



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze  
Direttore Prof.ssa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA MAGISTRALE  
IN  
GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA

**STUDIO PETROGRAFICO DEI DEPOSITI TARDO  
QUATERNARI DISTALI DEL FIUME PIAVE**

*Relatore: Prof.ssa Cristina Stefani*

*Correlatore: Dott. Alessandro Fontana*

*Laureanda: Valentina Di Bella*

ANNO ACCADEMICO 2013/2014



# INDICE

---

<b>Abstract</b> .....	5
<b>Introduzione</b> .....	7
<b>Capitolo 1 - Inquadramento regionale</b>	
1.1 - <i>Inquadramento geografico</i> .....	11
1.2 - <i>Inquadramento geodinamico e strutturale</i> .....	12
1.3 - <i>Inquadramento geologico</i> .....	15
1.3.1 - <i>Evoluzione Mesozoica</i> .....	17
1.3.2 - <i>Evoluzione Cenozoica</i> .....	19
<b>Capitolo 2 - Inquadramento di dettaglio dell'area tra il Livenza e la laguna di Venezia</b>	
2.1 - <i>Inquadramento geomorfologico e Geologia del Quaternario</i> .....	25
2.2 - <i>Pre-LGM</i> .....	30
2.3 - <i>LGM</i> .....	32
2.4 - <i>Post-LGM</i> .....	36
<b>Capitolo 3 - Metodi di analisi stratigrafiche e sedimentologiche</b>	
3.1 - <i>I carotaggi</i> .....	39
3.2 - <i>Descrizione stratigrafica e sedimentologica</i> .....	40
3.3 - <i>La fase di campionamento</i> .....	43
3.3.1 - <i>Tabelle dei campioni</i> .....	45
<b>Capitolo 4 - Carotaggio TdM</b>	
4.1 - <i>Introduzione al carotaggio</i> .....	47
4.2 - <i>Fotografie del sondaggio TdM</i> .....	49
4.3 - <i>Log stratigrafico del sondaggio TdM</i> .....	54
4.4 - <i>Descrizione dettagliata del sondaggio TdM</i> .....	73
4.5 - <i>Descrizione sedimentologica e sintesi stratigrafica</i> .....	98
<b>Capitolo 5 - Carotaggi SD4 ed SD5bis</b>	
5.1 - <i>Introduzione ai carotaggi</i> .....	105
5.2 - <i>Fotografie del sondaggio SD4</i> .....	107
5.3 - <i>Log stratigrafico del sondaggio SD4</i> .....	110
5.4 - <i>Descrizione dettagliata del sondaggio SD4</i> .....	118
5.5 - <i>Fotografie del sondaggio SD5bis</i> .....	120

5.6 - Log stratigrafico del sondaggio SD5bis .....	123
5.7 - Descrizione dettagliata del sondaggio SD5bis .....	131
5.8 - Descrizione sedimentologica e sintesi stratigrafica .....	133
<b>Capitolo 6 - Carotaggio JES2010</b>	
6.1 - Introduzione al carotaggio .....	139
6.2 - Fotografie del sondaggio JES2010 .....	141
6.3 - Log stratigrafico del sondaggio JES2010 .....	144
6.4 - Descrizione dettagliata del sondaggio JES2010 .....	156
6.5 - Descrizione sedimentologica e sintesi stratigrafica .....	160
<b>Capitolo 7 - Unità stratigrafiche del sottosuolo .....</b>	<b>165</b>
<b>Capitolo 8 - Analisi Petrografiche</b>	
8.1 - Campioni analizzati e metodi di analisi composizionale .....	169
8.2 - Fase di preparazione dei campioni .....	170
8.3 - Analisi granulometriche .....	171
8.4 - Analisi petrografiche .....	172
<b>Capitolo 9 - Risultati analitici</b>	
9.1 - Risultati .....	177
9.2 - Carotaggio Torre di Mosto (TdM) .....	183
9.3 - Carotaggi Cessalto (SD4-SD5bis) .....	188
9.4 - Carotaggio Jesolo (JES2010) .....	192
<b>Capitolo 10 - Discussione .....</b>	<b>197</b>
<b>Capitolo 11 - Conclusioni .....</b>	<b>207</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>211</b>
<b>Ringraziamenti</b>	

## **Abstract**

This thesis deals with the characterization of late-Quaternary distal deposits of the Piave River, one of the main fluvial system draining the south-eastern Alps. The work is based on the collection of numerous samples of sands from cores Torre di Mosto (TdM), Cessalto (SD4 and SD5bis) and Jesolo (JES2010), that reached the depth of 94, 40 and 60 m from ground surface, respectively. The boreholes were realized through a mechanical probe collecting cores of 101 mm in diameter, with a simple sampler and collected in plastic or polystyrene boxes.

TdM survey was realized between September and October of 2003 in the framework of the carrying out of the new geological map of Italy (CARG Project, sheet 107 "Portogruaro"). The stratigraphic succession consists of alluvial deposits of MIS 6, followed by coastal sediments of the Tyrrhenian transgression (i.e. MIS 5.5) and after by alluvial deposits of the MIS 3 and 2. In the last 7.8 m Holocene lagoon deposits are present and their base is radiocarbon dated at about 7 ka cal BP. Cores SD4 and SD5bis were collected near the town of Cessalto between October and November 2008, for the construction of the third lane of the motorway A4 between San Donà di Piave and Alvisopoli. The core sampled only alluvial deposits that, at the base, related to floodplain facies radiocarbon-dated at about 40 ka cal BP. In SD4 alluvial sediments of Last Glacial Maximum (LGM, 30-20 ka cal BP) are present between 32.5-2.8 m and they are sealed by fluvial-ridge deposits of the Piave River, which was active in the area between 5.5 and 3 ka cal BP. The basal part of core SD5bis is well related to SD4, but from 28.8 m of depth it consists of an incised fluvial valley formed by Piave River during lateglacial and filled by distal sediments of this course since 9 ka cal BP. The last 5 m correspond to the top portion sampled in SD4. The core JES2010 was carried out in April 2010 and it passed through almost the same chronostratigraphic units and the same depositional facies recognized in TdM, except MIS 6 floodplain that was not reached.

The stratigraphic reconstruction of the whole area analyzed in this research was obtained through the detailed stratigraphic logs of the cores and supported by sedimentological analysis. This study allowed to identify the depositional facies and their associations. Moreover, the stratigraphic data were interpreted at the light of the

general stratigraphic framework of the late-Quaternary evolution of the distal sector of the Piave river system. Particle-size analyses were carried out on all the samples collected, but only on the most significant ones petrographic and mineralogical composition were investigated. In particular, the compositional study through the method of counting for points was carried out, using a mechanical stage with constant increments of 0.5 mm. At least 300 grains of the framework were determined. The study considered 6 samples from TdM, 1 from SD4, 2 from SD5bis and 5 from JES2010. The results obtained from the data of the calculations allowed the construction of triangular diagrams. The analyses were plotted using triangular diagrams showing as corners NCE (Non-Carbonate Extrabacinal), CE (Carbonate Extrabacinal), CI (Carbonate Intrabacinal), NCI (Non-Carbonate Intrabacinal), Q (Quartz), F (Feldspars), L (Lithic fragments). In particular, triangles NCE-CE-CI+NCI, Q-F-L+CE and Q+F-L-CE represent first, second and third level of classification respectively.

The use of these analytical techniques has played a primary role to perform provenance studies. These were based on the detailed study of the main composition and recognition of diagnostic elements related to drainage systems which have influenced the studied area. The study of river sediments allowed to highlight that the composition of the sediments experiences an abrupt change from the Tagliamento to the Po delta. In particular, the percentage of carbonate grains (mostly dolomite) and fragments of volcanic rocks gradually decreasing toward south, while an enrichment in quartz and fragments of metamorphic rocks occurs. Deposits of continental facies of MIS 3 and MIS 2, both in TdM and SD4+SD5bis, show a typical composition of the Piave River catchment. Coastal deposits of MIS 5.5 in TdM have a mixed composition between Piave and Tagliamento with very little influence from Po; on the other hand, coeval sediments of JES2010 show a typical composition of the Po basin. These two petrofacies reflect the different source areas: 1) litharenitic sands with southern Alpine origin; 2) quartzolithic sands fed by western-central Alps and northern Apennines. The new information highlights that, probably, Po River had a stronger influence during MIS 5.5 in the Venetian Plain and its sediments were transported by a clockwise coastal current up to the area of Jesolo.

## Introduzione

La presente tesi è il risultato di un lavoro volto a caratterizzare tramite analisi sedimentologico-stratigrafiche e petrografico-mineralogiche i depositi stratigrafici che, nel corso degli ultimi 150.000 anni hanno costruito quella che attualmente è la bassa pianura del fiume Piave.

Si sono analizzati e descritti quattro carotaggi geognostici, selezionati sulla base della profondità raggiunta da essi e della loro posizione geografica, al fine di poter seguire l'evoluzione della pianura a partire dalle fasi finali del Pleistocene medio. Il sondaggio TdM è stato perforato in località Senzielli di Torre di Mosto (VE) fino alla profondità di 94,00 m, mentre i carotaggi SD4 ed SD5bis sono stati realizzati nei pressi dell'area di servizio di Cessalto (TV) e sono profondi 40,00 m. Il sondaggio JES2010 è stato fatto tra Jesolo e Lido di Jesolo (VE) fino a 60,00 m dal piano campagna. In base alla loro localizzazione, i carotaggi TdM e JES2010 forniscono dati per la comprensione delle caratteristiche e della composizione del settore costiero dell'attuale bassa pianura del Piave. I carotaggi SD4 ed SD5bis permettono, invece, di analizzare la zona situata poco a valle della fascia delle risorgive.

Questo studio si basa come riferimento sul carotaggio TdM, già in parte analizzato in dettaglio per numerosi aspetti stratigrafici, paleoambientali e biostratigrafici durante la realizzazione del foglio 107 "Portogruaro" della nuova carta geologica d'Italia (FONTANA *et al.*, 2012). La tesi ha approfondito alcuni intervalli stratigrafici di tale carotaggio e, durante la fase di descrizione stratigrafica e sedimentologica dettagliata sono stati prelevati numerosi nuovi campioni di sedimenti sabbiosi, da sottoporre ad analisi granulometriche e petrografico-mineralogiche. I risultati ottenuti dalle analisi modali sono stati dapprima analizzati singolarmente ed in seguito confrontati con dati di letteratura esistenti (GAZZI *et al.*, 1973; MONEGATO *et al.*, 2010). Tale confronto è risultato particolarmente utile per delineare quali tra i principali corsi d'acqua presenti nelle pianure padano-veneta e veneto-friulana (Po, Adige, Brenta, Piave e Tagliamento) hanno influenzato la sedimentazione nell'area qui analizzata, stabilendo quindi il principale distributore degli apporti ("*source river*").

In tale contesto, lo studio svolto si è focalizzato sui sedimenti compresi tra i depositi alluvionale della penultima glaciazione (MIS 6) e i depositi marino marginali olocenici

(MIS 1). Lo studio delle provenienze dei sedimenti associati ai drenaggi prima citati è stato effettuato attraverso l'analisi composizionale della frazione sabbiosa. Sulla base dei dati ottenuti sono state formulate differenti ipotesi, che associano i diversi sistemi identificati all'evoluzione dei drenaggi dei principali corsi d'acqua considerati e ad importanti eventi verificatisi sin dal tardo Miocene.

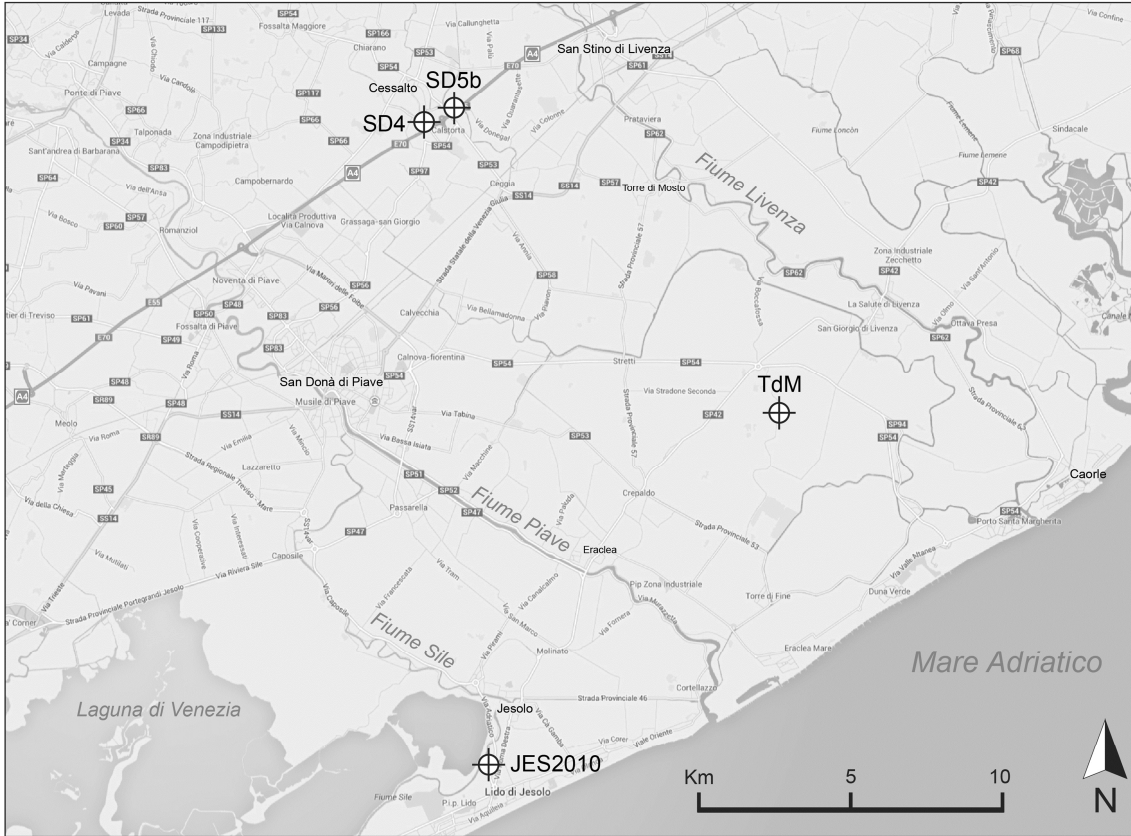
Il presente lavoro di tesi ha pertanto investigato sulle possibili cause associate ai cambiamenti di drenaggio che hanno interessato la bassa pianura del Piave tra la fine del Pleistocene medio e l'attuale.

Gli obiettivi principali di questo lavoro sono stati:

- I. Ricostruire la stratigrafia dettagliata dei sondaggi TdM, SD4, SD5bis e JES2010, attraverso la realizzazione di log stratigrafici di dettaglio e la definizione di unità stratigrafico-deposizionali.
- II. Individuare i principali ambienti deposizionali di piana alluvionale, di laguna, di delta, di sistemi litorali e di piattaforma.
- III. Analizzare i sedimenti compresi tra la pianura alluvionale della penultima glaciazione (MIS 6) e i depositi marino marginali olocenici (MIS 1).
- IV. Confrontare i risultati analitici ottenuti con lavori precedenti al fine di ricostruire e contestualizzare i distributori degli apporti nei settori di pianura analizzata e, dunque, le sorgenti di provenienza.
- V. Ricostruire attraverso l'esame dei principali fattori di controllo (caratteristiche geomorfologiche dei bacini, tettonica, clima, subsidenza, apporto sedimentario) l'evoluzione del sistema costiero adriatico nord-occidentale.

Dal punto di vista metodologico, lo strumento utilizzato per la realizzazione dei log stratigrafici è costituito dal software di disegno vettoriale Adobe Illustrator CS5, mentre la creazione dei triangoli classificativi è stata eseguita attraverso l'uso del programma Tridraw.





**Fig. I - Ubicazione carotaggi TdM, SD4, SD5bis e JES2010.**



# Capitolo 1

## INQUADRAMENTO REGIONALE

### *1.1 - Inquadramento geografico*

La pianura veneto-friulana costituisce la zona più orientale della pianura padana. Il territorio è delimitato a nord dai rilievi delle Prealpi Venete orientali e da quelle Carniche e Giulie, a est è chiusa dal Carso, a sud è bagnata dal Mare Adriatico che forma l'ampio Golfo di Venezia. Verso ovest, invece, alla pianura veneta appartiene anche il sistema del Fiume Adige, delimitato dall'anfiteatro morenico del Garda e che, però, nell'area costiera si unisce al delta del Fiume Po. Il margine settentrionale della pianura friulana costituisce l'alta pianura, con altitudini medie attorno ai 100 metri s.l.m. o di poco superiori.

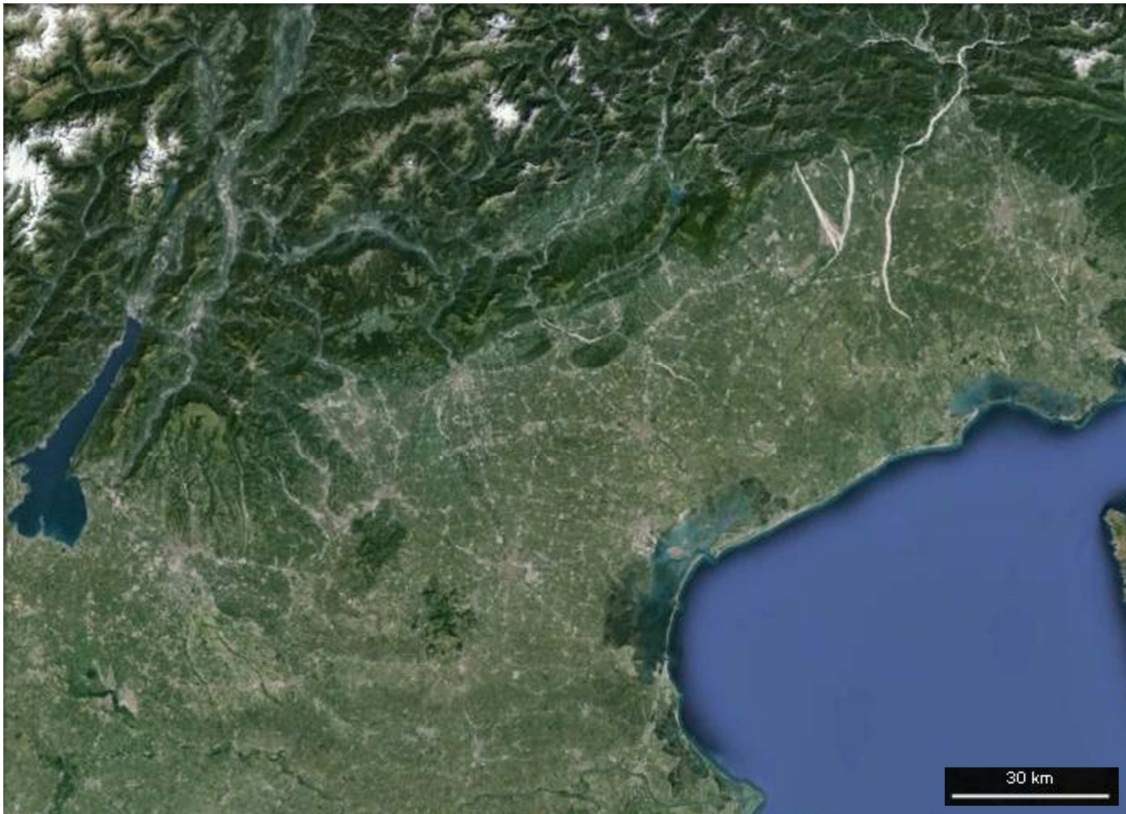


Fig. 1.1 - Immagine satellitare Landsat della pianura veneto-friulana (da Google Earth).

I principali corsi d'acqua del Nord-Est italiano sono il Brenta, il Bacchiglione, il Sile, il Piave, il Livenza, il Lemene, il Tagliamento e l'Isonzo. Questo complesso sistema idrografico sbocca nel Mar Adriatico, costituendo evidenti litorali sabbiosi alimentati proprio dalle foci dei principali corsi d'acqua.

## ***1.2 - Inquadramento geodinamico e strutturale***

La pianura veneto-friulana corrisponde alla porzione superficiale del riempimento di età terziaria e quaternaria di un bacino deposizionale, ed insieme al Mar Adriatico settentrionale fanno parte della microplacca adriatica.

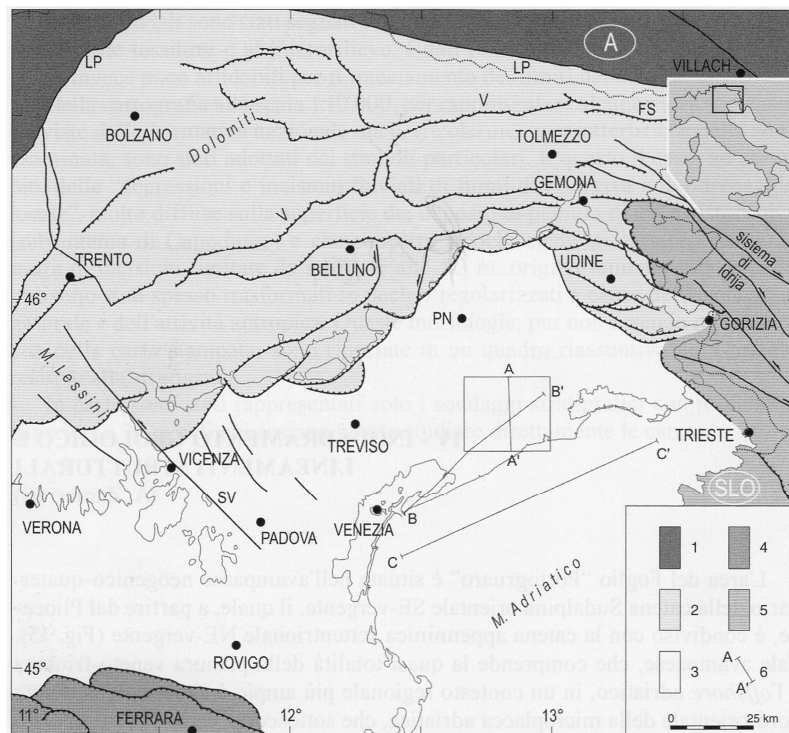
Si tratta di un avampaese condiviso tra la zona orientale delle Alpi meridionali e gli Appennini settentrionali. La prima corrisponde a una catena a thrust sud-vergenti, sviluppatasi a partire dal Paleogene, mentre la seconda a una catena a thrust con vergenza nord-orientale, formatasi dal Neogene (MASSARI, 1990; DOGLIONI, 1993).

Le Alpi costituiscono una porzione del complesso sistema orogenico alpino-himalayano, prodotto dall'evoluzione cretaceo-attuale del margine convergente Europa-Adria. L'interazione tra i margini della placca Africana ed Europea, determinò la strutturazione delle catene Alpine ed Appenninica con la subduzione della placca Europea al di sotto di quella Africana.

Il suo fronte più meridionale è sepolto sotto i depositi alluvionali della Pianura Padana, a causa dell'avanzamento verso Nord dell'avanfossa appenninica, e sigillato dai depositi tardo miocenici e quaternari. Il settore più orientale, friulano, è dominato da sovrascorrimenti che tendono ad affiorare in mezzo alla pianura stessa, creando dei terrazzi tettonici come quelli di Pozzuolo e Pasian di Prato (ZANFERRARI *et al.*, 2008a).

Le Alpi presentano una particolare struttura a doppia vergenza, istauratasi a partire dalla fase di sollevamento delle stesse (fase Neoalpina, Miocene-attuale) e la Linea Insubrica segue il limite tra le falde a vergenza Europea (verso nord) e quelle a vergenza Africana (verso sud). Quest'ultime formano le Alpi Meridionali o Sudalpino, dove l'incuneazione del blocco africano verso la catena, determinò l'impilamento di falde a vergenza meridionale.

La Linea Insubrica rappresenta un fascio di lineamenti tettonici ad andamento E-W che attraversa longitudinalmente l'intero orogene alpino. Nelle Alpi Meridionali, la tettonica mesoalpina (Eocene-Oligocene) collisionale è ulteriormente complicata dalla fase Dinarica, la cui compressione E-W investe il settore orientale della catena. La porzione di Alpi meridionali orientali si sviluppa a ovest dal sistema di faglia Schio-Vicenza fino al sistema di Idrija a est (Fig. 1.2); mentre il sistema a falde Australpino la delimita a nord.



**Fig. 1.2 - Schema tettonico dell'Italia Nord-orientale (Zanferrari, 2012).** Legenda: 1 - Austroalpino; 2 - catena Sudalpina orientale; 3 - avampaese sudalpino orientale, condiviso dal Pliocene con la catena Appenninica settentrionale; 4 - catena Appenninica settentrionale; 5 - regione a prevalente o esclusiva strutturazione dinarica paleogenica; 6 - tracce di profili geologici non riportati nel testo e di sezioni sismiche; LP: Lineamento Periadriatico; V e FS: sistema della faglia Valsugana-Fella-Sava; SV: faglia Schio-Vicenza. PN: Pordenone.

Nella parte interna della catena Sudalpina orientale sono presenti scaglie di basamento costituite da rocce cristalline risalenti all'orogenesi ercinica (MERLINI *et alii*, 2002; POLI *et alii*, 2002). Queste affiorano principalmente a contatto con la Linea Insubrica, hanno uno spessore costante di 10-15 km e sono seguite da una pila di

sedimenti permiano-mesozoici e terziari piegate in più fasi tra l'Eocene e il Plio-Quaternario. Questo impilamento di falde mostra una vergenza verso sud, proseguendo nel sottosuolo padano sotto depositi recenti. Nell'area prealpina, invece, la catena è formata solo da sovrascorrimenti pellicolari di copertura che si appilano mediamente verso meridione sull'avampaese e ne incorporano porzioni successive mediante l'attivazione di nuovi sovrascorrimenti (PERUZZA *et alii*, 2002; GALADINI *et alii*, 2005; ZANFERRARI *et alii*, 2008a; 2008b; 2008c).

Il nord-est Italia, nel corso della sua storia geologica, è stato interessato da rilevanti eventi di tettonismo, oltre ai già citati sollevamenti, eventi erosionali e magmatici che hanno determinato la sua conformazione attuale. Ha avuto sicuramente una grande influenza la fase deformativa dinarica, che interessò la parte orientale sudalpina. Infatti, sono state osservate interferenze delle strutture ad andamento NW-SE del fronte dinarico nel Sudalpino orientale, di età paleogenica. Il confine tra il Sudalpino e le Dinaridi è graduale, ma può essere eventualmente individuato dove le strutture ad andamento NW-SE delle Dinaridi prevalgono su quelle E-W Sudalpine. Doglioni e Bosellini (1987) hanno ipotizzato che non esiste un ben definito limite tra le due deformazioni, bensì un'interazione temporale e spaziale. La sovrapposizione delle due cinture, dinarica e alpina meridionale, aventi strike differenti e quasi perpendicolari, hanno generato geometrie molto complicate.

L'interferenza delle due catene, comunque, è osservabile anche nell'avanfossa veneto-friulana, collettore in tempi diversi delle due catene. Altrettanto importante risulta essere il sistema Alpino-Valsuganese, dominato da sovrascorrimenti S-vergenti e orientati ENE-SSW fino a quasi E-W.

Nell'area del Piave, è molto caratteristica la geometria di sovrapposizione dei sistemi strutturali, ad alto angolo fra loro. Si tratta, pertanto, della parte frontale dei sovrascorrimenti dinarici che è intercettata dai sovrascorrimenti principali del sistema valsuganese.

### 1.3 - Inquadramento geologico

Il Bacino Veneto-Friulano è stato alimentato dalla crescita ed erosione di tre principali catene: Dinaridi, Alpi sud-orientali e Appennino settentrionale. Questa interazione ha quindi determinato un complesso schema di sedimentazione e dispersione dei sedimenti nel bacino.

Tre bacini in parte sovrapposti, differenti tra loro non solo per età, si sono sviluppati nella zona antistante la catena Dinarica, quella Alpina e degli Appennini settentrionali, come conseguenza dei tre eventi orogenici (DOGLIONI & CARMINATI, 2002) (Fig. 1.3).

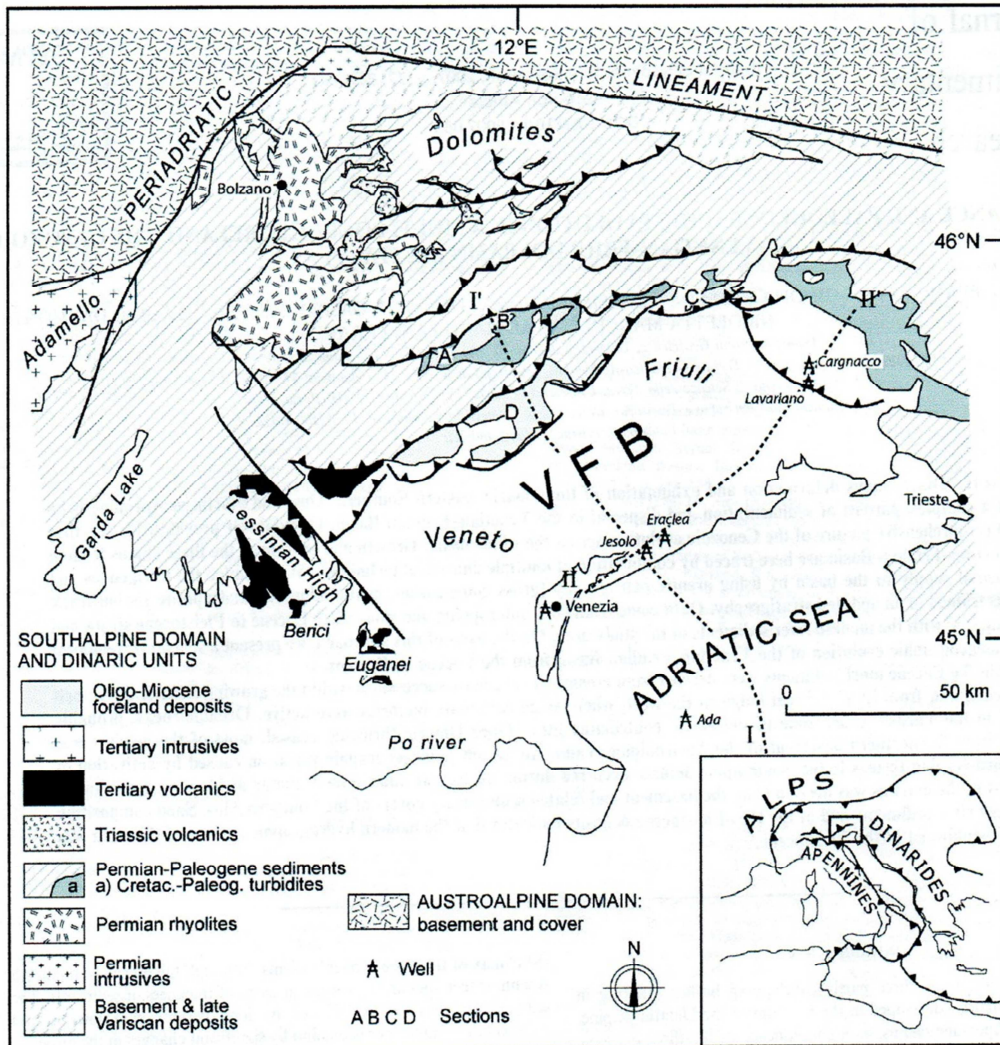


Fig. 1.3 - Carta geologica semplificata delle Alpi del Sud orientali. (STEFANI *et al.*, 2007; modificato da ZATTIN *et al.*, 2003, FANTONI *et al.*, 2003, e GALADINI *et al.*, 2005).

La formazione del bacino di avanfossa Dinarico risale al Paleocene. Il bacino Sudalpino si è sviluppato lungo il retro-arco della catena alpina dopo la fase estensionale dell'Oligocene, ma la maggior parte del riempimento sedimentario si depose dal medio al tardo Miocene. Infine, un'avanfossa plio-quadernaria è dovuta alle principali fasi tettoniche dell'Appennino settentrionale.

Il Bacino Veneto-Friulano, grazie alla sua posizione, registra l'evoluzione tettonica dei tre principali orogeni su un intervallo temporale di oltre 50 Ma.

Il modello di sedimentazione era caratterizzato da periodi con alti tassi di sedimentazione, coincidenti con la fase di culmine dei tre eventi orogenici, anche se gli effetti della tettonica dell'Appennino settentrionale ha influito poco in termini di spessori di sedimenti. A fasi di picco seguivano lunghi periodi di sedimentazione bassa o addirittura nulla, e cambiamenti importanti nei modelli di dispersione e fisiografia dei bacini (STEFANI *et alii.*, 2007).

Il dominio Sudalpino, costituente il retro-arco della catena alpina, si contrappone al dominio Austroalpino. La falda di ricoprimento Austroalpina consiste di basamento cristallino e unità di copertura Permiano-Mesozoica, sviluppandosi su un'area molto vasta delle Alpi centro-orientale (DAL PIAZ 1936; BORSI *et al.*, 1978; SELVERSTONE 1985). Suddetta falda è derivata dal margine continentale passivo adriatico, in seguito sovrascorso sul margine continentale passivo europeo. A sud del Lineamento Periadriatico, invece, è presente il basamento cristallino del dominio Sudalpino orientale caratterizzato da un metamorfismo in facies scisti verdi, prodotto durante l'orogenesi Varisica, il cui grado metamorfico tende ad aumentare verso ovest (SASSI *et al.*, 2004).

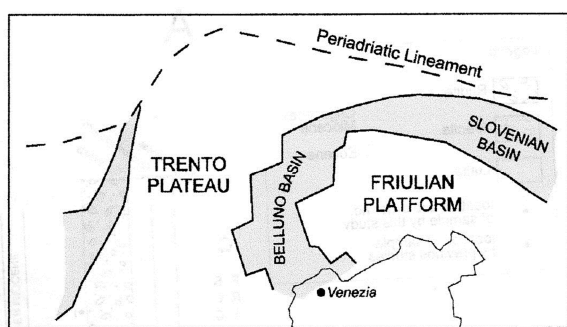


### 1.3.1 - Evoluzione Mesozoica

Nel Sudalpino ad una fase permiana iniziale, caratterizzata da fagliamento estensionale transtensivo, è seguita la deposizione di sedimenti marini poco profondi su sedimenti continentali fluviali, a causa della trasgressione verso ovest dell'oceano Tetide.

Durante l'Anisico-Carnico si formarono, così, piattaforme carbonatiche ben evolute e il cui sviluppo proseguì fino al Norico-Retico (BOSELLINI *et al.*, 2003). Gli accumuli carbonatici vennero troncati da prodotti vulcanici, durante il Ladinico. Si trattò, in particolar modo, di intrusioni di dicchi basaltici shoshonitici.

Il processo di rifting, attuatosi tra il Norico e il Giurassico inferiore, determinò la formazione di graben con direzione N-S, delimitati da grandi faglie immergenti verso E ed W (BERTOTTI *et al.*, 1993; SARTI *et al.*, 1993). Ciò causò una serie di cambiamenti sia negli spessori laterali che nelle facies della successione stratigrafica. Fu proprio ad opera di questo processo di rifting che, nell'area del Sudalpino, si formarono i tre principali domini paleogeografici strutturali, da ovest verso est: il plateau di Trento, il bacino di Belluno e la Piattaforma Carbonatica Friulana (Fig. 1.4).



**Fig. 1.4 - Carta paleogeografica delle Alpi orientali durante il Giurassico. (STEFANI *et al.*, 2007; modificata da MASETTI *et al.*, 1998).**

Fu proprio durante il Mesozoico, in particolare nel Cretaceo, che si verificarono le prime fasi orogeniche alpine, in relazione alla subduzione della litosfera oceanica piemontese al di sotto del margine continentale adriatico, determinando in seguito la collisione tra Europa e Adria. Questi processi deformativi proseguiranno poi anche durante il periodo Cenozoico.

Per la pianura veneto-friulana non esistono dati diretti o indiretti sulla porzione della successione alpina compresa tra il Permiano superiore e il Carnico. Uno schema deposizionale e strutturale, dalla base della Dolomia Principale alla base dei depositi quaternari, è stato possibile ottenerlo mediante una rete di linee sismiche industriali che investono la pianura veneto-friulana e l'Alto Adriatico. La base della Dolomia Principale è un elemento rilevante, in quanto costituisce un importante orizzonte sismostratigrafico, definito *unconformity* carnica (ZANFERRARI, 2012).

Come già anticipato, l'assetto paleogeografico durante il Mesozoico era legato al sistema Bacino di Belluno-Piattaforma Carbonatica Friulana, in una situazione estensionale e trastensiva dovuta alle fasi di apertura della Tetide. In particolar modo, si trattava di un contesto tettonico caratterizzato da faglie estensionali con direzione NW-SE, divise da faglie trascorrenti o transtensive NE-SW.

La Piattaforma Carbonatica Friulana, ben definita come un avampaese tra il bacino alpino e dinarico, era caratterizzata in questo periodo da una successione carbonatica di circa 4 km di spessore.

La distensione, prodottasi nel Cretaceo superiore, generò una frammentazione della piattaforma in blocchi e la diversificazione degli ambienti in aree di piattaforma, di scarpata e di mare profondo.

### 1.3.2 - *Evoluzione Cenozoica*

Durante il periodo tra il tardo Cretaceo e il Cenozoico si sono sviluppati nella regione veneto-friulana tre bacini di avampaese, come conseguenza degli eventi orogenici della cintura Dinarica a est, delle Alpi Meridionali orientali a nord e degli Appennini settentrionali a sud-ovest (DOGLIONI e CARMINATI, 2002; FANTONI *et al.*, 2002).

- Per quanto riguarda l'avanfossa Dinarica si è sviluppata durante il tardo Cretaceo nell'area a est del Bacino Veneto Friulano; quest'ultimo durante tali fasi deformative non faceva ancora parte dell'avanfossa Dinarica.

Durante il Paleocene, l'evoluzione deformativa dell'avanfossa Dinarica, grazie alla migrazione verso ovest della sua cintura, interessò la regione veneto-friulana. Come conseguenza di ciò, nell'area orientale del Bacino Veneto Friulano si depositarono megabrecce carbonatiche, provenienti dalla Piattaforma Carbonatica Friulana, e torbiditi ibride (TUNIS E VENTURINI, 1992). Nel sottosuolo della pianura friulana centro-occidentale e veneta orientale, per effetto dell'influenza dinarica, erano presenti importanti variazioni paleobatimetriche e deposizionali (ZANFERRARI, 2012).

Di fatto, il Bacino Veneto Friulano orientale (Friuli) e occidentale (Veneto), durante l'Eocene, vennero interessati dalla deposizione, di una successione torbiditica carbonato-silicoclastica di circa 800 m di spessore.

Le varie fasi deformative, nonché deposizionali, cambiarono nel tempo la topografia dei settori orientali e occidentali del Bacino Veneto Friulano. Risultarono frequenti i processi carsici e la profonda erosione subaerea per tutto il Paleogene. L'erosione, evidenziata dai *log* di diversi pozzi, si estese fino ai carbonati del Cretacico inferiore (ZANFERRARI, 2012).

Oggi il fronte della cintura Dinarica è sepolto nella pianura friulana centrale, estendendosi fino all'area Dolomitica (DOGLIONI e BOSELLINI, 1987).

- Dal tardo Oligocene al tardo Miocene, la pianura veneto-friulana fu interessata dallo sviluppo del bacino di avanfossa collegato alla crescita del retro-arco

alpino. Questo sviluppo risultò posteriore rispetto alla fase metamorfica Mesoalpina e alla fase estensionale Oligocenica.

L'evidenza di suddetta fase estensionale è testimoniata dalle numerose intrusioni lungo il Lineamento Periadriatico, da corpi mafici che tagliano le principali unità Australpine e presenti anche nel Bacino Veneto Friulano, basti pensare ai complessi vulcanici e subvulcanici nell'area dei Lessini, Berici ed Euganei (Fig. 1.2). La genesi delle Alpi Meridionali e la relativa avanfossa sono, dunque, legate a complessi eventi tettonici. Come conseguenza, il Bacino Veneto Friulano risultava caratterizzato da una complessa evoluzione sedimentaria, che può essere schematizzata in due stadi di sviluppo differenti (FANTONI *et al.*, 2002). Durante la prima fase (Chattiano-Langhiano) il raccorciamento tettonico era in direzione NNE-SSW ed il bacino di avampaese risultava approfondito verso NNE (FANTONI *et al.*, 2002). Il detrito clastico era prodotto prevalentemente dalla catena Dinarica e in un secondo momento dalla zona Alpina (MASSARI *et al.*, 1986; STEFANI 1987; ZATTIN *et al.*, 2003). La seconda fase (Serravalliano-Messiniano) si contraddistinse sia per un accorciamento che raggiunse il suo massimo, nella zona orientale Sudalpina, sia per la genesi di una vera e propria avanfossa riempita da una successione con ispessimento NW di circa 3000 m.

La presenza di una pila embriciata di sovrascorrimenti con immersione SSE, definita come Sistema di thrust della Valsugana, è la prova che il controllo tettonico sulla sedimentazione era senza dubbio aumentato rispetto alla fase precedente (CASTELLARIN *et al.*, 1992). Lo spazio di accomodamento fu, pertanto, tamponato da detriti di calcare e dolomia derivati dall'erosione delle Alpi sud-orientali (STEFANI, 1987; ZATTIN *et al.*, 2003).

Dunque, l'avanzare verso SE del fronte della catena Sudalpina orientale, in fase di sollevamento durante la fase Neoalpina, determinò la formazione dell'avanfossa. Il relativo cuneo clastico, costituito da carbonati, tendeva ad assottigliarsi verso la costa adriatica e metteva in evidenza la provenienza dai settori sudalpini (STEFANI, 1987).

Di particolare importanza risulta l'evento verificatosi durante il Messiniano, in cui l'abbassamento del livello marino nel Mediterraneo determinò la genesi di

condizioni continentali, cui seguirono rilevanti processi erosivi e la riorganizzazione del reticolo fluviale. Ciò portò, nel Pliocene inferiore, ad una ingressione marina con la deposizione di sedimenti marino prossimali, deltizi silteosi e sabbiosi. Tale ingressione fu favorita dalla subduzione verso SW dell'avampaese Sudalpino e dal carico tettonico del fronte appenninico settentrionale in movimento verso NE.

Tra 5,96 e 5,4 milioni di anni fa si verificò la chiusura temporanea dello Stretto di Gibilterra, il quale permetteva la comunicazione del Mediterraneo con l'Atlantico, il conseguente isolamento del Mediterraneo e il suo parziale prosciugamento. Ciò comportò un abbassamento di parecchie centinaia di metri del livello di base dei fiumi che vi si immettevano, che culminò nella cosiddetta "crisi di salinità". Su tutta l'area corrispondente all'attuale pianura veneto-friulana e su gran parte di quella padana l'ambiente marino fu sostituito da quello subaereo e si impostò, appunto per questo, una nuova rete di drenaggio. Grazie al prezioso strumento della sismica a riflessione si è potuto osservare, ad esempio, che il paleo-Tagliamento all'uscita dall'area prealpina non si dirigeva come ora verso sud, ma era attirato in una depressione strutturale che portava le sue acque a confluire verso sud-ovest nel paleo-Piave, che a sua volta scendeva verso l'area veneziana in una grande e profonda valle scavata nelle rocce mioceniche. Con la riapertura dello Stretto e la risalita del livello marino del Mediterraneo, le profonde valli ora nel sottosuolo della pianura furono alla fine invase dal mare, che per buona parte del Pliocene, a partire da circa 3,8-3,5 milioni di anni fa nella pianura veneto-friulana, vi depositò sabbie. Nonostante il fenomeno rapido e improvviso, occorsero migliaia di anni per ripristinare il livello attuale delle acque, il cui ritorno nel bacino mediterraneo provocò un abbassamento di 20 m del livello medio degli oceani.

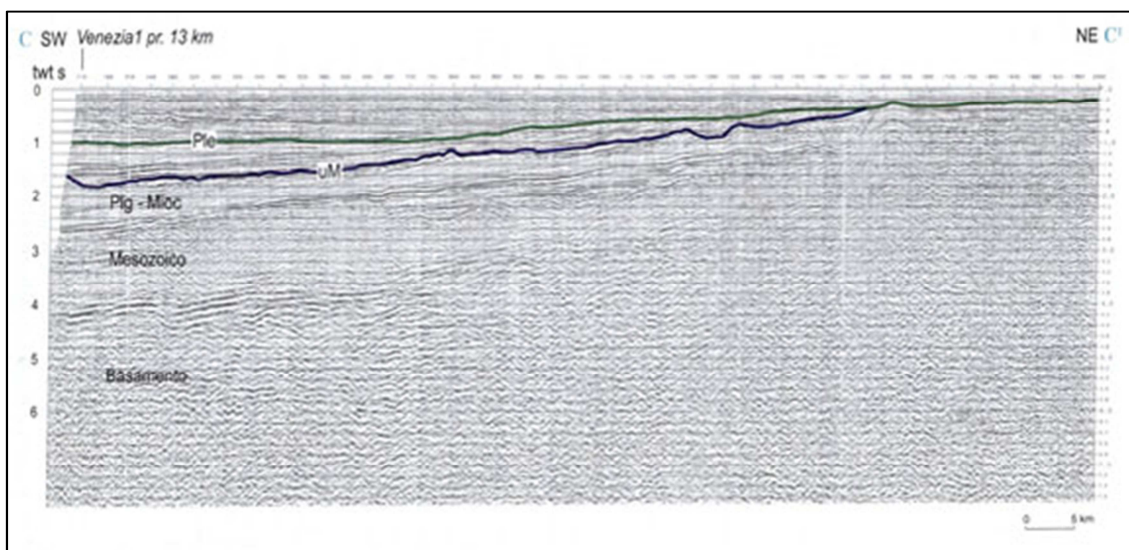
Quasi certamente l'avanfossa Sudalpina non ha subito successivi eventi deformativi, dal Pliocene all'Olocene, nonostante le poche evidenze di attività sismica e tettonica recente attraverso il fronte alpino sudorientale (BERTELLI *et al.*, 2002; GALADINI *et al.*, 2005).

- Il Pliocene-Olocene è il periodo in cui un'altra cintura orogena, l'Appennino settentrionale, ha influenzato il Bacino Veneto Friulano. Si ebbe lo sviluppo di

un avampaese (foreland ramp) con immersione verso SW, nell'area della pianura veneta e del nord Adriatico (area lagunare veneziana) (FANTONI *et al.*, 2002 e FANTONI *et al.*, 2003), per l'incurvamento al di sotto del fronte appenninico settentrionale, cui seguì il suo rapido annegamento e l'istaurarsi di condizioni epibatiali.

La flessurazione del substrato pre-pleiocenico è documentata nelle sezioni sismiche a riflessione, come la linea CROP M-18 (Fig. 1.5), le quali evidenziano tale fenomeno e lo spessore dei depositi quaternari nel sottosuolo e nell'offshore veneto-friulano. Al di sopra del substrato pre-pleiocenico le successioni pleioceniche e, allo stesso modo, le successioni marine e continentali pleistoceniche tendono a migrare in onlap verso NE (ZANFERRARI, 2012).

Durante il Pleistocene il carico tettonico dell'Appennino settentrionale ha prodotto oltre metà, circa 500 m, della subsidenza totale registrata nell'area veneziana durante questo periodo (CARMINATI *et alii*, 2003; BARBIERI & GARCIA-CASTELLANOS, 2004).



**Fig. 1.5 - Sezione sismica a riflessione CROP M-18, situata a una decina di km dalla crosta adriatica e parallela ad essa, fra Venezia e Trieste (traccia C-C' in Fig. 1.2). E' molto netta la flessurazione del substrato pre-pleiocenico nell'offshore veneto-friulano, sul quale progradano in onlap verso NE con chiusura a pinchout le successioni pleioceniche. Sono anche evidenti l'onlap delle successioni pleistoceniche e la progradazione del sistema deltizio situato all'estremità SW (Po-Adige). Ple: base Pleistocene; Um: unconformity messiniana; Plg-Mioc: Paleogene-Miocene. (ZANFERRARI, 2012).**

L'evoluzione geologica mesozoica e cenozoica di questo settore di avampaese, prima dinarico, poi sudalpino e successivamente appenninico, è possibile ricavarla dai *log* dei pozzi AGIP eseguiti nella bassa pianura veneta orientale.





## Capitolo 2

### INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO DELL'AREA TRA IL LIVENZA E LA LAGUNA DI VENEZIA

#### *2.1 - Inquadramento Geomorfologico e Geologia del Quaternario*

L'area della laguna di Venezia è stata investigata da una serie di dettagliate indagini sedimentologiche e paleoecologiche, prevalentemente concentrate sull'Olocene e sui depositi dell'ultimo massimo glaciale (LGM). Diversi settori della pianura veneto-friulana sono stati studiati, negli ultimi anni, grazie a diversi progetti di cartografia geologica e geomorfologica. Dai dati ottenuti da tali progetti è stato possibile delineare le dinamiche dei processi sedimentari costieri e alluvionali, che hanno interessato l'intera pianura veneto-friulana, del tardo Pleistocene e l'Olocene e ricostruire l'evoluzione costiera nord Adriatica del post-LGM (AMOROSI *et al.*, 2008; FONTANA *et al.*, 2010).

L'evoluzione quaternaria della pianura veneto-friulana è fortemente legata ai cambiamenti climatici, alle variazioni del livello del mare, alla risposta dei sistemi alluvionali nonché, per gli ultimi millenni, all'influenza umana.

Il settore che si affaccia sull'Adriatico nord-occidentale racchiude la fascia costiera della pianura veneta e parte di quella friulana ed è caratterizzata da una serie di ambienti comprendenti la bassa pianura alluvionale, la laguna e il mare. Ciò risulta importante, dal punto di vista geomorfologico e geologico, in quanto il loro studio ha permesso di ottenere ottime informazioni sulle varie fasi deposizionale e sulla evoluzione quaternaria in tutto il nord-est Italia.

L'evoluzione della pianura veneto-friulana è anche influenzata dalla subsidenza, soprattutto quella indotta dal carico tettonico dell'Appennino settentrionale che, nel corso del Pleistocene, ha prodotto l'abbassamento nell'area di Venezia di circa 500 m (CARMINATI *et al.*, 2003; BARBIERI *et al.*, 2007). In particolare, il tasso di abbassamento calcolato negli ultimi 125.000 anni è di 0,4-0,5 mm/a nella pianura friulana distale, invece tra il Fiume Livenza e Venezia sono stati ottenuti valori di 0,6-0,7 mm/a (FERRANTI *et alii*, 2006; ANTONIOLI *et alii*, 2009).

L'area oggetto di studio comprende i sistemi alluvionali dei principali corsi d'acqua presenti nella pianura veneta e friulana. Si tratta dei sistemi del Piave, del Tagliamento e del Livenza. Quest'ultimo rappresenta, talaltro, il limite geografico tra la pianura veneta e quella friulana.

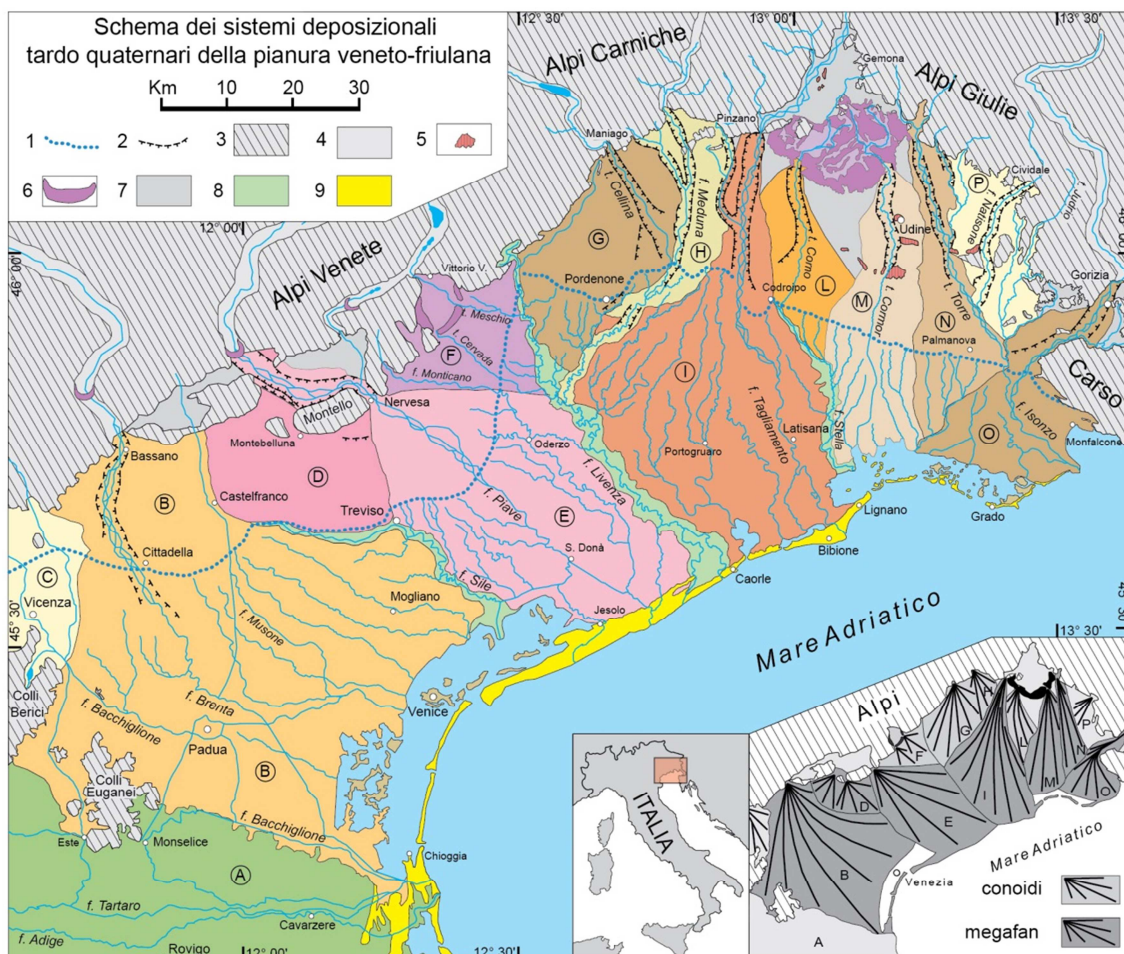
A questi principali corsi d'acqua si aggiungono molti altri alimentati dalle acque di risorgiva. La pianura friulana lungo il versante alpino è contrassegnata dalla linea delle risorgive. Da tale fascia si generano molti corsi d'acqua con un flusso più o meno costante durante l'anno e che trasportano spesso poco sedimento. Quest'area, con ampiezza variabile tra 2 e 8 km, viene riconosciuta come media pianura che si separa e si distingue, geograficamente e geomorfologicamente, dall'alta pianura ghiaiosa e dalla bassa pianura limoso-argillosa.

