alternanza di riflettori plano-paralleli tendenti a progredire verso le aree distali in netta discordanza angolare con Unità B soprastante. In probabile continuità eteropica con Unità M. Si rinviene in tutta l'area indagata ad eccezione delle zone estreme settentrionali ove viene sostituita dall'Unità M	Riflettori forti paralleli di ottima continuità laterale decisamente inclinati verso NE nell'area distale. Presentano forti evidenze di deformazione e fratturazione nell'area settentrionale del campo	Tabulare con ampi avvallamenti erosivi superiori



Codice	Unità	Età	Tipo	Facies sismica	Geometria interna		Geometria esterna	
M	M	MIS 3?	Probabili alternanze di sedimenti sciolti da limi/argille a sabbie fini	Alternanza di riflettori in netta discordanza angolare con Unità B soprastante. In probabile continuità eteropica con Unità A.	Riflettori di buona continuità laterale di ampiezza variabile		Tabulare \ Sigmoidale	
U3	Unconformity 3	MIS 3-5?	Pobabile superficie erosiva di basso stazionamento di maximum glaciale. Tende alla continuità di sedimentazione progradante con l'Unità sottostante nella aree distali	In continuità con riflettori dell'Unità A e M. Non sempre visibile	NA		Superficie erosiva su con evidenti troncature dei riflettori dell'Unità P. Andamento planare o leggermente ondulato ove visibile	
P	P	MIS 3-4?	Probabili alternanze di sedimenti sciolti da limi/argille a sabbie fini	Alternanza di riflettori piano paralleli. Non sempre visibile	Riflettori di buona continuità laterale di ampiezza variabile Tendono ad attenuarsi in profondità		NA. Non è visibile il suo limite stratigrafico inferiore	

6.2 Bibliografia

- Dalla Valle, G., Gamberi, F., Foglini, F., & Trincardi, F. (2015). The Gondola Slide: A mass transport complex controlled by margin topography (South-Western Adriatic Margin, Mediterranean Sea). *Marine Geology*, 97-113.
- Minisini, D., Trincardi, F., & Asioli, A. (2006). Evidence of slope instability in the Southwestern Adriatic Margin. *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 1-20.
- Ridente, D., & Trincardi, F. (2006). Active foreland deformation evidenced by shallow folds and faults affecting late Quaternary shelf-slope deposits (Adriatic Sea, Italy). *Basin Res.*, 171-188.
- Ridente, D., Fracassi, U., Di Bucci, D., Trincardi, F., & Valensise, G. (2008a). Middle Pleistocene to Holocene activity of the Gondola Fault Zone (Southern Adriatic Foreland): Deformation of a regional shear zone and seismotectonic implications. *Tectonophysics*, 110-121.
- Ridente, D., Trincardi, F., Piva, A., Asioli, A., & Cattaneo, A. (2008b). Sedimentary response to climate and sea level changes during the past ~ 400 kyr from borehole PRAD1-2 (Adriatic Margin). *Geochem. Geophys. Geosy.*, 9, doi: 10.1029/2007GC001783, 1-20.
- Trincardi, F., Argnani, A., & Correggiari, A. (s.d.). Note illustrative della CARTA GEOLOGICA DEI MARI ITALIANI alla scala 1:250.000 - Fogli NK 33-6 e NK 33-8/9 VIESTE e BARI.
- DISS – Database of Individual Seismogenic Sources Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- EMODnet – “European Marine Observation and Data Network” - <https://emodnet.ec.europa.eu>
- Progetto OTRIONS - “Multi-Parametric Network for the Study and Monitoring of Natural Hazards in the Otranto Channel and Ionian Sea”
- Progetto ViDEPI – “Visibilità dei dati afferenti all'attività di esplorazione petrolifera in Italia” – website