Questi sistemi fluviali alpini, difatti, hanno prodotto particolari sistemi deposizionali: i *megafan* alluvionali, i quali caratterizzano geologicamente e geomorfologicamente l'intera area.

L'attuale fisionomia di gran parte della pianura veneto-friulana è proprio influenzata dall'evoluzione dei principali fiumi alpini, i quali nel tempo hanno continuamente cambiato il loro percorso a valle del loro sbocco montano.

I megafan alluvionali costituiscono dei sistemi sedimentari, che in pianta presentano una forma a ventaglio, mentre in tre dimensioni hanno una forma riconducibile ad un cono appiattito. Vengono definiti tali per le loro notevoli dimensioni areali, per la differenziazione longitudinale di facies deposizionali che li caratterizza da monte a valle e per la continuità morfologica dall'apice fino ai settori più distali (FONTANA *et alii.*, 2004; 2008; FONTANA, 2006).

La loro caratteristica prevalente è la selezione granulometrica dei sedimenti, che da monte a valle passano da ghiaie a sabbie, limi e argille, distinguendoli nettamente dalle conoidi alluvionali caratterizzate solo da sedimenti grossolani. Dunque, il termine conoide risulterebbe inappropriato soprattutto per i settori più distali.



**Fig. 2.1 - Schema dei sistemi deposizionali tardo quaternari della pianura veneto-friulana. Nel riquadro in basso a destra uno schizzo semplificato dei conoidi e megafan. (Atlante Geologico della provincia di Venezia, 2011)**

**Simboli:** 1) limite superiore delle risorgive; 2) orlo di terrazzo fluviale; 3) aree montuose e collinari; 4) principali valli alpine; 5) terrazzi tettonici; 6) cordoni morenici; 7) depositi di interconoide e delle zone intermontane; 8) depositi dei principali fiumi di risorgiva; 9) sistemi costieri e deltizi.

**Lettere:** A) pianura dell'Adige, B) megafan del Brenta, C) conoide dell'Astico, D) megafan di Montebelluna, E) megafan di Nervesa, F) conoide del Monticano-Cervada-Meschio, G) conoide del Cellina, H) conoide del Meduna, I) megafan del Tagliamento, L) conoide del Natisone.

I megafan della pianura veneto-friulana presentano, tuttavia, dimensioni piccole rispetto a quelli esistenti nell'avampase himalayano e andino, generalmente comprese tra 1000 e 2500 km<sup>2</sup>.

Questi sistemi deposizionali mostrano, inoltre, una particolare differenziazione interna longitudinale, principalmente dovuta ad una diminuzione progressiva della capacità di trasporto dei corsi d'acqua allontanandosi dal margine alpino, che ha determinato il movimento verso valle di sedimenti via via più fini, formando nei settori

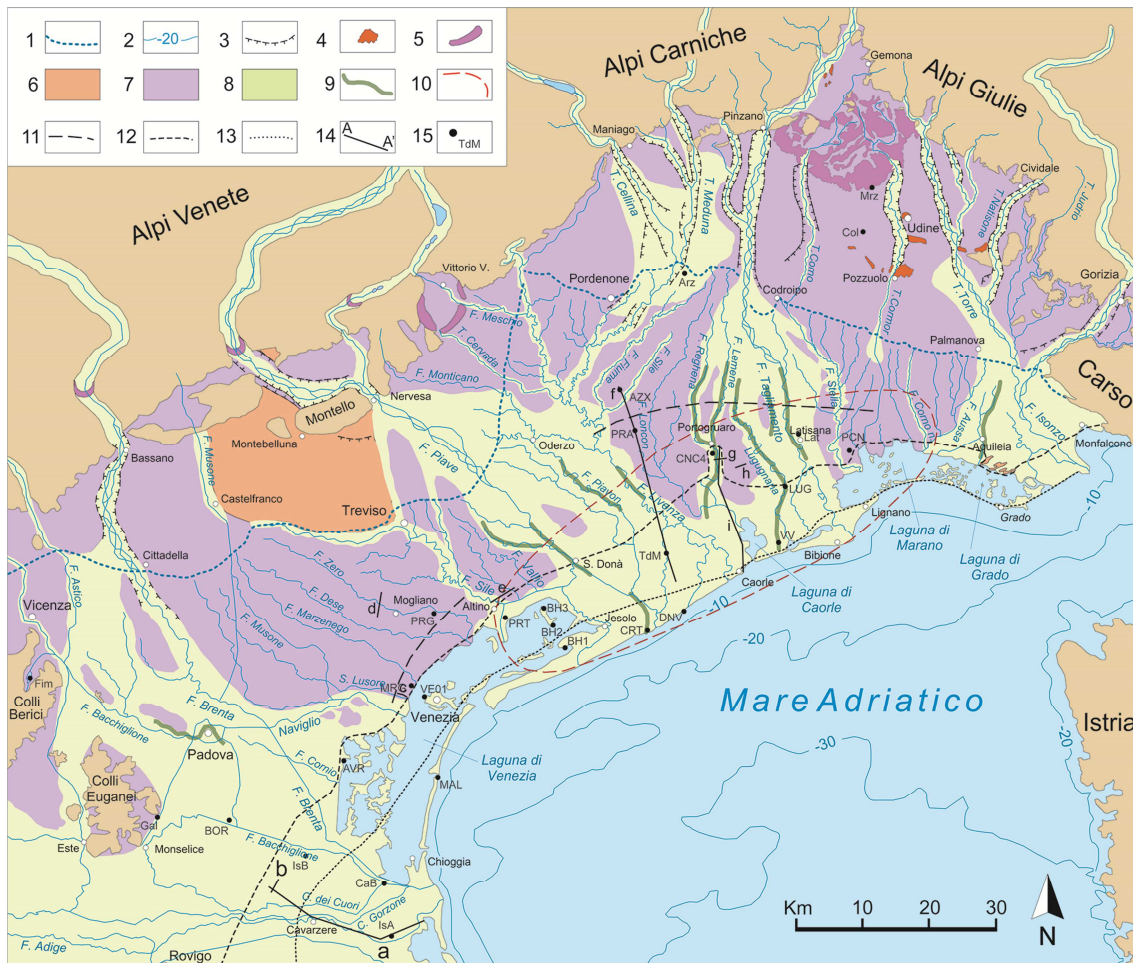
più distali la così chiamata bassa pianura. Si può poi spesso riconoscere una differenziazione trasversale, legata al fatto che un sistema fluviale è in genere attivo solo in una limitata fascia del suo megafan, in un determinato periodo, ed il resto della superficie non è interessata da sedimentazione.

I principali sistemi fluviali hanno subito, durante la loro evoluzione geologica, molte variazioni e influenzato in maniera maggiore o minore la costruzione della pianura.

Dal XV secolo in molti corsi d'acqua sono state compiute delle deviazioni artificiali e oggi quasi tutti i fiumi mostrano dei percorsi artificializzati. Ai giorni nostri questi processi di artificializzazione, che interessano la maggior parte dei litorali dell'Italia settentrionale, sono causati dall'eccessivo sfruttamento balneare. Infatti, questo ultimo implica lo spianamento dei cordoni dunali esistenti e l'urbanizzazione di estesi settori costieri. Risulta, pertanto, fondamentale effettuare una serie di opere di intervento in queste aree, per impedire l'erosione delle spiagge. Nonostante ciò, tali interventi effettuati nel XX secolo hanno determinato nella maggior parte delle aree bonificate un aumento nella subsidenza della piana costiera, presumibilmente dovuta al drenaggio dei terreni e alla conseguente ossidazione dei depositi torboso-organici presenti (FONTANA *et al.*, 2004).

La pianura veneto-friulana oltre alle diverse morfologie costiere e lagunari, presenta tracce di alvei abbandonati, incisioni e dossi. La maggior parte delle incisioni che erano state formate, sono state successivamente riempite dalla sedimentazione e sono ormai difficilmente visibili. Per quanto riguarda i dossi, sicuramente il più ampio ed elevato risulta quello in cui oggi scorre l'alveo del Tagliamento, i dossi che corrispondono al percorso del Livenza e del Piave e molti altri minori che sono stati formati prevalentemente da alvei pleistocenici (FONTANA *et al.*, 2012).

L'attuale assetto geologico e geomorfologico della pianura veneto-friulana deve la sua genesi agli eventi erosivi e deposizionali succedutisi durante le fasi finali dell'Ultimo Massimo Glaciale o LGM (Last Glacial Maximum). Durante il periodo compreso tra 30.000 e 17.500 anni fa circa si esplicano alcuni dei principali processi da cui derivano molti dei depositi e delle morfologie ancora ben evidenti in superficie o a debole profondità. I sedimenti risalenti agli ultimi 17.500 anni sono invece riferibili al cosiddetto periodo post-LGM, essendosi formati in condizioni climatiche differenti da quelle glaciali precedenti (Fig. 2.2).



**Fig. 2.2 - Età delle superfici nella pianura veneto-friulana (modificato da FONTANA *et al.*, 2008).**  
**Legenda:** 1) limite superiore delle risorgive; 2) isobate; 3) orli terrazzo fluviale; 4) terrazzo tettonico; 5) apparati morenici del LGM; 6) sedimenti pre-LGM; 7) sedimenti LGM; 8) sedimenti post-LGM; 9) tracce di incisioni fluviali post-LGM; 10) area con potenti orizzonti torbosi del MIS 3; 11) limite lagunare interno nel Tirreniano; 12) massimo limite lagunare interno olocenico; 13) limite più interno dei depositi costieri olocenici; 14) traccia delle sezioni stratigrafiche; 15) carotaggi.

Nel descrivere l'evoluzione tardo-quadernaria viene utilizzata la suddivisione cronologica degli stage isotopici dell'Ossigeno, abbreviati in MIS (dall'inglese Marine Isotopic Stage) (MARTINSON *et alii*, 1987). Questa scala cronologica, ha validità globale e si basa sulla variazione del rapporto degli isotopi stabili dell'Ossigeno,  $\delta^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ , che sono presenti nei gusci dei foraminiferi oceanici, composti da  $\text{CaCO}_3$ . Quest'ultimi costituiscono un importante indicatore indiretto della passata temperatura della superficie marina e, quindi, del paleoclima.

Generalmente, partendo dall'Olocene (MIS 1, ultimi 11.700 anni), i MIS designati con un numero dispari indicano i periodi relativamente più caldi, invece con il numero pari si identificano i periodi relativamente freddi durante i quali si sono attuate anche le avanzate glaciali.

## **2.2 - Pre-LGM**

L'evoluzione geologica antecedente all'LGM può essere delineata sommariamente per effetto delle limitate informazioni disponibili.

Durante la penultima glaciazione, alla fine del MIS 6, tra 148.000 e 135.000 anni fa, si raggiunsero condizioni climatiche pleniglaciali e le fronti dei ghiacciai fuoriuscirono dalle valli alpine (PINI *et al.*, 2009). Difatti, la pianura veneto-friulana fu interessata da una notevole fase di sedimentazione confrontabile, per valori di aggradazione e architettura deposizionale, con la fase deposizionale verificatasi durante il LGM.

Da dati ottenuti dallo studio di alcuni carotaggi, eseguiti nella pianura, è stato possibile approfondire le conoscenze sui primi 100 m di sottosuolo relativi all'evoluzione verificatasi a partire dal MIS 6. Nel sottosuolo della bassa pianura veneto-friulana, sono presenti depositi limosi e limoso argillosi con sottili canali a geometria lentiforme (KENT *et al.*, 2002; DONNICI & SERANDREI BARBERO, 2004; MASSARI *et al.*, 2004; TOSI *et al.*, 2007a; 2007b; PINI *et al.*, 2009; FONTANA *et al.*, 2010). Questi sedimenti, a est di Venezia, mostrano spessori maggiori di 25 m con un top stratigrafico che arriva ai 60-70 m di profondità, e a sud-ovest fino a 80-100 m. Al tetto risultano sovrastati da depositi di ambiente costiero e lagunare/deltizio facenti parte dell'ultimo interglaciale, meglio identificato come MIS 5.5 o Tirreniano.

La fase Tirreniano del Quaternario è stata introdotta da Arturo Issel nel 1914, e si contraddistingue per la presenza di una ricca fauna calda, associata ad uno stazionamento alto del livello del mare. Al Tirreniano viene così dato un significato cronostatigrafico indicante sia l'ultimo interglaciale che un piano valido per il Mediterraneo per il Pleistocene superiore (CITA *et al.*, 2005). Corrisponde ad un intervallo temporale tra 132.000 e 116.000 anni BP, pertanto, al MIS 5.5 o MIS 5.e .

Questo è il periodo in cui il livello marino arrivò ad una altezza massima di  $+6\pm 3$  m s.l.m. (FERRANTI *et al.*, 2006; ANTONIOLI *et al.*, 2009) che consentì la formazione di

sistemi lagunari e apparati deltizi. Il margine lagunare interno era spostato più verso monte rispetto al margine esistente prima delle moderne opere di bonifica e anche la linea di costa risultava più interna. In generale, si tratta di sedimenti appartenenti a facies di *shoreface* e prodelta che passano a piattaforma interna. La superficie trasgressiva che separa le unità deposizionali, in questo caso del MIS 6 dal MIS 5.5, solitamente coincide con un troncamento importante identificato con una superficie di *ravinement*. La profondità dei depositi lagunari o deltizi del MIS 5, il livello del mare durante il MIS 5a e 5c ed i diversi tassi di subsidenza avvenuti lungo la pianura costiera veneto-friulana, permettono di ipotizzare che i depositi paralici del MIS 5 appartengono completamente o quasi al MIS 5e (FONTANA *et alii.*, 2010).

Il Tirreniano spesso è correlato con il periodo Eemiano, che ha avuto inizio intorno a 126.000 anni BP e si è protratto fin a 110.000, cioè a dopo la fine dell'ultimo interglaciale, dunque tra MIS 5e / MIS 5d.

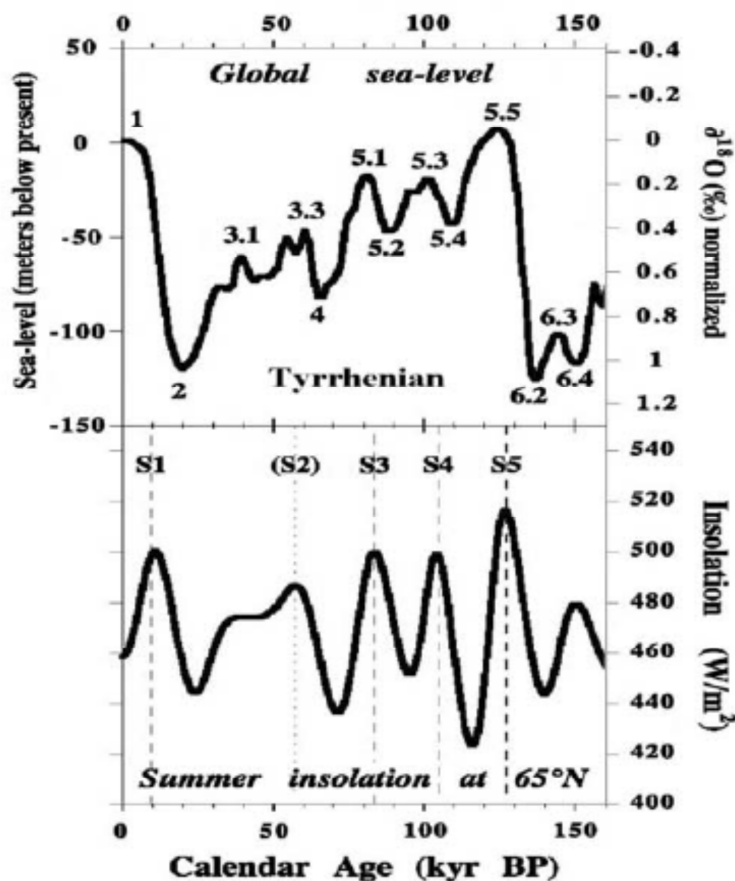


Fig. 2.3 - Diagramma delle relazioni cronologiche tra i cinque recenti eventi di sapropel (S1-S5), il livello globale del livello marino e la variazione dell'insolazione dominata dai cicli di precessione orbitale con periodicità di 22.000 anni (CITA SIRONI *et al.*, 2005).

Alla fase tirreniana segue un periodo freddo, definito Wurmiano nella cronostratigrafia circumpalina, durato fino alla fine del Tardoglaciale. In particolare, a due substage freddi MIS 5.4 (116.000-108.000 anni fa) e MIS 5.2 (93.000-84.000 anni fa) si sono alternati due substage caldi MIS 5.3 (108.000-93.000 anni fa) e MIS 5.1 (84.000-74.000 anni fa) (MARTINSON *et alii.*, 1987). Nei primi due substage il livello del mare si abbassò fino a - 60 m s.l.m., negli altri due casi il livello eustatico risalì a - 20 m s.l.m., determinando probabilmente la deposizione di sedimenti costiero-lagunari nell'area dell'attuale delta del Po (ANTONIOLI *et al.*, 2004).

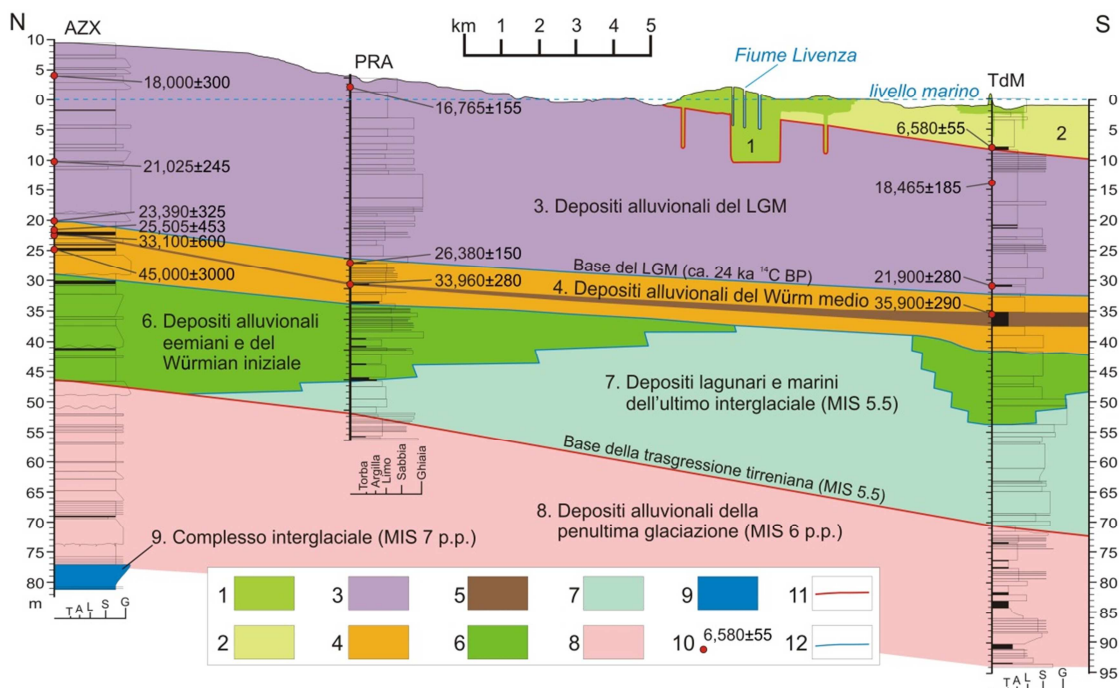
Procedendo dal MIS 5 al MIS 4, cambiarono le condizioni climatiche da più calde a più fredde con una deposizione molto scarsa o quasi assente, in tutta la bassa pianura veneta e friulana, fino a 35.000-30.000 anni BP e comprendente pertanto il MIS 4 e il MIS 3. Di questo intervallo fanno parte depositi alluvionali e degli orizzonti di torbe, questi ultimi con spessori di circa 1,5-3 m, seguiti verso l'alto da depositi di sabbie e limi con spessori inferiori, a loro volta sovrastati da un suolo alla profondità di 30-35 m.

La presenza del suolo è indice di una prolungata stasi della sedimentazione, della durata di migliaia di anni. La datazione del top di questi depositi, corrispondente a circa 30.000 anni BP calibrati, indica la base dei depositi del LGM.

### **2.3 - LGM**

Un evento importante segna l'intera pianura veneto-friulana tra 30.000 e 19.000 anni fa, l'Ultimo Massimo Glaciale (LGM), determinandone il suo attuale aspetto. In questo periodo si svolge uno dei maggiori processi morfoevolutivi interessanti l'intero settore nord-orientale italiano, in cui i ghiacciai raggiunsero la loro massima espansione durante il Pleistocene superiore occupando le principali valli alpine, fino a lambire le pianure con la loro fronte, producendo depositi di circa 20-35 m di sedimenti.





**Fig. 2.4 - Sezione stratigrafica tra i sondaggi Azzano Decimo-Torre di Mosto (FONTANA *et al.*, 2010). Legenda: 1) depositi alluvionali post-LGM; 2) depositi lagunari post-LGM; 3) depositi alluvionali LGM; 4) depositi alluvionali del Würm medio; 5) orizzonte organico pre-LGM; 6) depositi alluvionali e deltizi eemiani e del Würm iniziale; 7) depositi dell'ultimo interglaciale (MIS 5.5); 8) depositi alluvionali della penultima glaciazione; 9) depositi marini interglaciali (parte finale del MIS 7); 10) datazioni radiocarboniche non calibrate; 11) superficie trasgressiva; 12) limite stratigrafico.**

L'LGM è stato interessato da due fasi principali, la prima appunto di massima avanzata dei ghiacciai, definita pleniglaciale, l'altra caratterizzata dal ritiro dei ghiacciai stessi, definita cataglaciale; in ogni caso in un periodo climatico più freddo rispetto l'attuale.

Le condizioni ambientali, glaciali e periglaciali, che si instaurarono in questo periodo favorirono la produzione di detrito, mentre il movimento dei ghiacciai verso valle ne garantì un efficiente trasporto alimentando, inoltre, i sistemi fluvio-glaciali e portando all'aumento della portata liquida e del quantitativo di carico solido dei corsi d'acqua.

L'instaurarsi di tali nuove condizioni rispetto alle fasi precedenti favorì lo sviluppo dei grandi sistemi alluvionali dei megafan, i quali determinarono l'aggradazione dell'intera pianura (FONTANA *et al.*, 2008). Lo spessore dei sedimenti depositi durante questa fase è superiore a 15 m e, localmente, può raggiungere uno spessore massimo di 25-30 m,

come testimoniano i depositi costituenti i megafan alluvionali dei fiumi Tagliamento, Piave e Brenta (FONTANA *et al.*, 2014a).

Come conseguenza all'avanzata glaciale si verificò la caduta del livello marino fino a -120 m s.l.m. e la relativa fase di lowstand. Sebbene il livello di base fosse basso, i ghiacciai fornirono un gran quantitativo di sedimenti, permettendo comunque un'aggradazione verticale molto abbondante di tutta la pianura. Tale situazione si evidenzia come un'anomalia a livello globale rispetto alla generale tendenza erosiva documentata durante le fasi di lowstand nelle pianure costiere. Ciò è imputabile alla bassissima pendenza che caratterizza la piattaforma dell'Adriatico settentrionale e ha fatto in modo che la distanza tra l'attuale pianura e il margine di piattaforma fosse di oltre 400 km (FONTANA *et al.*, 2014a).

Una caratteristica peculiare di questo periodo è stata la differenziazione tra l'alta e la bassa pianura. Ciò probabilmente era legato alla perdita di capacità di trasporto, da parte delle correnti fluvioglaciali, delle ghiaie le quali raggiungevano il limite superiore delle risorgive, mentre i sedimenti più fini limoso-argillosi raggiungevano i settori più a valle.

Difatti, i depositi pleniglaciali nella bassa pianura veneto-friulana sono contraddistinti da alternanze di limi e limi argillosi, con canali sabbiosi a geometria lentiforme. Sono presenti, oltre a ciò, livelli torbosi e limoso-organici pluricentimetrici, indicanti una temporanea stasi di sedimentazione, in cui l'affioramento della falda freatica determinava la formazione di bacini palustri e l'accumulo di sostanza vegetale; l'assenza di sedimentazione probabilmente era legata ad uno spostamento della stessa in altri settori del megafan.

I megafan, formati durante l'LGM, mostravano nella loro porzione prossimale una stratigrafia dei sedimenti ghiaiosi la quale indicava che i fiumi erano di tipo braided. La diminuzione della capacità di trasporto di quest'ultimi verso valle, comportava l'abbandono del carico più grossolano e la formazione a valle di canali fluviali prevalentemente sabbiosi. Nel settore distale, sotto il limite inferiore delle risorgive, prevalgono alvei con pochi canali o canale singolo poco sinuoso.

La fase iniziale della deglaciazione, databile tra 22.000 e 19.500 anni fa, rappresenta lo stadio finale dell'LGM e viene definita "cataglaciale" (FONTANA *et al.*, 2014b).

Durante questo periodo, i ghiacciai iniziarono a ritirarsi e ciò comportò una drastica diminuzione dell'afflusso solido lungo gli scaricatori fluvioglaciali verso la pianura. Ciò

causò l'incisione di quasi tutti i megafan nella loro porzione apicale, causando così la disattivazione della superficie. Al diminuire della portata solida, si contrapponeva invece un forte aumento della capacità di trasporto liquido, presumibilmente dovuto ad un elevato confinamento delle acque all'interno delle strette incisioni createsi. La configurazione dei megafan in questo periodo era caratterizzata, dunque, da un settore apicale fortemente inciso da scarpate e da un settore distale dominato da una limitata sedimentazione, che ricopriva la sottostante superficie pleniglaciale. Il risultato di questo processo fu la generazione di veri e propri sistemi telescopici di megafan.

Pertanto, mentre l'alta pianura risultava terrazzata, più a valle le incisioni diminuirono gradualmente fino a scomparire. I sistemi telescopici della bassa pianura erano contraddistinti da alvei di tipo braided ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi. Tale caratteristica permette di distinguere nettamente, nella pianura friulana, i sistemi cataglaciali da quelli pleniglaciali in cui la deposizione delle ghiaie non andava oltre la linea delle risorgive.

Oggi, gli alvei della bassa pianura sono di tipo braided fino al limite inferiore delle risorgive, mentre al di sotto divengono di tipo wandering procedendo verso valle e poi meandriformi.

Da un punto di vista pedologico, i depositi pleniglaciali e quelli cataglaciali sono caratterizzati al top dallo stesso suolo. Infatti, i momenti più significativi per la formazione di tali suoli si sono verificati durante l'Olocene, grazie all'azione fondamentale della copertura forestale, nonché il verificarsi di alcune fasi pedoclimatiche come quella avvenuta durante il periodo Atlantico, caratterizzato da un clima caldo umido con stagioni contrastate (CREMASCHI, 1990).

Nella bassa pianura la superficialità della falda freatica, in genere entro 1-2 m di profondità ha limitato lo sviluppo dei suoli impedendo l'ossidazione dei sedimenti e la liscivazione. Nelle aree più elevate e sabbiose degli argini naturali è ben percepibile l'intensa evoluzione pedogenetica, ma scostandosi da queste aree i sedimenti gradualmente si presentano più limosi o argillosi e la topografia diviene relativamente depressa e mal drenata. In tali aree, per la presenza di tale falda e di depositi con minor permeabilità, si sono formati degli orizzonti con accumulo di concrezioni carbonatiche. In origine sviluppati tra 60 e 120 cm di profondità, oggi questi orizzonti concrezionati si ritrovano in superficie inglobati dalle arature moderne (FONTANA, 2006).

## **2.4 - Post-LGM**

La fine dell'LGM è segnata dall'inizio del periodo Tardoglaciale (19.000-11.700 anni BP), durante il quale l'intera area di pianura ha subito un'ulteriore fase evolutiva.

A differenza dell'LGM, in cui predominava l'influenza dei sistemi fluvio-glaciali, durante il post-LGM il controllo derivava dal mare, dai fiumi di risorgiva e dall'attività umana. Il post-LGM si distinse per un miglioramento climatico tale da determinare il definitivo ritiro dei ghiacciai alpini nelle alte valli, intorno a 19.000-18.000 anni fa, oltre che per una nuova dinamica fluviale in tutta la pianura. Infatti, ciò ha comportato in tale periodo l'identificazione di nuovi percorsi fluviali, varie fasi deposizionali e morfogenetiche.

L'intero Tardoglaciale si caratterizzava per la totale mancanza di sedimentazione e per il potere erosivo che acquisirono i corsi d'acqua, i quali si trovavano in forte fase di approfondimento lungo le incisioni in cui scorrevano. L'intensa fase erosiva ha interessato i settori distali del megafan del Tagliamento, del Piave e del Brenta, portando alla formazione di incisioni molto ampie e profonde (FONTANA *et al.*, 2008).

Queste valli determinarono un intenso confinamento della portata solida e liquida, dei principali sistemi, consentendo il trasporto di materiale ghiaioso verso la bassa pianura, fino all'odierna area costiera. In seguito, tali incisioni furono riempite dall'aggradazione sedimentaria, la quale le riempì e ne obliterò l'originaria topografia.

I depositi dei megafan dei fiumi Tagliamento e Piave sono stati, quindi, sottoposti ad una importante fase di terrazzamento che si prolungava fino all'Olocene iniziale.

Le nuove condizioni climatiche, a partire da 17.000 anni fa, portarono ad un innalzamento del livello eustatico, dai -120 m s.l.m. durante l'LGM, attribuibile allo scioglimento della calotta artica e di quelle nordeuropea e nordamericana, con ghiacciai che raggiunsero un volume simile all'attuale (LAMBECK & CHAPPEL, 2001). In questo periodo, intorno a circa 7000 anni, il livello del mare raggiunse i -10 m rispetto all'attuale.



**Fig. 2.5 - Le principali direttrici di deflusso del Piave e del Livenza (BONDESAN, 2004). Legenda: 1) dossi del Piave (Olocene); 2) dossi del Livenza (Olocene); 3) dossi del Tagliamento (Pleistocene); 4) antiche linee di riva del Piave: 4) medievali-moderne; 5) 3200-900 a.C.; 6) posteriori al 4500 a.C.; 7) antiche direttrici di deflusso; 8) confine provinciale; 9) via Annia; 10) sezioni stratigrafiche: PV-Piave Vecchia; GR-paleoalveo di Grassaga (Piveran); CPS-paleoalveo di Caposile; 11) datazione al 14C: a) 430-650 d.C.; b) 5880-5640 a.C.; c) 2125-1735 a.C.; d) 530-680 d.C.; e) 1540-1390 a.C.**

L'innalzamento marino nell'Adriatico è legato probabilmente anche ad altri fattori, basti pensare alle deformazioni tettoniche, alla subsidenza locale, a variazioni isostatiche, alle fluttuazioni climatiche oloceniche e al tasso di sedimentazione fluviale (ANTONIOLI *et alii.*, 2009). La morfologia delle coste influì anch'essa, generando delle situazioni distinte in diverse aree.

Nella pianura veneto-friulana, si è verificata una trasgressione marina passiva, ancora oggi ben testimoniata dall'affiorare di depositi del LGM fino al margine lagunare. Contrariamente, in aree dove sfociavano i corsi d'acqua alpini durante l'Olocene si è

riscontrato un ciclo trasgressivo-regressivo (AMOROSI *et al.*, 2008). Si tratta di una fase di espansione marina sulla pianura preesistente, cui è seguito l'avvio di un ambiente lagunare o deltizio. Da diversi studi è emerso che intorno a 7500-6000 anni fa avvenne la prima formazione delle lagune, legate all'evento di massima ingressione marina. In particolare, l'area compresa tra il Piave e il Tagliamento comprende depositi lagunari sovrapposti ai depositi alluvionali della pianura pleistocenica, a -7 e -9 m di profondità e datati intorno al 5000 a.C. (FONTANA *et al.*, 2012).

Per quanto detto in precedenza, le aree dove ora affiora la superficie pleistocenica è caratterizzata da suoli ben sviluppati. Nei settori più distali della pianura, pertanto, i depositi successivi all'LGM sono separati da questi da una ben visibile unconformity che, dove non è di tipo erosivo, corrisponde ad un paleosuolo sovraconsolidato, noto in letteratura come "caranto". Questo termine deriva dal nome popolare che descrive questo orizzonte pedologico nel sottosuolo della laguna di Venezia, rappresenta un marker stratigrafico del limite tra sedimenti pleistocenici e olocenici.

Nuovi cambiamenti nella dinamica fluviale della bassa pianura veneto-friulana, intorno al 2000-1000 a.C. circa, fanno sì che le incisioni fluviali formatesi nel post-LGM vengano parzialmente colmate dai sedimenti provenienti da ambienti lagunari e deltizi; questi risultano strettamente legati alla formazione di dossi fluviali. I sistemi del Brenta e successivamente del Piave e del Tagliamento sono stati soggetti, seppur in tempi differenti, a questa nuova fase deposizionale. Alcune principali caratteristiche come, le notevoli dimensioni, la geometria interna e la maggiore elevazione, distinguono i dossi fluviali olocenici originatisi negli ultimi 3500 anni da quelli pleistocenici.

## Capitolo 3

### METODI DI ANALISI STRATIGRAFICHE E SEDIMENTOLOGICHE

#### *3.1 - I carotaggi*

L'obiettivo principale di questo lavoro di tesi è stato lo studio di quattro sondaggi geognostici: i carotaggi TdM, JES2010, SD4 ed SD5bis.

- Il sondaggio Torre di Mosto (TdM) è stato carotato in località Senzielli di Torre di Mosto (VE), presso Casa Ciani-Bassetti. Le coordinate WGS84 sono di 45°37'18''N - 12°45'20''E. La profondità raggiunta è di 94 m dal piano campagna. La quota piano campagna è di -1,4 m s.l.m.
- Il sondaggio Jesolo 2010 (JES2010) è stato carotato nei pressi di via Egeo a Jesolo (VE) nel marzo 2010. Le coordinate geografiche sono di 45°30'54''N - 12°38'9''E. La profondità raggiunta è di 60 m dal piano campagna. La quota piano campagna è di 0,0 m s.l.m.
- I sondaggi SD4 ed SD5bis sono stati entrambi carotati nei pressi di Cessalto, per la realizzazione della III corsia dell'autostrada A4, da San Donà di Piave ad Alvisopoli. Il sondaggio SD4 è stato effettuato tra il 27 e il 30/10/2008, mentre il sondaggio SD5bis tra l'11 e il 12/11/2008, da parte dell'impresa S.P.G.- Sacchetto Perforazioni Geotecnica s.r.l. mediante una perforazione a carotaggio continuo. Le coordinate geografiche sono di 45°42'20''N - 12°36'28''E per il primo, 45°42'33''N - 12°37'00''E per il secondo. La profondità raggiunta è di 40 m, per entrambi, dal piano campagna. La quota piano campagna è di 3,6 m s.l.m. per l'SD4, 4,0 m s.l.m. per l' SD5bis. I due sondaggi sono stati perforati a poca distanza l'uno dall'altro, intorno a 800 m, e a circa 14 km dal sondaggio TdM.

La localizzazione dei diversi sondaggi e la loro descrizione dettagliata è riportata nei capitoli successivi.

Il sondaggio TdM, in questo lavoro considerato come sondaggio di riferimento, esso infatti è stato fatto all'interno del progetto CARG (CARTografia Geologica) per la realizzazione del Foglio 107 "Portogruaro". L'analisi stratigrafica del sondaggio è riportata nelle relative note illustrative (FONTANA *et al.*, 2012), insieme alle analisi polliniche e micropaleontologiche (non riportate in questo testo). Il punto di partenza di questo lavoro di tesi è stato proprio lo studio di dati già esistenti, nonché la loro rielaborazione e la realizzazione di log stratigrafici più dettagliati.

Il carotaggio JES2010, data la sua localizzazione e la profondità raggiunta, costituisce un buon confronto con il TdM in quanto ha attraversato quasi tutte le stesse unità cronostratigrafiche presenti nell'altro carotaggio e può aumentare la comprensione delle caratteristiche legate all'architettura e alla composizione della bassa pianura del Piave. Infine i carotaggi SD4 e SD5bis sono stati considerati per analizzare anche alcuni campioni petrografici relativi a zone meno distali della pianura ma, per la profondità raggiunta, hanno sicuramente una minor importanza.

### ***3.2 - Descrizione stratigrafica e sedimentologica***

Una descrizione stratigrafica e sedimentologica dettagliata è stata effettuata principalmente sul sondaggio TdM. Questo tipo di studio è stato svolto mediante l'apertura di ogni singola cassa contenente le carote del sondaggio. Le carote sono state, così, tagliate e fotografate per ogni metro consentendo, pertanto, una descrizione di maggiore dettaglio. A ciò è seguito il lavoro di campionamento, su una metà della carota, effettuato presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova. Tale fase è fondamentale per le analisi di laboratorio (granulometriche e petrografiche; per cui si rimanda al relativo Capitolo 8) che saranno effettuate sui campioni più significativi.

La documentazione fotografica è consistita in scatti effettuati per ogni intera cassa, contenente 5 m di carota, poi per ogni singolo metro comprendendo entrambe le metà ed infine sono state realizzate delle fotografie più dettagliate ogni 25-30 cm circa.

La carota è stata descritta dapprima in maniera abbastanza dettagliata ed in seguito è stata effettuata una descrizione sintetica più generale, dal punto di vista stratigrafico e



sedimentologico. La descrizione si è basata sull'osservazione delle principali proprietà fisiche della carota come la granulometria, il colore, la struttura, il grado di consolidazione, l'effervescenza, le strutture e le geometrie sedimentarie, gli orizzonti pedologici ed infine il contenuto paleontologico animale e vegetale. Inoltre, è stato possibile osservare altre caratteristiche sedimentologiche come bioturbazioni, contenuto organico, caratteristiche delle superfici-limite e tendenze deposizionali. Per una corretta distinzione delle differenti granulometrie tra argille, limi e sabbie è stata presa come riferimento la scala di Udden-Wentworth ed, inoltre, il riconoscimento della presenza di argilla e limo è stato condotto mediante la manipolazione dei sedimenti inumiditi (plasticità e adesività) (SANESI, 1977; CREMASCHI & RODOLFI, 1987).

I colori sono stati valutati, mediante l'utilizzo delle tavole cromatiche di riferimento prodotte dalla Munsell Color Company (1996), prendendo in considerazione i sedimenti umidi.

L'effervescenza, stimata grazie all'utilizzo dell'acido cloridrico (HCl) diluito al 10%, ha permesso di stabilire i tenori di carbonati contenuti nel sedimento.

Inoltre, sono state descritte le percentuali di abbondanza, le dimensioni e i colori di elementi pedologici come screziature e concrezioni carbonatiche, nonché resti vegetali e paleontologici ove presenti. Quest'ultimi sono rappresentati prevalentemente da conchiglie, intere e/o in frammenti, di bivalvi o gusci di gasteropodi marini e continentali.

Tali caratteristiche, osservate e sopra riportate, hanno permesso la realizzazione di log stratigrafici dapprima disegnati a mano e in seguito realizzati mediante il software Adobe Illustrator CS5. In particolare si è potuto rappresentare, mediante colonnine di 5 m e, in aggiunta, log stratigrafici totali l'intera stratigrafia dettagliata del carotaggio. La descrizione dettagliata e il disegno dei log ha consentito il riconoscimento delle diverse facies sedimentarie e, assieme alle informazioni sintetiche fornite dai log totali e dalla descrizione generale, ha consentito la comprensione dei rapporti stratigrafici delle varie unità cronostratigrafiche presenti nel sottosuolo e la loro ipotetica correlazione. Di seguito è riportata la legenda relativa ai log stratigrafici TdM, JES2010, SD4 ed SD5bis (Fig. 3.1).

Lo stesso metodo di analisi utilizzato per il sondaggio TdM è stato adoperato anche per gli altri carotaggi.

## LEGENDA

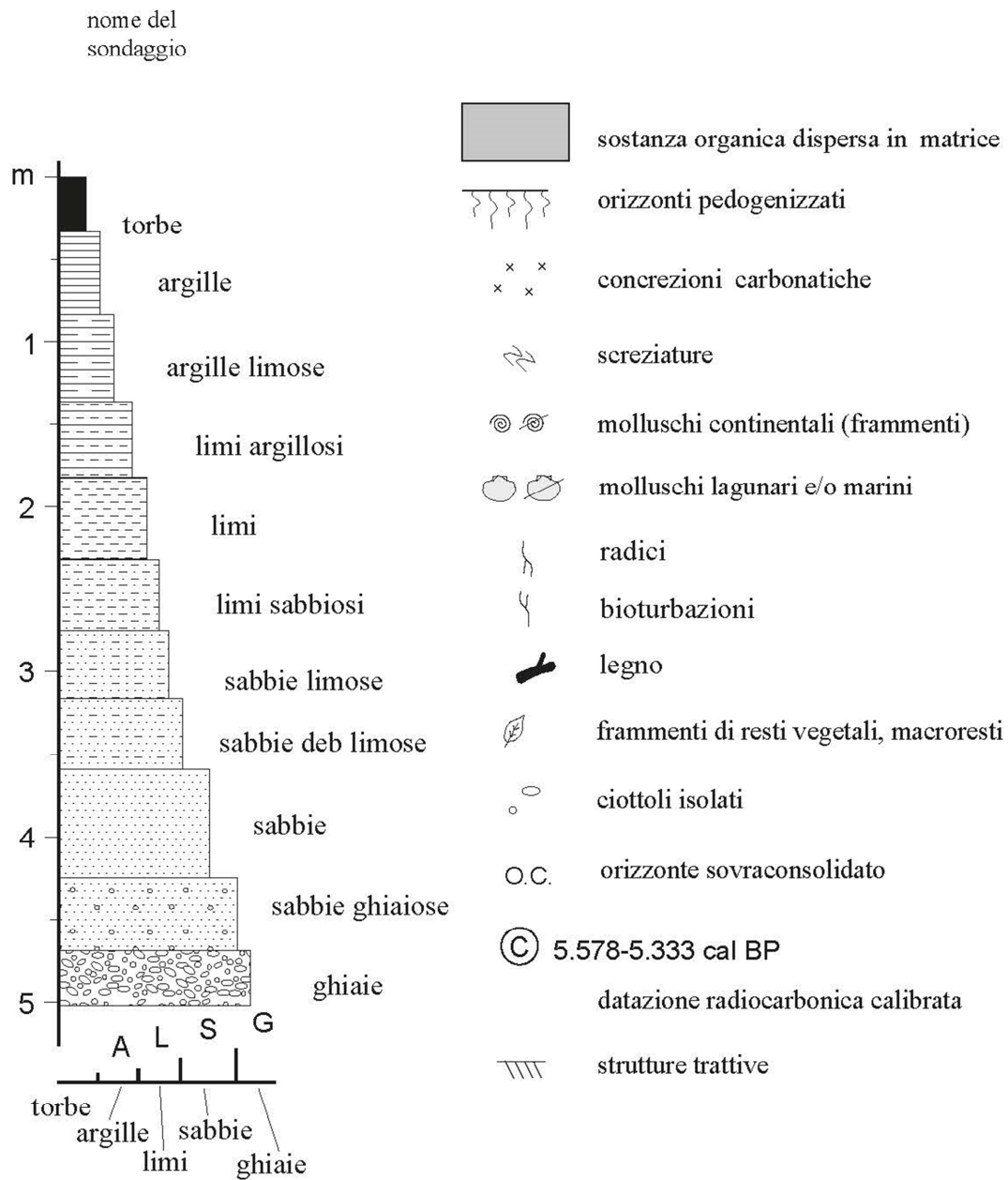


Fig. 3.1 - Legenda relativa ai log stratigrafici dei carotaggi TdM, JES2010, SD4 ed SD5bis.

### ***3.3 - La fase di campionamento***

Lo studio delle successioni sedimentarie dei sondaggi, avvenuto mediante una approfondita analisi delle già menzionate caratteristiche sedimentologiche presenti nelle carote, ha permesso di identificare diverse facies e associazioni di facies. Alla luce di ciò le facies sono state interpretate come indicatrici di ambienti sedimentari.

In questo lavoro è stato constatato che le facies riconosciute sono riconducibili prevalentemente ad ambienti deposizionali di piana alluvionale, di laguna, di delta, di sistemi litorali e di piattaforma (Tab. 3.1). Eventuali disturbi del carotaggio, verificatisi spesso durante le operazioni di carotaggio, potrebbero compromettere una migliore interpretazione delle facies e ad una scala più ampia. È per questo che risulta fondamentale confrontare i sondaggi con lavori precedentemente pubblicati, per delineare eventuali correlazioni, tra i carotaggi stessi, mediante i dati e le informazioni di cui si dispone.

Sulla base delle informazioni disponibili si è proceduto con la fase di campionamento, la quale ha permesso la raccolta di una quantità significativa di campioni (si veda Tabelle 3.3.1), i quali sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio.

Il criterio secondo il quale è stato eseguito il campionamento si è basato, fondamentalmente, sulla individuazione di elementi diagnostici presenti nei sedimenti. In particolar modo il materiale esaminato deriva da livelli scelti nella carota in relazione all'osservazione di cambiamenti litologici e/o a distintive caratteristiche di ordine sedimentologico e petrografico. Infatti, alcuni dei campioni prelevati conservavano contenuti di materiale paleontologico animale e vegetale, frustoli, sostanza organica ben percepibili visivamente.

Principalmente si è scelto di raccogliere campioni con granulometrie medie, dunque sabbie, le quali risultano migliori per eseguire le successive analisi petrografiche (si veda Capitolo 8). Complessivamente sono stati campionati 46 campioni di sedimento provenienti dai sondaggi TdM, JES2010, SD4 ed SD5bis. Su tutti i campioni sono state eseguite le analisi granulometriche, ma solamente sui più rappresentativi sono state effettuate le analisi petrografiche. I risultati analitici sono rappresentati nella Tabella 9.1, presentata nel Capitolo 9.

Sigla	Descrizione delle facies o delle associazioni di facies	Ambiente deposizionale
Aa	Sabbie da fini a medie con superficie erosiva alla base.	Canale di rotta ( <i>crevasse channel</i> )
Ab	Sabbie fini omogenee, localmente siltose generalmente prive di tracce di radici e bioturbazioni.	Ventaglio di rotta ( <i>crevasse splay</i> )
Ac	Alternanza di sabbie da fini a medie talora con laminazione planare o incrociata a basso angolo e peliti; comuni resti vegetali minuti e tracce di radici.	Argine naturale ( <i>levee</i> )
Ad	Alternanza di peliti, talora organiche, e livelletti di sabbie fini, comuni tracce di radice.	Piana alluvionale generica
Ad1	Peliti massive da organiche a debolmente organiche spesso bioturbate alla base.	Deposito palustre
Ad2	Peliti laminate spesso bioturbate e con tracce di radici.	Deposito di lago di intercanale di bassa profondità ( <i>pond</i> )
B	Ghiaie sabbiose, sabbie da fini a grossolane con laminazione planare ed incrociate a basso angolo; diffusa presenza di clasti pelitici e macroresti vegetali.	Canale fluviale
B1	Sequenza negativa, da peliti a sabbie fini con macroresti vegetali e tracce di radici, sovrapposta a depositi lacustri.	Barra di foce lacustre ( <i>mouth bar</i> )
B2	Sequenza positiva, da sabbie fini a peliti organiche localmente con torbe al tetto.	Deposito della fase di abbandono di canale fluviale
C	Peliti laminate prive di tracce di radici talvolta bioturbate e con sporadica presenza di lamine di sabbie fini.	Deposito di lago di intercanale
D1	Peliti talvolta molto organiche e sabbie fini con canali di bioturbazione, talvolta tracce di radici e presenza di conchiglie di molluschi.	Ambiente lagunare
D2	Alternanze da millimetriche a centimetriche di sabbie fini e drappi pelitici, variamente bioturbati. Localmente nelle sabbie sono riconoscibili tracce di laminazione obliqua a piccola scala, mentre le peliti possono presentarsi con gruppi di lamine di spessore regolarmente variabile.	Ambiente da subtidale a intertidale, talora con indicazione di alternanza di maree sizigiali e di quadratura
D3	Alternanze centimetriche bioturbate di livelli di sabbie fini a base netta, talora con gradazione normale e livelli pelitici. Locali tracce di radici probabilmente riferibili a piane acquatiche.	Ambiente di baia sottoposto all'influenza di microtorbiere alimentate da delta di baia in fase trasgressiva
E	Sabbie da fini a medie con livelli di tritume conchigliare, caratterizzate spesso da una superficie erosiva alla base.	<i>Shoreface</i>
F	Sabbie da fini a medie prevalenti con intercalati livelli pelitici in cui sono diffuse bioturbazione e strutture trattive; comuni conchiglie di molluschi intere e in frammenti.	Fronte deltizia ( <i>delta front</i> )
G	Peliti prevalenti con intercalati livelli di sabbie generalmente fini e con diffuse tracce di bioturbazione; comuni conchiglie di molluschi intere e in frammenti.	Prodelta
H	Peliti massive omogenizzate da intensa bioturbazione; comuni conchiglie di molluschi intere e in frammenti.	Piattaforma interna con influenza di acque dolci
I	Peliti (prevalere la frazione limosa) massive omogenizzate da intensa bioturbazione; comuni di conchiglie di molluschi intere.	Piattaforma interna
L	Peliti (prevalere la frazione argillosa) massive omogenizzate da intensa bioturbazione; comuni di conchiglie di molluschi intere.	Piattaforma media
Pa	Suoli ben evoluti, con decarbonatazione degli orizzonti superficiali A e Bw e accumulo di carbonati nei sottostanti orizzonti Bk e/o Ck.	Suolo con grado di sviluppo elevato
Pb	Suoli moderatamente evoluti, con presenza di noduli carbonatici negli orizzonti profondi ma con solo parziale liscivazione degli orizzonti superficiali.	Suolo con grado di sviluppo medio
Pc	Suoli poco evoluti, con orizzonte organico A poggiante direttamente sull'orizzonte C.	Suolo con grado di sviluppo basso

**Tabella 3.1 - Tabella dell'interpretazione delle facies e degli ambienti deposizionali dei sondaggi stratigrafici. ( Foglio 107 "Portogruaro"; FONTANA *et al.*, 2012).**

### 3.3.1 - Tabelle dei campioni

N°	Sigla campione	Profondità (m) dal p.c	Materiale
1	TdM 93,00	93,00	sabbie fini
2	TdM 92,80	92,80	sabbie molto fini
3	TdM 88,35	88,35	sabbie fini muscovitiche
4	TdM 70,42	70,42	sabbie
5	TdM 68,30	68,30	sabbie
6	TdM 67,50	67,50	sabbie
7	TdM 66,85	66,85	sabbie
8	TdM 65,70	65,70	sabbie
9	TdM 60,60	60,60	sabbie molto fini limose
10	TdM 60,10	60,10	sabbie muscovitiche
11	TdM 57,00	57,00	sabbie finissime
12	TdM 56,65	56,65	sabbie muscovitiche
13	TdM 54,40	54,40	sabbie muscovitiche
14	TdM 53,00	53,00	sabbie fini muscovitiche
15	TdM 52,70	52,70	sabbie fini
16	TdM 51,35	51,35	sabbie fini muscovitiche
17	TdM 50,05	50,05	sabbie grossolane
18	TdM 49,60	49,60	sabbie grossolane
19	TdM 48,60	48,60	sabbie grossolane
20	TdM 47,90	47,90	sabbie medio-fini
21	TdM 46,80	46,80	sabbie medio-fini
22	TdM 45,45	45,45	sabbie medio-fini
23	TdM 42,15	42,15	sabbie fini-molto fini
24	TdM 40,05	40,05	sabbie molto fini
25	TdM 39,90	39,90	sabbie molto fini
26	TdM 39,40	39,40	sabbie molto fini
27	TdM 28,35	28,35	sabbie fini
28	TdM 27,85	27,85	sabbie molto fini limose
29	TdM 17,15	17,15	sabbie molto fini
30	TdM 12,30	12,30	sabbie molto fini
31	TdM 11,80	11,80	sabbie molto fini

Tabella 3.2 - Campioni di sabbie del carotaggio TdM.

N°	Sigla campione	Profondità (m) dal p.c	Materiale
1	JES2010 58,30	58,30	sabbie
2	JES2010 57,45	57,45	sabbie
3	JES2010 46,40	46,40	sabbie
4	JES2010 43,50	43,50	sabbie
5	JES2010 1,40	1,40	sabbie

**Tabella 3.3 - Campioni di sabbie del carotaggio JES2010.**

N°	Sigla campione	Profondità (m) dal p.c	Materiale
1	SD4 32,20	32,20	sabbie fini-medie
2	SD4 29,80	29,80	sabbie molto fini limose
3	SD4 26,95	26,95	sabbie fini
4	SD4 23,40	23,40	sabbie fini muscovitiche
5	SD4 18,40	18,40	sabbie fini
6	SD4 14,30	14,30	sabbie molto fini limose
7	SD4 7,60	7,60	sabbie fini

**Tabella 3.4 - Campioni di sabbie del carotaggio SD4.**

N°	Sigla campione	Profondità (m) dal p.c	Materiale
1	SD5bis 38,30	38,30	sabbie medie
2	SD5bis 37,10	37,10	sabbie medio-grossolane
3	SD5bis 32,50	32,50	sabbie fini

**Tabella 3.5 - Campioni di sabbie del carotaggio SD5bis.**

Su alcuni campioni dei carotaggi SD4 ed SD5bis, prelevati e studiati dal Dott. Alessandro Fontana, sono state eseguite analisi su livelli particolarmente organici o torbosi da cui sono state ricavate delle datazioni geocronologiche, ottenute con il metodo del radiocarbonio. Va sottolineato, tuttavia, che in questo lavoro di tesi i risultati di tali analisi sono stati semplicemente utilizzati per avere ulteriori informazioni riguardo ai carotaggi. Tenendo conto di ciò i dati sono stati, dunque, riportati nei log stratigrafici dei relativi carotaggi (si veda Capitolo 5), in cui le datazioni sono state espresse come cal BP.

## Capitolo 4

### CAROTAGGIO TdM

#### 4.1 - Introduzione al carotaggio

Il sondaggio TdM è stato realizzato presso Casa Ciani-Bassetti, in località Senzielli di Torre di Mosto (VE) alle coordinate  $N45^{\circ}37'18''$  -  $E12^{\circ}45'20''$  tra il 29/09 e il 17/10/2003. Il carotaggio è stato condotto dalla sonda dei Servizi Forestali della Regione del Veneto nell'ambito della realizzazione del foglio 107 "Portogruaro" della nuova cartografia geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG; FONTANA *et al.*, 2012).

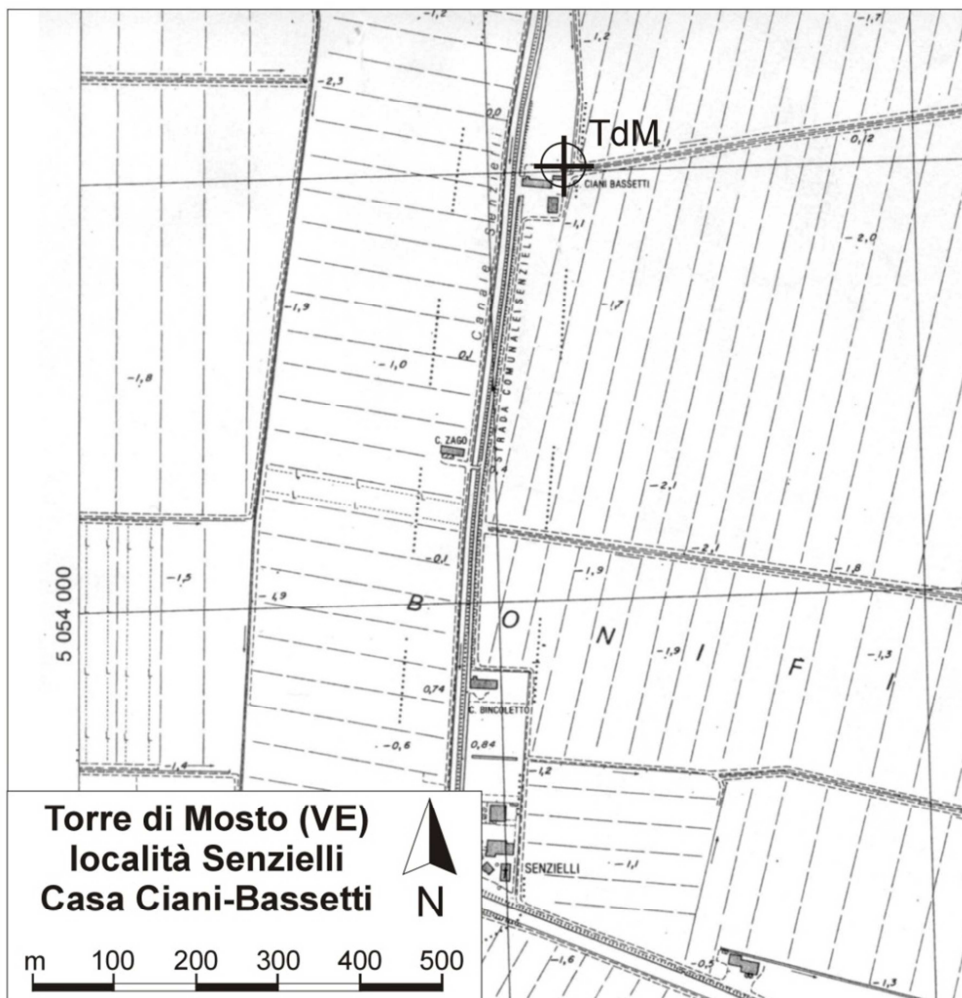


Fig. 4.1 - Ubicazione del sondaggio TdM

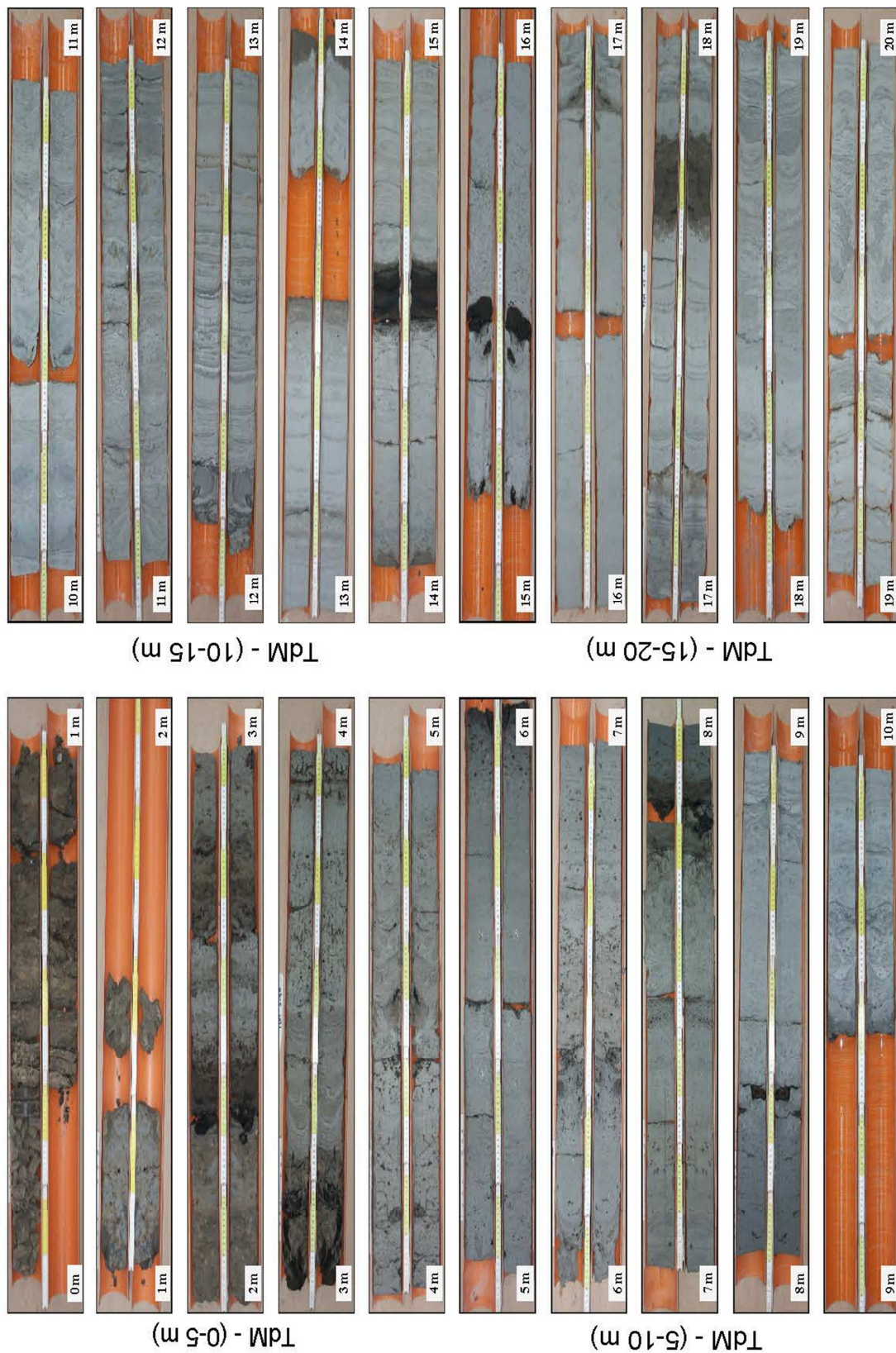
Si è utilizzato un carotiere semplice con diametro interno di 88 mm e rivestimento metallico esterno di 127 mm ed è stata raggiunta la profondità di 94 m dal piano campagna, posto a -1,4 m s.l.m.

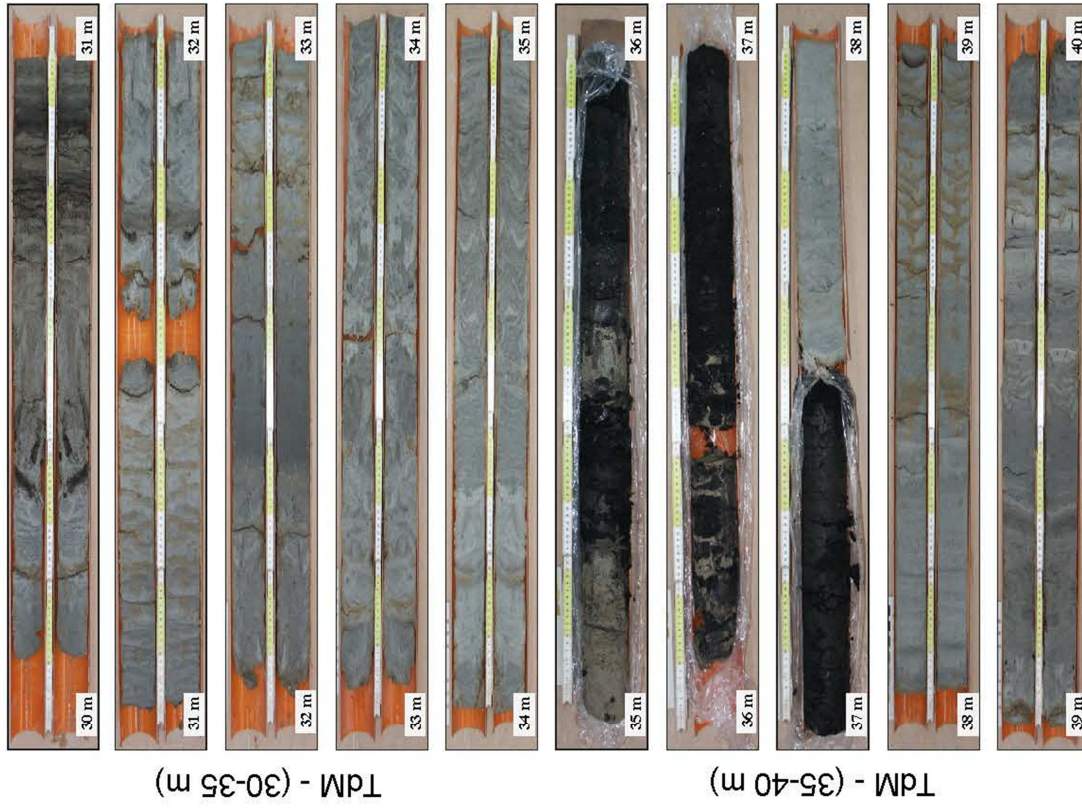
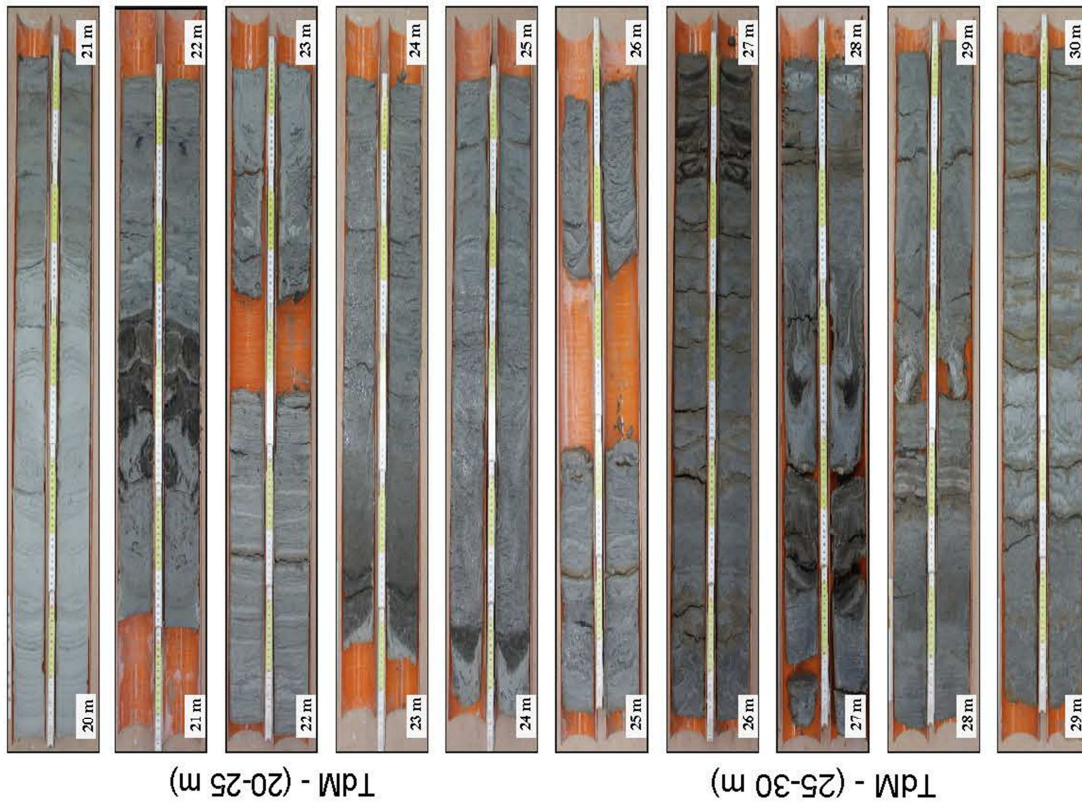
Le carote estratte sono state tagliate, fotografate e descritte originariamente nel 2003-2004 presso il Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università degli Studi di Udine al fine di ricostruire l'assetto geologico della bassa pianura tra Livenza e Tagliamento. Su 6 campioni di sabbie erano state condotte le analisi petrografiche (STEFANI, 2012). Successivamente, nel 2012 le casse contenenti le carote sono state trasportate e conservate presso i magazzini del Dipartimento di Geoscienze di Padova.

Qui si è quindi proceduto ad un'ulteriore fase di descrizione delle carote ed è stato condotto uno specifico campionamento mirato ad una dettagliata caratterizzazione stratigrafica e petrografica, oggetto di questa tesi.



## 4.2 - Fotografie del sondaggio TdM







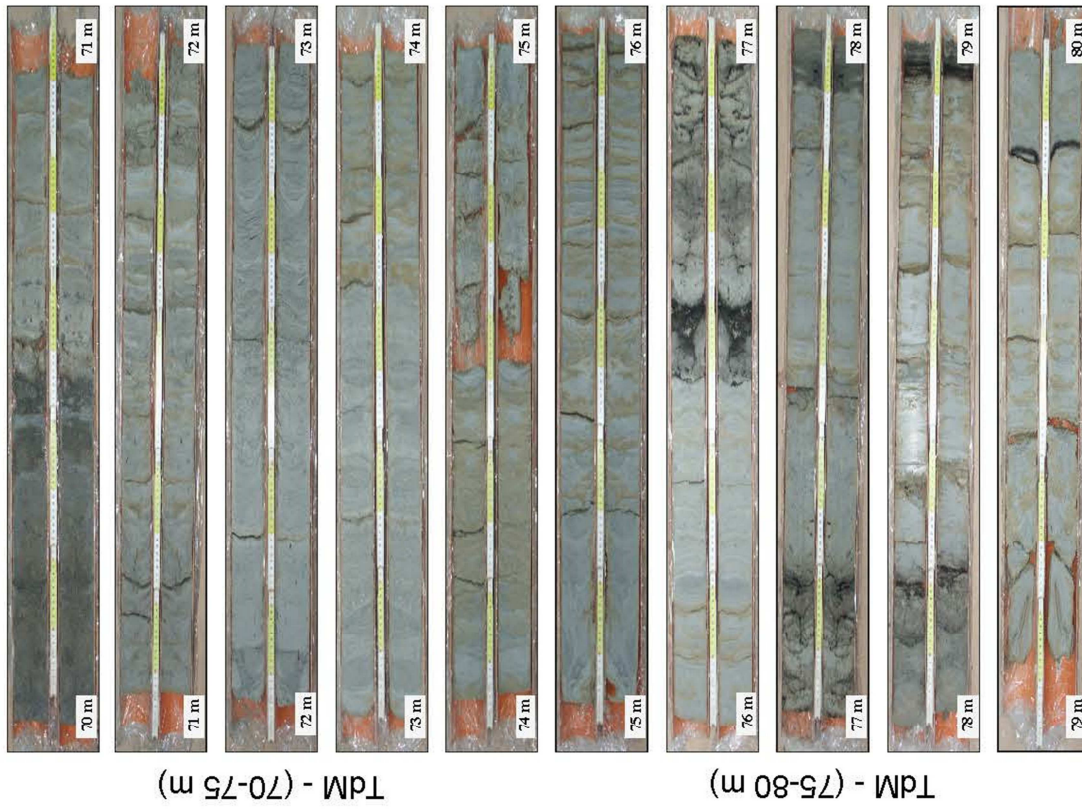
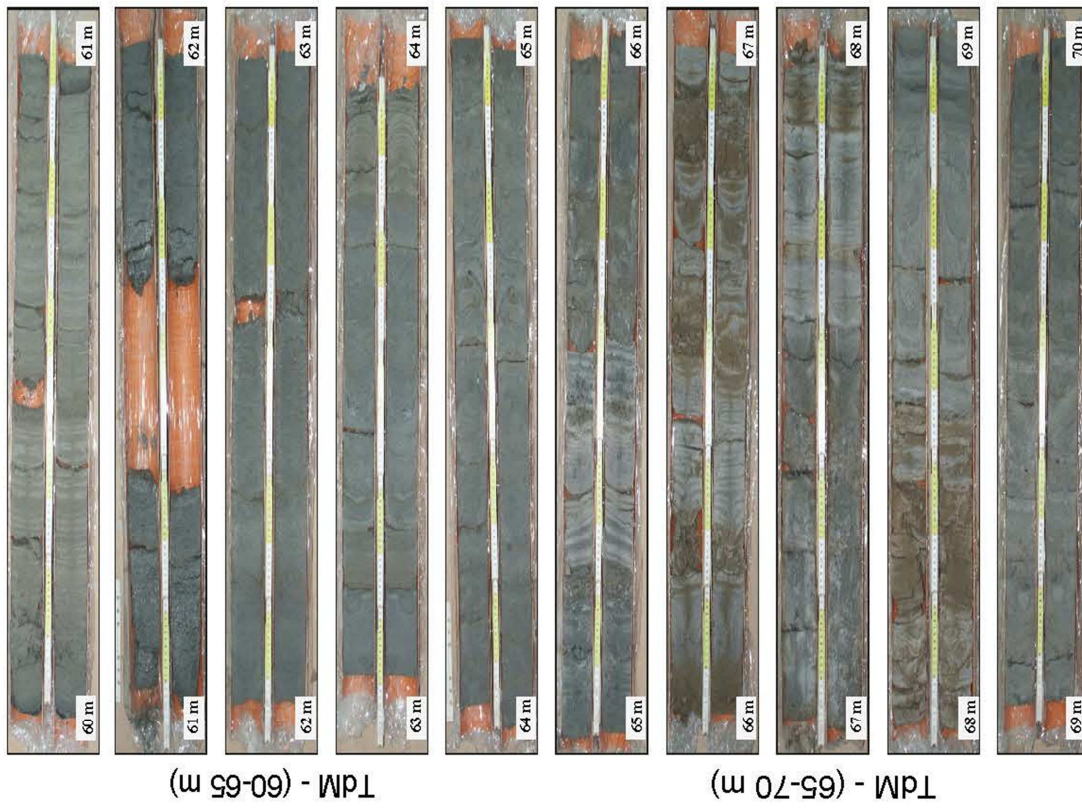
TdM - (50-55 m)

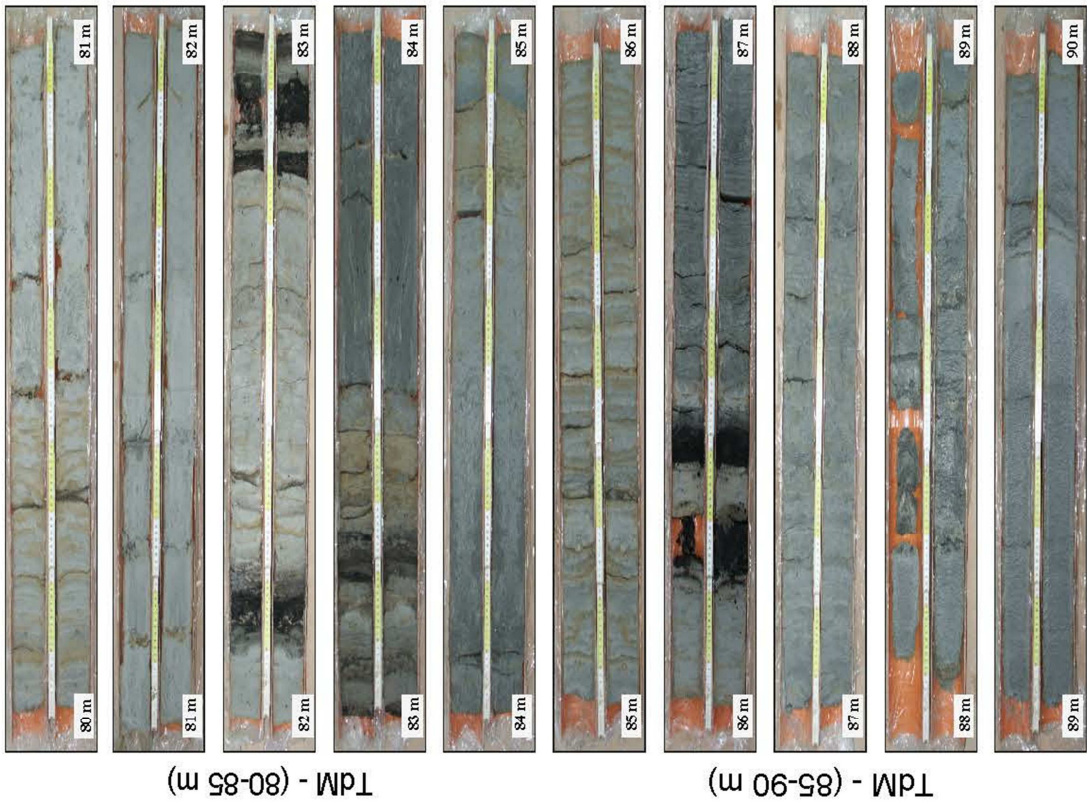
TdM - (55-60 m)



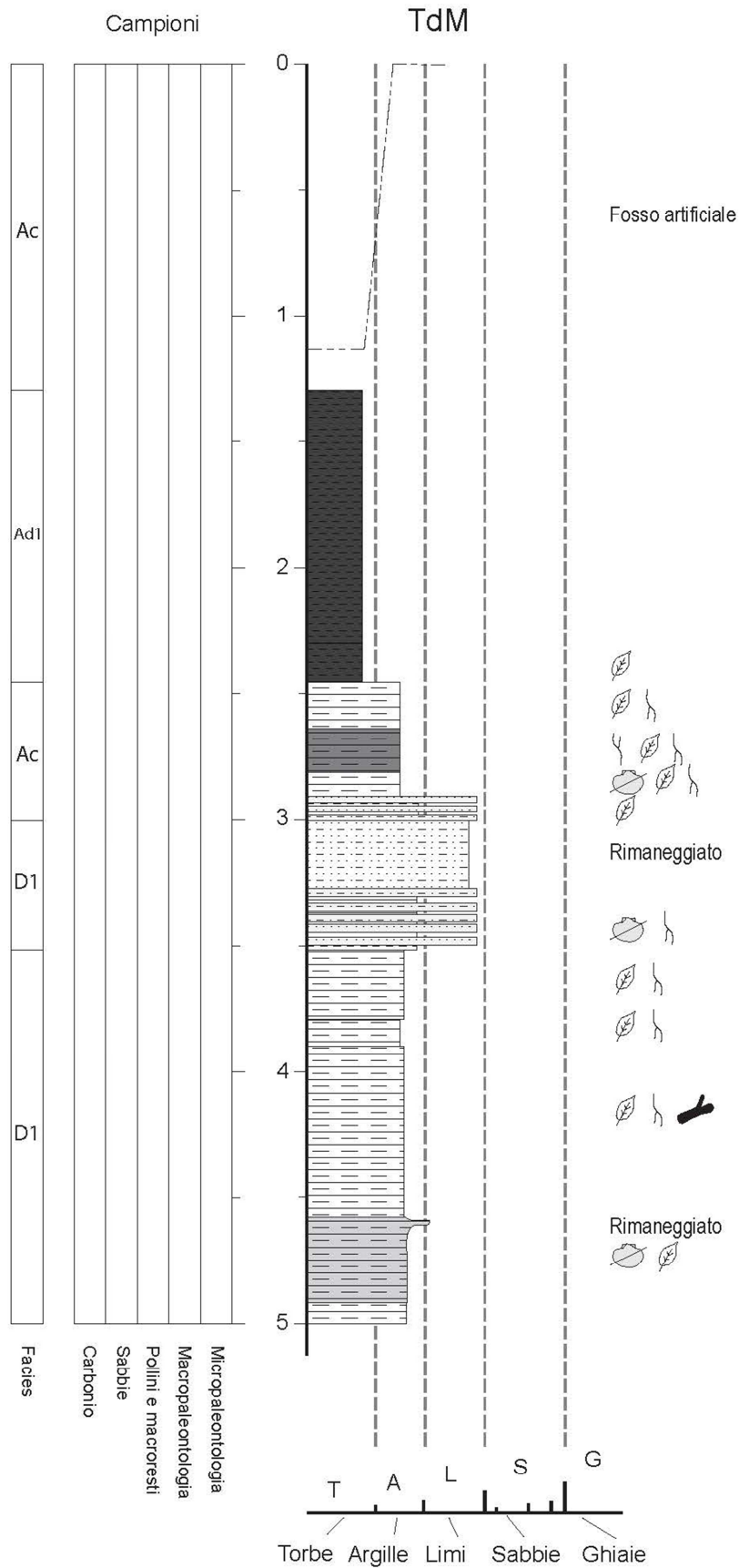
TdM - (40-45 m)

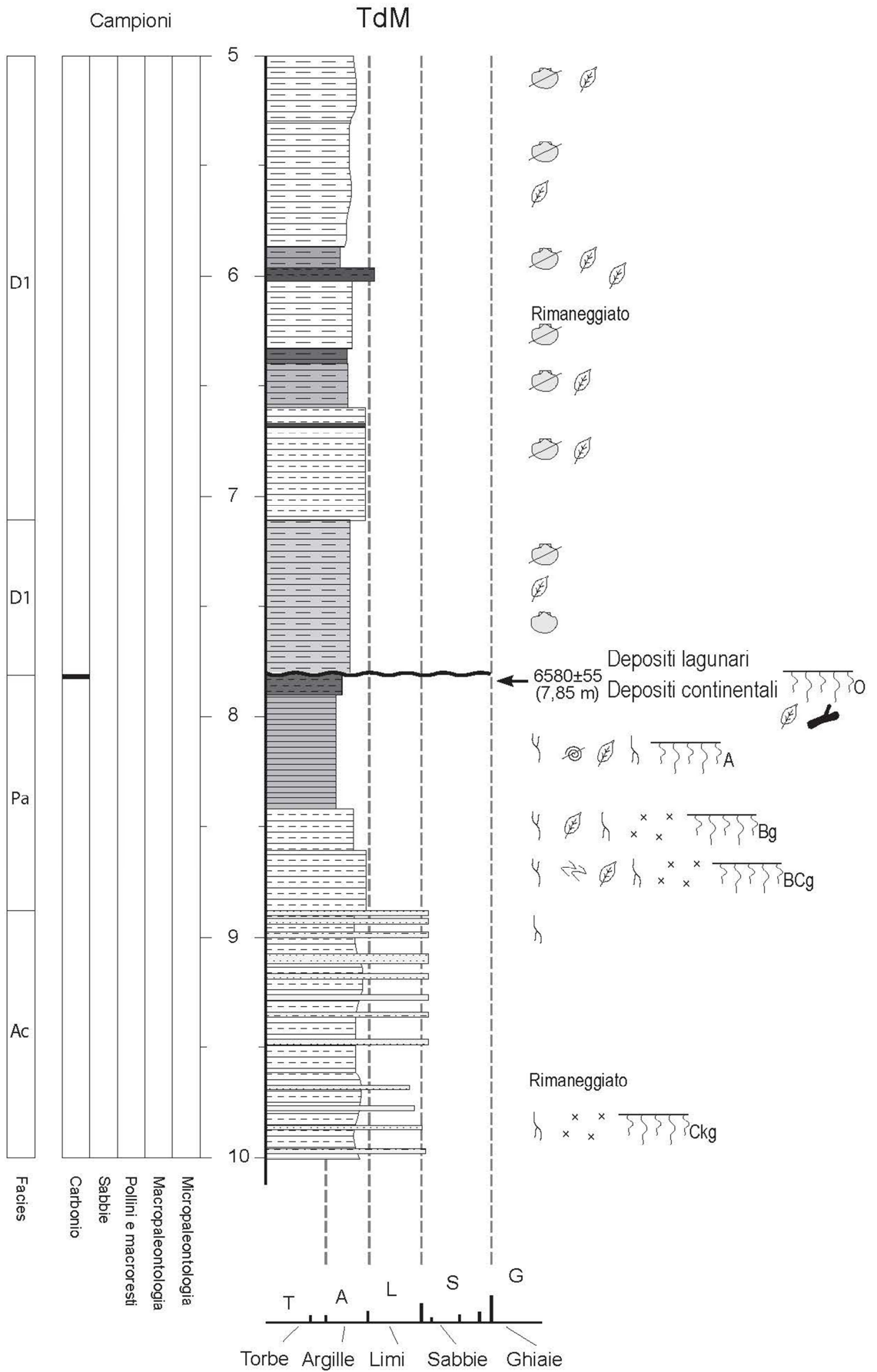
TdM - (45-50 m)

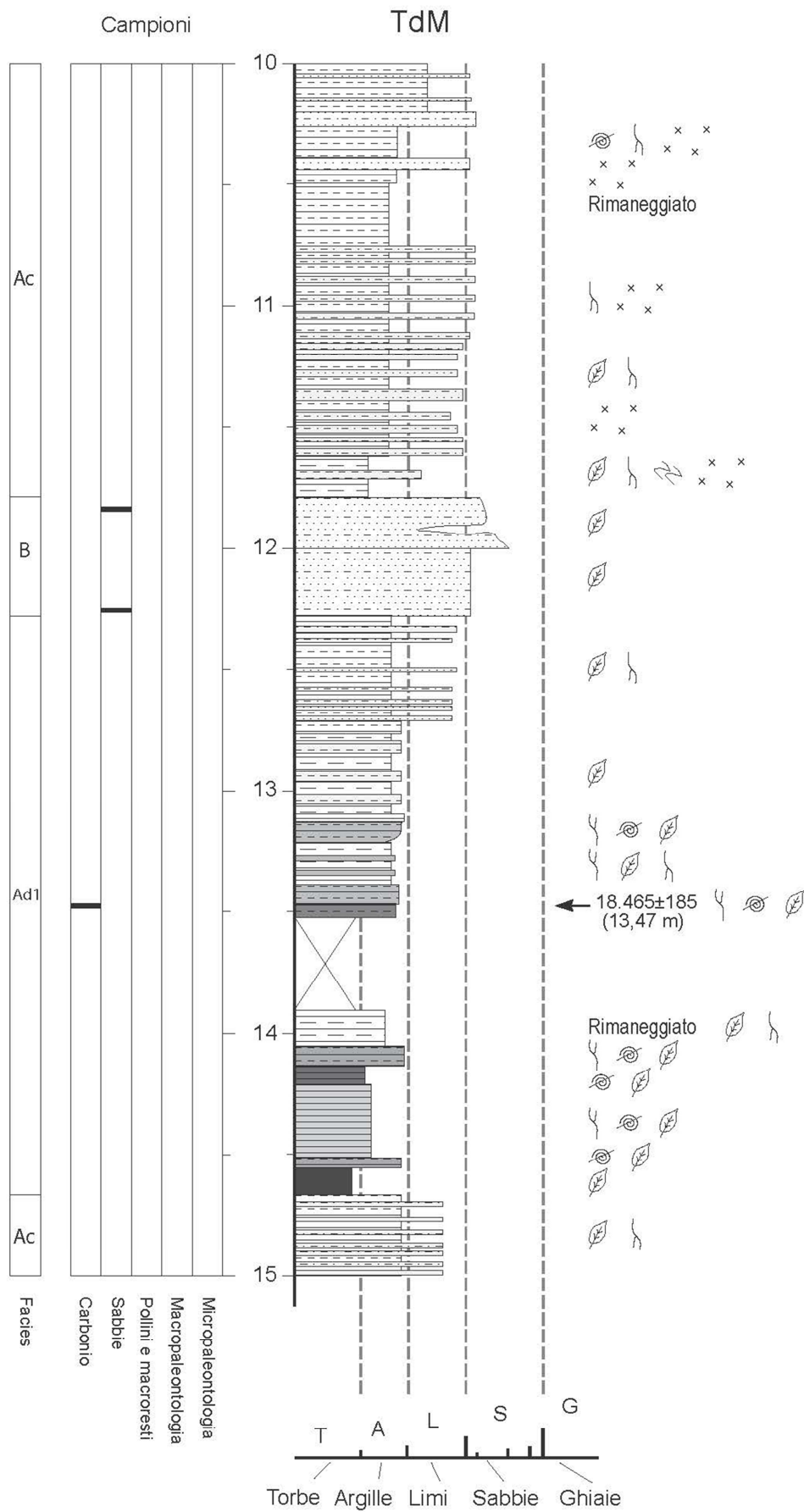




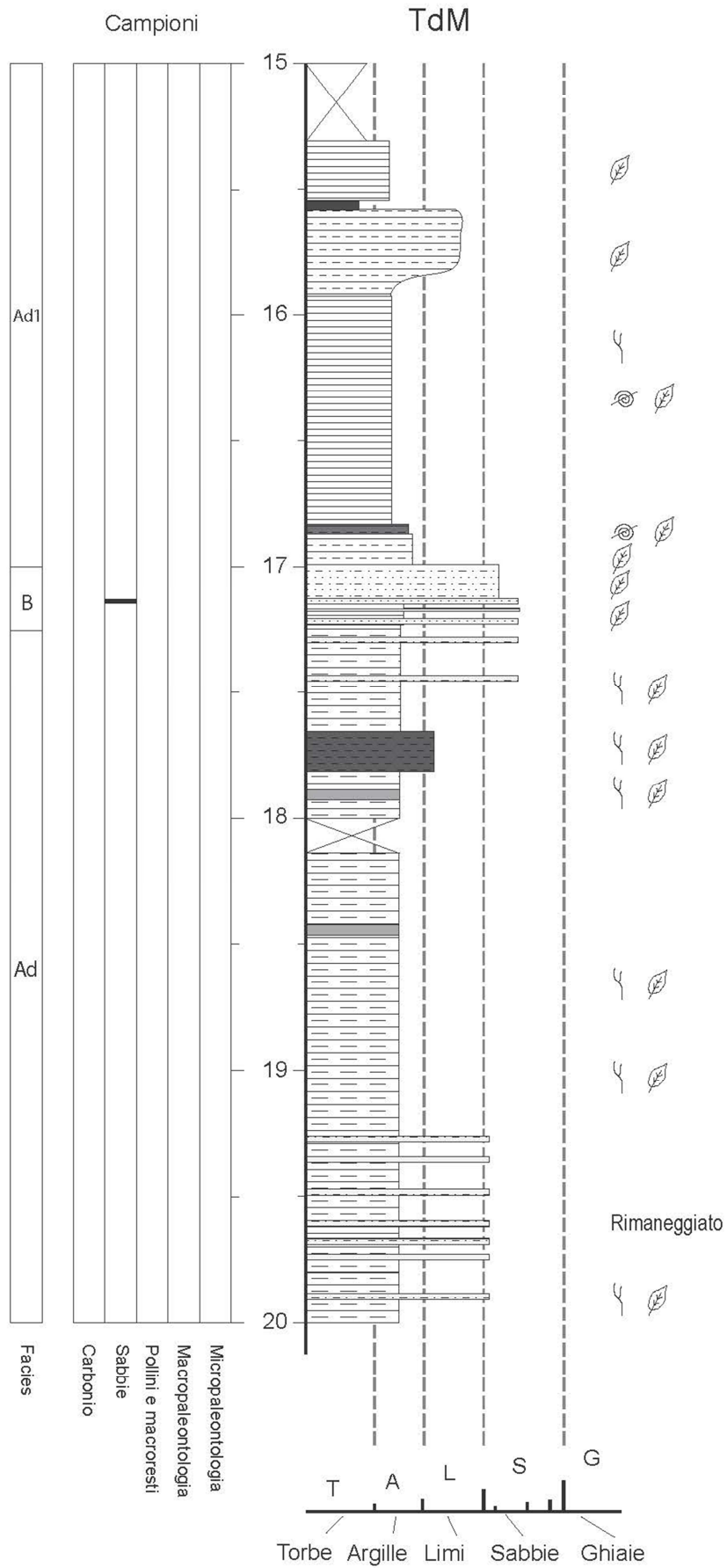
### 4.3 - Log stratigrafico del sondaggio TdM

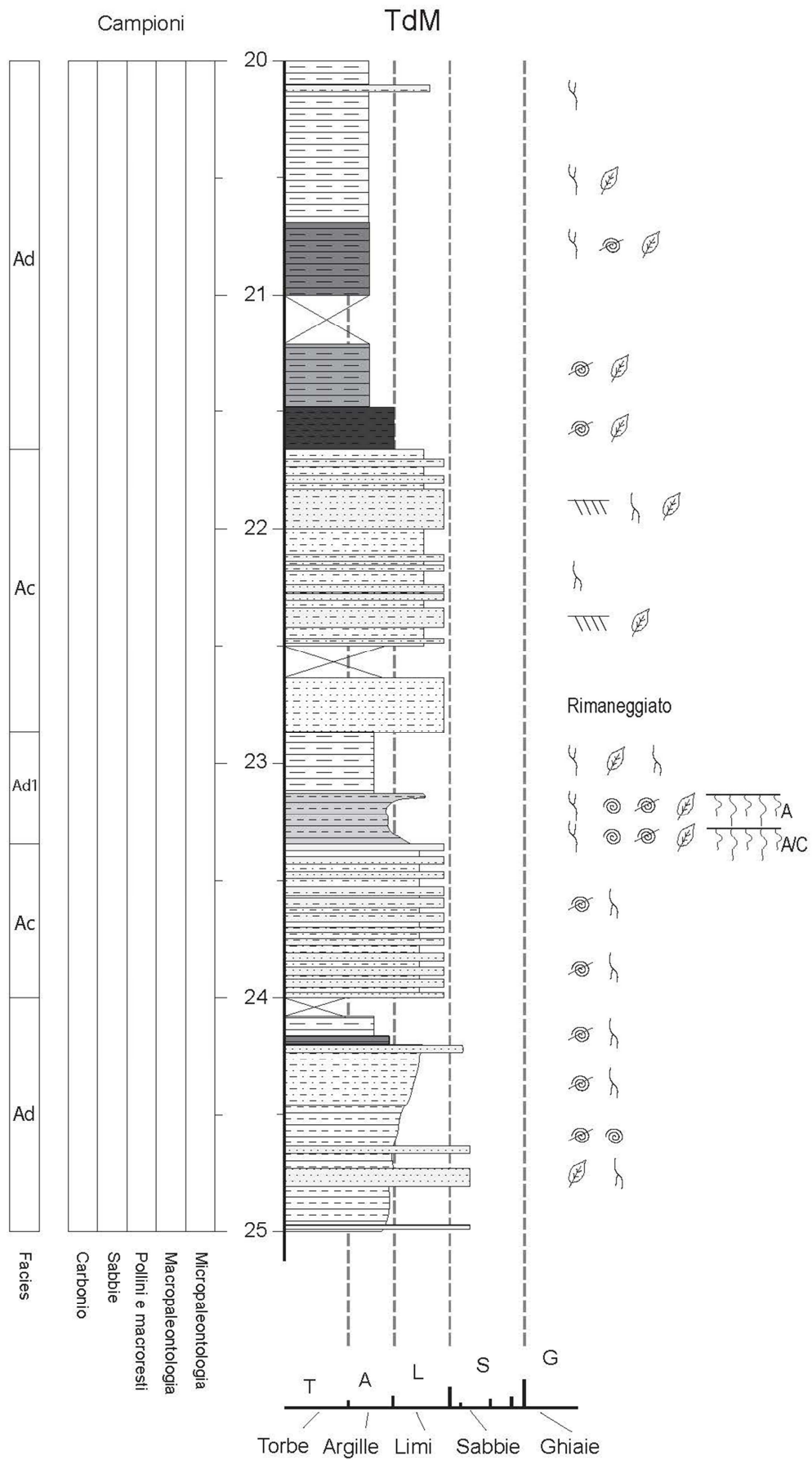


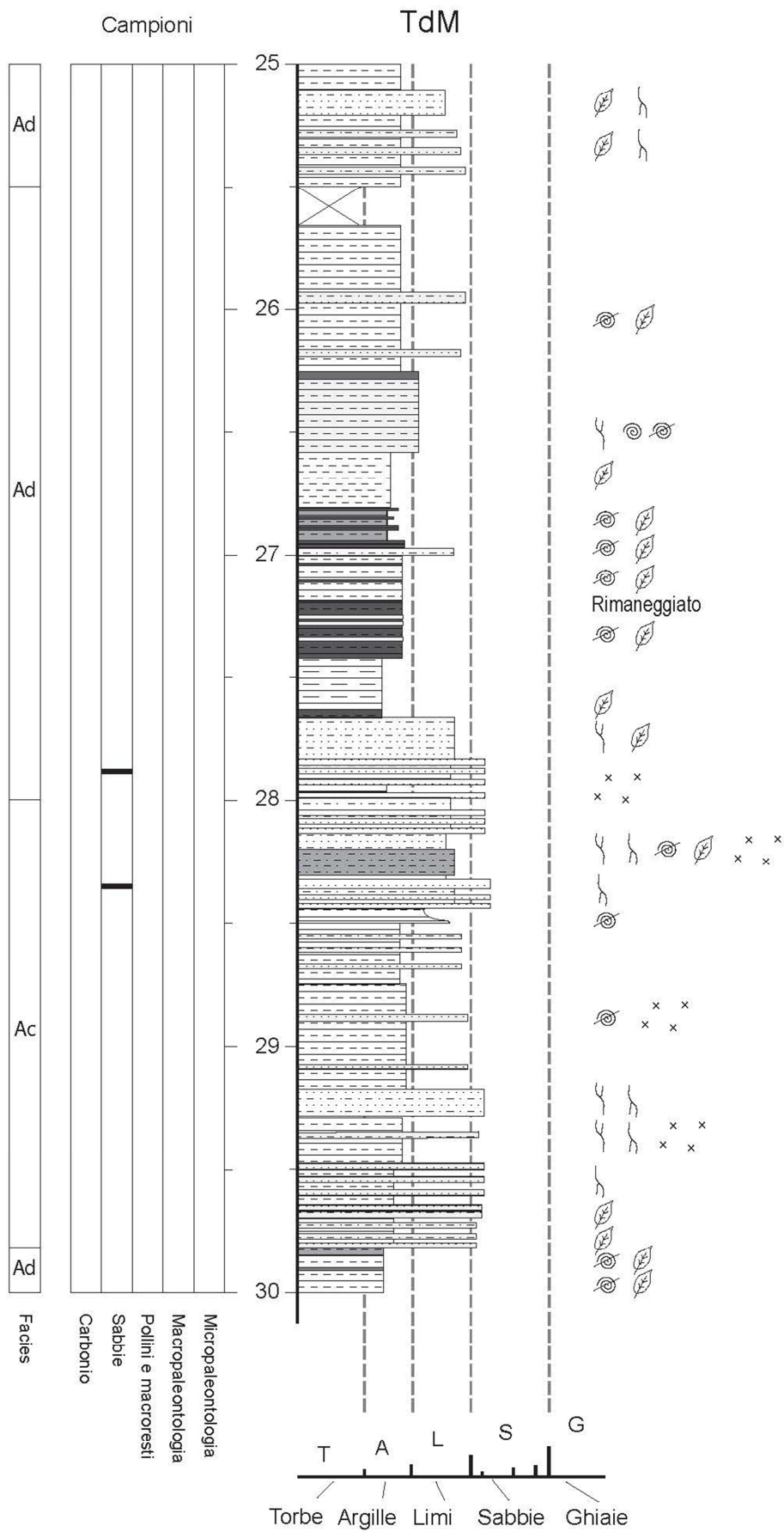


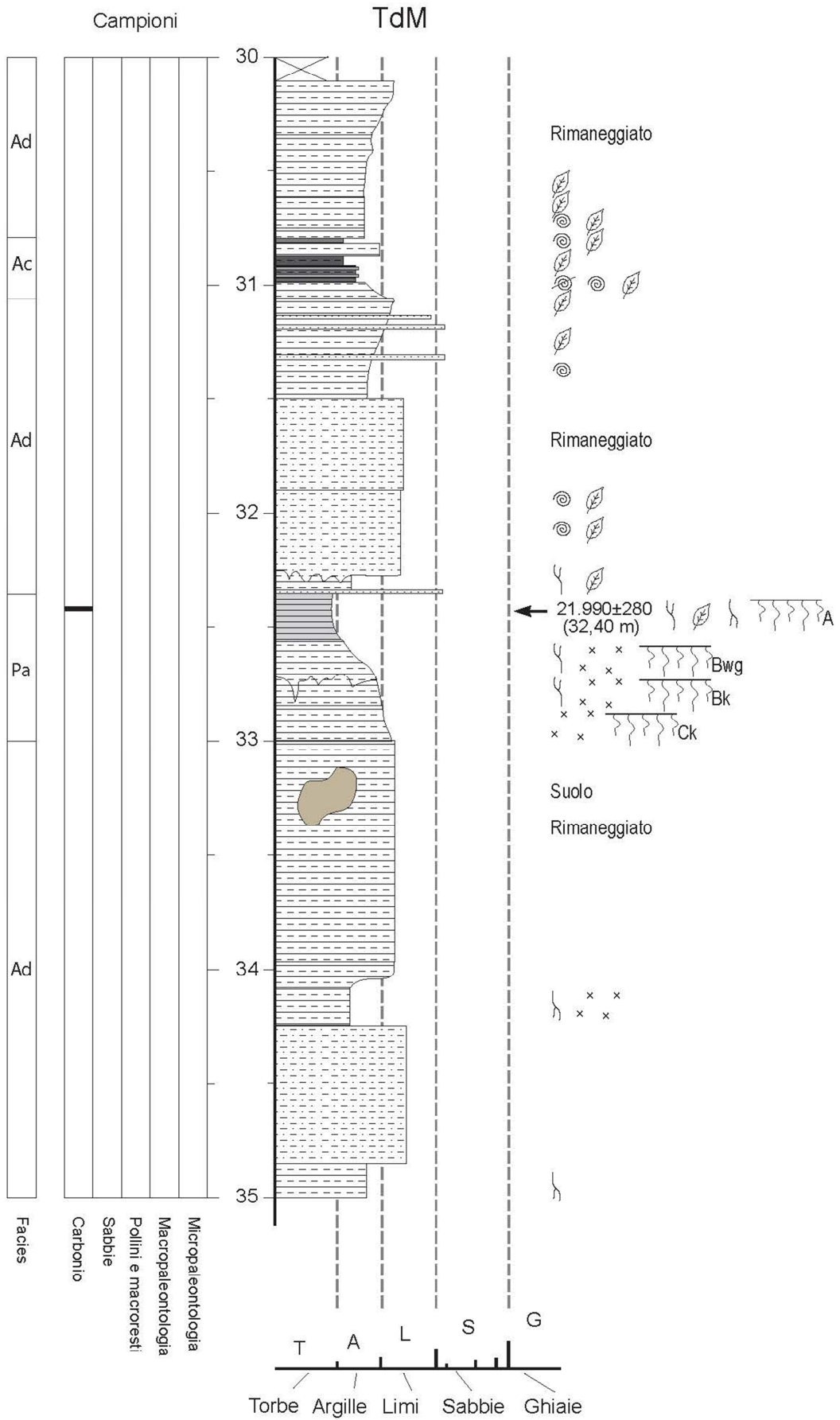


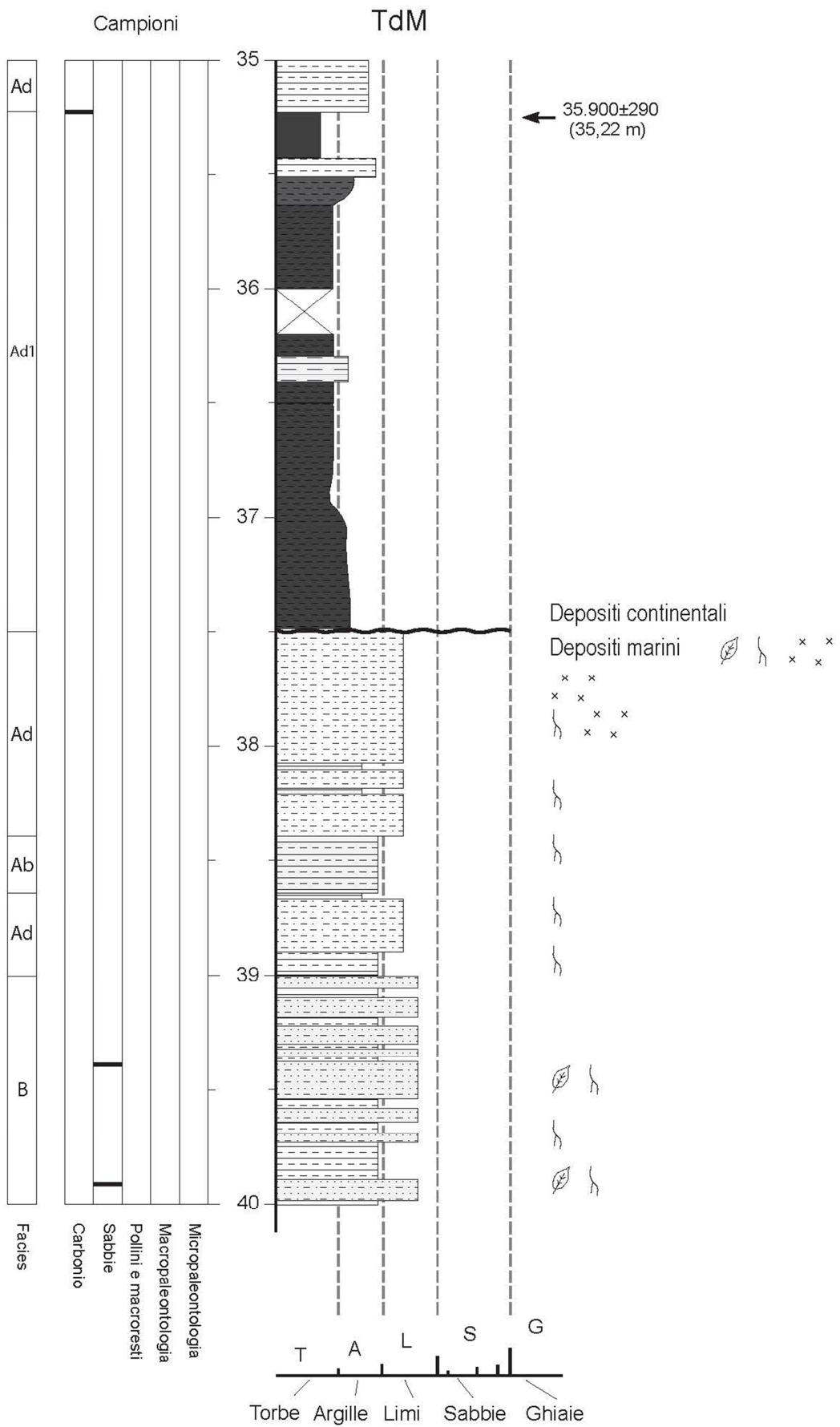


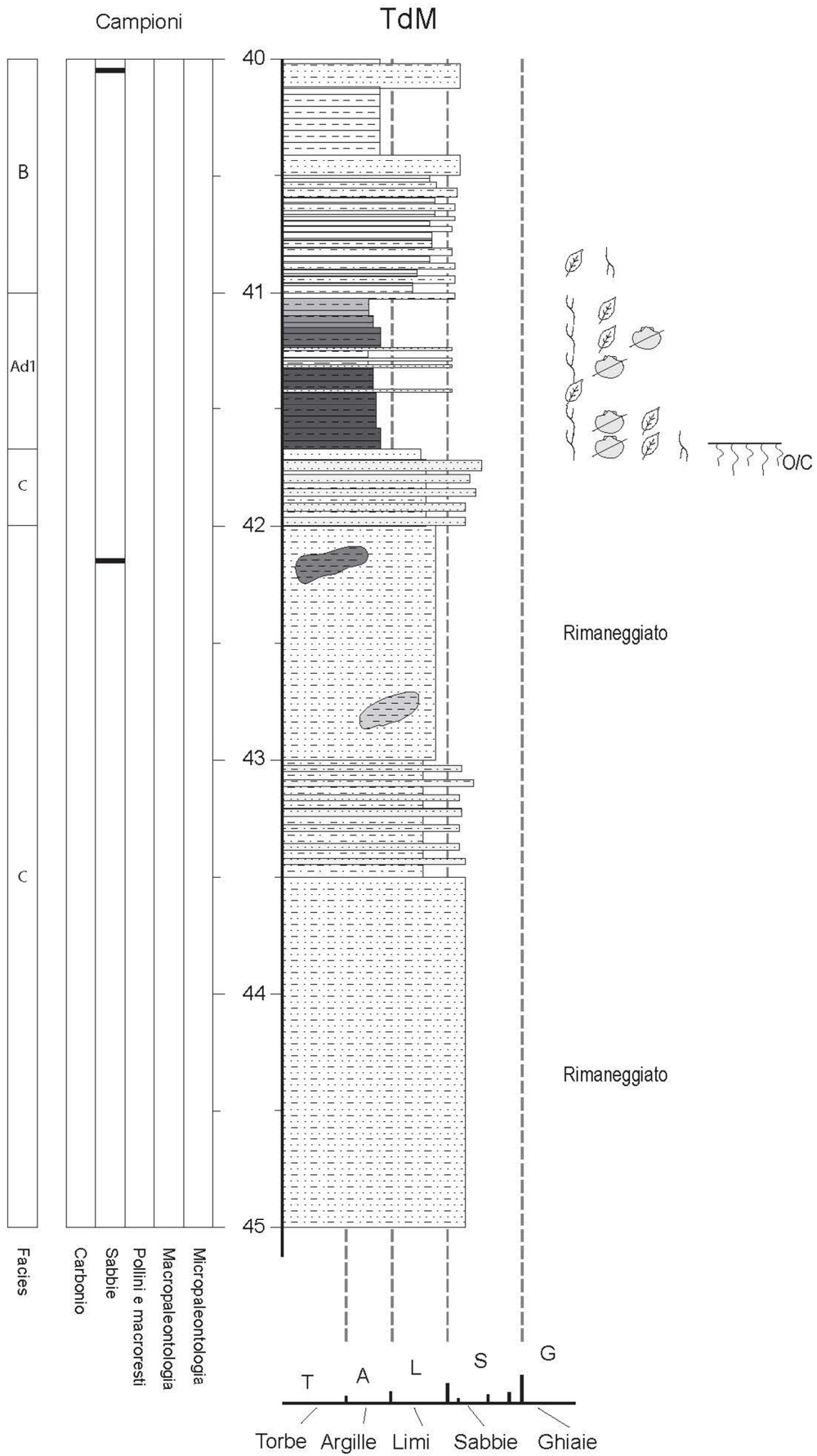


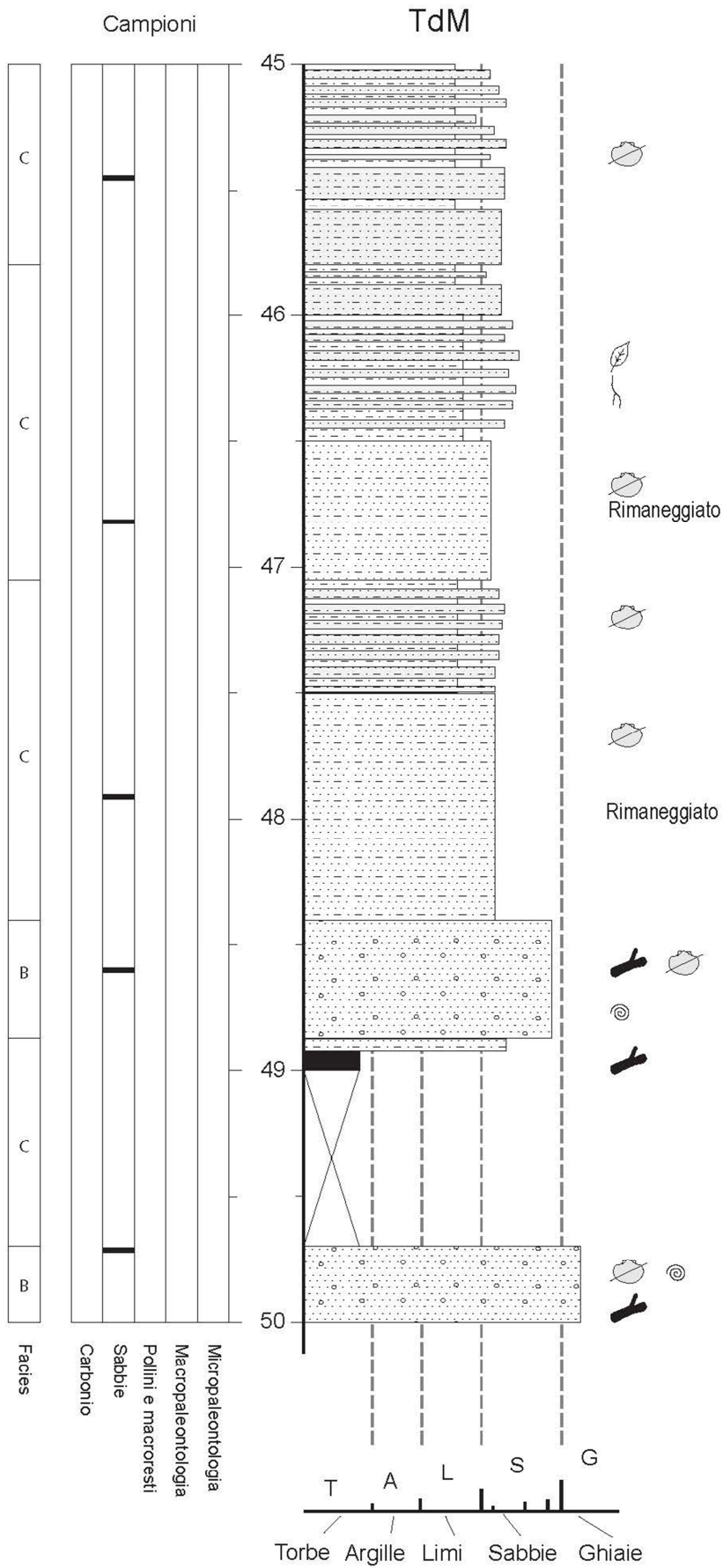


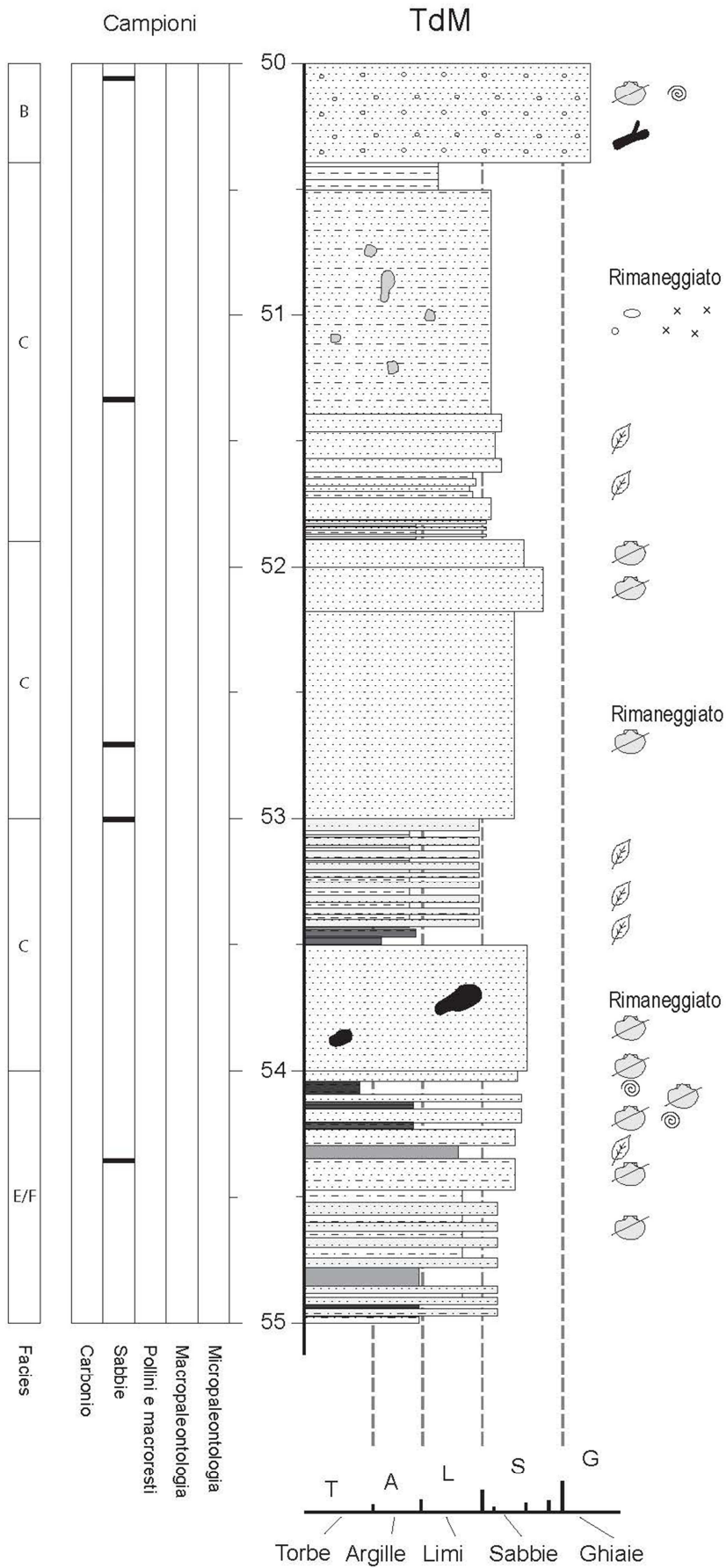




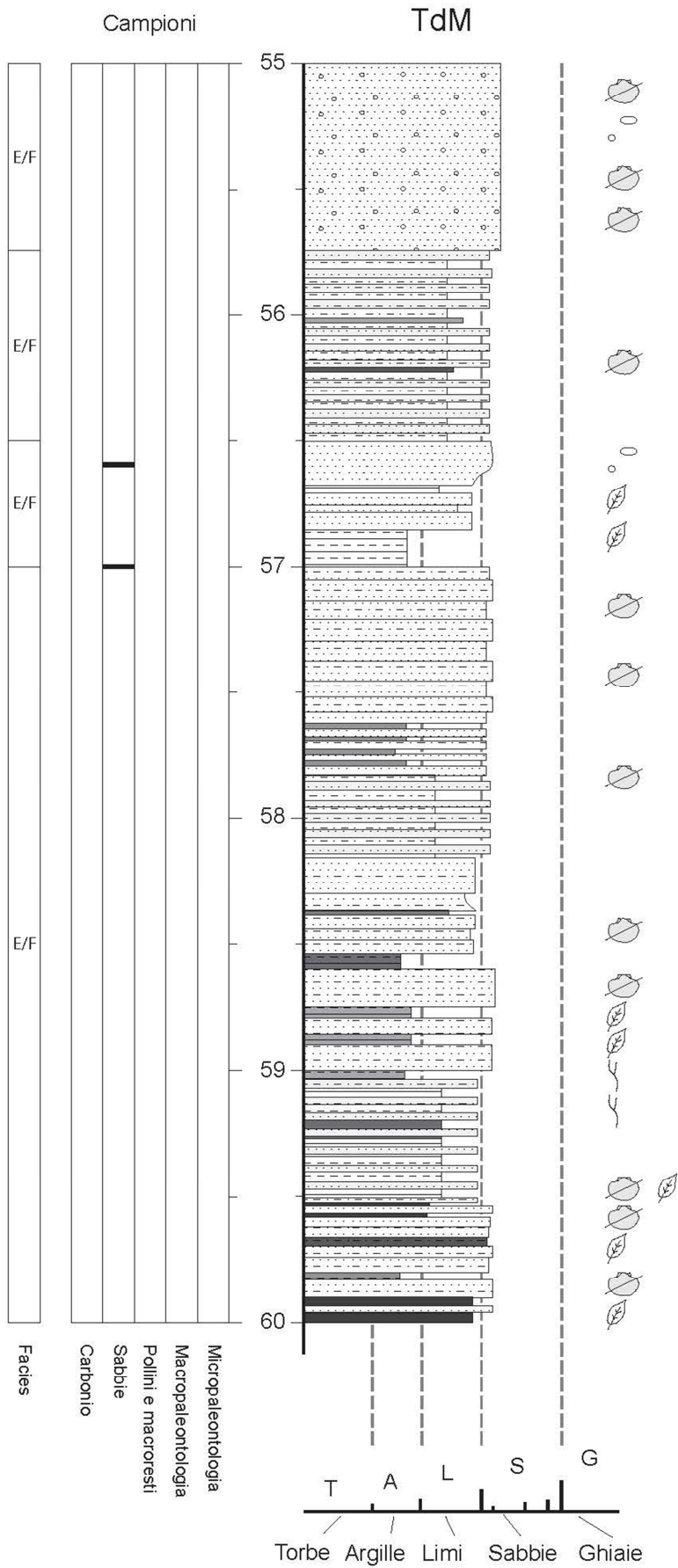


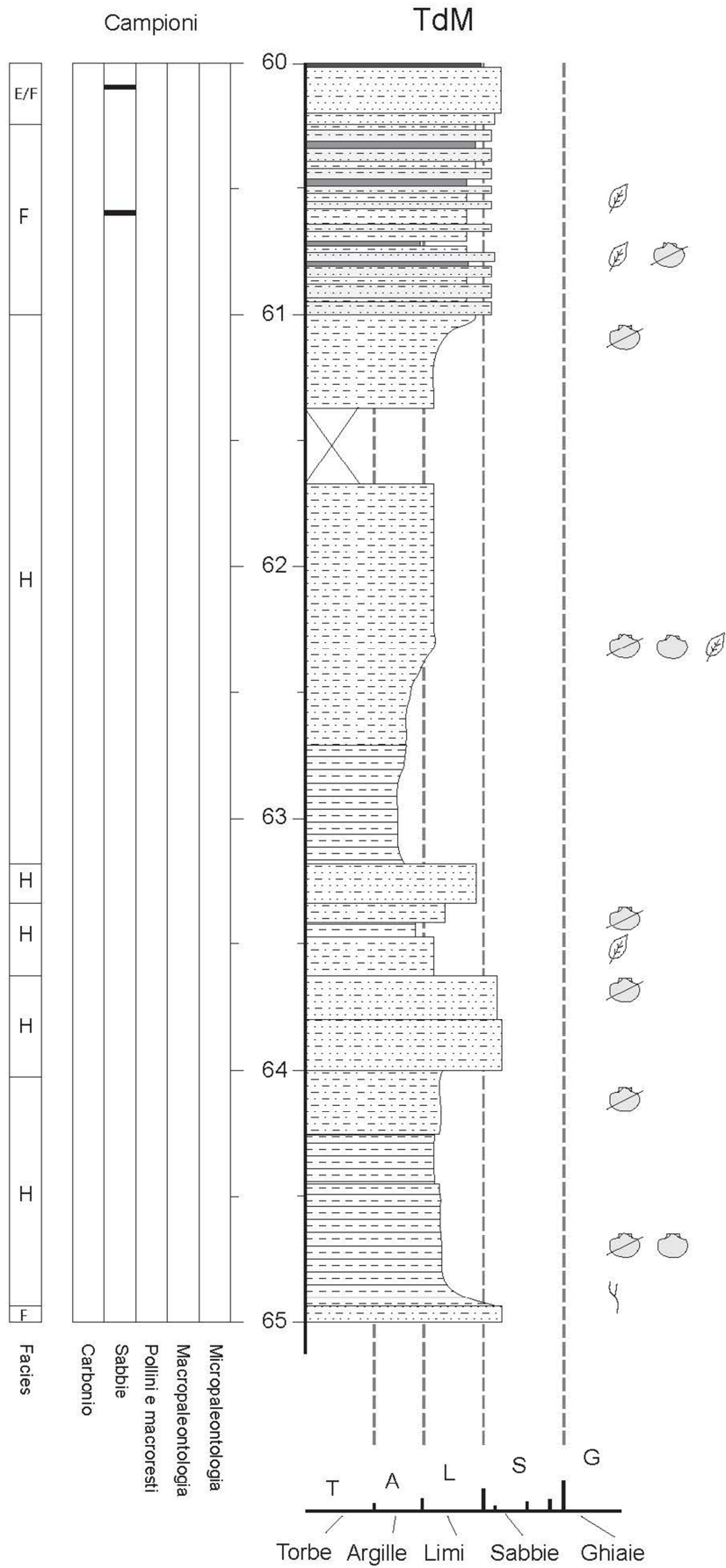


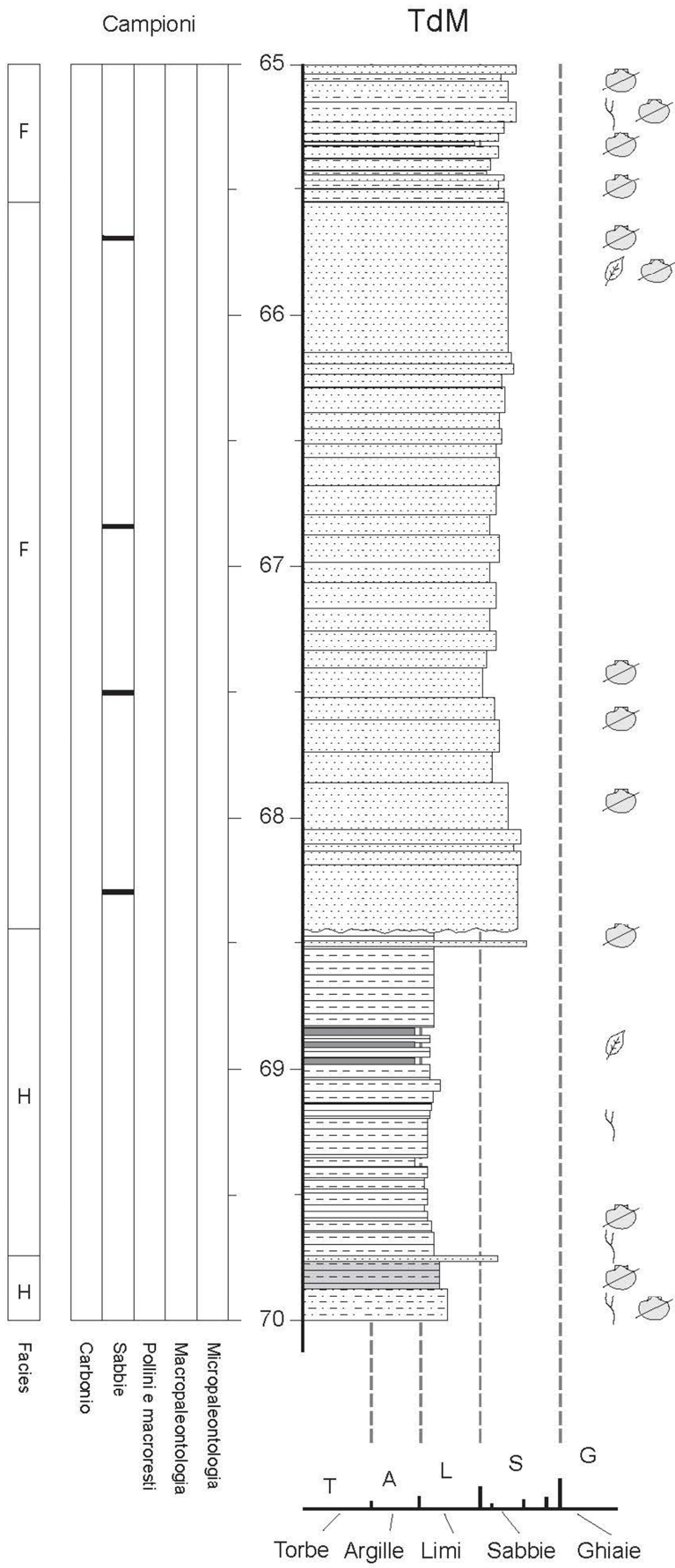


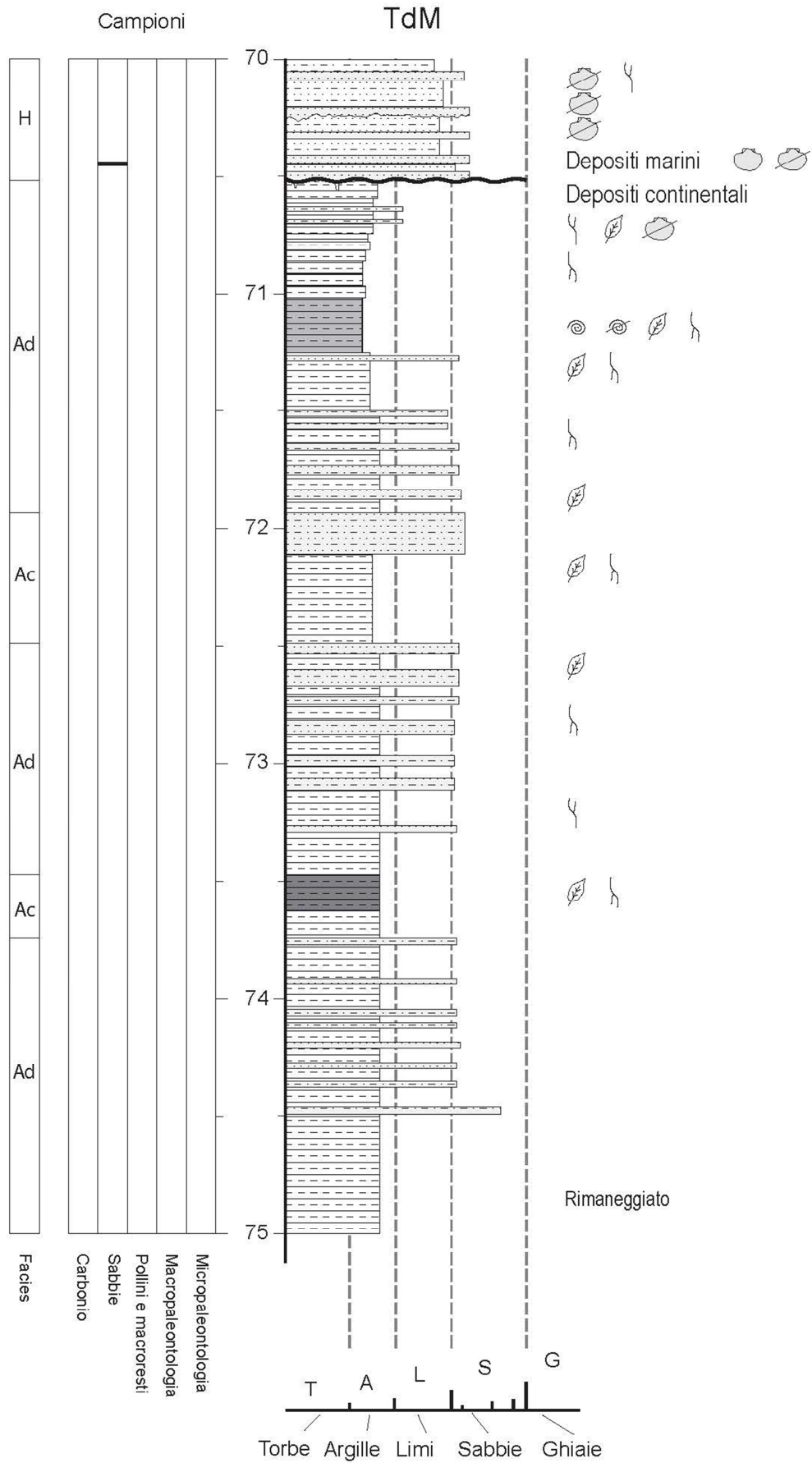


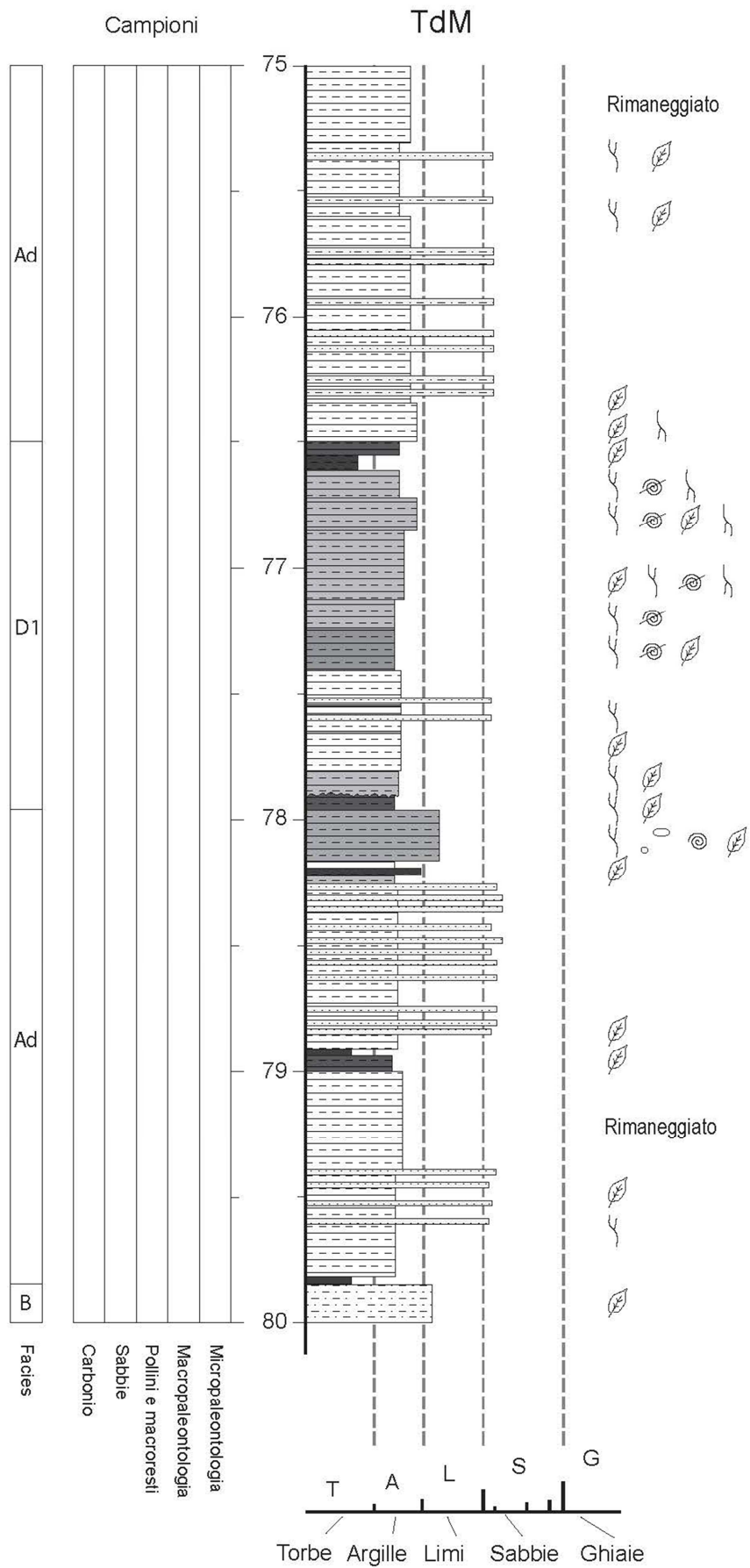


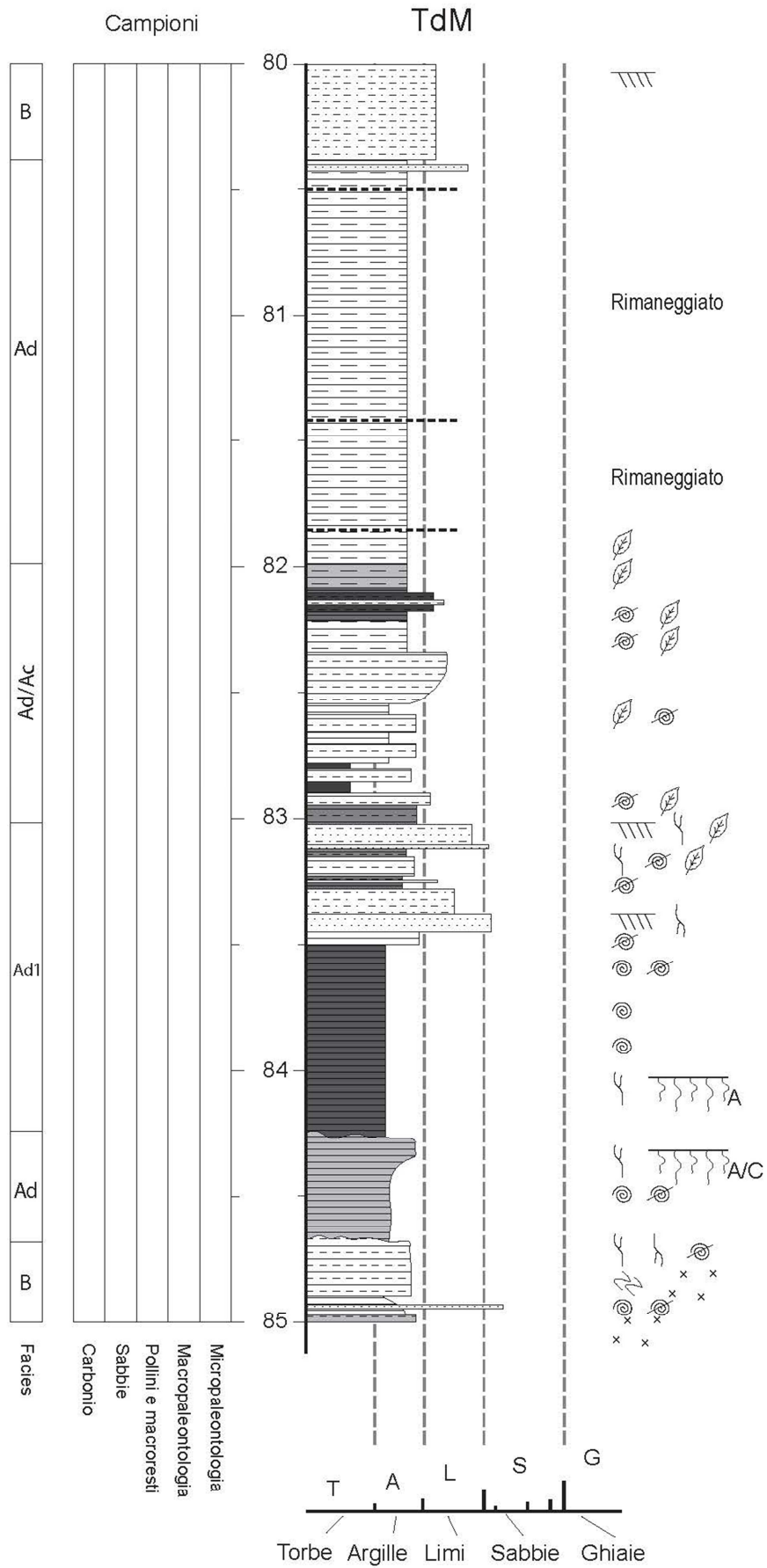


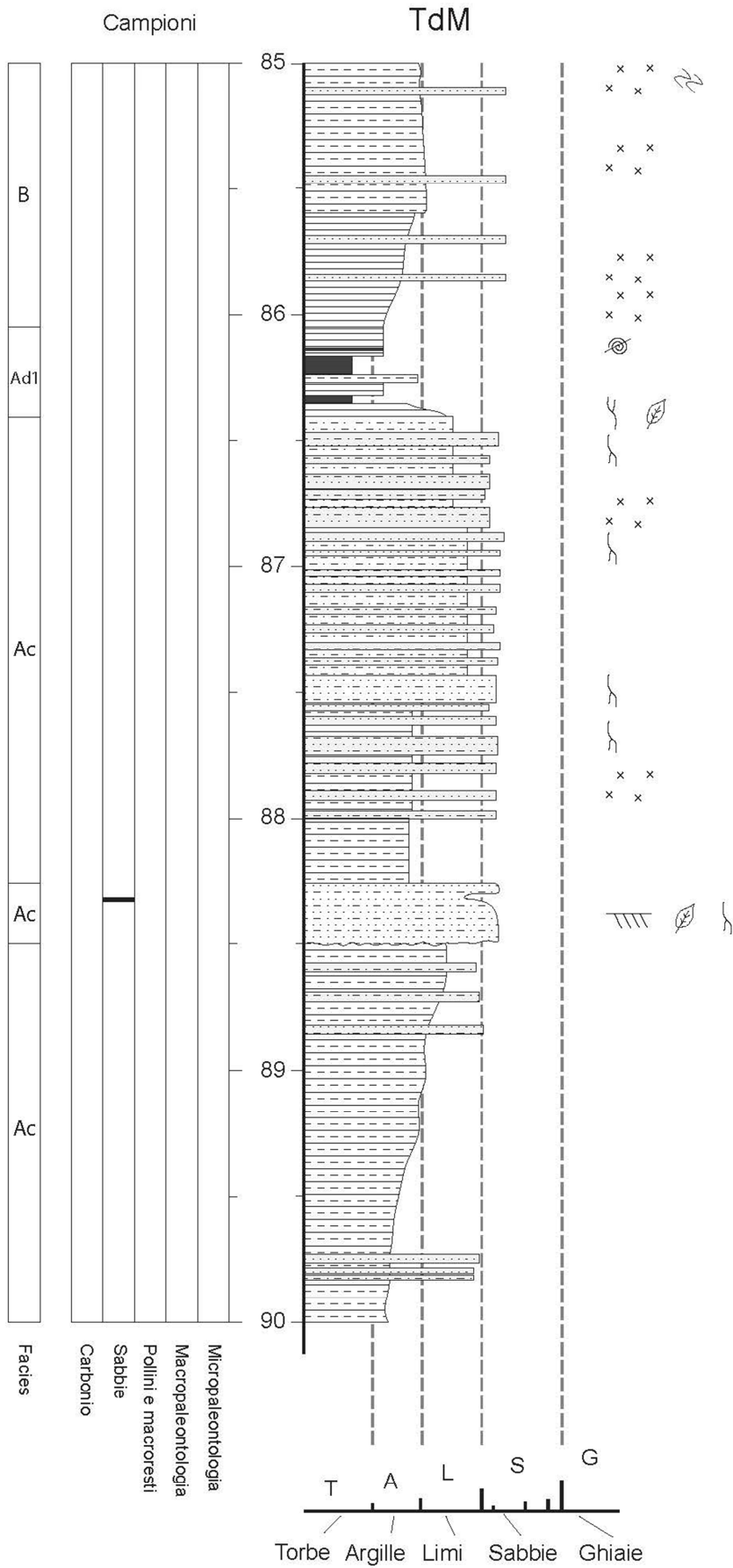
















#### ***4.4 - Descrizione dettagliata del sondaggio TdM***

**94.00-93.96 m:** Limi sabbiosi (30% fini) debolmente argillosi (5%), muscovitici. Laminazione planare di 1-2 mm 2.5Y5-4/1 meno sabbiose. Colore 2.5Y5/1. HCl=4. Concrezioni carbonatiche 1-2 mm (2%) (appiattite). Limite superiore abrupto per presenza di screziature.

**93.96-93.87 m:** Limi sabbiosi (30% fini) debolmente argillosi (5%) muscovitici. Laminazione millimetrica planare poco evidente. Rari frammenti di Gasteropode (diametro di 1 mm). Colore 2.5Y5/2. HCl=4. Screziature 10YR5/8 (2%) con diametro di 1 mm. Concrezioni carbonatiche 1-2 mm (2%). Limite superiore netto per tessitura e colore, manovra.

**93.87-93.86 m:** Limi argillosi (18%). Laminazione millimetrica planare poco evidente. Sostanza organica molto debole dispersa nella matrice. Radice dal diametro di 2 mm. Colore 5Y5/2. HCl=3. Screziature 10YR5/8 (2%) con diametro di 1 mm. Concrezioni carbonatiche 1-2 mm (2%). Limite superiore abrupto per cambio tessitura, ondulato per manovra.

**93.86-93.80 m:** Limi argillosi (15%) debolmente sabbiosi (5%). Laminazione millimetrica planare poco evidente. Colore 5Y5/2. Rari (<2%) Gasteropodi a guscio sottile di 1-2 mm. Sostanza organica assente. HCl=4. Screziature 2.5YR6/6 (3%) di 1 mm. Concrezioni carbonatiche di 1-2 mm (2-5%). Limite superiore netto per cambio tessitura.

**93.80 m:** Livello di 0.5 cm di sabbie fini limose (40%) muscovitiche. Strutture sedimentarie non osservate per manovra. Colore 2.5Y6/2. Contenuto fossilifero assente. Sostanza organica assente. HCl=4. Limite superiore netto ondulato, per cambio di tessitura.

**93.80-93.60 m:** Limi argillosi (12%). Strutture sedimentarie non osservate. Colore 5Y5-4/2. Sostanza organica da assente a debolmente presente in forma diffusa verso il tetto. HCl=4. Limite superiore chiaro (3 cm) per cambio di colore.

**93.60-93.49 m:** Limi argillosi (18%). Tracce (10-20%) di bioturbazioni subverticali di 1-3 mm (probabili radici/canali di vermi) riempite dal sedimento più scuro soprastante. Colore 5Y4/2. Sostanza organica debolmente presente in forma diffusa. HCl=2. Orizzonte AC di suolo. Limite superiore chiaro (3 cm), irregolare per bioturbazione, per aumento della sostanza organica.

**93.49-93.40 m:** Limi argillosi (25%) organici. 50 % di bioturbazioni subverticali di 1-3 mm (probabili radici/canali di vermi) riempite dal sedimento più chiaro sottostante. Colore 2.5Y3/1. Ricco in forma diffusa di sostanza organica. 2% di radici carbonificate o carboni dal diametro minore di 1-3 mm. HCl=0. Orizzonte A di suolo. Limite superiore abrupto probabilmente erosivo (manovra) caratterizzato dalla presenza di tasche millimetriche e centimetriche riempite dal sedimento soprastante dovute a bioturbazione.

**93.40-93.27 m:** Limi argillosi (15%) sabbiosi (15%). Due livelli centimetrici (30-32.5 e 35-36) suborizzontali più organici e argillosi 5Y5/2, su tutto l'intervallo 30% di bioturbazioni subverticali di 1-3 mm (probabili radici/canali di vermi) e frequenti krotovina dallo strato inferiore. Colore 5Y5/3. Rari frammenti millimetrici di molluschi a guscio bianco sottile. Sostanza organica assente. HCl=4. Limite superiore chiaro per tessitura e colore.

**93.27-93.08 m:** Limi sabbiosi (20%) debolmente argillosi (10%). Strutture sedimentarie massive. Colore 5Y5-4/2. Rari frammenti millimetrici di Molluschi a guscio bianco sottile. Sostanza organica assente. HCl=4. Limite superiore netto lineare.

**93.08-92.90 m:** Sabbie con limo (30%) muscovitiche. Laminazione millimetrica da planare a ondulata poco evidente (manovra). Colore 5Y5/2. Contenuto fossilifero assente. Tracce e resti di radici di 1-2 mm subverticali. HCl=4. Limite superiore abrupto (manovra) per cambio di tessitura e strutture sedimentarie.

**92.90-92.88 m:** Limo argilloso (15%) e sabbioso (15%). Strutture sedimentarie assenti (manovra). Colore 5Y4-3/2. Molluschi millimetrici interi e in frammenti bianchi a guscio fine e madreperlaceo. Sostanza

organica debolmente presente in forma diffusa e resti di radici di 1-2 mm subverticali. HCl=3. Limite superiore abrupto (manovra) per cambio di tessitura e colore.

**92.88-92.77 m:** Sabbie limose (20%) muscovitiche con dimensioni fino a 1 mm. Laminazione millimetrica da planare a ondulata poco evidente (manovra). Colore 5Y5/2. Contenuto fossilifero assente. Tracce e resti di radici di 1 mm subverticali. HCl=4. Limite superiore abrupto (2 cm) per cambio di tessitura.

**92.77-92.68 m:** Sabbie con limo (40%) muscovitiche con diametro fino a 1 mm. Colore 5Y5/2-3. Contenuto fossilifero assente. Tracce e resti di radici di 1-2 mm subverticali. HCl=4. Limite superiore abrupto (2 cm) per cambio di tessitura.

**92.68-92.38 m:** Alternanza di livelli da centimetrici a pluri-centimetrici di limo argilloso (22%) sabbioso (20%) più chiari (5Y5/3) e sabbie muscovitiche con limi (35%) argillose (15%) più scure (5Y5/2). Laminazioni planari millimetriche nei livelli sabbiosi. Probabile presenza di tracce di radici dal diametro di 1-2 mm subverticali. Colore vedi sopra. Contenuto fossilifero assente. Sostanza organica assente. HCl=4. Limite superiore netto per cambio di tessitura.

**92.38-91.28 m:** Limo argilloso (25%) e sabbioso (20%) passante a 91.80 m a limo argilloso (25%) debolmente sabbioso (10%). Sedimento massivo, tracce di radici subverticali millimetriche. Colore 5Y5/2-3 si scurisce verso l'alto e assume colore 1.5Y6/6 per ossidazione secondaria. Presenza (2%) di frammenti millimetrici di Molluschi. A 91.83 m resto vegetale decomposto 2.5Y3/2. HCl=4. Limite superiore abrupto per cambio di tessitura e colore.

**91.28-91.00 m:** Limo argilloso (25%) debolmente sabbioso (5%). Stratificazione a scala maggiore da centimetrica a pluri-centimetrica, a scala minore laminazione millimetrica. Tracce di radici subverticali millimetriche soprattutto al tetto dove il sedimento è intensamente bioturbato (15%). Colore 2.5Y5/3. Presenza (2%) di frammenti millimetrici di Molluschi. Frammenti vegetali carbonificati millimetrici (2%) al tetto, al tetto la sostanza organica è diffusa nel sedimento proveniente dagli orizzonti soprastanti del suolo per bioturbazione. HCl=4. Orizzonte A/C di suolo troncato da manovra. Limite superiore indeterminato per manovra.

**91.00-90.93 m:** Limo argilloso (27%) molto organico (2.5Y3/2) con laminazione millimetrica (1-3 mm) con limi non organici (5Y5-4/2). Laminazione millimetrica planare debolmente ondulata forse per manovra interessata da evidenti tracce di bioturbazione (20%) costituita da tasche riempite da sedimenti organici e resti di radici millimetriche. Colore vedi sopra. Presenza (<2%) di frammenti millimetrici di Molluschi. Frammenti vegetali carbonificati millimetrici (8%), sostanza organica diffusa nel sedimento. HCl=2. Orizzonte A ?. Limite superiore abrupto (erosivo ?).

**90.93-90.88 m:** Sabbie (200 µm) limose (20%) micacee. Laminazione millimetrica planare interessata da evidenti tracce di bioturbazione (10%). Colore 2.5Y4/2 - 2.5Y6/2. Presenza (<2%) di frammenti millimetrici di Molluschi. Frammenti vegetali carbonificati millimetrici (3%). HCl=4. Screziature 2.5Y5/6 (5%) da 2 mm probabilmente per ossidazione post taglio. Limite superiore abrupto per cambio di tessitura.

**90.88-90.76 m:** Limi argillosi molto organici con lamine non organiche (per la descrizione vedi 91.00-90.93 m) passanti a 90.86 m a torbe limose (2.5Y2.5/1). Evidente laminazione millimetrica planare sia dei limi che delle torbe che risultano molto addensate. Colore vedi sopra. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=1 sui limi organici, 0 sulle torbe limose. Limite superiore abrupto per variazione graduale delle condizioni ambientali.

**90.76-90.68 m:** Limi argillosi (20%) sabbiosi (20%) organici che divengono progressivamente più chiari verso l'alto con intercalazione di 1 cm di sabbie fini limose muscovitiche a 90.72 m. Laminazione millimetrica sia dei limi che delle sabbie più evidente al fondo, presenza di bioturbazioni. Colore passante da 2.5Y4/2 a 2.5Y5-6/2. Frammenti millimetrici di Molluschi. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=3, 4 sulle sabbie. Limite superiore abrupto per variazione di tessitura e colore.

**90.68-90.54 m:** Limi sabbiosi (25%) debolmente argillosi (10%) con intercalazione pluri-centimetrica di sabbie fini limose grigio giallastre muscovitiche da 90.63 a 90.60 m. Laminazione millimetrica su tutto

l'intervallo particolarmente evidente sulle sabbie interessate da bioturbazione. Colore dei limi 2.5Y5/3 a 2.5Y5-6/2. Frammenti millimetrici di Molluschi. A 90.65 m livello centimetrico con accumulo di frustoli vegetali di 1-2 mm. HCl=4. Limite superiore netto per variazione di tessitura e colore.

**90.54-90.43 m:** Torbe molto addensate. Laminazione millimetrica. Colore 10YR2/1. HCl=0. Limite superiore abrupto irregolare per bioturbazione.

**90.43-90.29 m:** Limi argillosi (27%). Sedimento massivo con tracce di radici subverticali millimetriche. Colore 5Y6-5/3. A 90.35 m plaghe centimetriche più organiche (probabile radice). HCl=4. Limite superiore abrupto e bioturbato.

**90.29-90.20 m:** Torbe molto addensate. Laminazione millimetrica. Colore 10YR2/1. HCl=0. Limite superiore abrupto.

**90.20-90.14 m:** Limi argillosi (20%) organici. Laminazione millimetrica primaria disturbata da bioturbazione. Colore 2.5Y4-3/2. Abbondante presenza (15%) di inclusi vegetali torbosi (di 2-6 mm). HCl=2. Limite superiore abrupto irregolare per bioturbazione.

**90.14-90.00 m:** Limi argillosi (25%) con a 90.06 m un livelletto di 1.5 cm colore 5Y7-6/4. Laminazione 1-3 mm primaria fortemente disturbata da bioturbazione (15%). Colore 5Y5-4/3. Frammenti vegetali millimetrici soprattutto al fondo e livelli leggermente organici a 90.05 e 90.02 m. HCl=4. Limite superiore chiaro.

**90.00-88.84 m:** Da limi argillosi (25%) alla base a limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (8%) al tetto con intercalato tra 89.84 e 89.74 m un livello costituito da alternanze di lamine (spessore 3-8 mm) da limoso sabbiose a sabbiose leggermente più scure. Sedimento massivo eccetto l'intervallo sabbioso. Colore 5Y5/2-3. Contenuto fossilifero assente. HCl=4. Limite superiore chiaro.

**88.84-88.50 m:** Limi argillosi (20%) passanti a limi argillosi (20%) sabbiosi (25%) con intercalati livelli di sabbie limose (40%) con spessore centimetrico a 88.84, 88.71, 88.60 m muscovitici. Struttura a scala maggiore con stratificazione da centimetrica a decimetrica, massivi gli intervalli limosi. Colore 5Y5/2-3. Contenuto fossilifero assente. Sostanza organica assente. HCl=4. Limite superiore abrupto forse erosivo.

**88.50-88.25 m:** Sabbie limose grigie (20%) muscovitiche (cristalli fino a 1 mm) con intercalate lamine millimetriche e un livello centimetrico a 88.25 m di limi argillosi. Laminazione incrociata a basso angolo millimetrica in set di 1-2 cm. Contenuto fossilifero assente. Diffusi frammenti vegetali millimetrici e probabili tracce di radice. HCl=4. Limite superiore abrupto per variazione di tessitura.

**88.25-88.00 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (8%). Sedimento massivo. Colore 5Y5/2-3. Contenuto fossilifero assente. HCl=4. Limite superiore indeterminato per termine manovra.

**88.00-87.56 m:** Livelli centimetrici di sabbie fini limose (30%) muscovitiche separate da lamine millimetriche di limi argillosi. Laminazione millimetrica planare delle sabbie, le lamine limose rappresentano fasi di decantazione e drappeggiano il tetto degli intervalli sabbiosi. Colore 5Y5-6/2. Contenuto fossilifero assente. Tracce di radice. HCl=4. Limite superiore netto.

**87.56-87.47 m:** Sabbie fini limose (20%) muscovitiche. Laminazione millimetrica. Colore 5Y6/2. Contenuto fossilifero assente. Tracce di radici subverticali millimetriche. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**87.47-86.85 m:** Alternanze di livelli centimetrici di limi sabbiosi con lamine millimetriche di sabbie fini limose (20%) muscovitiche. Laminazione planare millimetrica nei livelli più sabbiosi. Colore 5Y6/2. Contenuto fossilifero assente. Rare tracce di radici subverticali millimetriche. HCl=4. Concrezioni carbonatiche a 87.89 m. Limite superiore chiaro transizionale.

**86.85-86.41 m:** Alternanze di livelli centimetrici di sabbie debolmente limose muscovitiche con lamine millimetriche di limi sabbiosi. Laminazione planare millimetrica all'interno dei diversi livelli. Gley 1 6-5/10Y. Contenuto fossilifero assente. Tracce di radici subverticali millimetriche. HCl=4. Concrezioni carbonatiche a 86.80 m. Limite superiore indeterminato per termine manovra. Un avanzo di circa 30 cm

di manovra conservato a parte separa questo intervallo dal livello tra 86.50 e 86.41 m che presenta evidenti segni di rimaneggiamento (manovra).

**86.41-86.39 m:** Limi debolmente argillosi (10%) e debolmente sabbiosi (10%). Laminazione planare millimetrica interessata da bioturbazioni (20%). Colore G1 6/10Y alla base passa a 2.5Y5-4/2 al tetto. Contenuto fossilifero assente. Frammenti vegetali millimetrici 10%. HCl=1. Limite superiore abrupto bioturbato per passaggio da ambiente di palude a torbiera.

**86.39-86.34 m:** Torbe molto addensate. Laminazione planare millimetrica. Colore 10YR2/1. Contenuto fossilifero assente. HCl=0. Limite superiore netto ondulato forse per bioturbazione.

**86.34-86.28 m:** Argille (<40%). Presenza di lamine organiche millimetriche deformate (manovra). Colore 2.5Y6/2. Contenuto fossilifero assente. HCl=0. Limite superiore netto deformato (manovra).

**86.28-86.26 m:** Limi argillosi (30%). Presenza di lamine organiche millimetriche deformate (manovra). Colore 2.5Y6/3. Contenuto fossilifero assente. HCl=0. Limite superiore netto.

**86.26-86.19 m:** Torbe molto addensate. Laminazione planare millimetrica. Colore 10YR2/1. Contenuto fossilifero assente. HCl=0. Limite superiore netto ondulato forse deformato per manovra.

**86.19-86.06 m:** Argille (>30%). Laminazione millimetrica evidente. Colore 2.5Y6/2. Frammento millimetrico di Mollusco nel livello organico. Livello di 5 mm organico-torboso a 86.17 m. HCl=2. Limite superiore chiaro (transizionale).

**86.06-85.00 m:** Argille (circa 30%) passanti (85.60 m) a limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (5%). Tutto l'intervallo è interessato da laminazione millimetrica evidente apparentemente ciclica, (ad ogni cm c'è una lamina scura forse con maggior contenuto organico). Presenza di veli millimetrici talvolta laminati di sabbie fini giallo biancastre con frequenza pluri-centimetrica (5-10 cm). L'intervallo sembra riconducibile ad un ambiente lacustre-palustre con ciclicità di sedimentazione. I veli sabbiosi ricordano la decantazione di fasi di dilavamento. Colore 2.5Y5/3-4. HCl=3-4. Screziature 2.5Y6/6 di 1 mm (2%). Concrezioni carbonatiche da 3-7 mm bitorzolute, isolate, con lunghezze anche superiore al cm. Nell'avanzo di carota raggiungevano anche 1-2 cm di lunghezza. Limite superiore indeterminato per termine manovra. Un avanzo di circa 35 cm di manovra conservato a parte separa questo intervallo dal soprastante, l'avanzo presenta evidenti segni di rimaneggiamento (manovra).

**85.00-84.95 m:** Fino a 85.01 m limo argilloso debolmente organico (25%), poi passa a limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (5%). Intercalazione di laminazione sabbiose. Colore 5Y5/3. Sostanza organica diffusa nel limo argilloso. HCl=4. Concrezioni carbonatiche da 1 mm (2%). Limite superiore chiaro (transizionale).

**84.95-84.89 m:** Argille (>30%). Alternanza di lamine millimetriche più scure (G1 5-4/10Y) argillose e più chiare (5Y5/3) limoso sabbiose. Gasteropodi continentali integri e in frammenti (5%). Sostanza organica diffusa nel sedimento argilloso. HCl=2-3. Limite superiore netto deformato (manovra). Livello in parte deformato (manovra) e fortemente addensato, probabile gleizzazione per minor permeabilità rispetto ai livelli adiacenti.

**84.89-84.76 m:** Limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (10%). Laminazione millimetrica poco evidente, presenza di lamine millimetriche di sabbia al tetto, livello bioturbato. Colore 5Y5/3. HCl=4. Una concrezione carbonatica da 6 mm. Screziature secondarie 2.5Y6/6 (10%) da 2 mm. Limite superiore abrupto (transizionale).

**84.76-84.63 m:** Limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (5%), (le sabbie sono concentrate nelle bioturbazioni). Livello intensamente bioturbato (>50%) da organismi limivori e probabili radici, frequenti krotovina. Colore 5Y5/3. Rari frammenti di Gasteropodi. Sostanza organica diffusa nei sedimenti compresi in tasche di bioturbazione. HCl=3. Screziature secondarie 2.5Y6/8 (5%) da 1 mm. Limite superiore chiaro irregolare per bioturbazione.

**84.63-84.24 m:** Argille (30%) debolmente organiche al tetto aumenta la frazione limosa e le sabbie arrivano al 10%. Livello intensamente bioturbato (40%) con tracce subverticali riempite da sedimento

dell'intervallo soprastante (1-3 mm). Colore 5Y5/2. Abbondanti (10%) Gasteropodi interi a guscio bianco 1-2 mm nella forma adulta (tipo chiocciola) e forse frammenti di specie più grandi (tipo chilostomi ?). Sostanza organica diffusa nei sedimenti compresi in tasche di bioturbazione. HCl=3. Limite superiore chiaro irregolare per bioturbazione.

**84.24-83.50 m:** Argille (30-40%) organiche. Livello intensamente bioturbato fino 83.75 m, bioturbazione meno evidente sopra per manovra. Colore 2.5Y4-3/2. Abbondanti (10%) Gasteropodi interi a guscio bianco 1-2 mm nella forma adulta (tipo chiocciola) e forse frammenti di specie più grandi (tipo chilostomi ?). Sostanza organica abbondante e diffusa nel sedimento, rari frammenti millimetrici. Inclusi torbosi con dimensione di 1 cm nella parte rimaneggiata. HCl=1-2. Limite superiore non determinato per manovra. Alla testa della manovra è stato effettuato il lavaggio del foro. Da 83.70 m sedimenti plastici fortemente rimaneggiati durante il carotaggio con un avanzo di 120 cm (archiviato a parte) in cui è compreso un livello meno organico (colore 5Y6/2-3) tra 70 e 90 cm dalla base.

Da 86.06 a 83.50 m nel complesso si riconosce una possibile sequenza di facies palustre con una differenziazione in orizzonti di tipo pedogenetico: 86.05-84.80 m: la presenza di concrezioni carbonatiche indica la precipitazione di CaCO<sub>3</sub> dagli strati soprastanti; 84.80-84.24 m: possibile orizzonte B-BC fortemente bioturbato, forse rimescolamento al fondo di un ambiente palustre marcato anche dalla presenza di Gasteropodi continentali; 84.24-83.50 m: orizzonte con accumulo di sostanza organica e forte bioturbazione : possibile orizzonte A.

**83.50-83.43 m:** Limi argillosi (15%) debolmente sabbiosi (5%). Al tetto presenza di deformazioni (manovra ?) con presenza di sedimento più argilloso (2.5Y5/2). Colore 2.5Y5-4/3. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. Sostanza organica diffusa nel sedimento argilloso. HCl=4. Limite superiore netto forse erosivo disturbato per manovra.

**83.43-83.39 m:** Sabbie gialle e sabbie limose muscovitiche con laminazione millimetrica. Strutture trattive con laminazione incrociata alla base (fino a 83.40 m) passante a laminazione planare ondulata con intercalazione di lamine argillose millimetriche. Al tetto lamine da 2-3 mm. Evidenti tracce di radici millimetriche subverticali. HCl=4. Limite superiore netto.

**83.39-83.28 m:** Limi con sabbie (40%) gialle con livello di sabbie a 83.35 m che passa verso l'alto a limi argillosi (15%) che diventano più organici da 82.32 a 82.28 m. Evidente laminazione millimetrica al fondo quasi incrociata, poi passa a planare debolmente ondulata forse deformata da manovra. Colore 2.5Y6/2. Sostanza organica diffusa nei limi di testa. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato per tessitura.

**83.28-83.23 m:** Limi argillosi (40%) fortemente organici con livello di 2-6 mm di limo inorganico a 83.27 m deformato e bioturbato. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y4-3/1. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. Sostanza organica abbondante e diffusa nel sedimento (tipo torbe digerite). HCl=1-2. Limite superiore netto e bioturbato.

**83.23-83.11 m:** Limi con argilla (27%) che diventano debolmente organici fino a 83.19 m e da 83.15 a 83.11 m. Laminazione millimetrica/sub centimetrica planare - ondulata. Colore 5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali millimetrici al fondo e al tetto. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato forse bioturbato.

**83.11-83.08 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (5%) ricchi in sostanza organica. Livello sabbioso muscovitico a 83.10 m. Laminazione millimetrica planare - ondulata, con bioturbazioni. Colore 2.5Y4/3-2. Rari frammenti di Molluschi. Abbondanti frammenti vegetali (fino a 2-3 mm) soprattutto al tetto. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato per bioturbazione.

**83.08-83.03 m:** Sabbie limose grigie laminate. Laminazione millimetrica da ondulata a incrociata a basso angolo, con bioturbazioni. Frammenti vegetali millimetrici disposti in veli lungo i piani di laminazione. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato per bioturbazione.

**83.03-82.98 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (5%) molto ricchi in sostanza organica. Livello debolmente organico di 2-4 mm a 83.00 m. Laminazione millimetrica planare - ondulata. Colore 2.5Y4-3/2. Rari frammenti di Molluschi. Sostanza organica diffusa nel sedimento. Frammenti vegetali millimetrici disposti in veli lungo i piani di laminazione. HCl=1. Limite superiore abrupto ondulato.

**82.98-82.92 m:** Limi argillosi (20%) sabbiosi (15%) al tetto e al letto più sabbiosi (fino al 30%). Laminazione millimetrica da ondulata a incrociata a basso angolo spesso demarcata da frammenti organici sub millimetrici. Colore 5Y5/2. HCl=1. Limite superiore abrupto ondulato.

**82.92-82.86 m:** Torbe molto addensate. Laminazione millimetrica planare. Colore 10YR3/1. HCl=0. Limite superiore netto.

**82.86-82.81 m:** Limi argillosi (20%) sabbiosi (10%). Laminazione millimetrica planare. Colore 5Y6-5/3. Frammenti di torbe millimetrici inclusi al letto. HCl=4. Limite superiore netto.

**82.81-82.79 m:** Torbe molto addensate. Laminazione millimetrica planare. Colore 10YR3/1. HCl=0. Limite superiore netto.

**82.79-82.56 m:** Limi argillosi (20%) sabbiosi (10%) con livelli argillosi più scuri tra 82.78-76, 82.72-70, 82.60-57 (ricco di frammenti vegetali e Molluschi). Strutture a scala maggiore: laminazione da centimetrica a pluri-centimetrica; strutture a scala minore: laminazione millimetrica. Colore 5Y5/3. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato forse deformato.

**82.56-82.34 m:** Limi argillosi (20%) sabbiosi (15%) a limi sabbiosi (30%) con rare lamine millimetriche argillose. Strutture a scala maggiore: laminazione da centimetrica a pluri-centimetrica; strutture a scala minore: laminazione millimetrica ondulata spesso marcata da sostanza organica. Colore 5Y5/3. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**82.34-82.22 m:** Argille limose (30-40%). Laminazione millimetrica da ondulata a planare evidenziata da frammenti vegetali. Colore 5Y5/2-3. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. Lamina torbosa millimetrica al fondo, frammenti vegetali. HCl=2. Limite superiore abrupto transizionale.

**82.22-82.19 m:** Argille limose (30%) organiche. Laminazione millimetrica planare evidenziata da frammenti vegetali. Colore 2.5Y4/2. Abbondanti frammenti millimetrici di Molluschi. Abbondanti frammenti vegetali millimetrici. HCl=2. Limite superiore abrupto.

**82.19-82.13 m:** Limi torbosi con lamine millimetriche inorganiche al fondo e a 82.15 m (2.5Y6/3; HCl=4). Laminazione millimetrica planare. Colore 10YR3/1. HCl=0. Limite superiore netto ondulato forse per manovra.

**82.13-82.10 m:** Argille limose (30%) organiche deformate da manovra. Laminazione millimetrica planare evidenziata da frammenti vegetali. Colore 2.5Y4/2. Abbondanti frammenti vegetali millimetrici, tracce di radici. HCl=2. Limite superiore abrupto.

**82.10-81.98 m:** Argille limose debolmente sabbiose (5%) debolmente organiche. Laminazione millimetrica evidenziata da frammenti vegetali. Colore 5Y5/3. Abbondanti frammenti vegetali sub millimetrici e plaghe millimetriche torbose. HCl=4. Limite superiore chiaro transizionale.

**81.98-80.35 m:** Argille limose inorganiche con lamine millimetriche limoso sabbiosa a 80.40 m. Laminazione millimetrica planare - ondulata con vistose deformazioni delle strutture per manovra da 81.90 a 81.43 m e completamente rimaneggiata da 81.43 a 80.50 m. Colore 5Y5/3-4. Rari frammenti vegetali millimetrici alla base. HCl=4. Limite superiore chiaro transizionale.

**80.35-79.83 m:** Limo sabbioso (20%) debolmente argilloso (10%). Evidente laminazione 1-3 mm da planare a incrociata evidenziata da presenza di lamine sabbiose e argillose. Colore 2.5Y6/3-4. Sostanza organica concentrata in alcune lamine con drappaggio di frammenti vegetali, mentre al tetto la sostanza organica è diffusa nel sedimento e sotto forma di frammenti vegetali sub millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto.

**79.83-79.82 m:** Torba. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y3/2. HCl=0. Limite superiore abrupto ondulato.

**79.82-79.40 m:** Limi argillosi (20-30% decrescente verso l'alto) con laminazione planare millimetrica e intercalate lamine millimetriche sabbiose a 79.59, 79.51, 79.47, 79.42-41 m. Laminazione millimetrica planare evidenziata da variazioni di colore. Tra 79.66 e 79.60 m sedimenti più scuri con tracce di

bioturbazione. Colore 2.5Y5/3. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore non determinato per manovra.

**79.40-79.00 m:** Probabile livello analogo al livello 79.82-79.40 m, ma totalmente rimaneggiato da manovra.

**79.00-78.94 m:** Limi argillosi (30%) molto organici. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y3/2. Frammenti vegetali sub-millimetrici. HCl=2-3. Limite superiore netto.

**78.94-78.92 m:** Torba. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y3/2. HCl=0. Limite superiore abrupto ondulato forse deformato da manovra.

**78.92-78.25 m:** Limi argillosi (25%) con laminazione planare millimetrica e intercalate lamine millimetriche sabbiose a 78.85, 78.82, 78.78, 78.74, 78.69, 78.57, 78.53, 78.49, 78.47, 78.35, 78.30, 78.27 m. Laminazione millimetrica planare evidenziata da variazioni di colore. Colore 2.5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali millimetrici, verso la base due lamine da 1 mm torbose 78.89, 78.87, 78.29 m. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**78.25-78.21 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici. Laminazione millimetrica planare evidenziata da variazioni di colore per presenza di sostanza organica e resti vegetali. Colore 5Y5/3. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto.

**78.21-78.20 m:** Livello di limo torboso deformato con spessore da 1 a 2 cm. Laminazione millimetrica ondulata per deformazione manovra. Colore 2.5Y3/2. HCl=0. Limite superiore abrupto ondulato deformato da manovra.

**78.20-78.18 m:** Limi argillosi (20%) inorganici. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6-5/2. Rari frammenti vegetali allineati. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato deformato da manovra.

**78.18-77.97 m:** Limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (5%) da debolmente organici (2.5Y6-5/2) a organici (colore 2.5Y5/2 tra 78.16-78.14; tra 78.10-78.09; tra 78.00-77.97). Laminazione millimetrica planare. Bioturbazione. Ciottolo di selce sub angoloso da 4 mm a 78.15 m (possibile che provenga da attività di carotaggio). Guscio di Lamellibranco a 78.16 m. Sostanza organica sia diffusa che in frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto irregolare per bioturbazione.

**77.97-77.91 m:** Limi argillosi (30%) molto organici. Laminazione millimetrica planare bioturbata. Colore 2.5Y3/2. Sostanza organica sia diffusa che in frammenti vegetali torbosi da 1-3 mm (radici compresse?). HCl=1. Limite superiore abrupto bioturbato.

**77.91-77.80 m:** Limi argillosi (25%) con livelli debolmente organici. Laminazione sub centimetrica planare bioturbata. Colore 2.5Y5-4/3. Frammenti vegetali in lamine torbose millimetriche deformate. HCl=4. Limite superiore netto.

**77.80-77.40 m:** Limi argillosi (25-30%) con livelli debolmente organici a 77.65, 77.58, 77.54 m bioturbati e con livelli millimetrici sabbiosi a 77.59, 77.52 m. Laminazione da sub-centimetrica a millimetrica planare bioturbata. Colore 2.5Y5/3. Frammenti vegetali millimetrici disposti in livelletti discontinui. HCl=4. Limite superiore chiaro transizionale.

**77.40-77.22 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici. Bioturbazione. Colore 2.5Y6-5/3. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. Sostanza organica diffusa nella matrice e abbondanti frammenti vegetali millimetrici decomposti. HCl=4. Limite superiore chiaro transizionale.

**77.22-77.12 m:** Limi argillosi (25%) organici. Laminazione ondulata probabilmente per manovra e bioturbazione. Colore 2.5Y4-3/2. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. Sostanza organica diffusa nella matrice e in lamine torbose millimetriche deformate. HCl=2-3. Limite superiore chiaro transizionale.

**77.12-76.85 m:** Limi argillosi (20%) con plaghe di argille organiche (2.5Y5-4/1) e macroresti vegetali. Bioturbazione incerta. Colore 2.5Y6/3. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. Sostanza organica diffusa nelle plaghe argillose e sottoforma di lamine torbose con andamento irregolare (tracce di radici

grosse ?) tra 77.06 e 76.94 m abbondanti resti di foglioline di briofite (muschi bruni). HCl=4. Limite superiore chiaro bioturbato.

**76.85-76.71 m:** Limi argillosi (30%) debolmente sabbiosi al fondo (15%) organici. Laminazione orizzontale poco evidente e fortemente bioturbata (30%). Colore 2.5Y5/2. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. Sostanza organica diffusa nel sedimento e in forma di macroresti vegetali soprattutto tra .72-.74. Tracce di radici. Un seme. HCl=1-2. Limite superiore chiaro, deformato per manovra.

**76.71-76.60 m:** Limi argillosi (25%) con plaghe di argille organiche (2.5Y5-4/1) e macroresti vegetali. Bioturbazione. Colore 2.5Y6/3. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. Sostanza organica diffusa nelle plaghe argillose e sottoforma di lamine torbose con andamento irregolare (tracce di radici grosse ?). HCl=4. Limite superiore abrupto bioturbato.

**76.60-76.55 m:** Torbe limose. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y2.5/1. HCl=0. Limite superiore abrupto deformato per manovra.

**76.55-76.50 m:** Limi argillosi (20%) organici. Laminazione orizzontale poco evidente. Colore 2.5Y6/3. Sostanza organica diffusa nel sedimento e sottoforma di frammenti vegetali millimetrici e di macroresti vegetali piritizzati. HCl=2. Limite superiore: vedi spezzone.

Il tratto di carota da 77.20 a 76.50 m risulta fortemente deformato dalle manovre di carotaggio, questo ne ha determinato un allungamento (vedi descrizione spezzone 0 - 60 cm).

Descrizione spezzone:

60 (base) - 45: Continuano i limi argillosi (20%) organici del livello 76.55-76.50 m. Limite superiore abrupto bioturbato.

45 - 0: Iniziano i limi argillosi (25-30%) con livelli debolmente organici del livello 76.50-76.35 m.

**76.50-76.35 m:** Limi argillosi (30%) debolmente sabbiosi (5-10%) laminati. Evidente laminazione da millimetrica a sub centimetrica da planare a ondulata con rare lamine sabbiose millimetriche. Colore 5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali (dimensioni fino a 5 mm) e radici millimetriche subverticali piritizzati. HCl=3. Piritizzazione. Limite superiore chiaro transizionale.

**76.35-75.50 m:** Intervallo laminato di limi argillosi (30%) debolmente sabbiosi (5-10%) con livelli da millimetrici a sub centimetrici di sabbie limose muscovitiche più frequenti al tetto. Evidente laminazione da millimetrica a sub centimetrica da planare a ondulata e laminazione millimetrica delle lamine sabbiose. A 75.52 m struttura da bioturbazione con dimensione di 4 cm (possibile tana). Colore 5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto forse disturbato da bioturbazione o manovra.

**75.50-75.30 m:** Intervallo laminato di limi argillosi (30%) con livelli millimetrici di sabbie limose a 75.38 e 75.35 m. Evidente laminazione da millimetrica a sub centimetrica da planare a ondulata e possibili bioturbazioni e/o strutture da carico. Colore 5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore indeterminato deformato da manovra.

**75.30-74.50 m:** Testa della manovra completamente rimaneggiata, probabilmente in continuità con gli intervalli adiacenti.

**74.50-73.10 m:** Intervallo laminato di limi argillosi (20%) con livelli millimetrici di sabbie limose la cui frequenza diminuisce da 74.00 m verso l'alto. A 74.49 m livello di limi sabbiosi contenente sabbie con granuli di quarzo con dimensione fino a 500 µm. Evidente laminazione da millimetrica a sub centimetrica da planare a ondulata e possibili bioturbazioni (?) soprattutto verso il tetto evidenziate da strutture circolari con riempimenti sabbiosi. Colore 5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali millimetrici. Possibili radici. Presenza di sostanza organica dispersa nel sedimento tra 73.48-73.62 m. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**73.10-72.49 m:** Alternanze di sabbie (fino a 100 µm) limose (20-40 %) grigie e di limi argillosi (15%) debolmente sabbiosi (10%) in livelli da 3 - 5 cm. Laminazione millimetrica planare dei livelli sabbiosi.



Colore 5Y6-5/4. Rari frammenti vegetali millimetrici talvolta formano lamine intercalate alle sabbie. Possibili radici. HCl=4. Limite superiore abrupto deformato dalla manovra.

**72.49-72.10 m:** Intervallo laminato di limi argillosi (20-30%). Evidente laminazione da millimetrica a sub centimetrica planare. Colore 5Y6/2-3. Rari frammenti vegetali sub millimetrici, frequenti resti di radice piritizzati con lunghezza fino a 1 cm e tracce di radice. HCl=4. Piritizzazione. Limite superiore netto (erosivo ?).

**72.10-71.50 m:** Alternanze di sabbie (fino a 150 µm) limose grigie muscovitiche e di limi argillosi (25%) in livelli che alla base hanno spessore di 10 cm e diminuiscono fino a 2 cm al tetto. Laminazione millimetrica planare dei livelli sabbiosi. Colore 5Y6/3. Rari frammenti vegetali millimetrici piritizzati e non e tracce di radice. HCl=4. Piritizzazione. Limite superiore abrupto.

**71.50-71.25 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) laminati con al tetto lamina più sabbiosa. Evidente laminazione da millimetrica a sub centimetrica planare. Colore 2.5Y6/3. Rari frammenti vegetali sub millimetrici. Resti di radice piritizzati con lunghezza fino a 1 cm e tracce di radice. HCl=4. Piritizzazione. Limite superiore abrupto.

**71.25-71.06 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici. Laminazione millimetrica da planare a ondulata forse bioturbata. Colore 2.5Y6/2. Rari Molluschi interi e in frammenti millimetrici. Frequenti lamine organiche e frammenti vegetali sub millimetrici. Tracce di radice. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**71.06-70.52 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (5-10%) laminati con rare lamine sabbioso limose e con livelli centimetrici di limo sabbioso tra 70.70 a 70.52 m. Laminazione da millimetrica a sub centimetrica da planare a ondulata. Da 70.76 m (più evidente a 70.64 m) canali di bioturbazione riempiti di sabbie bioclastiche soprastanti (tipo Glossifungites). Colore 2.5Y6/2. Nei canali di bioturbazione Molluschi marini in frammenti millimetrici. Frammenti vegetali e frammenti di radice piritizzati. HCl=4. Piritizzazione. Limite superiore non determinato per fine manovra, presumibilmente erosivo (superficie di ravinement ?).

**70.52-70.41 m:** Sabbia grigio scura medio fina (300-400 µm) ricca in tritume conchigliare con livello sabbioso limoso biancastro (5Y6/2) tra 70.47-49 m. Strutture sedimentarie assenti. Molluschi marini in frammenti millimetrici e interi (*Venus Gallina*: valva di 2.5 cm; *Glycimeris*). HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato.

**70.41-70.24 m:** Sabbia con limo (variabile 20-40%) con livello sabbioso tra 70.32-34 m. Fino a 70.34 m laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y6-5/3. Abbondanti frammenti millimetrici di Molluschi marini che aumentano sopra i 70.32 m. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato probabilmente bioturbato.

**70.24-70.21 m:** Sabbia medio fini (300-400 µm) grigio scure. Abbondanti frammenti millimetrici di Molluschi marini. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**70.21-70.06 m:** Sabbia con limo (variabile 20-40%) con livello sabbioso tra 70.09-70.06 m. Colore 2.5Y6-5/3. Abbondanti frammenti millimetrici di Molluschi marini (tra cui *Turritelle*; *Nassaride-Rissoide* ?). Bioturbazioni tipo Glossifungites con diametro fino a 15 mm riempite da sabbie medie. HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato probabilmente bioturbato.

**70.06-69.87 m:** Limi sabbiosi (variabile 20-40%). Bioturbazioni tipo Glossifungites con diametro fino a 15 mm riempite da sabbie medie meno evidenti verso l'alto. Colore 5Y5/2. Abbondanti frammenti millimetrici di Molluschi marini (tra cui *Scafopodi* di lunghezza 1-1.5 cm; *Turritella*). HCl=4. Limite superiore abrupto.

**69.87-69.77 m:** Limi debolmente argillosi (10%) e sabbiosi (15%). Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y5/2. Frammenti millimetrici di Molluschi marini. Debolmente organici. HCl=4. Limite superiore netto irregolare forse erosivo con presenza di tasche millimetriche legate a bioturbazione e/o strutture di fondo tipo flute casts.

**69.77-69.06 m:** Limi debolmente argillosi (10%) e sabbiosi (variabile 0-10%) con alla base un livello di 3-4 mm di sabbie fini micacee grigio scure che passano a sabbie limose FU (finning upward). Alternanze centimetriche più o meno argillose (più argillose a .55-52, .34-39 m) e laminazione planare millimetrica. Bioturbazione diffusa costituita sia da plaghe (40%) scure con diametro di 2-4 mm evidente tra .77-72 e .35-27 m, sia da canali di diametro tra 1-4 cm legati a Molluschi affossatori. Colore 5Y6-5/2. 2-4% di frammenti millimetrici di Molluschi marini (tra cui Echinidi e *Abra* ? a .63; frammento di *Venus*; *Turritella*). HCl=4. Limite superiore abrupto ondulato forse erosivo.

**69.06-69.01 m:** Limi grossolani argillosi (15%). Evidente laminazione millimetrica da ondulata a incrociata a basso angolo. Colore 2.5Y6/2. HCl=4. Limite superiore netto irregolare forse erosivo con presenza di tasche millimetriche legate a strutture di fondo tipo flute casts.

**69.01-68.43 m:** (la descrizione comprende anche spezzone di 24 cm). Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) con livelli più organici e argillosi scuri centimetrici (i più significativi a: tra 7 e 4 dello spezzone; e tra .98-95; .92-91; tra .90-88; tra .86-85). Livello di sabbie medio fini a 68.49 m che potrebbe essere legato a manovra. Laminazione millimetrica. Tra .46-44 laminazioni in sabbie limose ricche di frammenti di Molluschi. Colore in generale 5Y6-5/3, livelli organici 5Y5-4/1. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. Nei livelli organici accumulo di abbondanti frammenti vegetali millimetrici. HCl= (non organici) 4; (organici) 2. Limite superiore probabilmente erosivo non determinato per manovra. L'intervallo tra .78-55 è fortemente disturbato per manovra.

**68.43-66.20 m:** Intervallo laminato con lamine da millimetriche a sub centimetriche di sabbie e limi (40%) debolmente argillosi (15%) intercalate a livelli di sabbie medio fini (200-350 µm) pluricentimetrici fino a 68.18 m e da millimetrici a sub centimetrici sopra 68.18 m. Laminazione planare (e inclinata manovra?) evidente. Tra 67.46-44 m laminazioni in sabbie limose ricche di frammenti di Molluschi. Colore all'estrazione erano grigie passate poi a 2.5Y6-5/6 (sabbie) e 2.5Y7-6/2 (sabbie limose). Frammenti millimetrici di Molluschi più abbondanti tra 67.95 e 67.65 m. HCl=4. Limite superiore non determinato per manovra.

**66.20-65.55 m:** Sabbie medio fini (250-400 µm). Strutture sedimentarie apparentemente massive con inclusi limoso argillosi dovuti a possibile stratificazione molto rimaneggiata per manovra, oppure ciottolotti di fango. Colore all'estrazione erano grigie passate poi a 2.5Y6-5/6. Frammenti da millimetrici a pluri-millimetrici di Molluschi (turricolare madreperlaceo a .85). Frammenti vegetali sub centimetrici. HCl=4. Limite superiore non determinato per manovra.

**65.55-65.45 m:** Intervallo laminato con lamine da millimetriche a sub centimetriche di sabbie e limi (40%) debolmente argillosi (15%) e di sabbie medio fini (200-350 µm) grigi. Laminazione planare. Abbondanza di frammenti millimetrici - sub centimetrici di Molluschi (tra cui *Cardium* ?). HCl=4. Limite superiore netto.

**65.45-65.23 m:** Sabbie fini (300 µm) limose (40%) grigie contenenti lamine millimetriche di limi sabbiosi a partire da 65.36 m verso l'alto. Laminazione planare passante da millimetrica a sub centimetrica verso l'alto. Frammenti millimetrici - sub centimetrici di Molluschi (tra cui *Cardium*, *Venus*). HCl=4. Limite superiore netto erosivo.

**65.23-65.17 m:** Sabbie medio fini (300-400 µm) limose (20%). Strutture sedimentarie massive probabilmente bioturbate, ciottoli di fango. Colore grigio. Molto abbondanti frammenti millimetrici - sub centimetrici di Molluschi (tra cui Scafopodi, *Venus*). HCl=4. Limite superiore netto erosivo.

**65.17-64.95 m:** Sabbie medio fini (300-400 µm) debolmente limose (10%). Laminazione planare millimetrica con lamine più limose chiare fino a 65.06 m, verso l'alto diventa massiva per bioturbazione. Colore grigio. Frammenti millimetrici di Molluschi. HCl=4. Limite superiore abrupto probabilmente ondulato e bioturbato.

**64.95-64.23 m:** Limi debolmente argillosi (15%) e sabbiosi (15%). Bioturbazione evidente dal fondo fino a .86, poi massivi. Colore 2.5Y5-4/2. Abbondanza di Molluschi interi e in frammenti da millimetrici a sub centimetrici (tra cui: *Venus gallina*, Scafopodi, *Turritella*, *Naticidi*, *Cardium*) fino a 64.47 m. HCl=4. Limite superiore transizionale.

**64.23-64.00 m:** Limi sabbiosi (20-30%), la frazione sabbiosa è molto fina e micacea. Laminazione da millimetrica a sub centimetrica planare con bioturbazione poco evidente al tetto. Colore 2.5Y5/2. Molluschi in frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore non determinato per termine manovra sembra bioturbato.

**64.00-63.80 m:** Alternanza di lamine sub centimetriche di sabbie limose (40%) (la frazione sabbiosa è molto fina e micacea) e di lamine millimetriche di limi sabbiosi biancastri. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y5/2. Sostanza organica concentrata in lamine organiche millimetriche a .93 e a .95 m. HCl=4. Limite superiore abrupto forse disturbato da manovra.

**63.80-63.63 m:** Sabbie e limo (50%). Laminazione millimetrica planare. Colore 5Y5-4/2. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. HCl=4. Limite superiore chiaro.

**63.63-63.34 m:** Limo argilloso (20%) debolmente sabbioso (10%) più argilloso tra .47-41 da .41 in su aumenta la frazione sabbiosa fino a raggiungere il 30%. Laminazione millimetrica planare poco evidente. Colore 5Y5-4/2 passante a 1G 5/10Y nei livelli più argillosi. Frammenti millimetrici di Molluschi (tra cui: *Cardium*, Echinidi, Rissoidi ?). Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto probabilmente erosivo leggermente disturbato per manovra.

**63.34-63.19 m:** Sabbie fini limose (20%) muscovitiche. Laminazione millimetrica planare. Colore grigio. HCl=4. Limite superiore abrupto e ondulato.

**63.19-61.66 m:** Dalla base fino a 62.70 m limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (5% muscovitiche) passanti a 62.30 m a limi sabbiosi (30%) debolmente argillosi (10%). Laminazione millimetrica planare. Colore 5Y4/2. Molluschi marini in frammenti millimetrici e interi (a 62.35 *Abra* ?). Rari frammenti vegetali minuti e sostanza organica dispersa nel sedimento. HCl=4. Limite superiore indeterminato per mancanza di campionamento.

**61.66-61.36 m:** Mancato recupero.

**61.36-61.00 m:** Limi sabbiosi (30%) debolmente argillosi (10%) passante a 61.15 m a sabbie limose (30%). Laminazione millimetrica planare poco evidente. Colore 5Y4/2. Rari Molluschi marini in frammenti millimetrici e frammenti di Echinide a 61.10 m. HCl=4. Limite superiore indeterminato per termine manovra.

**61.00-60.02 m:** Alternanza di livelletti con spessore di 10-15 mm di sabbie molto fini muscovitiche debolmente limose (10%) e di lamine con spessore 1-5 mm di limi argillosi (20%) e sabbiosi (20%). Da 60.20 m al tetto le alternanze sono meno frequenti e il sedimento è prevalentemente sabbioso. Laminazione planare evidente, i livelli sabbiosi hanno una laminazione millimetrica incrociata evidente. Colore in generale 5Y6-5/2, i livelli argillosi 5Y6-5/1, i livelli organici 2.5Y4/2. Rarissimi Molluschi marini in frammenti millimetrici. Presenza di livelli sub centimetrici debolmente organici a .78, .71, .48, .34, presenza di frammenti vegetali millimetrici nelle laminazioni delle sabbie. HCl=4. Limite superiore netto.

Nelle sabbie tra 68.50 e 65.00 m e tra 61.00 e 60.00 m l'alternanza ripetuta di sabbie e limi argillosi potrebbe indicare un ambiente con variazioni repentine di energia: barra di foce? canale lagunare?

**60.02-59.90 m:** Alternanza di lamine millimetriche di sabbie limose molto micacee (con cristalli fino a 2 mm) e di lamine millimetriche costituite da sostanza organica vegetale. Le lamine organiche hanno frequenza maggiore tra 60.02-59.95 m e tra .91-90. Laminazione planare evidente. Colore livelli organici 2.5Y3/2. Sostanza organica in frammenti millimetrici e concentrata in lamine originatesi per decantazione. HCl=4. Limite netto.

**59.90-59.69 m:** Sabbie fini muscovitiche limose (20%) con livello di limi argillosi debolmente organici centimetrico (2.5Y4/1-2 con effervescenza 2-3) a .80. Laminazione millimetrica da planare a incrociata a basso angolo. Colore delle sabbie grigie. Scafopode al limite inferiore dell'intervallo. Rari frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto.

**59.69-59.66 m:** Alternanza di lamine millimetriche di sabbie limose molto micacee (con cristalli fino a 2 mm) e di lamine millimetriche costituite da sostanza organica vegetale. Laminazione planare evidente. Colore nei livelli organici 2.5Y3/2. Sostanza organica in frammenti millimetrici e concentrata in lamine originatesi per decantazione. HCl=4. Limite superiore netto.

**59.66-59.53 m:** Sabbie fini muscovitiche limose (20%) con intercalati livelli sub centimetriche di limi sabbiosi (.66-64) e di sabbie limose (a .61, .58 e .55) debolmente organici (2.5Y5-4/2). Laminazione planare poco evidente. Colore delle sabbie grigie. Rari frammenti di Molluschi. Sostanza organica in frammenti millimetrici e concentrata nelle lamine. HCl=4. Limite superiore abrupto disturbato da manovra.

**59.53-59.05 m:** Alternanza di livelletti con spessore di 10-15 mm di sabbie molto fini muscovitiche debolmente limose (10%) e di lamine con spessore di 1-5 mm di limi argillosi (20%) e sabbiosi (20%). Laminazione planare evidente, laminazione incrociata dei livelli sabbiosi. Possibili bioturbazioni fino a .17. Colore in generale 5Y6-5/2, i livelli argillosi 5Y6-5/1, livelli organici 2.5Y4/2. Rarissimi Molluschi marini in frammenti millimetrici. Presenza di livelli sub centimetrici debolmente organici a .26, .20, presenza di frammenti vegetali millimetrici nelle laminazioni delle sabbie. HCl=4. Limite superiore abrupto, irregolare per bioturbazione.

**59.05-59.00 m:** Limi argillosi (20%) da debolmente organici a organici. Possibili tracce di bioturbazioni. Colore 2.5Y5/3. Sostanza organica concentrata in alcuni livelli. HCl=3. Limite superiore abrupto.

**59.00-58.60 m:** Sabbie fini muscovitiche limose (20%) con livelli di limi argillosi debolmente organici centimetrici (2.5Y4/1-2 con effervescenza 2-3) tra .90-87 e .80-75 e con un livello di sabbie limose con laminazioni organiche millimetriche tra 59.00-58.98 m. Laminazione millimetrica da planare a incrociata a basso angolo. Colore delle sabbie 5Y5-4/2. Rari frammenti di Molluschi millimetrici, al tetto una valva. Sostanza organica in rari frammenti millimetrici nei livelli più organici. HCl=4. Limite superiore disturbato da manovra probabilmente abrupto.

**58.60-58.55 m:** Limi argillosi organici. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y3/2. Sostanza organica in rari frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore disturbato da manovra probabilmente netto.

**58.55-58.30 m:** Sabbie limose (20%) con livello più organico a .38. Laminazione millimetrica planare poco evidente. Colore 5Y5/2. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**58.30-58.15 m:** Sabbie debolmente limose (10%) simili alle precedenti ma rimaneggiate da manovra.

**58.15-57.57 m:** Alternanza di livelletti con spessore di 10-15 mm di sabbie molto fini muscovitiche debolmente limose (10%) e di lamine con spessore di 1-5 mm di limi sabbiosi (20%) debolmente argillosi (10%). Laminazione planare evidente. Colore in generale 5Y6-5/2, i livelli argillosi 5Y6-5/1, i livelli organici 2.5Y4/2. Rarissimi Molluschi marini in frammenti millimetrici. Presenza di livelli da millimetrici a sub centimetrici debolmente organici a .79, tra .77-75, .73, .71, .68, .65, .62. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**57.57-57.00 m:** Sabbie fini (150 µm) muscovitiche debolmente limose (10%). A scala maggiore suddivisione in orizzonti con spessore tra 3 e 10 cm, a scala minore laminazione planare millimetrica. Colore in generale 5Y5-4/3. Rari Bivalvi marini (forse *Abra*) in frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto.

**57.00-56.85 m:** Limi argillosi (25%) con rare lamine millimetriche di sabbia fine. Laminazione planare da millimetrica a sub centimetrica evidente. Colore in generale 2.5Y5/3-2. Frammenti vegetali sub millimetrici concentrati in livelli millimetrici più organici. HCl=3. Limite superiore abrupto (disturbato da manovra ?).

**56.85-56.50 m:** Sabbie grigie (debolmente limose alla base) con livelli di limi argillosi centimetrici fino a .68. Laminazione planare millimetrica delle sabbie, possibili ciottoli di fango. Rari frammenti vegetali sub millimetrici dispersi e frammento sub centimetrici a .72. HCl=4. Limite superiore netto.

**56.50-55.76 m:** Alternanza di livelletti con spessore di 10-15 mm di sabbie molto fini muscovitiche debolmente limose (10%) e di lamine con spessore di 1-5 mm di limi sabbiosi (20%) debolmente argillosi (10%). Laminazione planare evidente localmente incrociata nei livelli sabbiosi. Colore in generale 5Y6-5/2, i livelli argillosi 5Y6-5/1, i livelli organici 2.5Y4/2. Rarissimi Molluschi marini in frammenti millimetrici. Presenza di livelli da millimetrici a sub centimetrici debolmente organici a 56.21, 56.01 m. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**55.76-55.00 m:** Intervallo completamente rimaneggiato. Sabbie fini muscovitiche debolmente limose (10%) grigie con ghiaie da sub arrotondate ad arrotondate con dimensioni dell'asse c (lungo) da 5 a >20 mm (ciottolo rotto dalla manovra) prevalentemente carbonatiche (calcarei nocciola e grigi, dolomie grigie), altri di origine terrigena (arenarie) ma anche di origine magmatica (da verificare la provenienza). Alcuni ciottoli e un frammento di *Cerithium* hanno numerosi fori di litodomi. Abbondanti frammenti da millimetrici a pluri-millimetrici di Molluschi tra cui *Cardium*, *Venus*, Vermetidi, Echinidi, *Macra* ?. Limite superiore indeterminato per manovra.

**55.00-54.48 m:** Alternanza di livelletti con spessore di 10-15 mm di sabbie molto fini muscovitiche debolmente limose (10%) e di lamine con spessore di 1-5 mm di limi sabbiosi (20%) debolmente argillosi (10%). Laminazione planare evidente localmente incrociata nei livelli sabbiosi, negli ultimi 10 cm dell'intervallo aumenta la spaziatura delle lamine. Colore in generale 5Y6-5/2, i livelli argillosi 5Y6-5/1, i livelli organici 2.5Y4-3/2. Rari Molluschi marini in frammenti millimetrici. Presenza di livelli da millimetrici a sub centimetrici debolmente organici a 54.97 e tra 54.86-79 m. HCl=4. Limite superiore netto.

**54.48-54.23 m:** Sabbie fini (200-300 µm) muscovitiche debolmente limose (10%) con intervalli planari ricchi in frustoli vegetali tra 54.38-34 m. Laminazione planare evidente. Colore in generale 5Y6-5/2. Rari Molluschi marini in frammenti millimetrici. Presenza di livelli centimetrici debolmente organici con frammenti da millimetrici a pluri-millimetrici di sostanza organica. HCl=4. Limite superiore netto disturbato da manovra.

**54.23-54.17 m:** Due livelli limoso argillosi organici centimetrici separati da un livello di sabbie medio fini (300-400 µm) muscovitiche grigie debolmente limose (10%). Laminazione planare millimetrica. Colore nei livelli organici 2.5Y3/1. All'interno delle sabbie numerosi Molluschi marini in frammenti millimetrici - sub centimetrici (tra cui *Venus*, *Ostrea*, Bivalvi) nell'orizzonte organico al tetto Gasteropodi turricolari a guscio sottile bianchi forse di ambiente continentale. Presenza di sostanza organica diffusa e in frammenti millimetrici nei livelli organici. HCl=4 sulla sabbia, 1-2 nei livelli organici. Limite superiore netto. (Il livello potrebbe rappresentare uno stagno costiero).

**54.17-54.12 m:** Sabbie medio fini (300-400 µm) muscovitiche con granuli arrotondati grigie. Molluschi marini in frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto molto deformato da manovra. (Da qui in su le sabbie sono abbastanza grossolane).

**54.12-54.06 m:** Torbe limose. Fittamente stratificate. Colore 10YR2/1. Resti di Gasteropodi (continentali ?). HCl=0. Limite superiore netto molto deformato da manovra, forse erosivo.

**54.06-54.00 m:** Sabbie medio fini (300-400 µm) muscovitiche con granuli arrotondati grigie. Molluschi marini in frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto, molto deformato da manovra.

**54.00-53.50 m:** Intervallo completamente rimaneggiato. Sabbie medie muscovitiche grigie. Abbondanti frammenti da millimetrici a pluri-millimetrici di Molluschi tra cui *Venus*, Scafopodi, *Bittium*, *Gibula*, Ostreidi, Bivalvi di piccola dimensione. Frammenti di torbe pluri-centimetriche. Limite superiore indeterminato per manovra.

**53.46-53.43 m:** Limi argillosi (20%) organici. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y4/2. Concentrazione di resti vegetali millimetrici in corrispondenza di lamine. HCl=3. Limite superiore netto.

**53.43-53.00 m:** Livello con alternanza di lamine di spessore 10-15 mm di sabbie (350 µm) debolmente limose (10%) e di lamine limi argillosi debolmente sabbiosi con spessore di 2-5 mm. Da 53.23 a 53.00 m l'intervallo è molto rimaneggiato e la laminazione meno evidente. Laminazione millimetrica planare. Colore nelle lamine sabbiose 5Y5/2, nelle lamine limose 5Y4/1. Concentrazione di resti vegetali

millimetrici in corrispondenza di lamine molto organiche quasi torbose a .37, .33, .31, .28, .20, .10. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**53.00-52.18 m:** Intervallo completamente rimaneggiato. Sabbie medio fini (300-400 µm) muscovitiche. Presenza di manovra. Frammenti di Molluschi probabilmente provenienti dai livelli soprastanti. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**52.18-52.00 m:** Sabbie medie-grossolane (700-1000 µm) quarzose. Frammenti di Molluschi millimetrici. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**52.00-51.90 m:** Sabbie medie (400-500 µm) quarzose parzialmente rielaborate per manovra con presenza di livelli limoso sabbiosi centimetrici e livelli ricchi di frammenti organici e di muscovite. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto disturbato per manovra.

**51.90-51.80 m:** Alternanza di livelletti con spessore di 3-6 mm di sabbie fini muscovitiche debolmente limose (10%) e di lamine con spessore di 3-6 mm di limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%). Laminazione planare evidente. Colore in generale 5Y6-5/2, i livelli argillosi 5Y6-5/1. HCl=4. Limite superiore netto.

**51.80-51.75 m:** Sabbie fini (300 µm) con alla base e al tetto livelli limosi sub centimetrici. Laminazione planare. Colore in generale 5Y6-5/1. HCl=4. Limite superiore netto.

**51.75-51.63 m:** Sabbie debolmente limose (10%) molto ricche in muscovite. Laminazione planare. Frammenti vegetali millimetrici - sub centimetrici concentrati in livelli organici sub centimetrici. HCl=4. Limite superiore netto forse erosivo.

**51.63-51.40 m:** Sabbie fini (200-300 µm) molto ricche in muscovite con rari livelli millimetrici sabbioso limosi. Laminazione da planare a incrociata a basso angolo. Frammenti vegetali millimetrici concentrati in livelli organici millimetrici. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**51.40-50.50 m:** Intervallo completamente rimaneggiato. Sabbie fini (200-300 µm) debolmente limose (10%) molto ricche in muscovite con presenza di "ciottoli" dal colore 10YR6-5/4 e con dimensioni da sub centimetrici a pluri-centimetrici di origine incerta (concrezioni, calcareniti, intraclasti di suolo ?). HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**50.50-50.40 m:** Limi e sabbie argillose (20%). Presenza di manovra. Colore 5Y5-6/1. HCl=4. Limite superiore netto.

**50.40-49.65 m:** Ghiaie molto fini (2-3 mm) e sabbie da grossolane a medie. Presenza di manovra. Abbondanti frammenti di Molluschi marini (*Cyclope neritea*, *Cerastoderma-Cardium*, *Cerithium*, Ostreidi, *Bittium scabrum*) spesso con segni di abrasione da trasporto e presenza di Gasteropodi bianchi dulcicoli (?) interi. Abbondanti frammenti di legno con diametro pluri-centimetrico particolarmente abbondanti tra 50.30 e 50.00 m. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra. Nel complesso sembrano depositi litoranei con influenza fluviale molto prossima, la supposta presenza di Gasteropodi continentali lascia pensare ad una successiva colonizzazione.

**49.65-49.00 m:** Mancato recupero probabilmente analogo al sottostante.

**49.00-48.92 m:** Macroresto vegetale (tronco ?).

**48.92-48.87 m:** Sabbie medie limose (40%). Presenza di manovra. Al tetto livello organico millimetrico. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**48.87-48.40 m:** Sabbie da grossolane a medie con ghiaie molto fini (2-3 mm). Presenza di manovra. Abbondanti frammenti di Molluschi marini (*Cyclope neritea*, *Cerastoderma-Cardium*, *Cerithium*, Ostreidi, *Bittium scabrum*) spesso con segni di abrasione da trasporto e presenza di Gasteropodi bianchi dulcicoli (?) interi. Frammenti di legno con diametro pluri-centimetrico. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**48.40-47.50 m:** Sabbie medie (600 µm) debolmente limose (20%) quarzose e micacee. Intervallo completamente rimaneggiato. Rari frammenti di Molluschi marini. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**47.50-47.25 m:** Alternanze da centimetriche a sub centimetriche di sabbie medio fini (300-400 µm) limose (20%) e sabbie con limi (40%). Le sabbie sono quarzose e micacee. Evidente laminazione planare. Le sabbie sono più grossolane al tetto. Colore 5Y5-4/2 (sabbie limose), 5Y6/2 (sabbie con limi). HCl=4. Limite superiore abrupto disturbato da manovra.

**47.25-47.07 m:** Come l'intervallo 47.07-46.50 m, ma disturbato da manovra e con sabbie fino a 500 µm e rari frammenti di conchiglie. Limite superiore indeterminato per manovra.

**47.07-46.50 m:** Sabbie medio fini (400-500 µm) debolmente limose (10%), le sabbie sono quarzose e micacee (molto micacee tra .70-80). Strutture sedimentarie massive probabilmente rimaneggiate da manovra. Colore 5Y5-4/2 (sabbie limose) 5Y6/2 (sabbie con limi). Rari frammenti di Molluschi. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**46.50-46.00 m:** Alternanze da centimetriche a sub centimetriche di sabbie medio fini (300-400 µm) limose (20%) e sabbie con limi (40%). Le sabbie sono quarzose e micacee. Evidente laminazione planare. Colore 5Y5-4/2 (sabbie limose) 5Y6/2 (sabbie con limi). Rari frammenti vegetali millimetrici e tracce di radice ?. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**46.00-45.35 m:** Sabbie medio fini (300-400 µm) con intercalati livelli centimetrici di limi sabbiosi (<40%) consolidati. Le sabbie sono micacee. Evidente laminazione planare. Colore 5Y6/1-2 (limi). Rari frammenti millimetrici di Molluschi. HCl=3-4. Limite superiore abrupto disturbato da manovra.

**45.35-45.00 m:** Alternanze da centimetriche a sub centimetriche di sabbie medio fini (300-400 µm) limose (20%) e limi con sabbie (40%). Le sabbie sono micacee. Evidente laminazione planare. Colore 5Y5-4/2 (sabbie limose) 5Y6/2 (limi con sabbie). HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**45.00-43.50 m:** Intervallo completamente rimaneggiato costituito da sabbie limose (fino al 40%) micacee. Limite superiore indeterminato per manovra.

**43.50-43.00 m:** Alternanze sub centimetriche di sabbie medio fini (300-400 µm) limose (20%) e limi con sabbie (40%). Le sabbie sono micacee. Evidente laminazione planare. Colore 5Y5-4/2 (sabbie limose) 5Y6/2 (limi con sabbie). HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**43.00-42.00 m:** Intervallo completamente rimaneggiato costituito da sabbie limose (fino al 40%) micacee con inclusi di limi argillosi (5Y5/3, HCl=3) e limi argillosi debolmente organici (5Y4/3, HCl=3) e di limi argillosi grigi. Limite superiore indeterminato per manovra.

**42.00-41.71 m:** Alternanze da millimetriche a sub centimetriche di sabbie fini (200-300 µm) e limi sabbiosi (20%) debolmente argillosi passanti verso l'alto a limi con sabbie (40%). Le sabbie sono micacee. Laminazione millimetrica incrociata a basso angolo nelle sabbie. Colore 2.5Y6-5/1 (limi con sabbie). Sostanza organica dispersa nel livello tra .88-83. HCl=4. Limite superiore abrupto forse bioturbato.

**41.71-41.68 m:** Sabbie fini (200-300 µm) con limo (40%). Colore 5Y5/3. Microelementi di 2-3 mm di sostanza organica decomposta e possibili tracce di radici. HCl=4. Limite superiore netto ondulato.

**41.68-41.59 m:** Limi argillosi (25%) organici, massivi con probabili canali di bioturbazione riempiti di sabbie fini (analoghe a quelle dell'intervallo 42.00-41.71 m). Colore 2.5Y3/2. Rarissimi frammenti di Molluschi bianchi (dolicoli ?). Presenza di frammenti vegetali pluri-millimetrici (possibili tracce di radici). HCl=2. Limite superiore chiaro.

**41.59-41.44 m:** Limi argillosi (25%) organici. Laminazione più evidente nella parte superiore. Colore 2.5Y4/2-3. Presenza di frammenti vegetali millimetrici disposti lungo le lamine. HCl=2. Limite superiore netto.

**41.44-41.41 m:** Alternanza di lamine pluri-millimetriche di limi argillosi (20%) più o meno organici con lamine millimetriche più sabbiose (drappeggi). Laminazione evidente, bioturbazione diffusa e canale subverticale di circa 3 mm. Colore nei più organici 2.5Y5/3. Nei meno organici 5Y6/3. Frammenti di Molluschi bianchi a guscio fine. Presenza di frammenti vegetali millimetrici. HCl=3. Limite superiore abrupto transizionale.

**41.41-41.35 m:** Limi argillosi (25%) organici. Laminazione planare. Colore 2.5Y5/3. Presenza di frammenti vegetali millimetrici disposti lungo le lamine nel cm superiore che ha colore 2.5Y4/3. HCl=2. Limite superiore netto forse erosivo.

Da 41.35 a 41.71 m si entra in facies di probabile ambiente palustre con accumulo di sostanza organica e sviluppo di piante. Contemporanea attività di Molluschi (potrebbe trattarsi di un'area emersa), il livello tra 69.-71 potrebbe essere considerato un orizzonte O/C.

**41.35-41.21 m:** Argille limose alla base passanti verso l'alto a limi con argilla (>30%) con intercalate lamine millimetriche di sabbie fini (drappeggi). Laminazione planare ondulata. Bioturbazione. Colore 2.5Y6-5/3. Frammenti millimetrici di Molluschi bianchi a guscio fine (dulcicoli ?). Sostanza organica debolmente presente nelle lamine sabbiose. HCl=4. Limite superiore abrupto graduale.

**41.21-41.12 m:** Limi argillosi (20%) da debolmente organici a organici verso il tetto. Laminazione planare ondulata disturbata nella parte alta. Bioturbazione soprattutto al tetto. Colore 2.5Y5/3. Frammenti millimetrici di Molluschi bianchi a guscio fine (dulcicoli ?) più abbondanti al fondo (5%). Frammenti vegetali da millimetrici a pluri-millimetrici più abbondanti al tetto dove sembrano allineati. HCl=4/3. Limite superiore irregolare per bioturbazione.

**41.12-41.07 m:** Limi argillosi (30%) con lamine organiche. Laminazione molto disturbata dalla bioturbazione. Colore 2.5Y6/2-3. Frammenti vegetali. HCl=3. Limite superiore abrupto bioturbato.

**41.07-41.01 m:** Limi argillosi (20%) debolmente organici. Laminazione poco evidente disturbata dalla bioturbazione. Colore 2.5Y4/2. Frammenti millimetrici di Molluschi bianchi a guscio fine (dulcicoli ?). Sostanza organica sia in forma diffusa nel sedimento che in frammenti vegetali millimetrici talora isoallineati. HCl=3. Limite superiore netto forse bioturbato.

**41.01-40.75 m:** Alternanze da sub centimetriche a pluri-centimetriche di limi argillosi (15%) debolmente sabbiosi (10-20%) verso il tetto e limi sabbiosi (30-15%) debolmente organici. Evidente laminazione planare millimetrica. Colore nei limi argillosi 5Y6/3-4, nei limi sabbiosi 2.5Y5/2-3. Sostanza organica sia in forma diffusa che in frammenti vegetali sub millimetrici, tracce di radice ?. HCl=limi argillosi 2-3, limi sabbiosi 3. Limite superiore indeterminato.

**40.75-40.50 m:** Intervallo come il livello 41.01-40.75 m, molto deformato da manovra. Limite superiore indeterminato.

**40.50-39.30 m:** Alternanze di livelli da pluri-centimetrici a decimetrici di sabbie fini limose (20-40%) grigie muscovitiche (tra 40.48-.40; 40.12-40.02; 39.96-89; 39.73-70; 39.66-57; 39.55-36; 39.34-32) e di limi argillosi (20%). A scala maggiore stratificazione planare, a scala minore laminazione planare millimetrica con lamine ricche di frammenti vegetali nelle sabbie e una lamina di argilla limosa debolmente organica (39.83-80). Colore limi argillosi 2.5Y5/4-6, probabilmente il colore è virato verso il rosso dopo il taglio della carota. Frequenti tracce di radice. HCl=4. Limite superiore indeterminato.

**39.30-39.00 m:** Intervallo simile al livello 40.50-39.30 m, molto deformato da manovra che fa da transizione al successivo. Limite superiore indeterminato.

**39.00-38.90 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi con livelli più argillosi sub centimetrici (38.67; .20; .09). Tra 38.60-40 limi argillosi sabbiosi (20-40%). Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y6-5/3. Frequenti tracce di radice. HCl=4. Limite superiore chiaro.

**38.90-37.50 m:** Limi con sabbie fini (30-40%). Limi argillosi tra 37.48-50. Laminazione planare millimetrica con lamine organiche. Colore 5Y5/3. Frammenti vegetali millimetrici. Tracce di radice.



HCl=4. Concrezioni carbonatiche mediamente di 3 mm con esemplari da 15 mm a 38.64 e a 38.86 m. Limite superiore non osservabile, probabilmente netto alla base delle torbe.

**37.50-36.50 m:** Limi torbosi organici con aumento della frazione torbosa tra 36.90-.50. Colore 10YR2/1. Sostanza organica in frammenti millimetrici, semi. HCl=0. Limite superiore netto.

**36.50-36.20 m:** Alternanze di livelli di 2-5 cm di torbe limose con caratteri analoghi a quelli del livello 37.50-36.50 m e argille con limo sterili (colore 5Y5/3, HCl= 4). Laminazione millimetrica delle torbe. Limite superiore non determinato.

**36.20-36.00 m:** Mancato recupero.

**36.00-35.66 m:** Torbe limose. Laminazione millimetrica. Colore 10YR2/1. Sostanza organica in frammenti millimetrici. HCl=0. Limite superiore chiaro transizionale.

**35.66-35.55 m:** Limi torbosi. Colore 2.5Y3/1. Sostanza organica in frammenti millimetrici. HCl=0. Limite superiore netto.

**35.55-35.45 m:** Limi argillosi (30%). Colore 2.5Y6/3. Sostanza organica in frammenti millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto disturbato.

**35.45-35.24 m:** Torbe. Colore 10YR3/1. Sostanza organica in macroresti. HCl=0. Limite superiore netto disturbato.

**35.24-34.85 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (5-10%). Laminazioni sub centimetriche. Tracce di radici. Colore 5Y5-6/3. HCl=4. Limite superiore chiaro disturbato per manovra.

**34.85-34.24 m:** Limi sabbiosi (20-40%) argillosi (20%). Laminazioni da sub centimetriche a centimetriche. Colore 2.5Y6/3-2. HCl=4. Limite superiore netto disturbato per manovra.

**34.24-34.08 m:** Limo con argilla (40%). Tracce di radici. Colore 2.5Y6/3. HCl=4. Rare concrezioni carbonatiche da 1 mm. Limite superiore abrupto disturbato per manovra.

**34.08-33.95 m:** Limo argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10-15%) molto deformato per manovra. Strutture sedimentarie non osservabili. Colore 5Y6-5/3. HCl=4. Limite superiore indeterminato.

**33.95-33.00 m:** Sedimenti molto rimaneggiati contenenti anche frammenti degli intervalli 33.00-32.83 m e 32.33-32.24 m , il sedimento originale è probabilmente costituito da limi argillosi simili a quelli dell'intervallo 34.08-33.95 m.

**33.00-32.83 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%). Laminazione planare da millimetrica a sub centimetrica. Colore 2.5Y6-5/3. HCl=4. Concrezioni carbonatiche 1-3 cm isolate. Orizzonte di suolo Ck. Limite superiore abrupto.

**32.83-32.74 m:** Limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (10%). 50% di bioturbazione. Colore 2.5Y5/3. HCl=4. Concrezioni carbonatiche 15% di 2 mm. Orizzonte di suolo Bk. Limite superiore chiaro bioturbato.

**32.74-32.55 m:** Limi con argille (30%). 80% di bioturbazione. Colore 2.5Y5-4/2. HCl=2. Concrezioni carbonatiche 3% di 1 mm. Orizzonte di suolo Bwg. Limite superiore chiaro bioturbato.

**32.55-32.33 m:** Argille (oltre il 40%). 50% di bioturbazione. Colore 2.5Y3/2. Frammenti vegetali forse anche radici. HCl=2-1. Orizzonte di suolo A. Limite superiore netto disturbato.

**32.33-32.24 m:** Limo con argille (30%) con alla base un livelletto di 3 mm di sabbie fini muscovitiche gialle. 50% di bioturbazione soprattutto al tetto. Colore 2.5Y4/3-2. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=1-2. Limite superiore irregolare bioturbato.

**32.24-31.90 m:** Limi sabbiosi (20%) debolmente argillosi (10%). Strutture sedimentarie deformate dalla manovra. Colore 5Y6/4-3. Gasteropodi continentali. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore indeterminato.

**31.90-31.50 m:** Sedimento completamente rimaneggiato probabilmente simile all'intervallo 32.24-31.90 m.

**31.50-31.05 m:** Limi argillosi (30% alla base, 20% al tetto) che diventano progressivamente sabbiosi verso il tetto (da 5 al 20%). Laminazione da millimetrica a sub centimetrica con veli di sabbia soprattutto verso il tetto. Colore 2.5Y6/3-2. Gasteropodi continentali a 31.48 m. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**31.05-30.99 m:** Limi argillosi (30%). Laminazione planare sub centimetrica. Colore 2.5Y4/2-3. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=3. Limite superiore netto.

**30.99-30.94 m:** Alternanze di limi argillosi organici 2.5Y3/2 e debolmente organici 2.5Y4/3-2. Laminazione planare sub centimetrica. Probabile frammento di opercolo. A 30.97 m due lamine sub millimetriche con concentrazione di frammenti di Molluschi, Gasteropodi interi e frammenti di Bivalvi madreperlacei. Frammenti vegetali millimetrici e macroresti laminati. HCl=2. Limite superiore netto forse bioturbato.

**30.94-30.88 m:** Limi argillosi molto organici. Laminazione planare millimetrica al tetto molto fitta; colore 2.5Y3/2. Frammenti vegetali millimetrici e al tetto macroresti, semi di 1-2 mm. HCl=2. Limite superiore abrupto forse disturbato.

**30.88-30.83 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (5-10%). Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y5/3. Opercolo di Gasteropode. Rare lamine con macroresti. HCl=3-4. Limite superiore netto.

**30.83-30.79 m:** Alternanza di lamine di limi argillosi organici e torba. Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y3/2. Opercoli millimetrici di Gasteropode. Macroresti. HCl=1-2. Limite superiore netto.

**30.79-30.74 m:** Limi argillosi. Laminazione planare mm. Colore 2.5Y5-4/3. Abbondanti macroresti, foglioline di briofite (muschi bruni ?). HCl=3. Limite superiore abrupto.

**30.74-30.63 m:** Limi argillosi. Colore 2.5Y5-4/3. Abbondanti macroresti, foglioline di briofite (muschi bruni ?). HCl=3. Limite superiore indeterminato.

**30.63-30.00 m:** Intervallo completamente rimaneggiato di cui mancano i 10 cm al tetto, probabilmente fino a 30.35 simile all'intervallo 30.74-30.63 m, superiormente simile all'intervallo 30.00-29.85 m.

**30.00-29.85 m:** Limi argillosi (25%). Laminazione planare millimetrica mal espressa con lamina ricca in sostanza organica a .93. Colore 5Y6-5/3. Rari frammenti millimetrici di Molluschi bianchi. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto deformato.

**29.85-29.83 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici. Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y5/2. Comuni frammenti millimetrici di Molluschi bianchi concentrati su piani di laminazione. Abbondanti frammenti vegetali millimetrici. HCl=2. Limite superiore netto ondulato.

**29.83-29.72 m:** Limi argillosi (20%) con intercalazioni sabbioso limose sub centimetriche a .81, .78, .74. Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y5-4/3. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**29.72-29.66 m:** Sabbie fini con limo (40%) con lamine millimetriche più limose. Laminazione planare millimetrica. Colore grigio. Rari frammenti vegetali millimetrici. HCl=4. Limite superiore netto forse erosivo.

**29.66-29.45 m:** Alternanza di livelli di circa 3 cm di limi argillosi (25%) e di livelli di circa 1 cm di sabbie limose. Laminazione planare millimetrica nei livelli sabbiosi. Colore 2.5Y5/3-4. Tracce di radici millimetriche. HCl=3. Limite superiore abrupto in transizione.

**29.45-29.29 m:** Limi argillosi (25%) forse con un livello centimetrico di sabbie limose a .36. Dal fondo fino a .35, evidenti canali millimetrici subverticali di bioturbazione riempiti di sabbie fini provenienti dal livello soprastante. Colore 2.5Y5/3-4. Frammenti millimetrici di radici. HCl=4. Forse concrezioni tenere di carbonato. Limite superiore abrupto ondulato.

**29.29-29.18 m:** Sabbie fini con limo (40%). Laminazione millimetrica planare con lamine talora più limose forse dovuta a riempimenti di canali di bioturbazione. Colore 5Y6-5/2. Tracce di radici millimetriche. HCl=4. Limite superiore abrupto irregolare.

**29.18-28.75 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) con livelli sabbioso limoso sub centimetrici. Intervallo deformato da manovra. Colore 2.5Y5-4/3. Rari frammenti di Molluschi. Debolmente organico da .96-93. HCl=4. Rare concrezioni dure di CaCO<sub>3</sub> da 1-3 mm. Limite superiore chiaro disturbato da manovra.

**28.75-28.50 m:** Alternanza di limi argillosi e sabbie limose. Intervallo molto deformato da manovra. Colore 5Y4/2-3. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**28.50-28.45 m:** Limi argillosi (20%) e sabbiosi (20%) con un livello limoso sabbioso al fondo. Colore 5Y5/3-4. Rari frammenti di Molluschi. HCl=3. Limite superiore netto forse erosivo.

**28.45-28.34 m:** Alternanze di livelli da sub centimetrici a centimetrici di sabbie e di livelli da millimetrici a sub centimetrici di limi sabbiosi (30%) biancastri TU e FU (thickening e coarsening upward). Laminazione delle sabbie. Tracce di radici. HCl=4. Limite superiore abrupto forse bioturbato.

**28.34-28.12 m:** Alternanze da sub centimetriche a millimetriche di sabbie limose e di limi sabbiosi più limosi fino a 28.30 m; debolmente organici da .30 a .18. Laminazione delle sabbie e bioturbazioni (tracce di radici). Colore 5Y5/3-4. Rari frammenti di Gasteropode. Frammenti vegetali. HCl=3. Rarissime concrezioni carbonatiche da .18 al tetto. Limite superiore abrupto irregolare.

**28.12-27.97 m:** Alternanze di livelli sub centimetrici di sabbie (150 µm) e di livelli millimetrici di limi sabbiosi (30%) biancastri. Laminazione delle sabbie. HCl=4. Limite superiore netto.

**27.97-27.95 m:** Limi con argille (30%). Colore 7/10Y dopo il carotaggio ha assunto colorazione rossastra e una sovraconsolidazione. HCl=4. Rare concrezioni di CaCO<sub>3</sub> da 2-3 mm. Limite superiore netto disturbato da manovra.

**27.95-27.83 m:** Alternanze di livelli sub centimetrici di sabbie (150 µm con un granulo di 2 mm al tetto) e di livelli millimetrici di limi sabbiosi (30%) biancastri coarsening upward. Laminazione delle sabbie. HCl=4. Limite superiore abrupto forse bioturbato (radici?).

**27.83-27.67 m:** Da limi con sabbie a sabbie (200 µm) limose. Laminazione planare bioturbata. Colore 2.5Y5/3-4. Frammenti vegetali decomposti. HCl=3-4. Limite superiore disturbato da manovra.

**27.67-27.38 m:** Argille limose con al fondo intercalato un livello di limi torbosi (2.5Y 3/2; HCl=0) di 1-2 cm molto disturbato da manovra. Laminazione poco evidente. Colore 2.5Y4/2. Frammenti vegetali decomposti. HCl=4. Limite superiore abrupto disturbato da manovra.

**27.38-27.20 m:** Limi argillosi (20%) organici con livelli millimetrici inorganici (5Y5/3; HCl=3-4). Colore 2.5Y3/2. Rari frammenti di Molluschi. Frammenti vegetali. HCl=0. Limite superiore netto disturbato da manovra.

**27.20-27.00 m:** Limi con argilla (30%) con intercalate lamine organiche millimetriche. Colore 5Y5-6/3. Rari frammenti di Molluschi. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**27.00-26.97 m:** Limi con sabbie. Laminazione planare millimetrica. Colore 5Y5/4. Rari frammenti di Molluschi. Frammenti vegetali decomposti. HCl=4. Limite superiore netto disturbato per manovra.

**26.97-26.81 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici con livelli organici (2.5Y3/1; HCl=2) sub centimetrici a .97, .95, .89, .86, .83, .81. Laminazione planare millimetrica molto disturbata. Colore

2.5Y4/3. Frammenti di Molluschi anche sub centimetrici. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto disturbato per manovra.

**26.81-26.26 m:** Limi con argilla passanti verso l'alto (.60) a limi argillosi e con livello organico sub centimetrico al tetto. Laminazione planare millimetrica con tracce di bioturbazione. Colore 5Y5/2. Gasteropodi dulcicoli sia interi che in frammenti. Presenza diffusa di sostanza organica e di frammenti vegetali fino a .60. HCl=4. Limite superiore chiaro.

**26.26-25.65 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) con intercalati livelli sub centimetrici di sabbie e sabbie limose grigie. Intervallo deformato da manovra. Laminazione a scala maggiore. Colore 5Y5/3. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**25.65-25.50 m:** Mancato recupero.

**25.50-25.20 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) con intercalati livelli da sub centimetrici a millimetrici di sabbie limose grigie. Laminazione a scala maggiore. Colore 5Y5/3. Frammenti vegetali, tracce di radice. HCl=4. Limite superiore abrupto.

**25.20-25.10 m:** Sabbie (100-150  $\mu$ m) limose (30%) grigie con intercalati livelli limosi millimetrici. Laminazione planare millimetrica. Frammenti vegetali, tracce di radice. HCl=4. Limite superiore netto.

**25.10-24.45 m:** Limi argillosi (20%) che diventano debolmente sabbiosi (5%) verso il tetto con intercalazioni sabbiose tra .99-.97, .80-74, .67-.66. Laminazione planare millimetrica talora evidente. Colore 2.5Y5/2-3. Gasteropodi in frammenti millimetrici e interi. Frammenti vegetali decomposti, tracce di radice. HCl=4. Limite superiore chiaro disturbato da manovra.

**24.45-24.20 m:** Limi sabbiosi (30%) argillosi (15%) con al tetto un livello di 2 cm di sabbie. Laminazione planare disturbata da manovra. Colore 2.5Y5/2-3. Rari frammenti millimetrici di Molluschi. Rari frammenti vegetali decomposti. HCl=4. Limite superiore netto.

**24.20-24.17 m:** Limi argillosi debolmente sabbiosi organici. Laminazione planare millimetrica disturbata da manovra. Colore 2.5Y3/2. Frammenti millimetrici di Gasteropode (un opercolo). Frammenti vegetali. HCl=3. Limite superiore abrupto disturbato per manovra.

**24.17-24.07 m:** Argilla con limo. Intervallo deformato da manovra. Colore 2.5Y6/2-3. Rari frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**24.07-24.00 m:** Mancato recupero.

**24.00-23.37 m:** Alternanze di livelli da centimetrici a sub-centimetrici di sabbie limose (30%) e di livelli millimetrici di limi sabbioso argillosi. Evidente laminazione planare. Colore sabbie 5Y5/3, limi 5Y5-6/2. Frammenti millimetrici di Gasteropodi. Tracce di radici. HCl=3-4. Limite superiore chiaro.

**23.37-23.25 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) debolmente organici. 40% di bioturbazione. Colore 2.5Y4/3. Gasteropodi interi e in frammenti millimetrici. Rari frammenti vegetali. HCl=2. Orizzonte A/C di suolo. Limite superiore abrupto.

**23.25-23.15 m:** Limi argillosi (20%) debolmente sabbiosi (10%) organici, al tetto aumenta la sabbia fino al 40%. Bioturbazioni, krotovina, riempiti di argille soprastanti. Colore 2.5Y3-4/2. Gasteropodi interi e in frammenti millimetrici. Presenza di macroresti vegetali (tra cui un seme) e frammenti vegetali. HCl=3. Orizzonte A di suolo. Limite superiore netto deformato da manovra.

**23.15-22.85 m:** Argille con limi. Laminazione millimetrica planare, forse bioturbato. Colore 2.5Y6/3. Frammenti vegetali e tracce di radici. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**22.85-22.65 m:** Intervallo completamente rimaneggiato dalla manovra costituito da sabbie limose con inclusi di limo argilloso.

**22.65-22.50 m:** Mancato recupero.

**22.50-21.66 m:** Intervallo costituito da alternanze di livelli da sub centimetriche a millimetriche di sabbie limose (a: .49, .44-37, .30-28, .18, .13, 22.00-21.82, .78, .73) limi sabbiosi e limi argillosi debolmente organico al tetto. Evidente laminazione da planare a incrociata con evidenza di strutture trattive. Colore 2.5Y6-5/4. Tracce di radici e frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto.

**21.66-21.49 m:** Intervallo completamente rimaneggiato costituito da limi torbosi. Laminazione probabilmente orizzontale completamente sconvolta. Colore 2.5Y3/2. Frammenti di Gasteropodi tra cui opercoli. Macroresti (tra cui muschi bruni). HCl=3. Limite superiore indeterminato.

**21.49-21.20 m:** Argille con limo più scuro e ricco in sostanza organica da 21.25 m al tetto. Laminazione millimetrica planare, marcata da frammenti organici. Colore 2.5Y5/3, nei livelli più chiari 2.5Y5/2. Frammenti di Gasteropodi tra cui opercoli. Frammenti vegetali e macroresti (tra cui muschi bruni). HCl=3. Limite superiore indeterminato.

**21.20-21.00 m:** Mancato recupero.

**21.00-20.69 m:** Argille con limo più scure e ricche in sostanza organica da 20.94 m al tetto. Laminazione millimetrica planare, marcata da frammenti organici, bioturbazione. Colore 2.5Y5/3, nei livelli più chiari 2.5Y6/2 che tra .65-.69 diventa 2.5Y5/2. Frammenti di Gasteropodi tra cui opercoli. Frammenti vegetali e macroresti (tra cui muschi bruni). HCl=3. Limite superiore netto.

**20.69-19.78 m:** Argille limose laminate con presenza di lamine da debolmente organiche a organiche più scure e lamine millimetriche sabbioso limose. Laminazione millimetrica planare, bioturbazione. Colore 2.5Y6/3. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore chiaro disturbato.

**19.78-18.15 m:** Argille limose laminate con presenza di lamine debolmente organiche leggermente più scure (18.45-41) e di lamine limoso sabbiose concentrate tra 19.75-26. L'intervallo tra 19.70-50 è rimaneggiato per manovra. Laminazione millimetrica planare, bioturbazione. Colore 2.5Y6/3. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore indeterminato per manovra, anche se le caratteristiche dei sedimenti non cambiano superiormente.

**18.00-17.80 m:** Argille limose laminate con presenza di lamine debolmente organiche leggermente più scure (.90-87) e di un livello gleyzzato (5Y5/2) da .84 al tetto. Laminazione millimetrica planare, bioturbazione. Colore 2.5Y6/3. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto ondulato.

**17.80-17.63 m:** Limi organici. Laminazione planare poco evidente, bioturbazione evidente soprattutto alla base e al tetto. Colore 2.5Y3/2. Frammenti vegetali e macroresti (tra cui muschi). HCl=2-3. Limite superiore abrupto irregolare per bioturbazione.

**17.63-17.22 m:** Argille limose laminate con alcune lamine millimetriche limoso sabbiose. Laminazione millimetrica planare, bioturbazione soprattutto tra .53-.44. Colore 2.5Y6/3. Frammenti vegetali. HCl=3-4. Limite superiore netto erosivo.

**17.22-17.11 m:** Alternanze di livelli centimetrici di sabbie (200 µm) e di lamine millimetriche di limi argillosi sabbiosi thickening downward. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6/3. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto, ondulato, erosivo.

**17.11-16.97 m:** Sabbie fini limose con lamine millimetriche limose. Laminazione millimetrica planare. Frammenti vegetali decomposti. HCl=4. Limite superiore abrupto e irregolare per manovra.

**16.97-16.87 m:** Limi argillosi (20%). Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6-5/3. Frammenti vegetali, il livello organico a .94 non è in posto, ma rimaneggiato da manovra. HCl=4. Limite superiore netto disturbato per manovra.

**16.87-16.85 m:** Limi argillosi (20%) organici con intercalate lamine inorganiche. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y4-3/2. Frammenti di Molluschi millimetrici. Frammenti vegetali. HCl=2. Limite superiore netto disturbato per manovra.

**16.85-15.90 m:** Argilla. Laminazione millimetrica planare poco evidente, probabile bioturbazione diffusa. Colore 2.5Y6-5/3. Rari frammenti di Molluschi millimetrici. Rari frammenti vegetali. HCl=3-4. Limite superiore chiaro.

**15.90-15.58 m:** Limi con argille (30%) debolmente sabbiosi. Probabile laminazione millimetrica planare molto disturbata dalla manovra. Colore 2.5Y6/3. Rari frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto deformato da manovra.

**15.58-15.55 m:** Torbe. Fittamente laminate. Colore 10YR2/1. HCl=0. Limite superiore netto deformato da manovra.

**15.55-15.30 m:** Argille. Laminazione millimetrica planare con presenza di lamine più organiche. Colore 2.5Y6-5/2. Rari frammenti vegetali. HCl=2-3. Limite superiore netto deformato da manovra.

Da 15.70 a 15.30 è incerta la reale successione nella carota per probabili rimaneggiamenti.

**15.30-15.00 m:** Manca il campionamento per compressione della carota.

**15.00-14.65 m:** Alternanze di livelli centimetrici-sub centimetrici di limi argillosi e di livelli millimetrici di limi con sabbie (40%). Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6/3. Rari frammenti vegetali, tracce di radici. HCl=3-4. Limite superiore netto.

**14.65-14.54 m:** Torbe e torbe limose. Fittamente stratificate. Colore 10YR2/1. Macroresti. HCl=0. Limite superiore netto.

**14.54-14.52 m:** Limi argillosi debolmente organici. Colore 2.5r5/1. Abbondanti frammenti vegetali e macroresti. HCl=2-3. Limite superiore abrupto.

**14.52-14.20 m:** Argille. Laminazione millimetrica planare con presenza di lamine più organiche e bioturbazioni che localmente raggiungono il 40%. Colore 2.5Y6-5/2. Rari frammenti di Gasteropodi. Rari frammenti vegetali e macroresti. HCl=2-3. Limite superiore chiaro.

**14.20-14.13 m:** Argille. Laminazione millimetrica planare con presenza di lamine più organiche. Colore 5Y5/1-2. Rari frammenti di Gasteropodi. Rari frammenti vegetali e macroresti. HCl=3. Limite superiore abrupto disturbato per manovra.

**14.13-14.07 m:** Limi argillosi (20%) organici. Bioturbazioni. Colore 2.5Y3/2. Frammenti di Gasteropodi. Frammenti vegetali e macroresti. HCl=4. Limite superiore netto incerto per manovra.

**14.07-13.90 m:** Argille con limo. Colore 2.5Y6-5/3. Frammenti vegetali. Radici piritizzate (diametro di 1-2 mm; lunghezza di 10 mm). HCl=3. Limite superiore indeterminato per manovra.

Intervallo completamente rimaneggiato di sedimenti che potrebbero essere estranei alla successione ed interposti accidentalmente tra gli intervalli 14.13-14.07 m e 13.50-13.46 m.

**13.90-13.50 m:** Mancato recupero.

**13.50-13.46 m:** Limi argillosi (20%) debolmente organici. Laminazione planare millimetrica con alcune lamine inorganiche. Bioturbazione. Colore 2.5Y5-4/2. Frammenti vegetali. HCl=3. Limite superiore netto bioturbato.

**13.46-13.38 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici. Laminazione planare millimetrica poco evidente con bioturbazione. Colore 2.5Y6/2. Frammenti di Gasteropodi. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto.

**13.38-13.20 m:** Alternanza di livelli pluri-centimetrici di argille con limo 2.5Y6/3 e di livelletti millimetrici di argille limose debolmente organiche 2.5Y5/2. Laminazione planare evidente, bioturbazione. Colore 2.5Y6/2. Frammenti vegetali nelle lamine debolmente organiche, rare radici piritizzate. HCl=4. Limite superiore netto.

**13.20-13.11 m:** Limi argillosi (25%) debolmente organici. Laminazione planare millimetrica poco evidente con bioturbazione. Colore 2.5Y6/2. Alla base frammenti di Gasteropodi. Alla base frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore abrupto bioturbato.

**13.11-12.70 m:** Alternanza di livelli da pluri-centimetrici a decimetrici di argille limose e limi argillosi. Laminazione millimetrica planare evidente con bioturbazione molto evidente tra 13.00-12.95, .92-83, .75. Colore 2.5Y6-5/3. Rari frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore chiaro.

**12.70-12.30 m:** Alternanza di livelli pluri-centimetrici di limi con argilla (30%), HCl=3, colore 2.5Y6-5/2 e livelletti da millimetrici a sub-centimetrici di sabbie limose (30%) grigie, HCl=4, con miche. Laminazione millimetrica planare evidente. Frammenti vegetali concentrati in lamine nelle sabbie, tracce di radici. Limite superiore chiaro disturbato.

**12.30-12.00 m:** Intervallo molto rimaneggiato (manovra) e probabilmente simile al livello 12.00-11.80 m, di sabbie fini (200 µm) con presenza di livelli limosi sub-centimetrici molto deformati. Strutture sedimentarie non riconoscibili. Frammenti vegetali e livelli di limi organici molto deformati. HCl=4. Limite superiore indeterminato.

**12.00-11.80 m:** Sabbie medio fini grigie (400-150 µm) limose muscovitiche FU (finning upward), tra .95 e .92 presenza di livelli sub-centimetrici più limosi 2.5Y6/4 con alla testa limi argillosi. Evidente laminazione millimetrica planare. Frammenti vegetali. HCl=4. Limite superiore netto ondulato.

**11.80-11.60 m:** Argille con limo, con livello più limoso tra .67-.70. Evidente laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6/2-4. Frammenti vegetali, tracce di radice con screziature lungo le pareti. HCl=4. 1% di concrezioni carbonatiche da 1 mm. Limite superiore netto.

**11.60-11.20 m:** Alternanze di livelli pluri-centimetrici di limi con argilla (30%) e di sabbie fini con limo (40%). Evidente laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6/2-3. Frammenti vegetali, tracce di radice. HCl=4. Fino al 5% di concrezioni carbonatiche dure da 1-2 mm nei livelli argillosi. Limite superiore chiaro.

**11.20-10.50 m:** Alternanze di livelli da millimetrici a centimetrici di limi argillosi (25%) e di limi con sabbie fini (40%). Intervallo fortemente rimaneggiato per manovra tra .50 e .70. Evidente laminazione millimetrica planare disturbata da manovra. Colore passa da 5Y6/2 alla base a G1 6/10Y alla testa. Tracce di radice. HCl=3-4. Fino al 5% di concrezioni carbonatiche dure da 1-2 mm nei livelli argillosi. Limite superiore chiaro.

**10.50-10.44 m:** Limi argillosi (25%). Evidente laminazione millimetrica da planare a ondulata forse disturbata. Colore G1 6/10Y. Tracce di radice. HCl=3-4. 3% di concrezioni carbonatiche dure da 1 mm. Limite superiore netto forse erosivo.

**10.44-10.40 m:** Sabbie fini con limo (40%). Evidente laminazione millimetrica planare evidenziata da lamine più limose. Colore 5Y6/2. HCl=4. Rare concrezioni carbonatiche dure da 1-2 mm. Limite superiore netto disturbato.

**10.40-10.23 m:** Limi con argilla (30%) con presenza di livelli più scuri (5/10Y) tra .36-.33 e .27-23. Colore 6/10Y. Frammenti di Molluschi. Tracce di radici. HCl=4. Concrezioni carbonatiche dure da 1-3 mm concentrate soprattutto a .32. Limite superiore netto disturbato manovra.

**10.23-10.20 m:** Sabbie fini con limo grigie muscovitiche. Laminazione millimetrica da planare a ondulata. HCl=4. Limite superiore netto.

**10.20-8.85 m:** Limi argillosi (25%) con livelli da millimetrici a sub centimetrici di sabbie con limo (HCl=4) molto compressi e rimaneggiati tra 9.60 e 9.00 m con presenza di materiali estranei all'intervallo tra 9.60 e 9.65 m (testa della manovra). Laminazione planare. Colore 6/10Y. Abbondanti frammenti organici millimetrici con evidenze di ossidoriduzione (2.5Y5/4-6) più abbondanti in alcune lamine sabbiose, tracce di radice. HCl=3. Concrezioni di carbonato dure da 2-3 mm. Orizzonte Ckg di suolo. Limite superiore netto forse bioturbato.

**8.85-8.58 m:** Limi argillosi (25%) debolmente sabbiosi (5-10%). Laminazione planare molto disturbata da successiva bioturbazione che raggiunge il 15%. Colore 6/10Y con 15% di screziature di 1-2 mm dal colore 2.5Y6/4-6. Frammenti vegetali e concentrazione di sostanza organica all'interno di canali di bioturbazione, tracce di radice. HCl=4. Rarissime concrezioni di carbonato dure da 2-3 mm. Orizzonte BCg di suolo. Limite superiore chiaro.

**8.58-8.40 m:** Limi con argille (30%) debolmente sabbiosi (5%). Bioturbazione che raggiunge il 25%. Colore di fondo 6-7/10Y con riempimenti di canali di bioturbazione dal colore 5/10Y. Frammenti vegetali anche pluri-millimetrici e concentrazione di sostanza organica all'interno di canali di bioturbazione, tracce di radice. HCl=4. Rarissime concrezioni di carbonato dure da 1 mm. Orizzonte Bg di suolo. Limite superiore chiaro bioturbato.

**8.40-7.90 m:** Argille debolmente organiche. Bioturbazione diffusissima. Colore 2.5Y4/1. Rarissimi frammenti di Molluschi bianchi a guscio fine. Frammenti vegetali e macroresti centimetrici al tetto (anche radici?), tracce di radice. HCl=0. Orizzonte A di suolo. Limite superiore abrupto bioturbato.

**7.90-7.80 m:** Limi torbosi passanti a torbe verso l'alto con macroresto vegetale al tetto. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 2.5Y3/1. Macroresti, foglie e macroresto di legno pluri-centimetrico al tetto. HCl=0. Orizzonte O di suolo. Limite superiore netto.

**7.80-7.12 m:** Argille con limo debolmente organiche. Laminazione planare millimetrica mal espressa al fondo e tra .47-42. Colore 2.5Y5-4/2. Conchiglie intere di: 7.52 *Limnea stagnalis* ?, 7.70 *Abra* ?, 7.40 *Setia*, tra 7.42-27 numerosi resti di Molluschi con vari Bivalvi in connessione. Macroresti torbosi e frammenti vegetali più abbondanti al fondo e tra .47-42. HCl dalla base fino a .65 e tra .50-40: 0-1; il restante 4. Limite superiore netto bioturbato.

**7.12-6.60 m:** Limi con argille con livello più scuro (2.5Y4/2; HCl=2) tra .68-66. Laminazione planare millimetrica marcata da presenza di macroresti torbosi. Colore 5Y5/2. Rari resti di Molluschi. Macroresti torbosi e frammenti vegetali. HCl=3-4. Limite superiore chiaro transizionale.

**6.60-6.38 m:** Argille con limo debolmente organiche. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 2.5Y5-4/2. Rari resti di Molluschi. Macroresti torbosi e frammenti vegetali. HCl=2. Limite superiore netto disturbato.

**6.38-6.33 m:** Argille limose organiche fortemente rimaneggiate dalla manovra probabilmente in continuità con l'intervallo 6.00-5.97 m. Strutture sedimentarie non riconoscibili per manovra. Colore 2.5Y4/2. Rari resti di Molluschi. Macroresti torbosi e frammenti vegetali. HCl=0-1. Limite superiore indeterminato.

**6.33-6.00 m:** Argille con limo completamente rimaneggiate con molti frammenti di Molluschi (testa della manovra) probabilmente estranee alla manovra e appartenenti all'intervallo 6.00-5.97 e 5.86-5.28.

**6.00-5.97 m:** Limi torbosi. Laminazione millimetrica planare. Colore 10YR2/1. Macroresti centimetrici. HCl=0. Limite superiore abrupto bioturbato.

**5.97-5.86 m:** Argille con limo debolmente organiche. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 2.5Y5-4/2. Rari resti di Molluschi. Macroresti torbosi e frammenti vegetali. HCl=1. Limite superiore chiaro.

**5.86-5.28 m:** Argille con limo. Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y5/2-1. Resti di Molluschi con diametro fino a 1 cm. Frammenti vegetali millimetrici. HCl=da 2 a 4. Limite superiore chiaro transizionale.

**5.28-4.92 m:** Argille con limo. Laminazione planare millimetrica poco evidente. Colore 5Y5/4-2. Rari resti di Molluschi millimetrici. Abbondanti frammenti vegetali pluri-millimetrici. HCl=1-2. Limite superiore chiaro transizionale.

**4.92-4.58 m:** Argille con limo con lamine più organiche (con una componente limoso sabbiosa tra .68-.58 forse per disturbo da carotaggio). Laminazione planare millimetrica. Colore 2.5Y5/2. Rari resti di



Molluschi millimetrici. Abbondanti frammenti vegetali pluri-millimetrici e macroresti centimetrici torbosi. HCl=3-4. Limite superiore indeterminato.

**4.58-3.90 m:** Argille con limo. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 2.5Y5/2. Macroresti torbosi e frammenti vegetali, radici, a 4.16 m macroresto legnoso pluri-centimetrico. HCl=2-3. Limite superiore abrupto.

**3.90-3.80 m:** Argille con limo. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 2.5Y6-5/1. Frammenti vegetali, radici. HCl=2-3. Limite superiore abrupto.

**3.80-3.52 m:** Argille con limo. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 2.5Y5/2. Macroresti torbosi e frammenti vegetali, radici. HCl=1-2. Limite superiore netto forse erosivo.

**3.52-3.28 m:** Sabbie fini limose con intercalate lamine millimetriche di limi argillosi più concentrate verso il tetto dell'intervallo. Laminazione millimetriche planare. Colore 2.5Y6/2. Frammento di mollusco a .48. Tracce di radici. HCl=3-4. Limite superiore indeterminato per manovra.

**3.28-3.00 m:** Testa della manovra completamente rimaneggiata.

**3.00-2.93 m:** Sabbie fini limose con intercalate lamine millimetriche di limi argillosi. Laminazione millimetrica planare. Colore 2.5Y6/2. Macroresto vegetale a .97. HCl=4. Limite superiore abrupto forse bioturbato.

**2.93-2.83 m:** Argille con limo. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 5Y4/2. Rari frammenti millimetrici di Molluschi (continentali o lagunari?). Macroresti torbosi e frammenti vegetali, radici. HCl=3. Limite superiore chiaro transizionale.

**2.83-2.65 m:** Argille con limo organiche. Bioturbazione. Meno organiche 5Y4/2, più organiche 2.5Y3/1. Sostanza organica dispersa, macroresti torbosi e frammenti vegetali, radici. HCl=1. Limite superiore abrupto.

**2.65-2.45 m:** Argille con limo, con un livello meno ricco in sostanza organica tra .52-.46. Laminazione planare millimetrica mal espressa. Colore 5Y4/2. Macroresti torbosi e frammenti vegetali, radici, più concentrati al tetto. HCl=1. Limite superiore abrupto bioturbato.

**2.45-2.31 m:** Torbe limose. Laminazione planare millimetrica. Colore 10YR3/2. Macroresti. HCl=0. Limite superiore indeterminato.

**2.31-1.30 m:** Torbe limose.

**1.30-0.00 m:** Fosso artificiale.

#### ***4.5 - Descrizione sedimentologica e sintesi stratigrafica***

Il carotaggio TdM rappresenta il sondaggio stratigrafico di riferimento di questo lavoro. La sequenza litologico-stratigrafica, a partire dal fondo, può essere suddivisa nei seguenti intervalli, in base ai risultati ottenuti con le analisi effettuate per la realizzazione del Foglio Geologico 107 “Portogruaro” (FONTANA *et al.*, 2012).

##### 94,00-70,50 m:

Alternanze centimetriche e decimetriche di limi, limi argillosi e, secondariamente, di sabbie limose e sabbie fini che raggiungono lo spessore massimo di 1,4 m tra 87,80-86,40 m. Presenza di orizzonti torbosi e organici, a 73,50 m, 76,50 m, 77,20 m, 82,10 m, 83,00 m, 86,20 m, tra 90,00 e 91,00 m, 93,40 m. Tali livelli di torbe, indicanti un ambiente palustre, hanno uno spessore di 10-15 cm ma potrebbero essersi stati più grossi ed a causa del carico litostatico essersi assottigliati. Suoli poco sviluppati a 83,50 m, 90,80 m e 93,40 m. Tra 83,50 e 86,00 m argille organiche fortemente bioturbate, ricche di gasteropodi di acqua dolce, interpretabili come depositi di palude di bassa profondità. Indizi di esposizione subaerea anche al tetto dell'intervallo (abbondanti tracce di radici), che però è stato fortemente eroso dall'instaurarsi dell'ambiente marino soprastante.

L'intervallo è interpretato come una serie di depositi alluvionali di piana d'erosione, *crevasse splay* e argine naturale correlati a fiumi con andamento *braided* di tipo sabbioso; le facies sono confrontabili con quelle formatesi durante il LGM nella bassa pianura veneto-friulana. L'intero intervallo, dunque, viene attribuito allo stadio isotopico marino (MIS) 6. Nello specifico, si tratta delle alluvioni deposte durante il penultimo ciclo glaciale (Riss *Auctorum*), quando le fronti dei ghiacciai alpini stazionavano.

##### 70,50-68,45 m:

Intervallo di sabbie limose passanti a limi argillosi da 69,85 m, marcato alla base da una evidente *ravinement surface*, caratterizzata da icnofacies tipo *Glossifungites*, che rappresenta l'arrivo della trasgressione tirreniana. Altre interpretazioni evidenziano, inoltre, che tale superficie sia legata non solo a variazioni del livello del mare, ma

probabilmente anche allo spostamento del delta il quale ha determinato un cambiamento della geografia. Anche sulla base dell'associazione di foraminiferi e della presenza di *Turritella* e *Scafopoda* sono interpretati come depositi di piattaforma interna.

68,45-64,90 m:

Sabbie fini da debolmente limose a limose, disposte in strati da centimetrici a decimetrici con rari banchi pluridecimetrici. Presenza di rari bioclasti corrispondenti a frammenti di molluschi d'ambiente salato. Alla base è riconoscibile una superficie erosiva che potrebbe essere legata ad una caduta del livello eustatico (RMSE: *Regressive Marine Surface of Erosion*) o all'attivazione di lobi deltizi in prossimità della zona del carotaggio. I sedimenti sono interpretati come depositi di *deltafront*.

64,90-61,0 m:

Limi debolmente sabbiosi, sabbie fini limose tra 63,60-64,00 m e poi limi argillosi passanti a limi debolmente sabbiosi. Alla base abbondante presenza di gasteropodi e bivalvi marini che divengono rari sopra 64,00 m; si tratta di un ambiente di piattaforma interna.

61,00-54,10 m:

Alternanze centimetriche o decimetriche di sabbie fini, limi sabbiosi e secondariamente limi, marcato alla base da una superficie erosiva che potrebbe essere legata ad una caduta del livello eustatico (RMSE) o all'attivazione di lobi deltizi in prossimità della zona del carotaggio. Tra 55,00-55,75 m sabbie fini limose con abbondanti frammenti di bivalvi e gasteropodi marini e rari ciottoli calcarei dispersi nella matrice (diametro massimo 1,5 cm), questi ultimi arrotondati e caratterizzati da fori millimetrici di *Clyona* di circa 1-2 cm. Le facies deposizionali sono compatibili con un ambiente di fronte deltizia.

54,10-50,40 m:

Livelli di sabbie fini centimetrici e decimetrici alternati con limi sabbiosi talvolta debolmente organici. L'analisi petrografica delle sabbie indica una composizione percentualmente ricca in rocce vulcaniche e metamorfite. Tra 50,50-51,40 m sabbie fini

con presenza di rari clasti arrotondati pluricentrici di sabbie cementate. Alcuni clasti torbosi centimetrici si trovano tra 53,50-54,00 m e a 54,10-54,30 m è presente un orizzonte torboso molto compatto con all'interno gasteropodi continentali. E' possibile che tale strato si sia formato durante in un periodo caratterizzato da condizioni temperate fredde coincidente con uno stadiale (MIS 5d o 5b) ma, data la sua posizione all'interno della sequenza e l'aspetto della carota, è ipotizzabile che si tratti di un clasto di torbe eroso da intervalli più bassi della serie stratigrafica (es. sedimenti alluvionali del MIS 6) e risedimentato in depositi alluvionali. Pur essendo caratterizzato da facies sedimentologiche confrontabili con depositi tipo *deltafront*, si ipotizza che questo intervallo corrisponda a depositi continentali.

#### 50,40-41,70 m:

Intervallo marcato alla base da una superficie erosiva sopra cui, fino a 48,40 m, vi sono ghiaie molto fini (2-3 mm) e sabbie da grosse a medie con limitato arrotondamento, caratterizzate da una composizione percentualmente ricca in rocce vulcaniche e metamorfite; le sabbie hanno una notevole componente micacea, soprattutto muscovitica; presenza in questi orizzonti grossolani di frammenti di molluschi di ambiente salmastro (*Loris peslactium*, *Bittium calabro*) e di gusci interi di gasteropodi dulciacquicoli (*Valvata piscinalis*, *Planorbide*), resti di ostriche madreperlacee; abbondanza di resti vegetali e frammenti di legno. Sopra 48,40 m si riconosce un'alternanza ripetuta tra strati di sabbie medio-fini massive e laminazioni centimetriche di sabbie fini e limi sabbiosi. Individuati rarissimi frammenti millimetrici di molluschi marini fino a 46,20 m. Come per quello sottostante, si ipotizza che questo intervallo sia costituito da depositi fluviali, che forse hanno rielaborato sedimenti lagunari posti più a monte.

Nel complesso, tra 54,00-42,00 m non vi sono indicazioni di ambiente marino. La presenza di intervalli grossolani con abbondanza di macroresti vegetali testimonia probabilmente di un ambiente alluvionale, forse in prossimità di area deltizia. È ipotizzabile un inquadramento dei sedimenti superiori a 54,00 m nei substage del MIS 5 successivi al 5e.

#### 41,70-37,50 m:

Depositi argilloso-limoso organici con frammenti vegetali e resti di gasteropodi di palude alluvionale, anche abbondanti, fino a 41,00 m; vi sono poi alternanze centimetriche di sabbie fini e limi sabbiosi fino a 39,00 m e poi da limi con tracce di radici che corrispondono probabilmente a depositi di piana d'erosione e *crevasse splay*. Al tetto si riconoscono concrezioni carbonatiche e presenza di tracce di radici; le concrezioni sono correlabili alla dissoluzione, migrazione e precipitazione di carbonati per azione degli acidi umici liberati dal potente intervallo organico soprastante. A 40,05 si ha la presenza di strutture trattive, indicanti un ambiente continentale, ma essendo solo un piccolo livello potrebbe essere dovuto soltanto ad una piena. Si presume l'appartenenza della base dell'intervallo al MIS 4.

#### 37,50-35,20 m:

Torbe e limi fortemente organici notevolmente consolidati e con laminazione millimetrica molto evidente. Il top (35,22 m) è stato datato col metodo del radiocarbonio a  $35.900 \pm 290$   $^{14}\text{C}$  BP. Al tetto dell'intervallo sottostante si riconoscono concrezioni carbonatiche e presenza di tracce di radici; anche in questo caso le concrezioni sembrano correlabili alla presenza delle torbe. Corrisponde ad una stasi sedimentaria perdurata verosimilmente per alcune migliaia di anni, durante la quale l'area è stata occupata da estese aree paludose.

#### 35,20-32,30 m:

Alternanze di limi e limi-argillosi, interpretati come depositi di piana d'erosione, caratterizzati al tetto da un paleosuolo ben sviluppato, con concrezioni carbonatiche centimetriche e conservazione di parte degli orizzonti superficiali, datati a  $21.990 \pm 280$   $^{14}\text{C}$  BP. Il profilo pedologico da inceptisuolo (B-Bwg-Bk-Ck) indica una prolungata esposizione subaerea che corrisponde ad una stasi sedimentaria che è durata nella zona fino all'arrivo dei sedimenti del LGM.

#### 32,30-8,40 m:

Alternanze centimetriche e decimetriche di limi, limi argillosi e, secondariamente, sabbie limose e sabbie fini. Orizzonti torbosi e limosi organici da centimetrici a decimetrici a 30,80 m, 26,80 m, 27,20 m, 24,20 m, 21,50 m, 20,70 m, 17,60 m, 16,85 m, 15,55 m, 14,50 m, 14,10 m, 13,40 m, 13,15 m; spesso al loro interno si trovano frammenti vegetali, fra cui resti di briofite e resti di gasteropodi d'acqua dolce, fra cui opercoli. La datazione di un intervallo torboso a 13,47 m ha fornito una datazione di  $18.465 \pm 185$  anni  $^{14}\text{C}$  BP. Al tetto dell'intervallo si riconosce un suolo calcico ben evoluto (profilo A/B-Bg-Cg-Ck), che con l'orizzonte Ck giunge a 11,50 m, ed è correlabile con il cosiddetto "caranto". Tale suolo è il prodotto dell'esposizione subaerea tra la fine del LGM (circa 18.000-15.000 a.C.) e la formazione della laguna olocenica attorno al 5000 a.C. L'intervallo è costituito da depositi alluvionali di piana d'esondazione, *crevasse splay* e argine naturale correlati a corsi *braided/wandering* di tipo sabbioso attivi durante il LGM.

#### 8,40-7,80 m:

Argille organiche con abbondanti macroresti vegetali, frammenti di gasteropodi continentali e tracce di radici. Sono interpretati come depositi di palude d'acqua dolce legata alla stagnazione delle acque superficiali per effetto della trasgressione marina.

Questo strato si è formato inglobando l'orizzonte A del suolo sviluppato sui depositi alluvionali sottostanti ed è stato poi sommerso dalla laguna. La datazione della testa ha fornito un'età di  $6580 \pm 55$  anni BP che corrisponde al momento di impostazione dell'ambiente lagunare.

#### 7,80-3,50 m:

Argille e argille limose di ambiente lagunare separate dalla sequenza di piana alluvionale sottostante da una superficie erosiva su cui si trovano anche macroresti legnosi. Comune presenza di frammenti vegetali, di molluschi e associazioni micropaleontologiche di ambiente salmastro (*Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus*, *Bittium*).

3,50-2,90 m:

Alternanze centimetriche di limi sabbiosi e sabbie fini corrispondenti a depositi di dosso fluviale del fiume Livenza di età postromana e prerinascimentale.

2,90-0,00 m:

Torbe e argille organiche passanti verso il tetto a limi e limi argillosi; abbondanti frammenti vegetali e tracce di radici. Depositi di palude salmastra soggetta a regime intertidale e probabilmente influenzata da input di acqua dolce; la superficie è stata bonificata artificialmente alla fine del XIX secolo.

TORRE DI MOSTO (TdM) [N45°37'18" - E12°45'20"; -1,4 m s.l.m.]

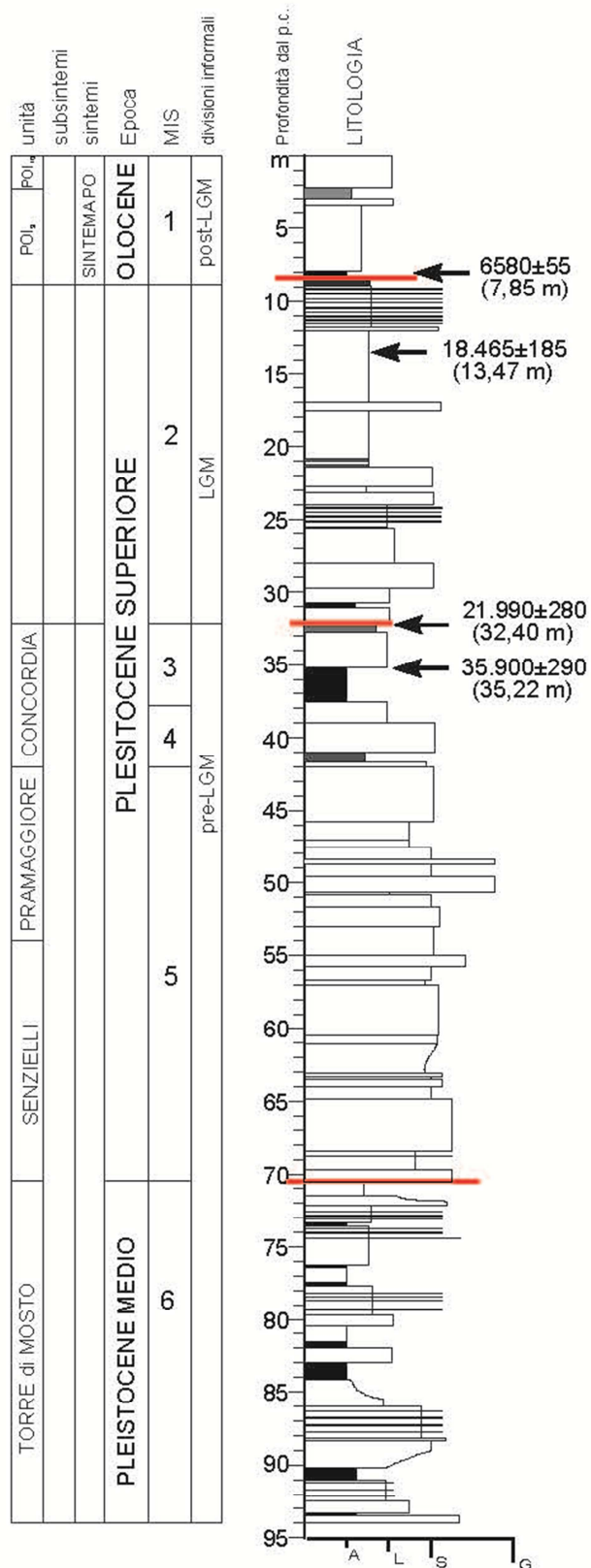


Fig. 4.2 - Log stratigrafico totale del carotaggio TdM (da FONTANA *et al.*, 2012).



## Capitolo 5

### CAROTAGGI SD4 - SD5bis

#### *5.1 - Introduzione ai carotaggi*

I sondaggi SD4 ed SD5bis sono stati effettuati vicino l'area di servizio di Cessalto, per la realizzazione della III corsia dell'autostrada A4, all'interno del lotto di progettazione tra San Donà di Piave ad Alvisopoli. Sono stati effettuati dalla dell'impresa S.P.G. s.r.l. (Sacchetto Perforazioni Geotecnica) su incarico della ditta Geodata s.p.a. di Torino mediante una perforazione a carotaggio continuo con metodo wireline. Le carote, realizzate per scopi geotecnici, sono state messe poi a disposizione per lo studio dettagliato grazie ad un accordo formalizzato tra l'ex Dipartimento di Geografia di Padova e Geodata s.r.l. Le casse con le carote sono conservate nel piazzale dell'ex barriera autostradale di Marcon-Mestre.

I due sondaggi sono stati perforati a 800 m di distanza l'uno dall'altro.

- Il sondaggio SD4 è stato effettuato tra il 27 e il 30/10/2008, le coordinate geografiche sono di 45°42'20''N - 12°36'28''E. La profondità raggiunta è di 40 m dal piano campagna. La quota piano campagna è di 3,6 m s.l.m.
- Il sondaggio SD5bis è stato effettuato tra l'11 e il 12/11/2008, le coordinate geografiche sono di 45°42'33''N - 12°37'00''E. La profondità raggiunta è di 40 m dal piano campagna. La quota piano campagna è di 4,0 m s.l.m.

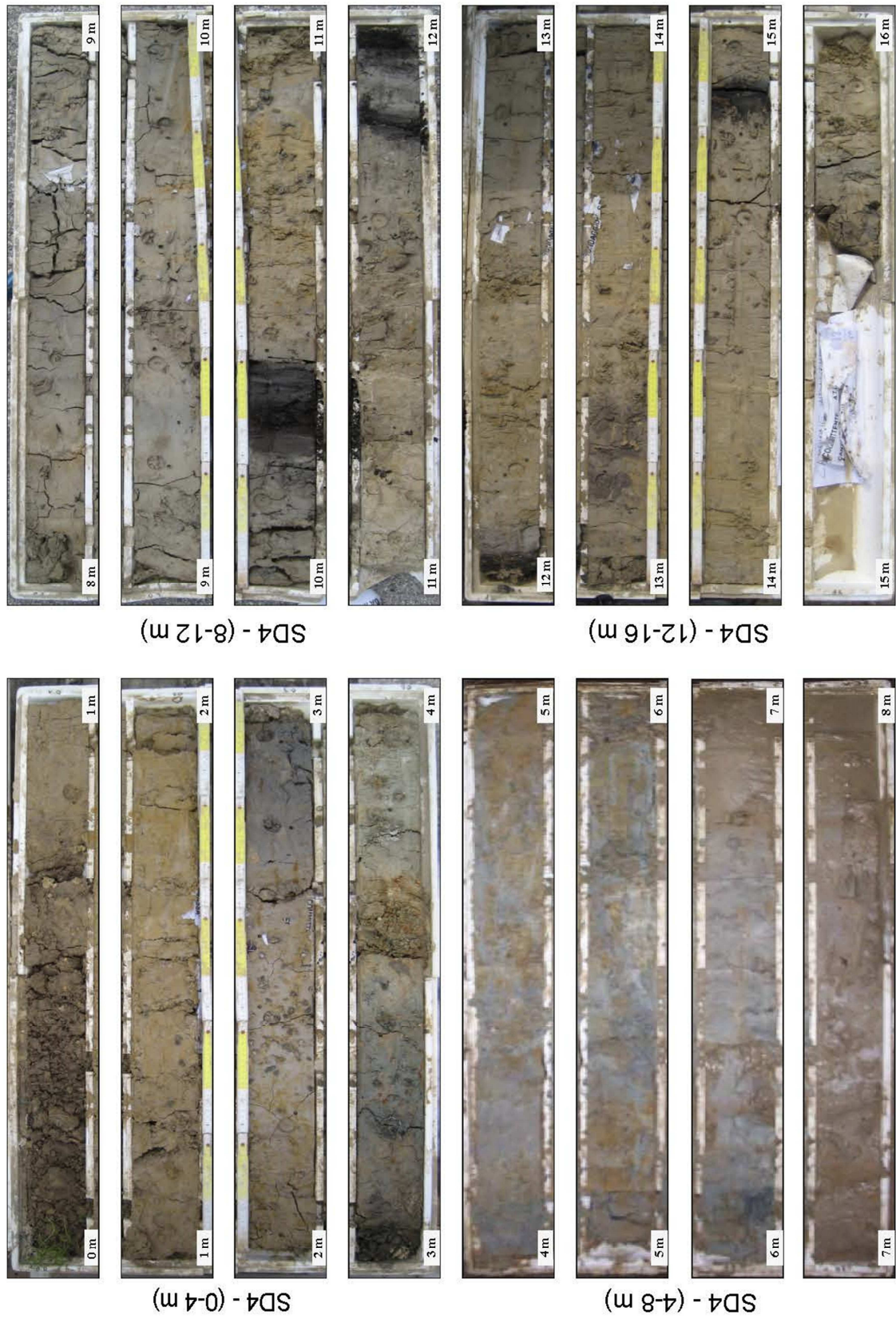
Durante la fase di descrizione e campionamento delle carote sono stati prelevati numerosi campioni per studi di carattere stratigrafico e petrografico.

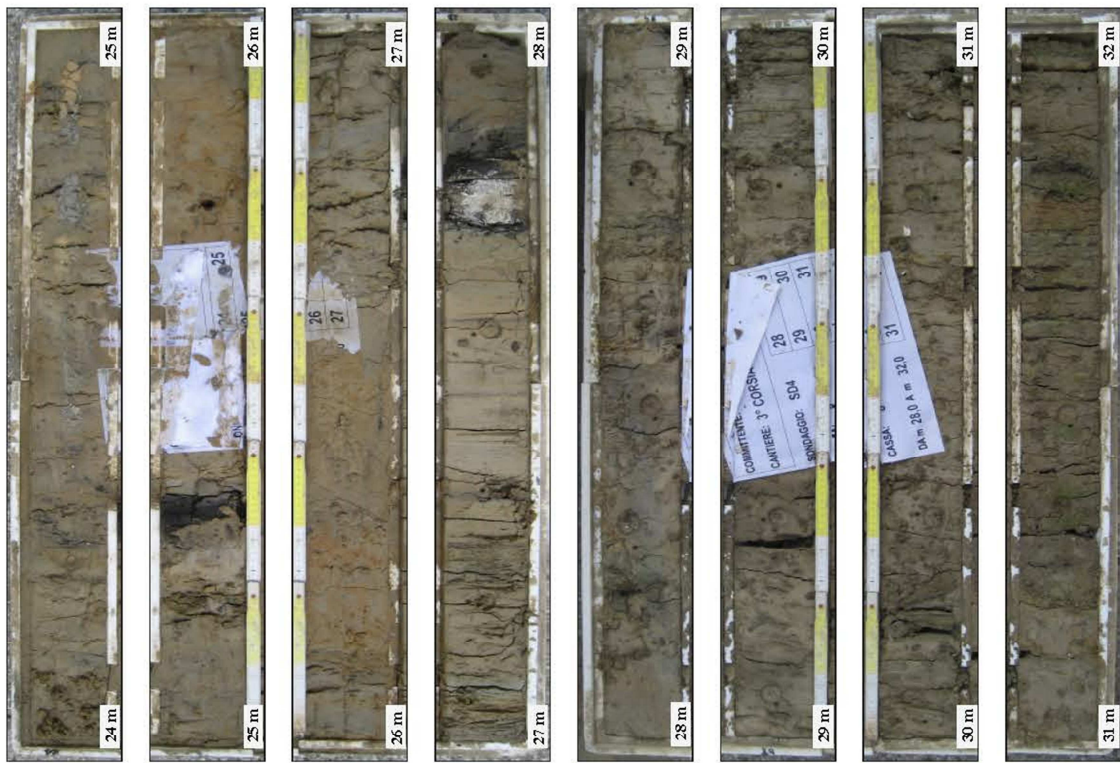
I carotaggi sono stati studiati originariamente nell'ambito del progetto di Ateneo "Produzione, trasferimento e deposizione sedimentaria nel bacino del Fiume Piave in relazione ai cambiamenti climatici, l'impatto antropico dal LGM al Presente", finanziato dall'Università di Padova (responsabile Prof. Alberto Carton; codice CPDA077247).



**Fig. 5.1 - Ubicazione dei sondaggi SD4 ed SD5bis.**

## 5.2 - Fotografie del sondaggio SD4

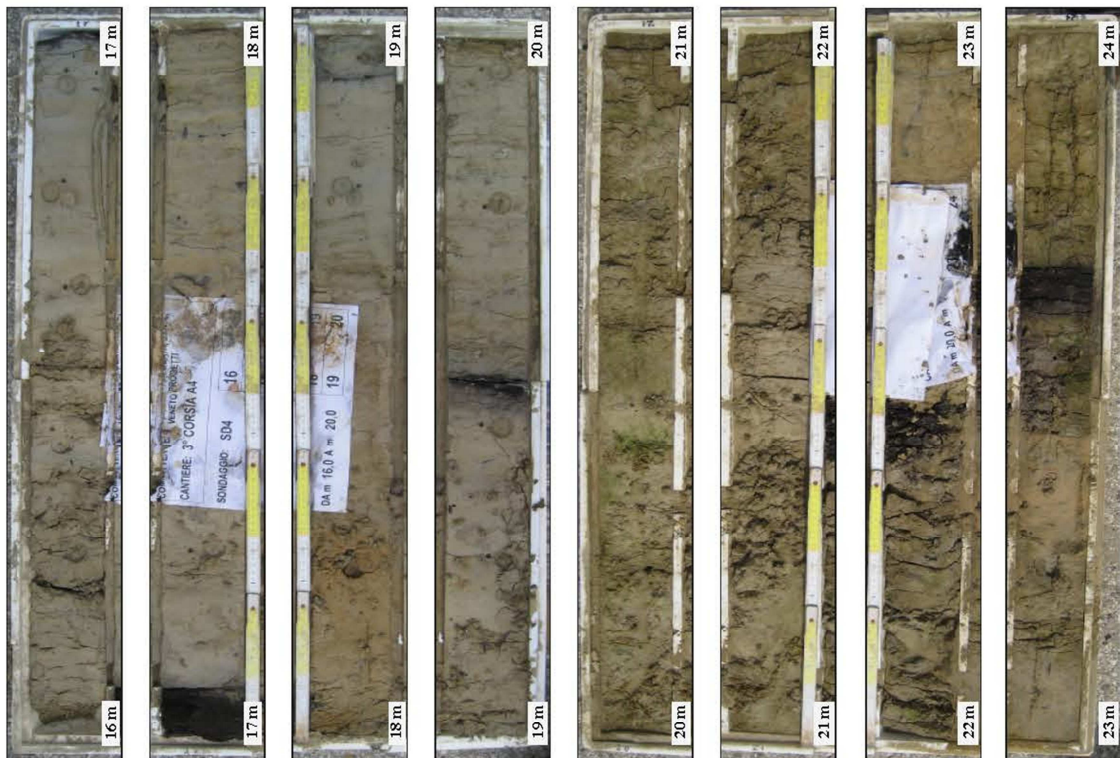




SD4 - (24-28 m)



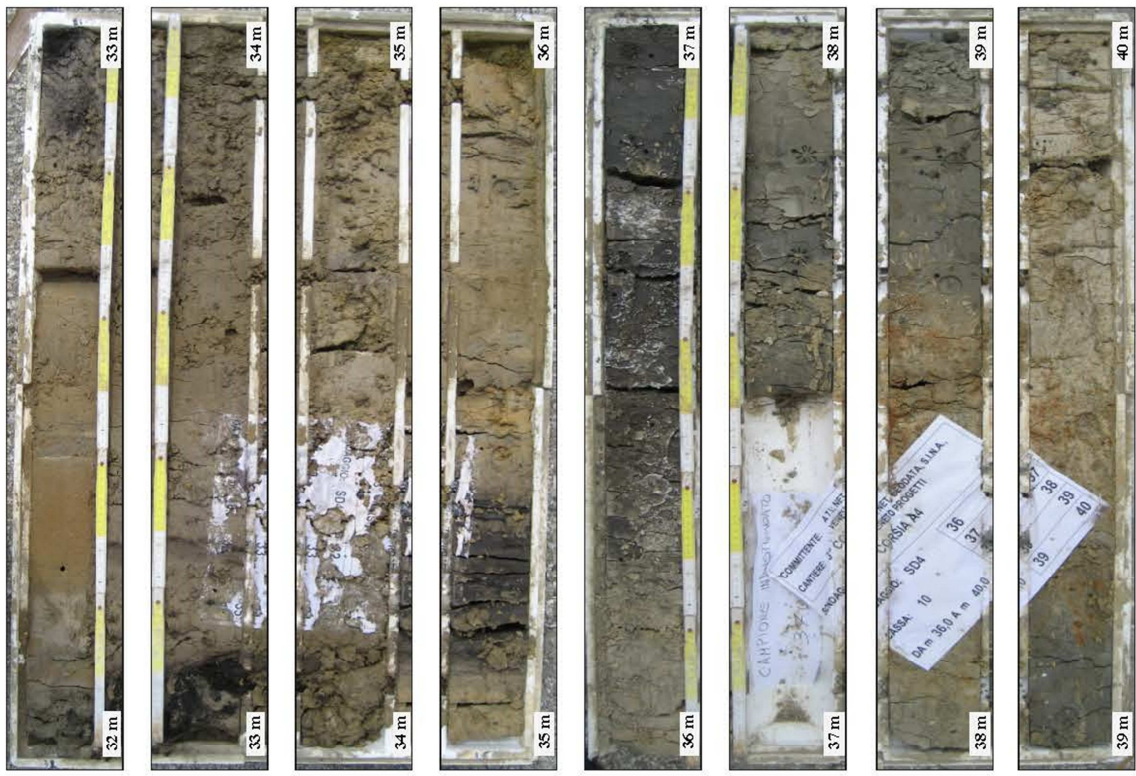
SD4 - (28-32 m)



SD4 - (16-20 m)



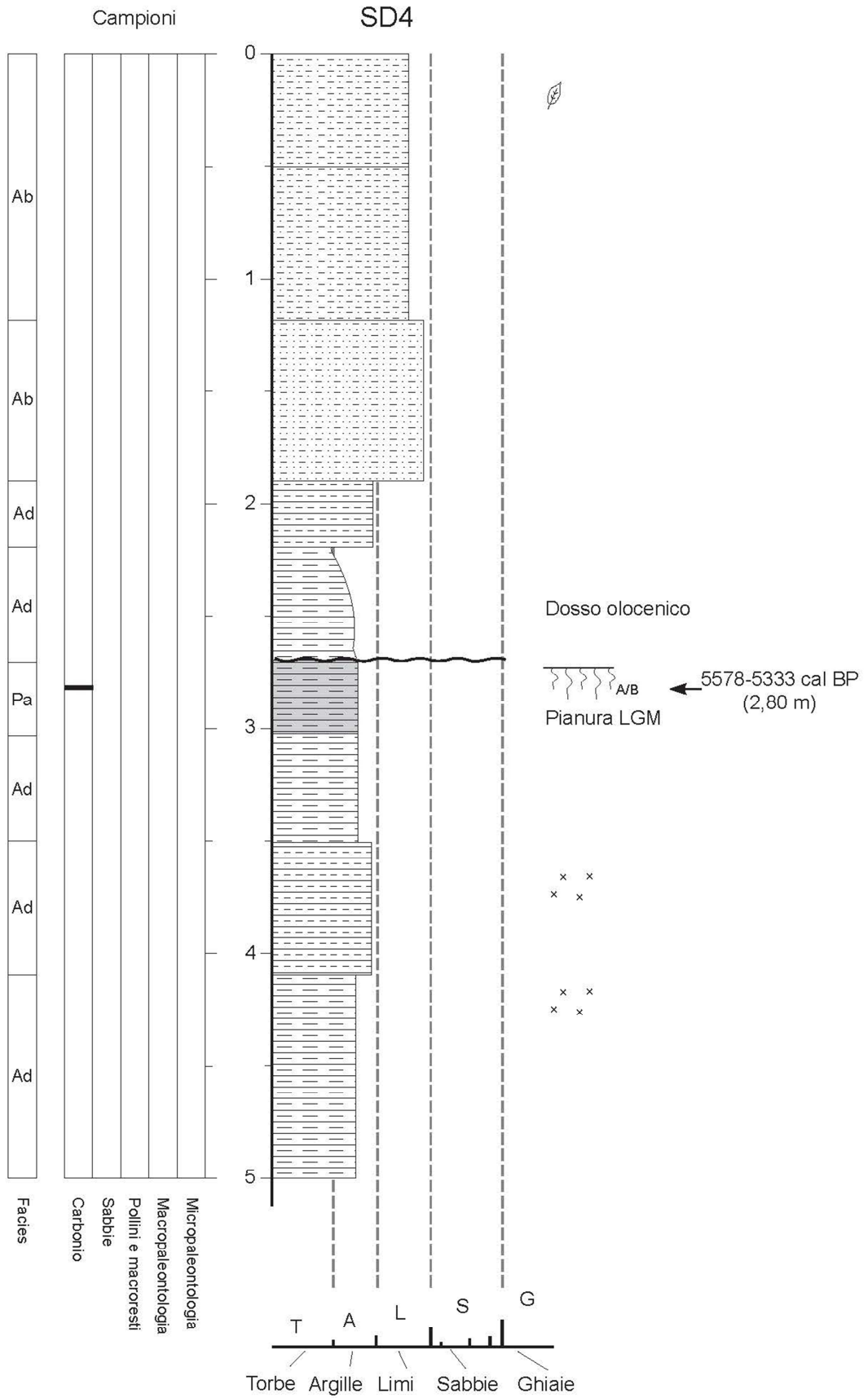
SD4 - (20-24 m)

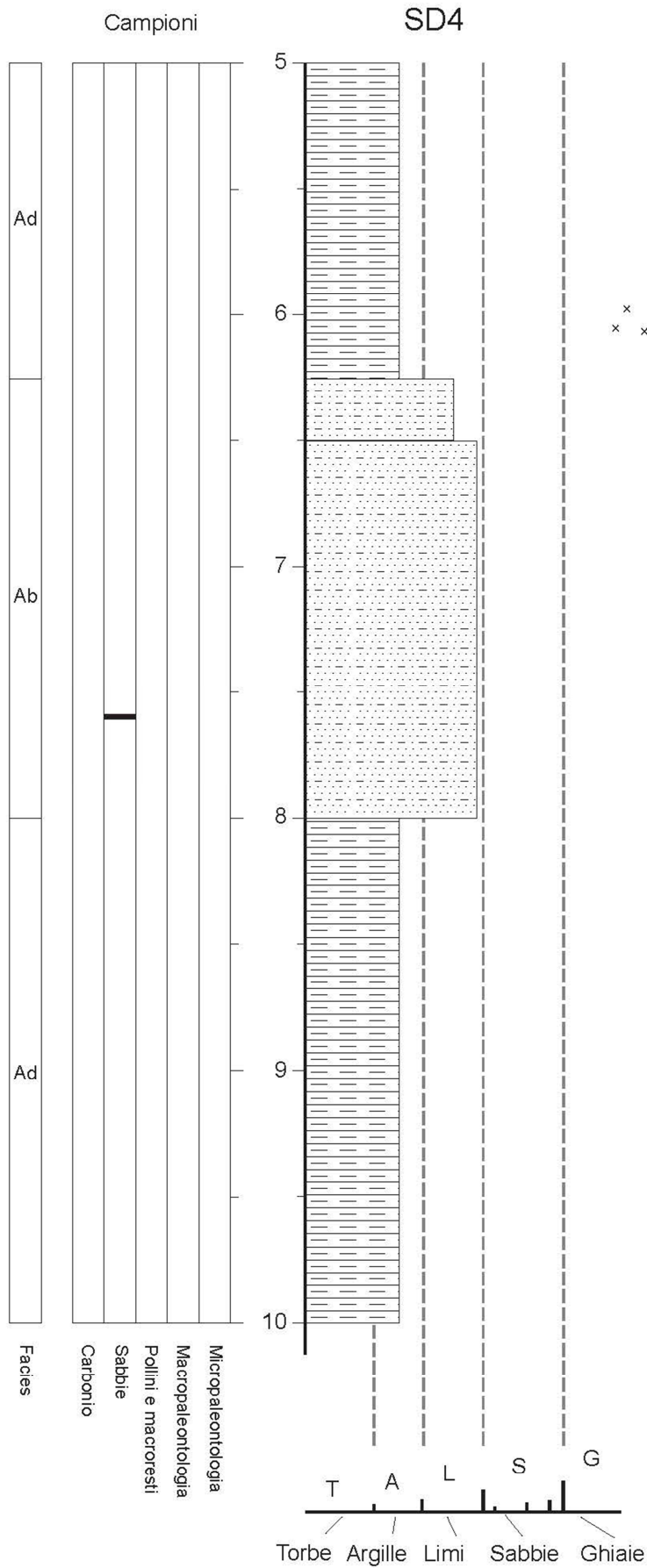


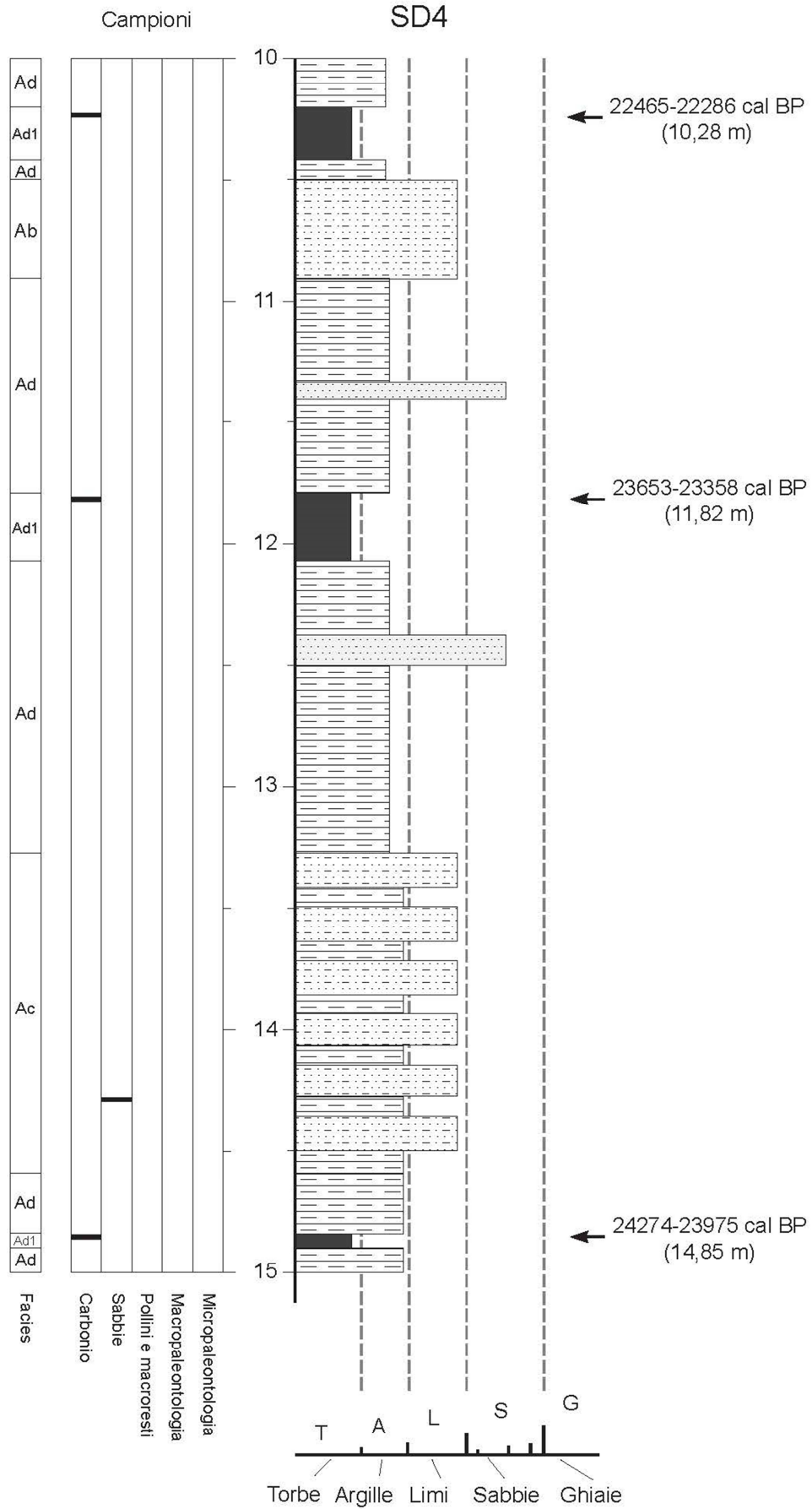
SD4 - (32-36 m)

SD4 - (36-40 m)

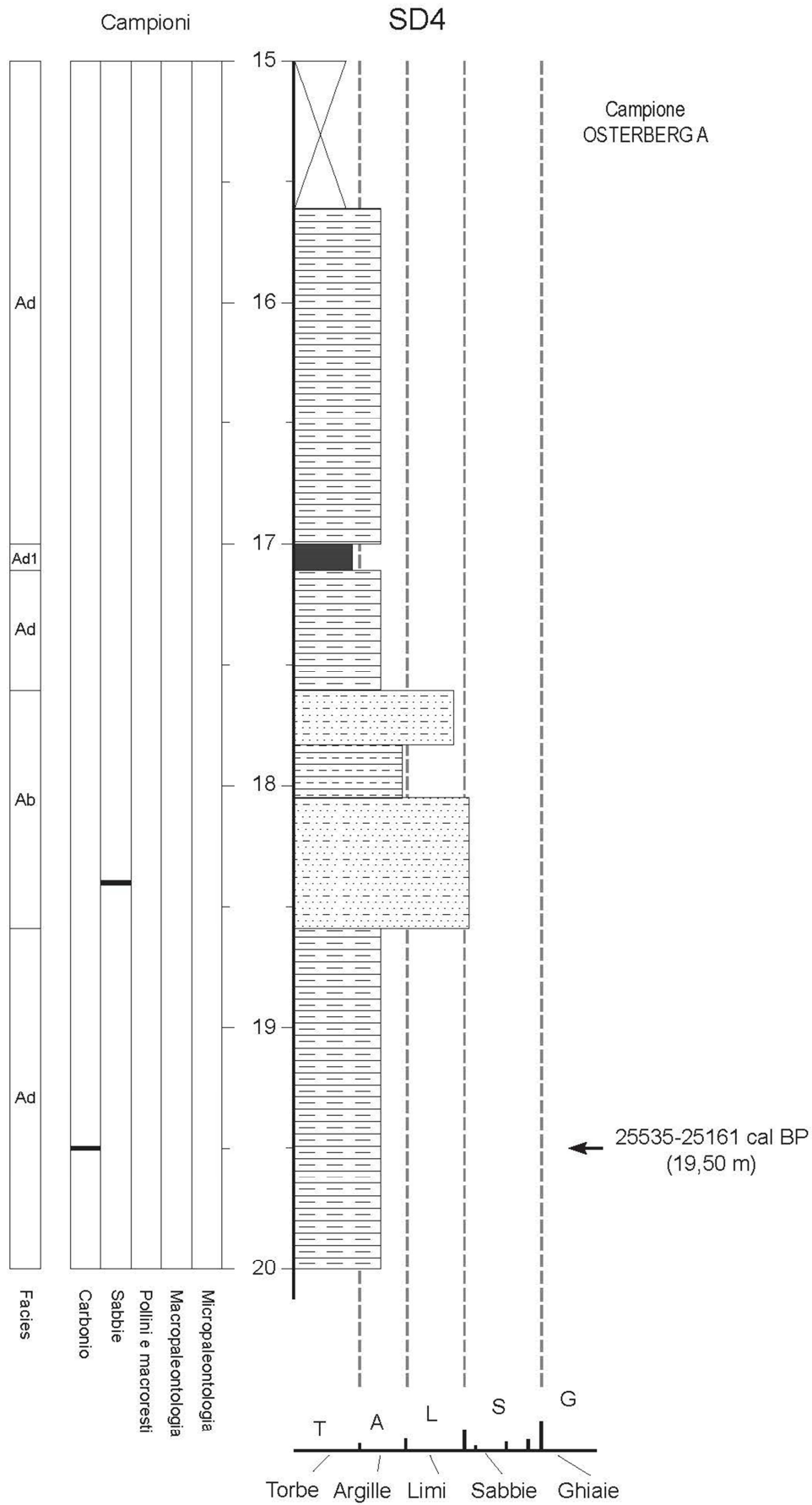
### 5.3 - Log stratigrafico del sondaggio SD4

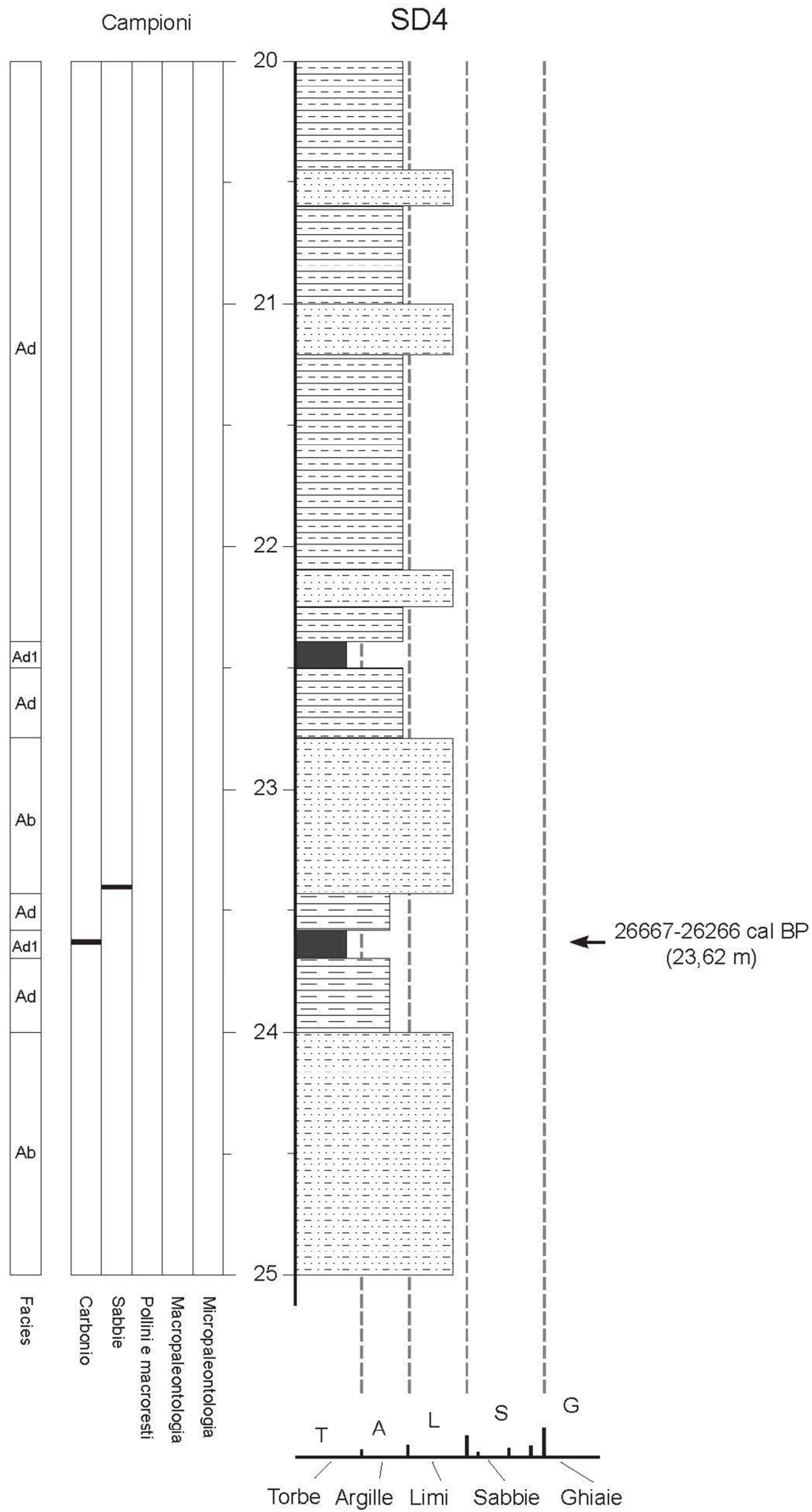


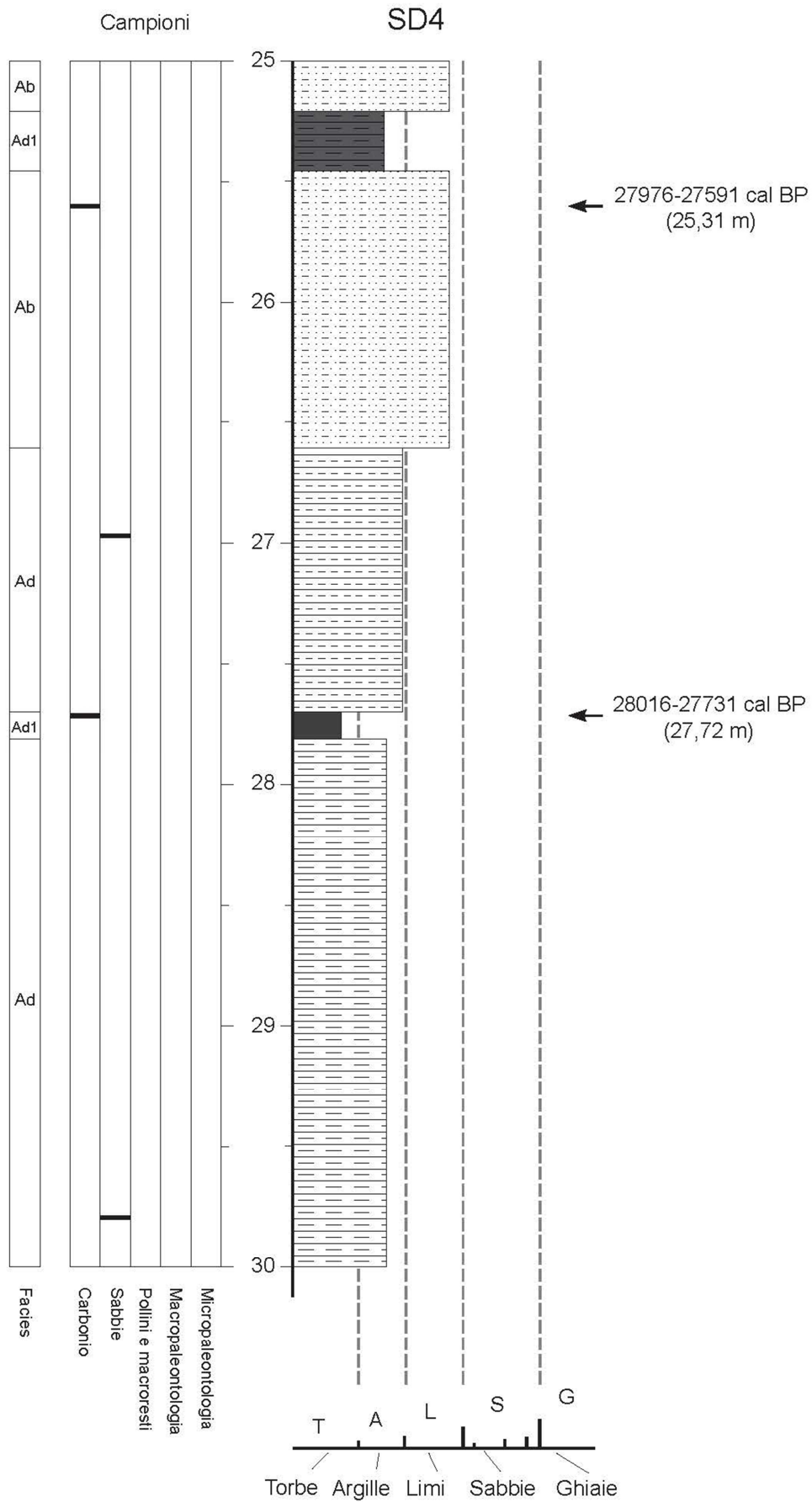


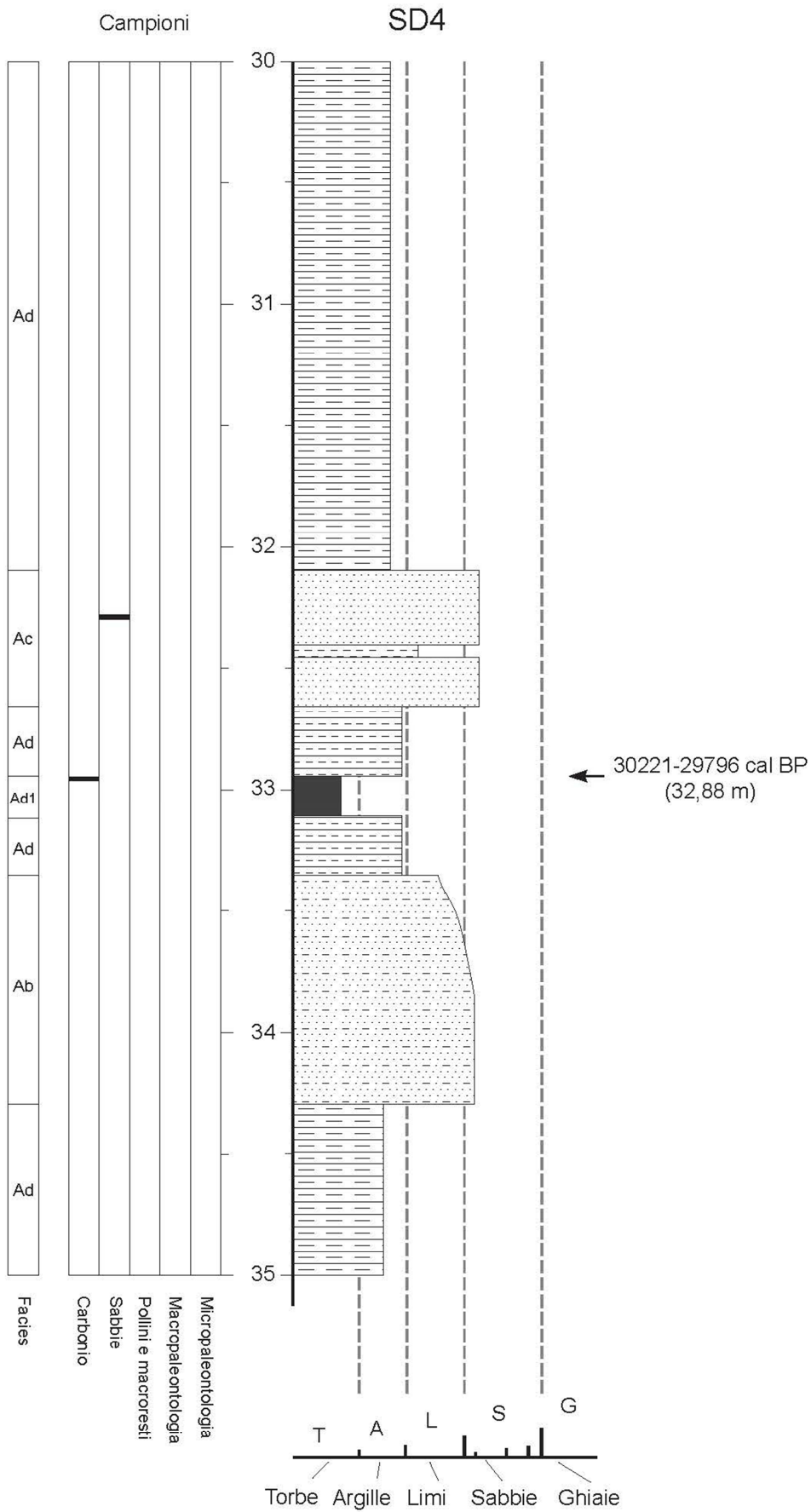














## ***5.4 - Descrizione dettagliata del sondaggio SD4***

**40.00-37.50 m:** Argilla debolmente limosa grigia con rare concrezioni carbonatiche. Livello di limo argilloso tra 39.20 e 39.60 m.

**37.50-37.00 m:** Campione OSTERBERG B.

**37.00-36.20 m:** Argilla torbosa nerastra.

**36.20-35.70 m:** Argilla debolmente limosa grigia.

**35.70-35.50 m:** Sabbia fine limosa grigia.

**35.50-34.30 m:** Argilla debolmente limosa grigia. Livello di torba tra 35.10 e 35.35 m.

**34.30-33.35 m:** Sabbia fine da debolmente limosa a limosa grigia.

**33.35-32.65 m:** Limo argilloso grigio con torba tra 32.95 e 33.10 m.

**32.65-32.10 m:** Sabbia fine con livello limoso tra 32.40 e 32.45 m.

**32.10-26.60 m:** Limo debolmente argilloso grigio passante ad argilla debolmente limosa a tratti sabbiosa. Livello di torba tra 27.70 e 27.80 m.

**26.60- 24.90 m:** Sabbia fine limosa grigia. Livello di argilla limosa con torba tra 25.20 e 25.45 m.

**24.90-24.00 m:** Sabbia con limo grigia.

**24.00-23.45 m:** Argilla debolmente limosa grigia da scura a chiara. Livello di torba tra 23.60 e 23.70 m.

**23.45-22.80 m:** Sabbia fine limosa grigia.

**22.80-20.00 m:** Limo argilloso sabbioso grigio. Livelli di sabbia limosa tra 20.45 e 20.60 m; 21.00 e 21.20 m; 22.10 e 22.25 m. Livello di torba tra 22.40 e 22.50 m.

**20.00-18.60 m:** Argilla debolmente limosa grigia.

**18.60-17.60 m:** Sabbia limosa grigia passante a sabbia debolmente limosa. Livello di limo argilloso tra 17.85 e 18.05 m.

**17.60-17.10 m:** Argilla limosa grigia a tratti sabbiosa.

**17.10-17.00 m:** Torba.

**17.00-15.60 m:** Argilla debolmente limosa grigia.

**15.60-15.00 m:** Campione OSTERBERG A.

**15.00-14.60 m:** Argilla debolmente limosa grigia con livello di torba tra 14.85 e 14.90 m.

**14.60-13.20 m:** Alternanze centimetriche di sabbia limosa ed argilla limosa.

**13.20-10.90 m:** Argilla debolmente limosa grigia. Livello di torba tra 11.80 e 12.05 m e livello sabbioso tra 11.35 e 11.40 m; 12.40 e 12.50 m.

**10.90-10.50 m:** Sabbia fine limoso grigia.

**10.50-8.00 m:** Argilla debolmente limosa grigia. Livello di torba tra 10.20 e 10.40 m.

**8.00-6.50 m:** Sabbia fine debolmente limosa grigio nocciola.

**6.50-6.25 m:** Sabbia fine limosa grigia.

**6.25-4.10 m:** Argilla limosa grigia con livelli ocre e rare concrezioni carbonatiche.

**4.10-3.50 m:** Limo argilloso grigio chiaro con rare concrezioni carbonatiche.

**3.50-2.20 m:** Argilla da debolmente limosa a limosa grigia da chiara a scura con strie ocre.

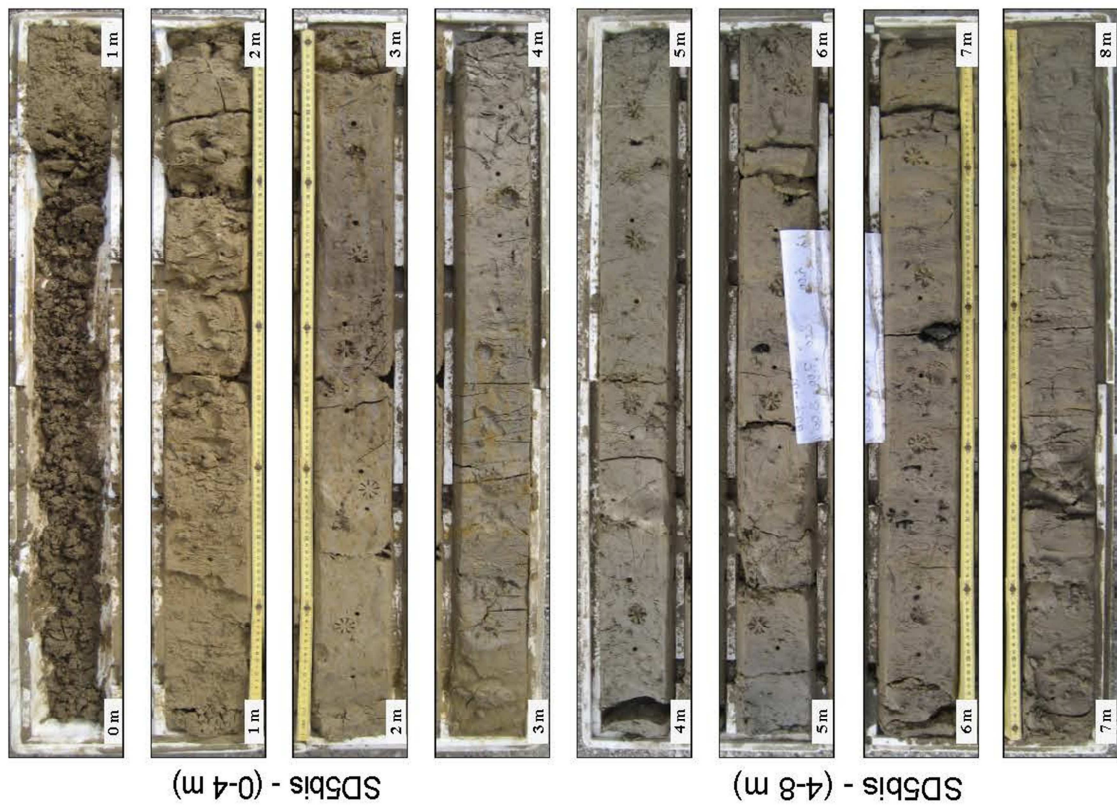
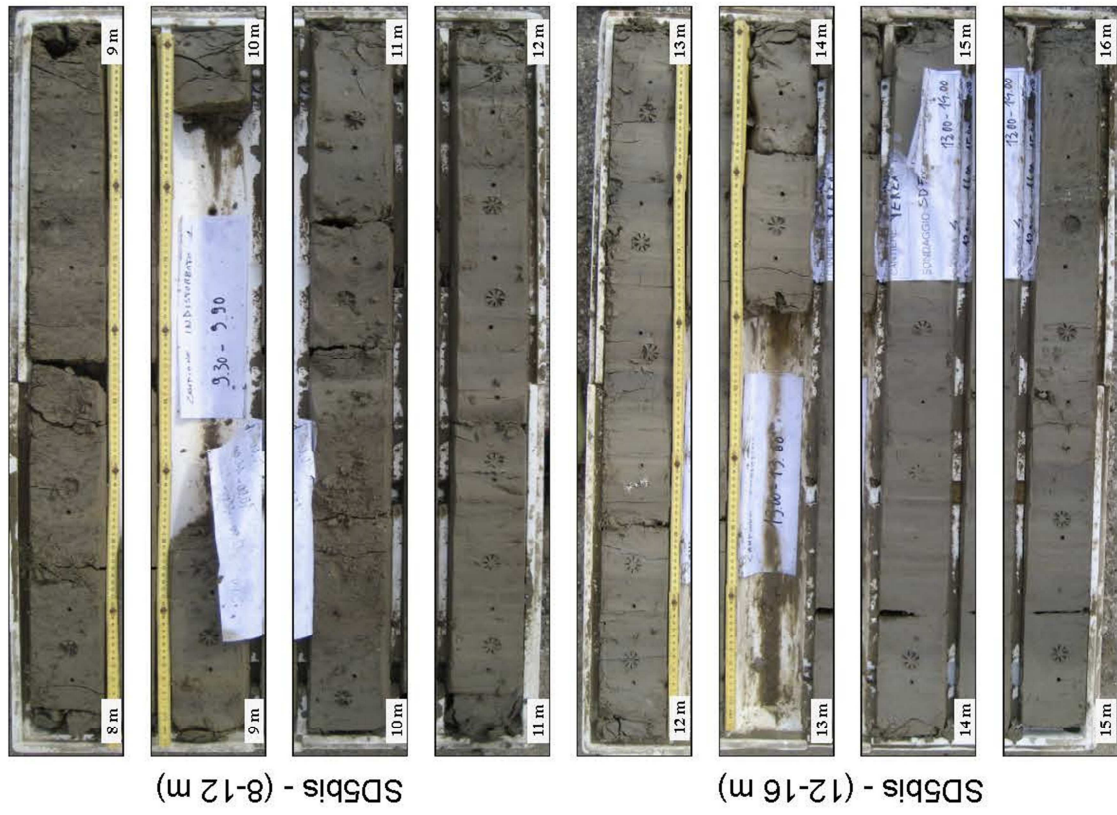
**2.20-1.90 m:** Limo argilloso nocciola.

**1.90-1.20 m:** Sabbia fine limosa nocciola.

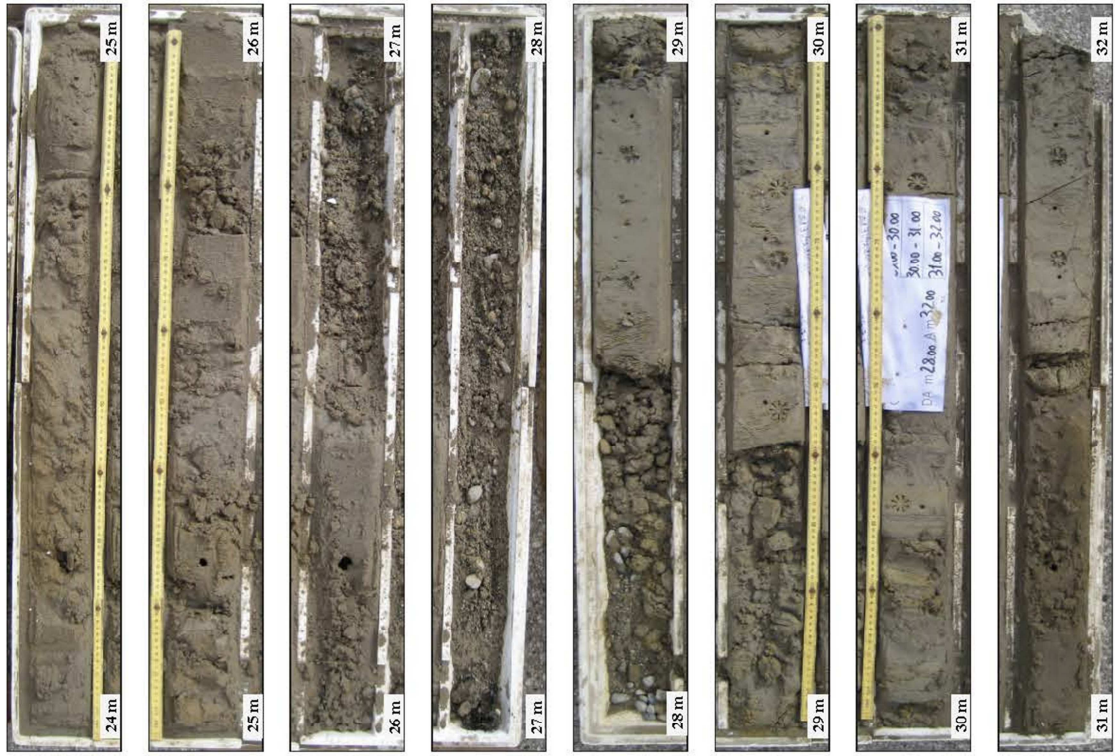
**1.20-0.50 m:** Limo sabbioso nocciola.

**0.50-0.00:** Limo con sabbia bruno. Al tetto resti vegetali.

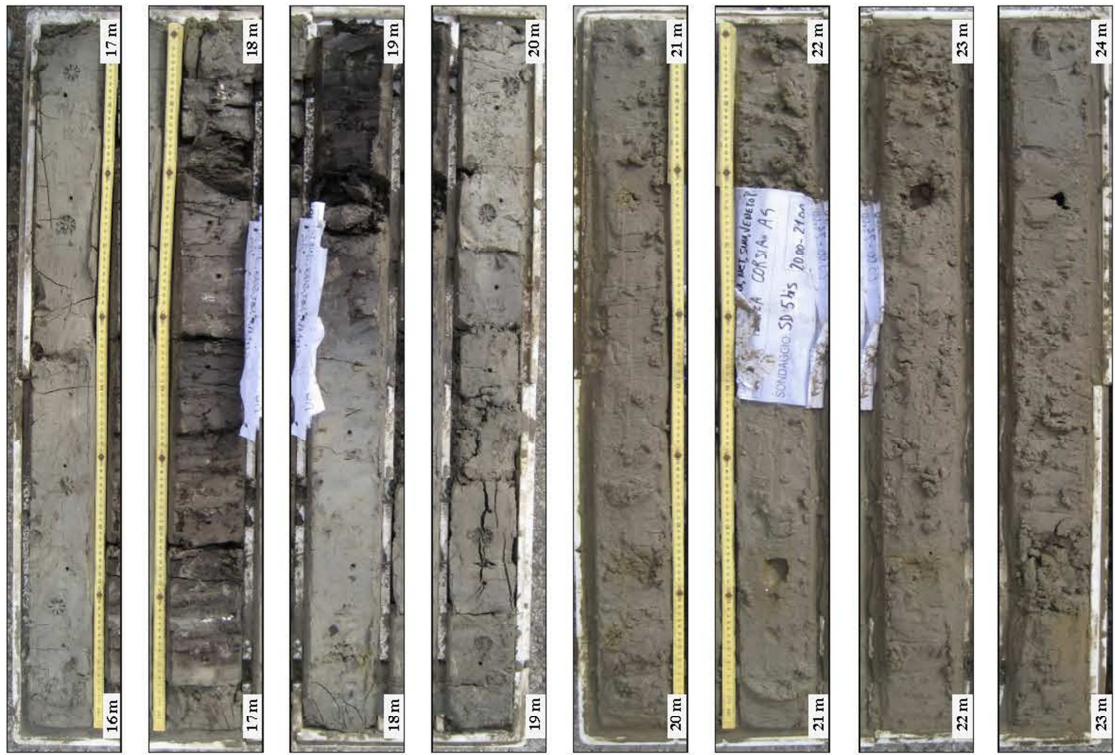
## 5.5 - Fotografie del sondaggio SD5bis



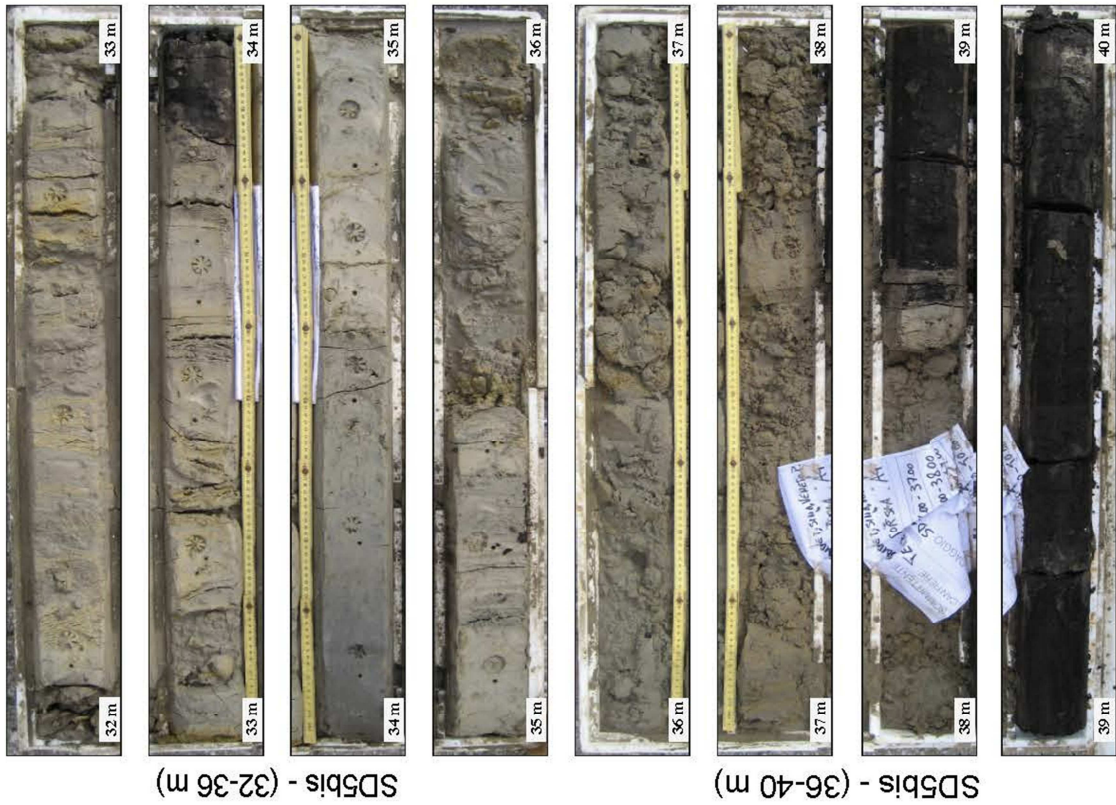




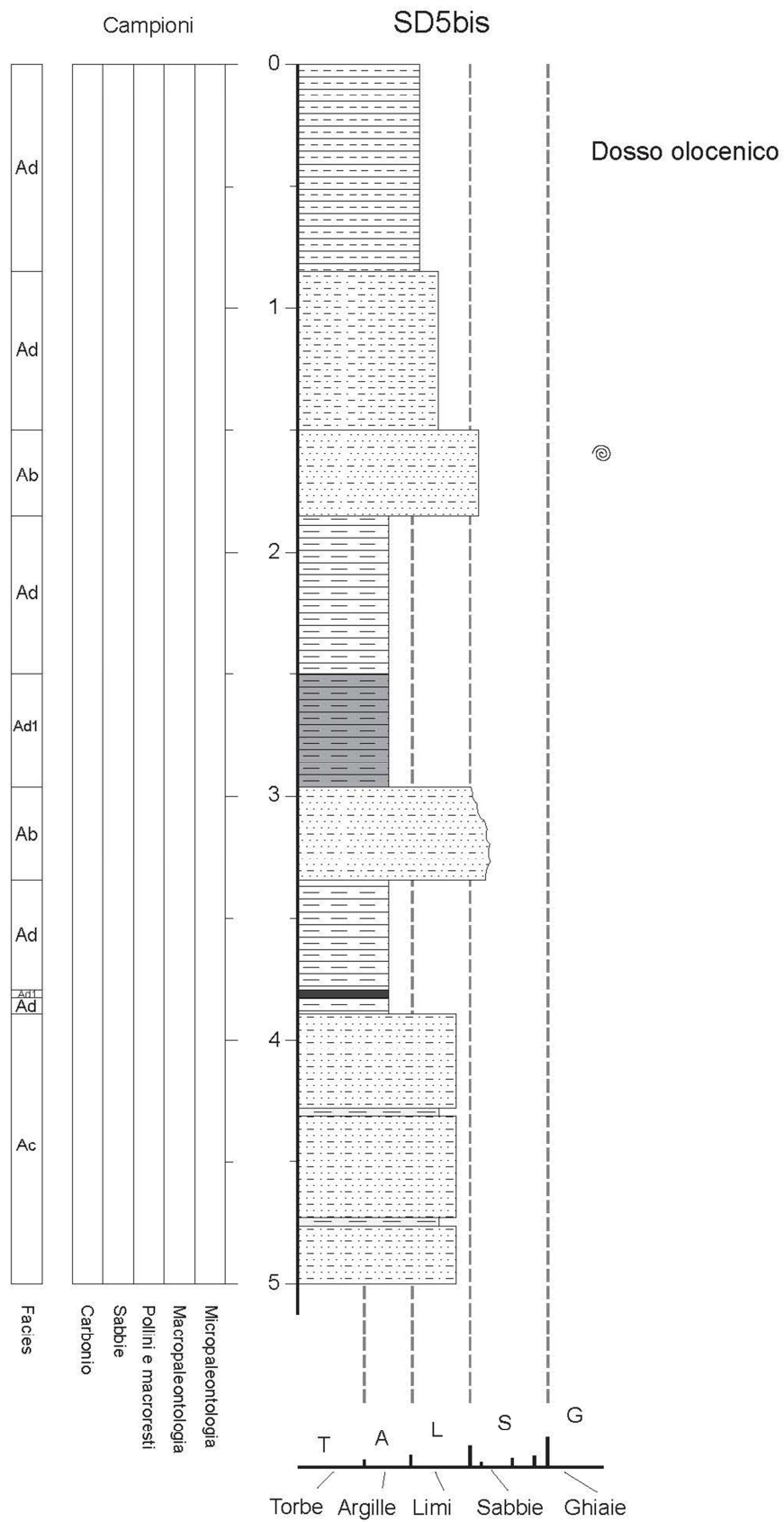
SD5bis - (24-28 m)      SD5bis - (28-32 m)

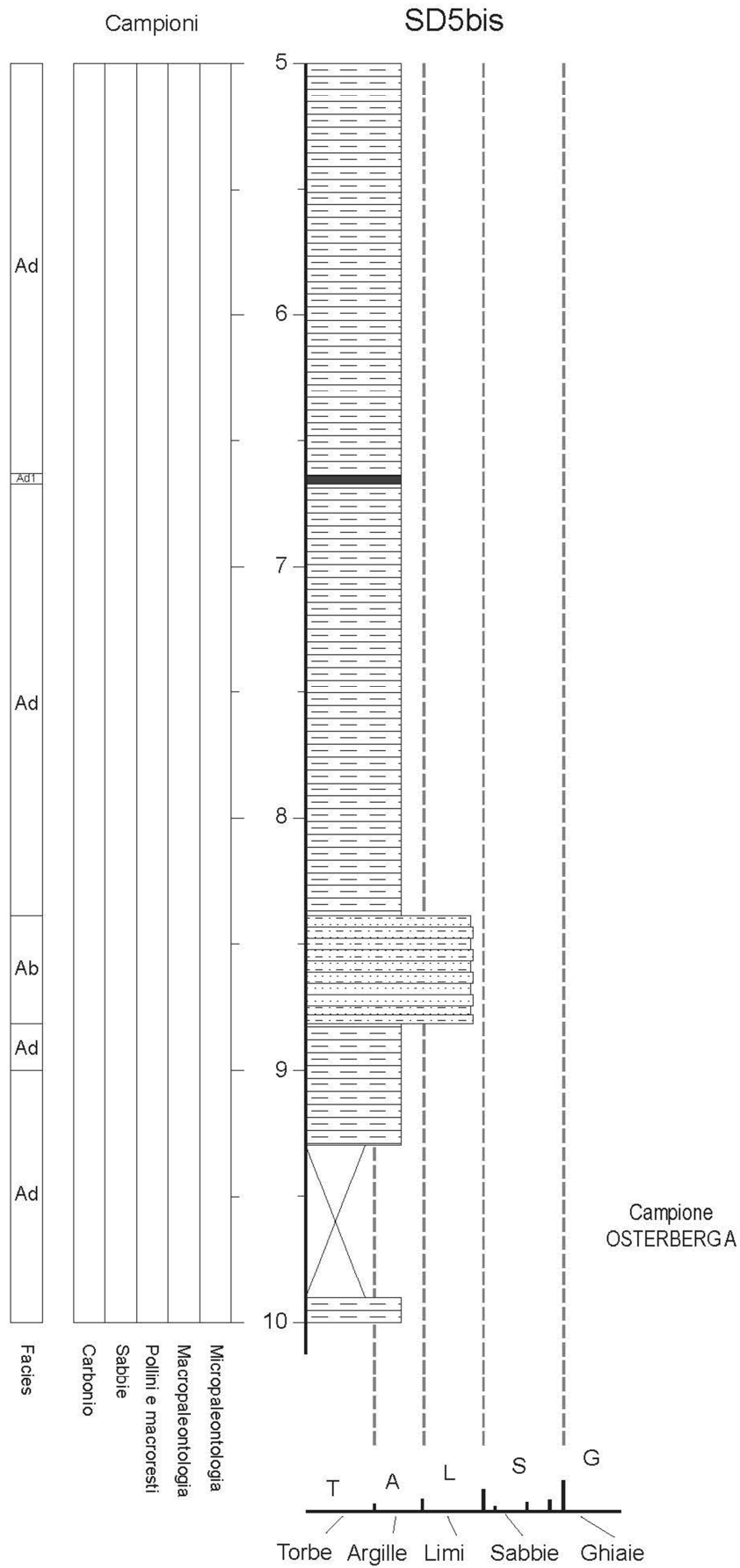


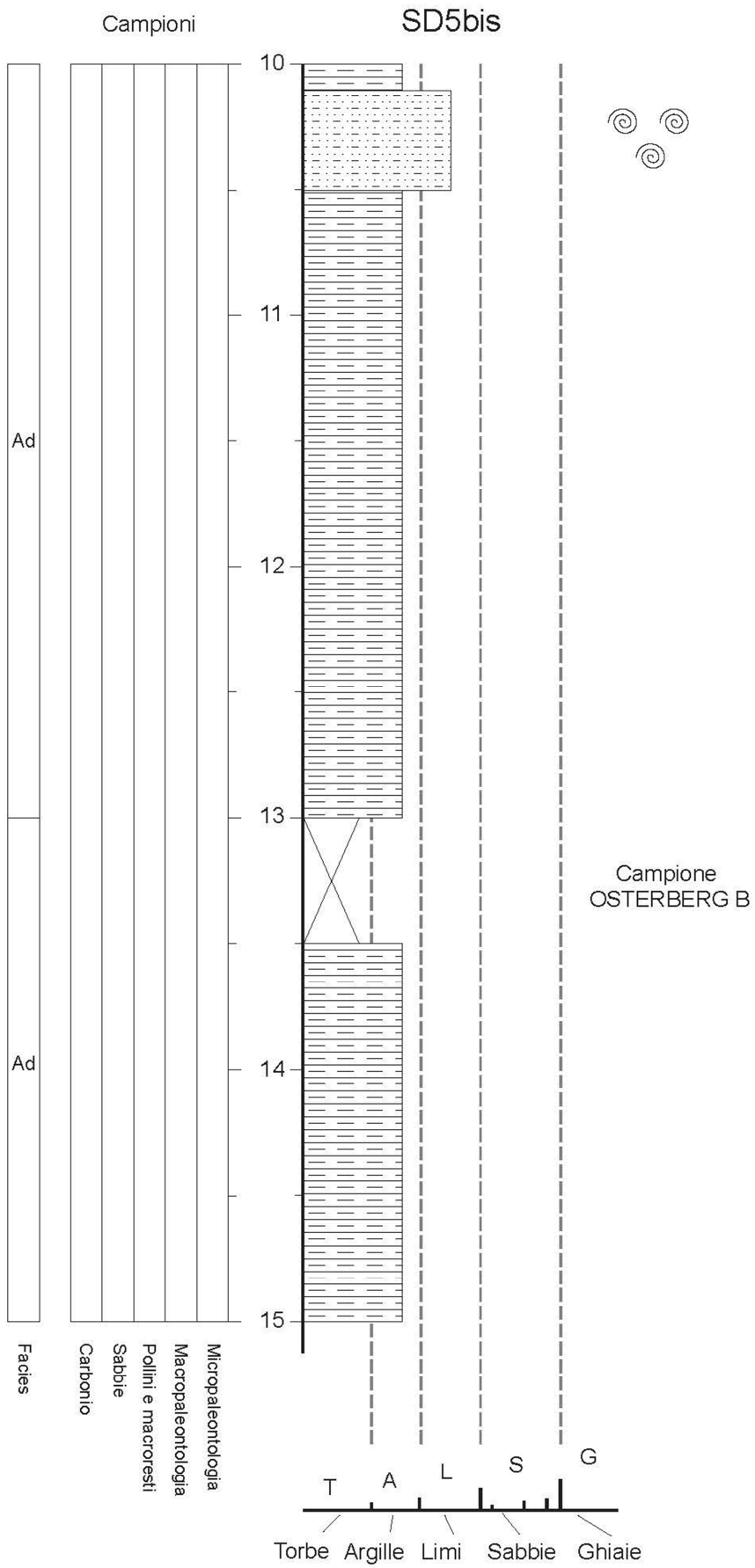
SD5bis - (16-20 m)      SD5bis - (20-24 m)

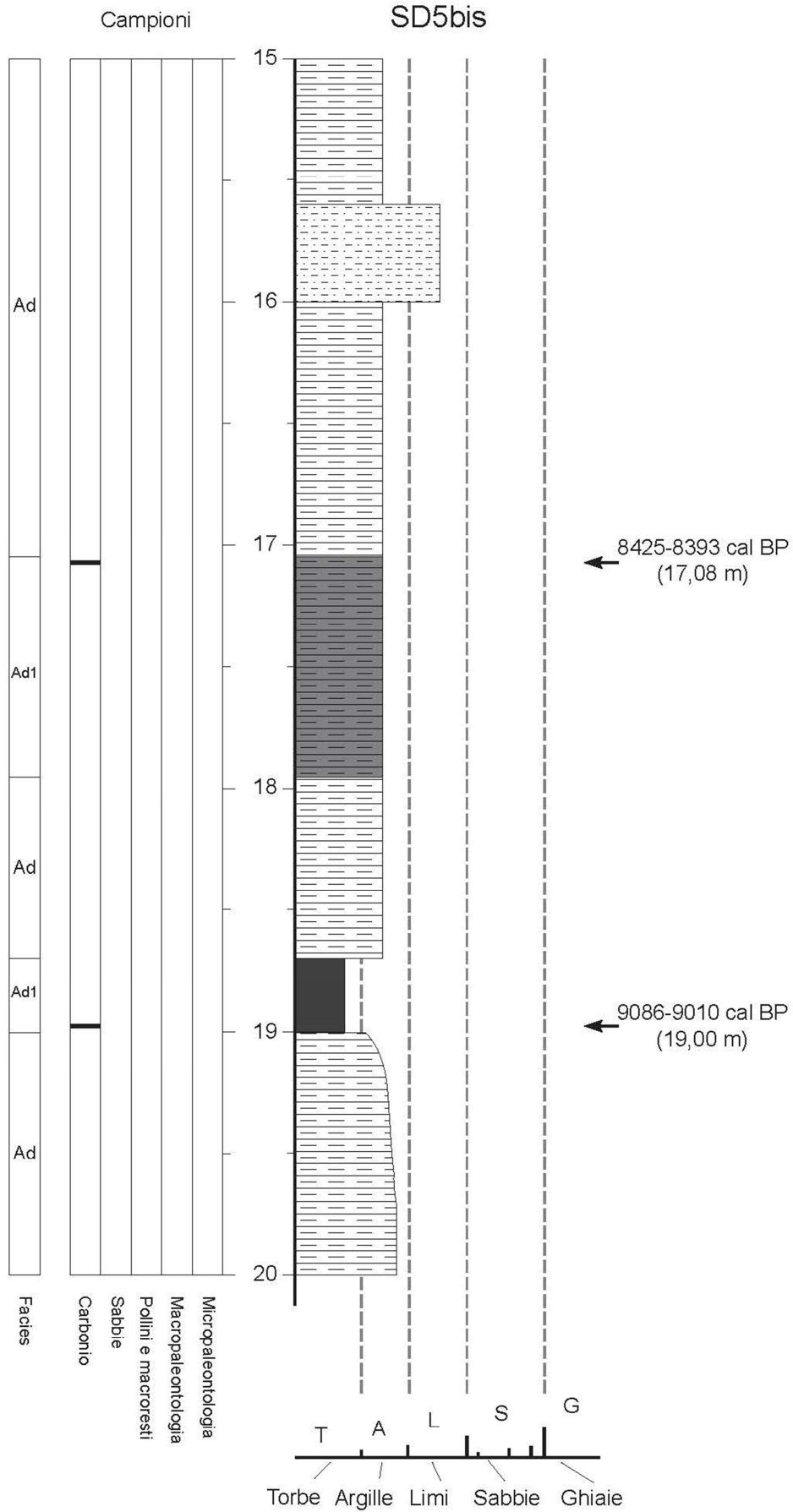


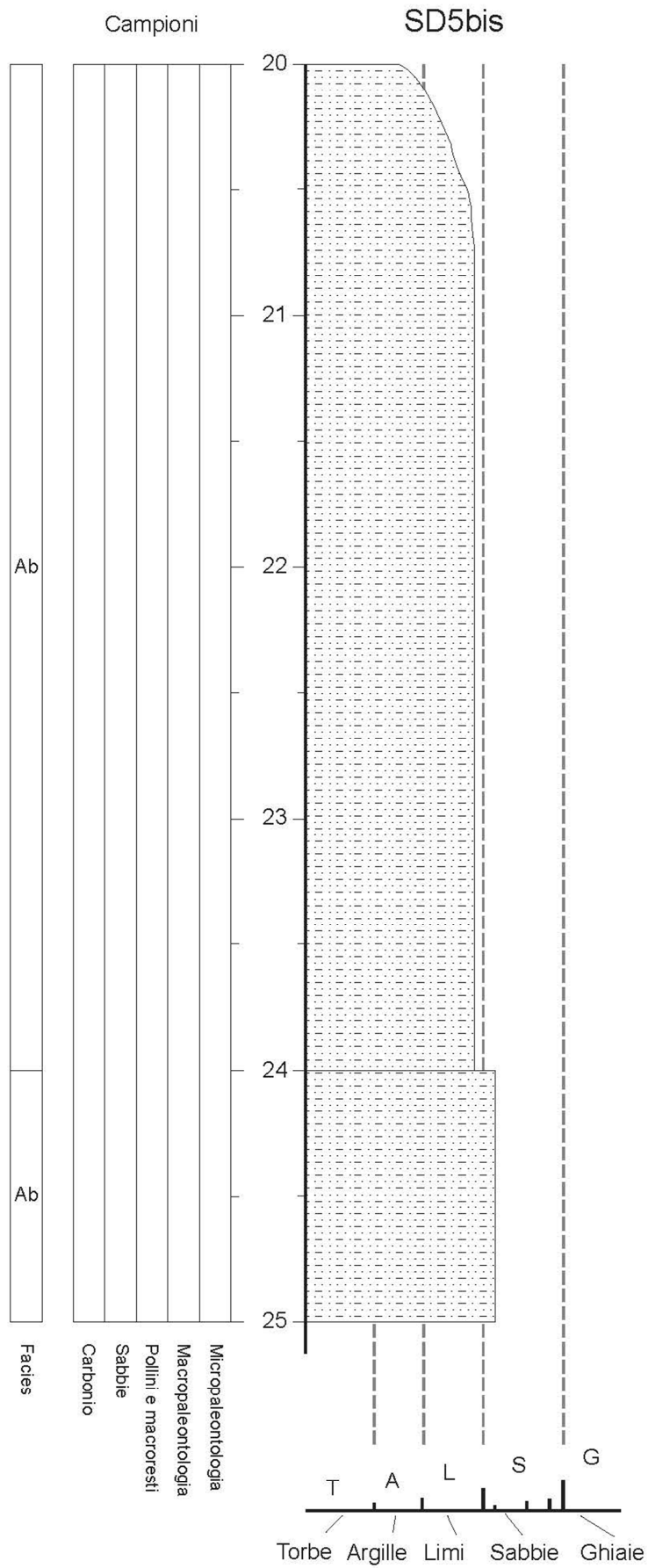
### 5.6 - Log stratigrafico del sondaggio SD5bis

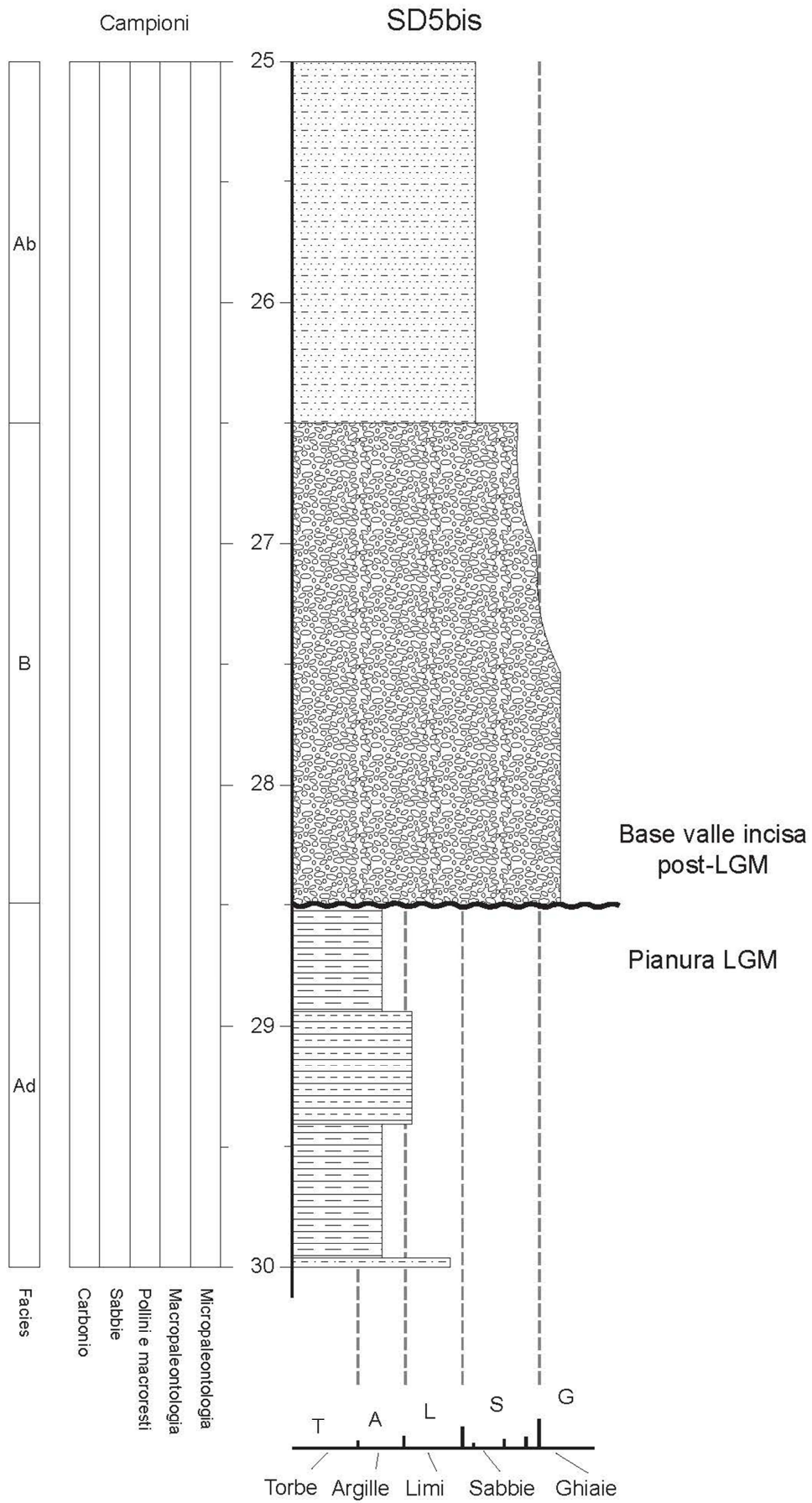




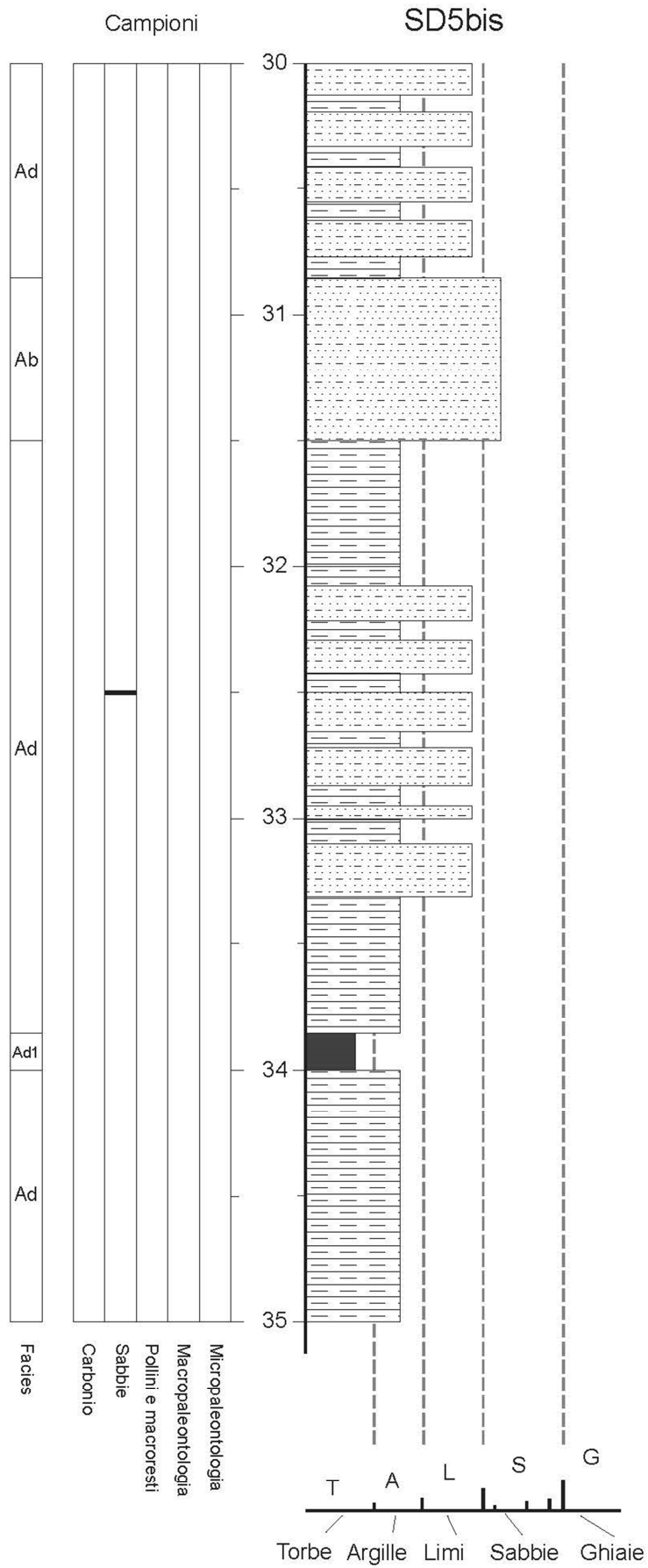


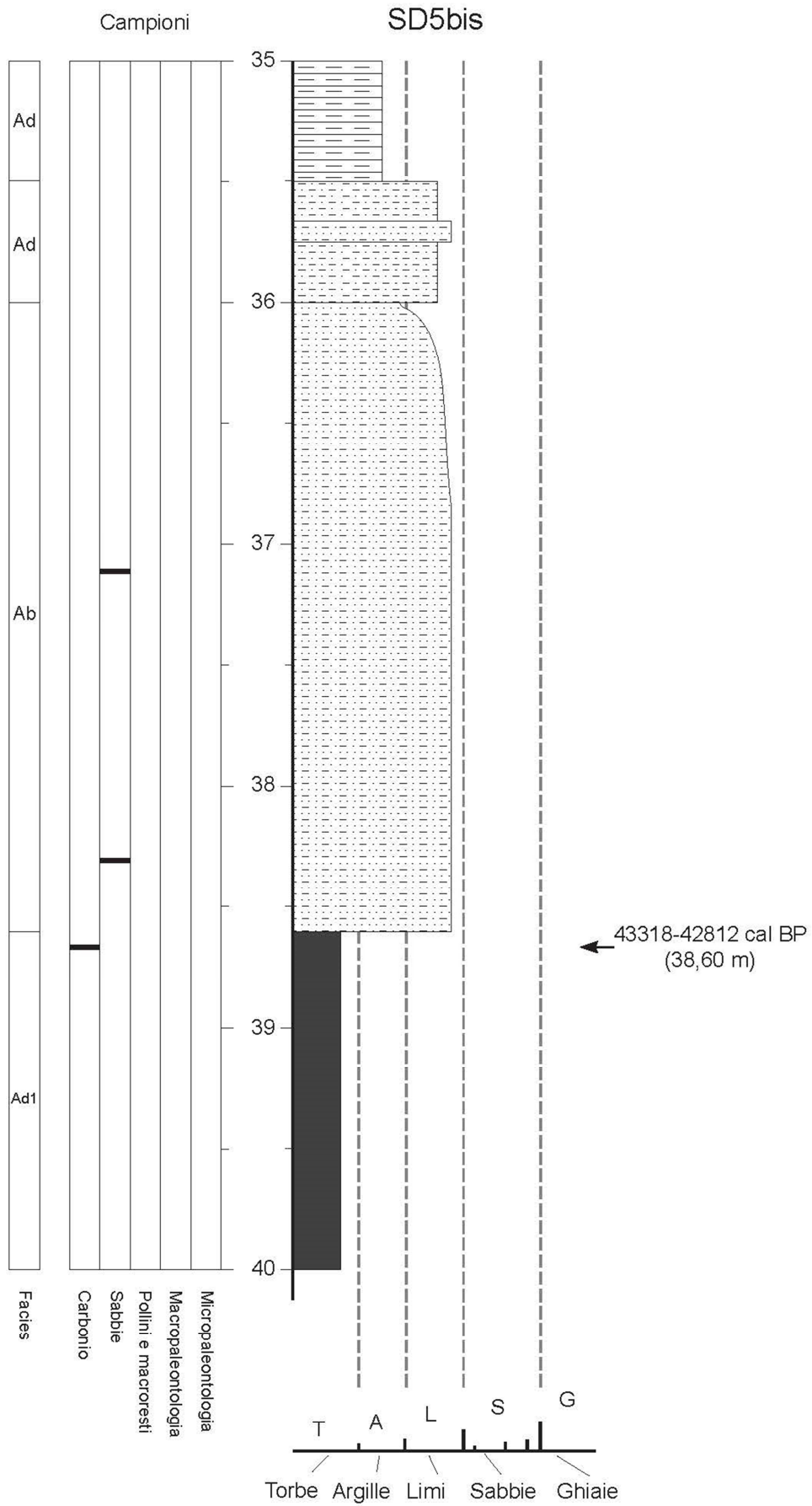












## ***5.7 - Descrizione dettagliata del sondaggio SD5bis***

**40.00-38.60 m:** Torba e limo torboso da marrone scuro a nerastro.

**38.60-36.00 m:** Sabbia medio fine da limosa a debolmente limosa grigio chiaro.

**36.00-35.50 m:** Limo con sabbia fine grigio chiaro e sabbia fine con limo grigio chiaro.

**35.50-34.00 m:** Argilla limosa, da grigio scuro fino a 34.30 m a grigio chiaro.

**34.00-33.85 m:** Torba amorfa nerastra.

**33.85-33.00 m:** Argilla limosa grigio chiaro. Presente livello di sabbia medio fine limoso grigio chiaro da 33.10 m a 33.30 m.

**33.00-32.00 m:** Alternanza di livelli potenti circa 10.00 cm di argilla limosa grigio chiaro e sabbia fine con limo.

**32.00-31.50 m:** Argilla limosa grigio chiaro.

**31.50-30.90 m:** Sabbia medio fine debolmente limosa grigio chiaro.

**30.90-29.90 m:** Alternanza di livelli potenti circa 15.00 cm di argilla limosa grigio chiaro e sabbia da fine a medio fine, limosa, grigio chiaro.

**29.90-29.40 m:** Argilla limosa grigio chiaro.

**29.40-28.95 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso grigio chiaro.

**28.95-28.50 m:** Argilla limosa grigio chiaro.

**28.50-26.50 m:** Ghiaia da fine a medio fine con sabbia limosa. Clasti da spigolosi a sub arrotondati-arrotondati, poligenici, con diametro massimo di 3.00 cm.

**26.50-24.00 m:** Sabbia medio fine debolmente limosa grigio chiaro.

**24.00-20.00 m:** Sabbia medio fine da limosa a debolmente limosa, grigio chiaro.

**20.00-19.00 m:** Argilla da debolmente a limosa grigio chiaro.

**19.00-18.70 m:** Torba amorfa, marron scuro nerastra.

**18.70-17.95 m:** Argilla debolmente limosa grigio chiaro.

**17.95-17.05 m:** Argilla debolmente limosa torbosa, da grigio scuro a marron scuro.

**17.05-13.50 m:** Argilla debolmente limosa grigio chiaro. Presente livello di argilla limosa-sabbiosa, grigio chiaro, consistente, da 15.60 m a 16.00 m.

**13.50-13.00 m:** Campione OSTERBERG B.

**13.00-10.50 m:** Argilla debolmente limosa grigio chiaro.

**10.50-10.10 m:** Argilla limosa-sabbiosa grigio chiaro con abbondanti Gasteropodi.

**10.10-9.90 m:** Argilla debolmente limosa grigio chiaro.

**9.90-9.30 m:** Campione OSTERBERG A.

**9.30-9.00 m:** Argilla debolmente limosa grigio.

**9.00-5.00 m:** Argilla limosa grigio chiaro. Presenti rari fenomeni torbosi nerastri, amorfi. Da 8.40 m a 8.90 m presenti livelli diffusi potenti 2-3 cm di sabbia medio fine limosa grigio chiaro.

**5.00-3.90 m:** Sabbia da fine a medio fine, limosa, grigio chiaro. Da 4.30 m a 4.75 m presenti livelletti diffusi, potenti 1 cm circa, di limo argilloso.

**3.90-3.35 m:** Argilla limosa-sabbiosa grigio chiaro, passante ad argilla limosa grigio chiaro con fenomeni torbosi nerastri presenti a 3.85 m.

**3.35-2.95 m:** Sabbia da fine a medio fine, da con limo a limosa, marron chiaro nocciola.

**2.95-1.85 m:** Argilla limosa marron chiaro con maculazioni torbose diffuse. Da 2.50 m a 2.95 m grigio scura organica.

**1.85-1.50 m:** Sabbia fine con limo, marron chiaro nocciola. Presenti resti di conchiglia.

**1.50-0.85 m:** Limo argilloso sabbioso marron chiaro nocciola.

**0.85-0.00 m:** Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso, poco consistente, marron scuro.

## **5.8 - Descrizione sedimentologica e sintesi stratigrafica**

I sondaggi SD4 ed SD5bis, profondi entrambi 40,00 m e hanno entrambi raggiunto gli orizzonti di torbe che complessivamente hanno una potenza di circa 1,5 m. Si tratta dei depositi organici la cui testa è stata datata in più punti della pianura veneta e friulana attorno a 30.000 anni BP non calibrati. Si tratta della porzione sommitale dei sedimenti di ambiente continentale del MIS 3, poco al di sotto dei quali dovrebbero iniziare i depositi del MIS 5 (in particolare i depositi lagunari del MIS 5.5) (cfr. FONTANA *et al.*, 2010; 2012).

### **SD4:**

#### 40.00-37.00 m:

Argilla debolmente limosa con rare concrezioni carbonatiche, corrispondente a depositi di piana d'esonazione sedimentati durante il MIS 3.

#### 37.00-36.20 m:

Argilla torbosa nerastra, la cui parte sommitale è probabilmente correlabile all'orizzonte torboso presente nel carotaggio SD5bis alla profondità di 40.00-38.60 m e la cui data al radiocarbonio del top ha fornito un'età di  $38.830 \pm 268$  anni calibrati BP.

#### 36.20-32.45 m:

Intervallo caratterizzato da depositi sabbiosi e limoso argillosi cui si intercala un orizzonte torboso a 35.10-35.35; un altro livello di torbe demarca il tetto, tra 32.95-33.10 m ed è stato datato col radiocarbonio a 30.221-29.796 anni calibrati BP. Si tratta di depositi alluvionali sedimentati durante le fasi finali del MIS 3, di poco precedenti il LGM.

#### 32.45-2.80 m:

Alternanze da centimetriche a pluridecimetriche di limi, limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie fini cui si intercalano livelli di torbe o limi argillosi organici con potenza tra 5-50 cm a: 27.70-27.80, 25.20-25.45, 23.60-23.70, 22.40-22.50, 17.10-17.00, 14.85-14.90, 11.80-12.05, 10.20-10.40. Si tratta di depositi alluvionali in facies di piana

d'erosione, ventaglio di rotta e canale correlabili a alvei fluviali di tipologia braided sabbiosa. Le numerose datazioni al radiocarbonio effettuate sugli orizzonti torbosi indicano la corrispondenza tra questo intervallo stratigrafico e il periodo del LGM, quando il ghiacciaio del Piave giungeva ad affacciarsi in pianura presso Vittorio Veneto e aveva un'altra fronte presso l'area di Quero (TV). Quest'ultima località, dove sostava la fronte glaciale, corrisponde al punto di alimentazione del sistema fluviale che ha depositato questi strati. Al tetto dell'intervallo è presente un suolo, mediamente evoluto, caratterizzato dalla presenza di concrezioni carbonatiche tra 5-3.5 m e tra 2.8-3.10 m e dalla preservazione al tetto di un orizzonte debolmente organico (A/B), sepolto dai depositi successivi.

#### 2.80-0.00 m:

Argille limose che passano al tetto a sabbie limose e limi correlabili ai depositi di dosso formati dal corso del Piavon, quando esso corrispondeva ad un ramo del Piave. La base di questo intervallo è datata a 5578-5553 anni calibrati BP, mentre la superficie attuale è stata probabilmente disattivata all'incirca nel 1000 a.C.

#### **SD5bis:**

Il carotaggio è stato effettuato a poca distanza dalla fascia visibile di paleoalvei legati al Piavon. Probabilmente ha incontrato la serie stratigrafica di un'incisione fluviale post-LGM caratterizzata da ghiaie al fondo e poi da una lunghissima sequenza palustre che giunge quasi fino in superficie e solo negli ultimi metri è caratterizzata dalla ripresa della sedimentazione alluvionale, forse con depositi di dosso del Piavon.

#### 40,00-38,60 m:

Torbe molto compatte e scure, probabilmente corrispondenti al potente intervallo organico rinvenuto in numerosi punti della pianura friulana e veneta e la cui testa è datata attorno a 30.000 anni non calibrati (FONTANA *et al.*, 2010). La data al radiocarbonio di un campione millimetrico della testa di questo intervallo ha fornito un'età di  $38.830 \pm 268$  anni calibrati BP.

#### 38,60-33,80 m:

Depositi sabbiosi passanti a limosi, al di sopra dei quali è presente un suolo palustre tra 33,80-34,80 m, con evidenza di bioturbazioni. Il suolo potrebbe essersi sviluppato in una depressione. L'intervallo è interpretabile come la sequenza di un canale fluviale abbandonato, precedente al LGM. E' probabile si tratti di un canale monocursale.

#### 33,80-28,80 m:

Alternanze di limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie poco potenti, che nel complesso ricorda, le tipiche sequenze del LGM del Piave, formate da corsi braided sabbiosi caratterizzati da canali poco profondi cui si associa una piana d'esondazione dominata da sedimenti limosi.

#### 28,80-20,70 m:

Intervallo caratterizzato da una netta base erosiva su cui, fino a 26,70 m, si trovano ghiaie arrotondate con clasti medi di 1,5 cm e diametro massimo di 3 cm in matrice ghiaiosa fina e sabbiosa grossolana con clasti poco arrotondati. Al di sopra sono presenti sabbie fini-medie con diametro 200-300 µm che divengono sabbie fini e con percentuale crescente di limo da 21,50 a 20,00 m, dove si ha la presenza di rari clasti di 1-2 cm di limi cementati. Si tratta di depositi di canale fluviale, probabilmente monocursale, che corrispondono ai termini basali del riempimento di una profonda incisione fluviale formatasi tra il tardoglaciale e l'inizio dell'Olocene. Tra 20,0 e 19,0 m vi sono limi coperti tra 19,0 e 18,5 m da torbe. L'intervallo tra 21,5 e 18,5 corrisponde quindi alla sequenza di disattivazione del canale fluviale sottostante. La base dell'orizzonte organico a 19,0 m è stata datata a 9125-9005 anni calibrati BP.

#### 18,5-5,0 m:

Intervallo dominato da una stratificazione di depositi fini che da serie tipica di disattivazione fluviale poi diviene laminata palustre. Dominano i limi argillosi e le argille con laminazione millimetrica e sub centimetrica, con la presenza anche abbondante di molluschi di acqua dolce, sia interi che frammentati. In particolare questi resti sono abbondantissimi tra 10,15-10,50 m. Uno strato torboso situato tra 17,90-17,00 m e la cui testa è stata datata a 8506-8378 anni calibrati BP demarca la prolungata stasi

deposizionale avutasi dopo la disattivazione del canale ghiaioso sabbioso sottostante e, probabilmente, l'attività del Piave in un settore del suo megafan alluvionale piuttosto distante dall'area in questione. Successivamente nell'incisione si ha il limitato ma relativamente costante input di depositi fini, relativi a esondazioni distali del Piave che entravano nella depressione.

5,0-0,0 m:

Depositi sabbiosi e sabbioso limosi che corrispondono probabilmente all'attivazione del ramo del Piavon, databile tra il II e il I millennio a.C. (BONDESAN *et al.*, 2004).

Nel complesso l'incisione post-LGM di questo paleo Piave che è sottostante al corso del Piavon ha il fondo a 28,5 m di profondità dal p.c. che corrisponde ad una quota di circa -25,0 m s.l.m.





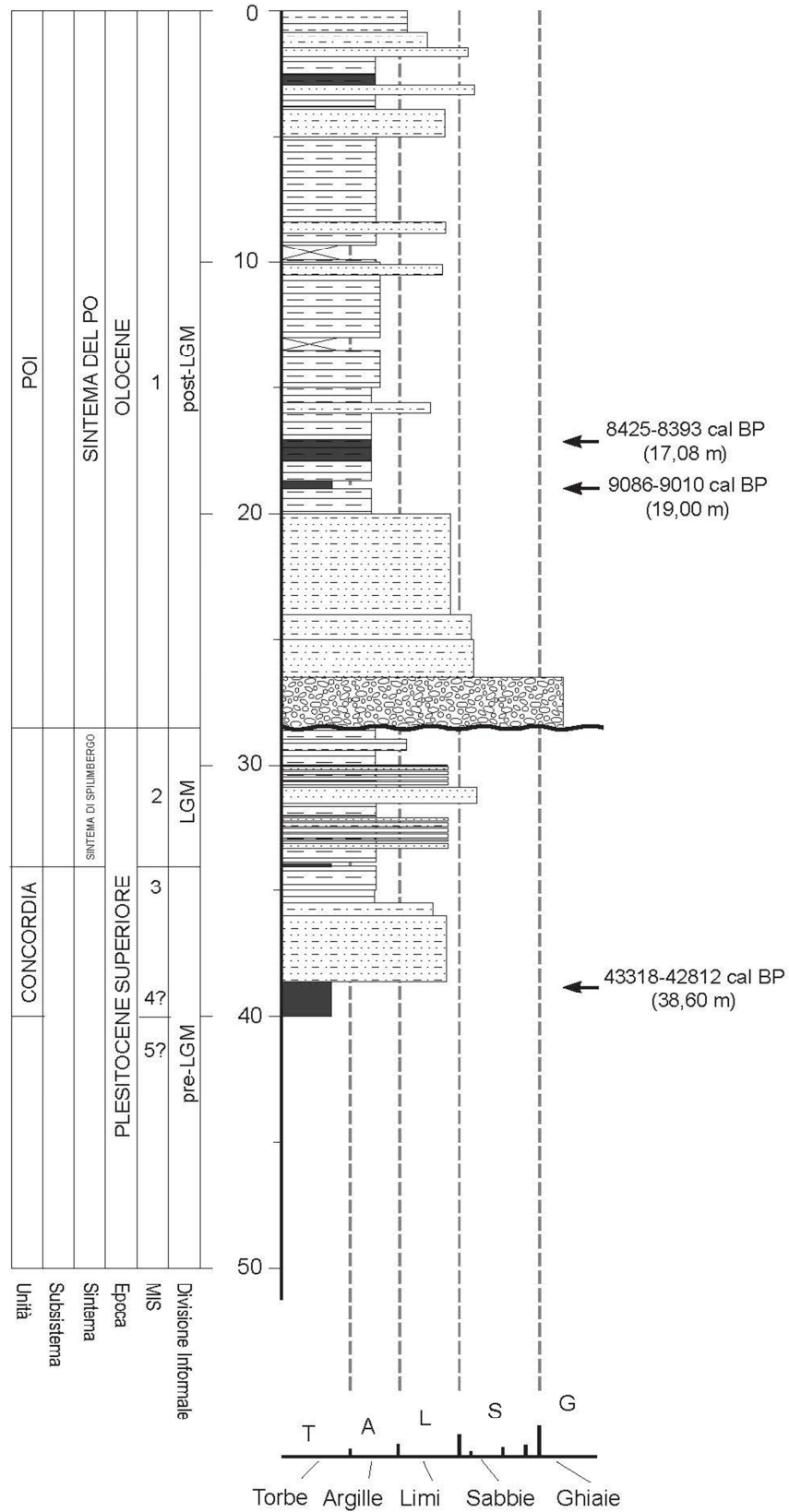


Fig. 5.3 - Log stratigrafico totale del carotaggio SD5bis.

## Capitolo 6

### CAROTAGGIO JES2010

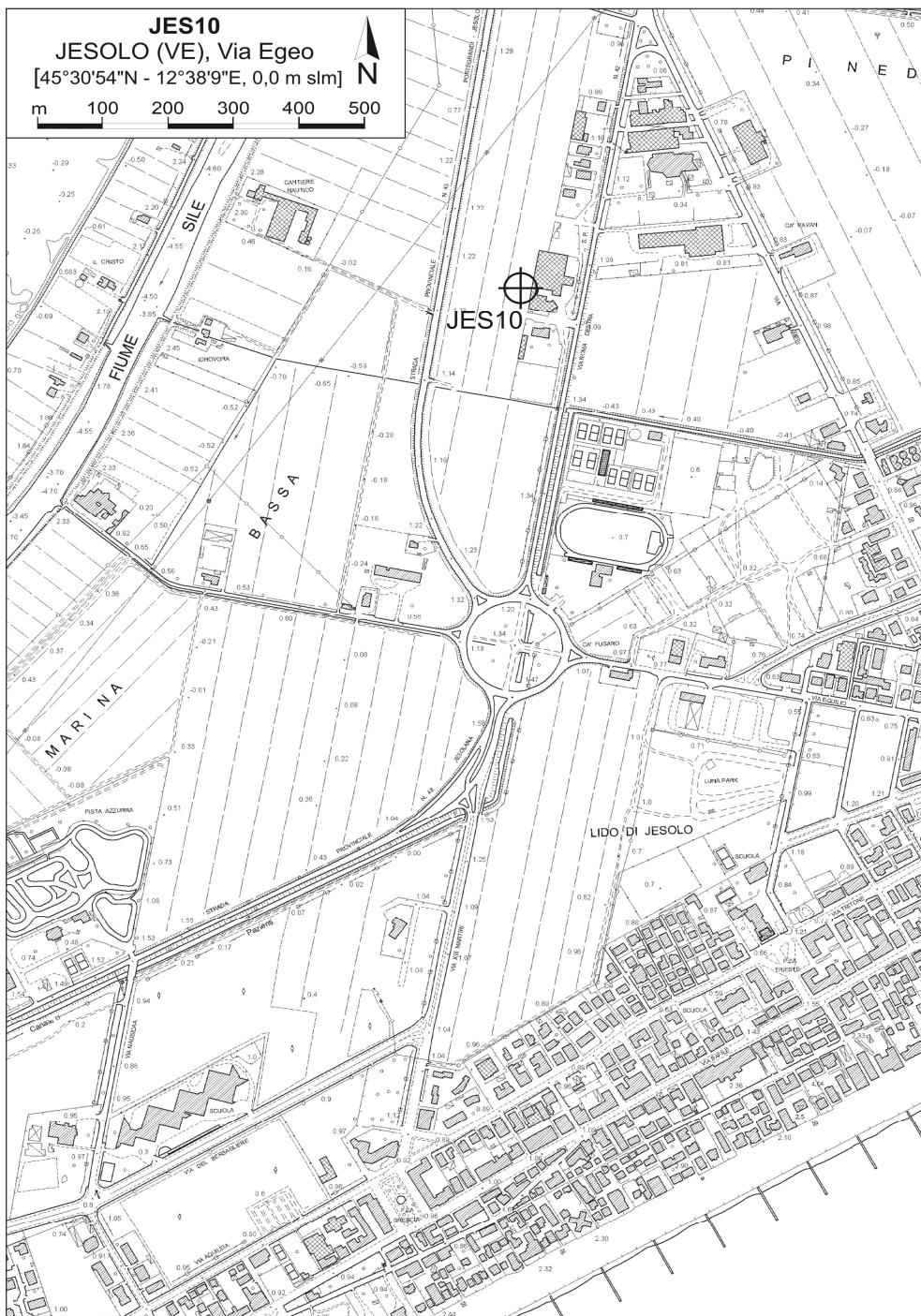
#### *6.1 - Introduzione al carotaggio*

Il sondaggio Jesolo 2010 (JES2010) è stato carotato nell'aprile 2010 nei pressi di via Egeo a Jesolo (VE) dalla ditta Geoservizi srl su incarico del Geol. Alessandro Vidalil. Le coordinate geografiche del punto di prelievo sono di 45°30'54''N - 12°38'9''E e la profondità raggiunta è di 60 m dal piano campagna, ubicato ad una quota di 0,0 m s.l.m.

Le carote, realizzate per scopi geotecnici, sono state poi gentilmente messe a disposizione per il loro studio stratigrafico dettagliato e sono state conservate presso il magazzino del CNR-ISMAR di Bologna tra il maggio 2010 e il febbraio 2014.

Durante la fase di descrizione e campionamento della carota sono stati prelevati numerosi campioni per studi di carattere stratigrafico e petrografico.

Lo studio di questo carotaggio è stato condotto nell'ambito del Progetto di Ateneo "Studio delle variazioni eustatiche e della subsidenza in Alto Adriatico negli ultimi 130.000 anni attraverso indicatori geomorfologici, stratigrafici e geoarcheologici" finanziato dall'Università di Padova (cod. C91J10000320001, responsabile Dr. Alessandro Fontana).



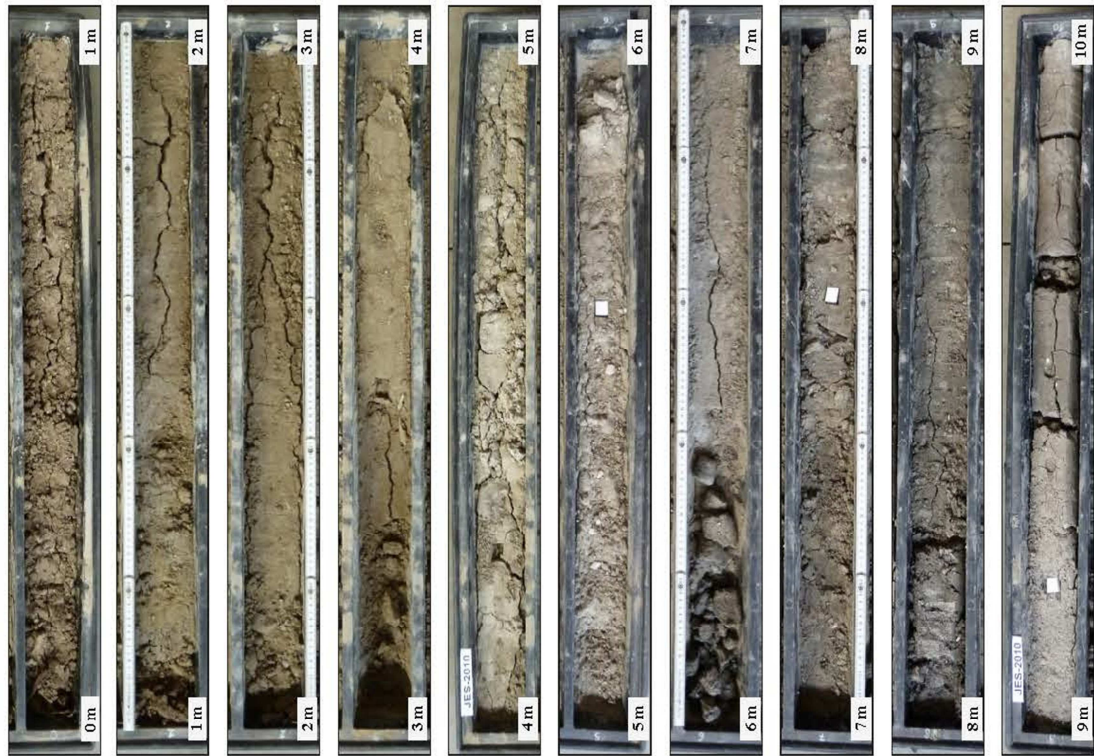
**Fig. 6.1 - Ubicazione del sondaggio JES2010.**

## 6.2 - Fotografie del sondaggio JES2010



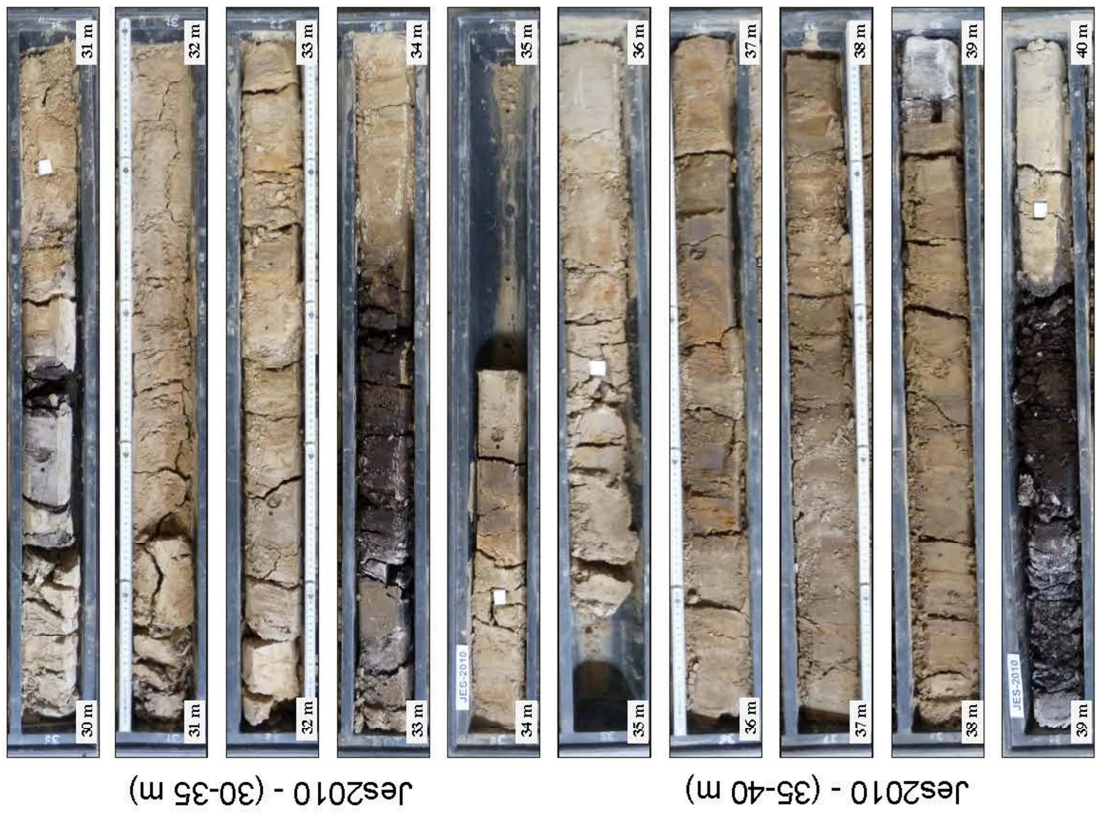
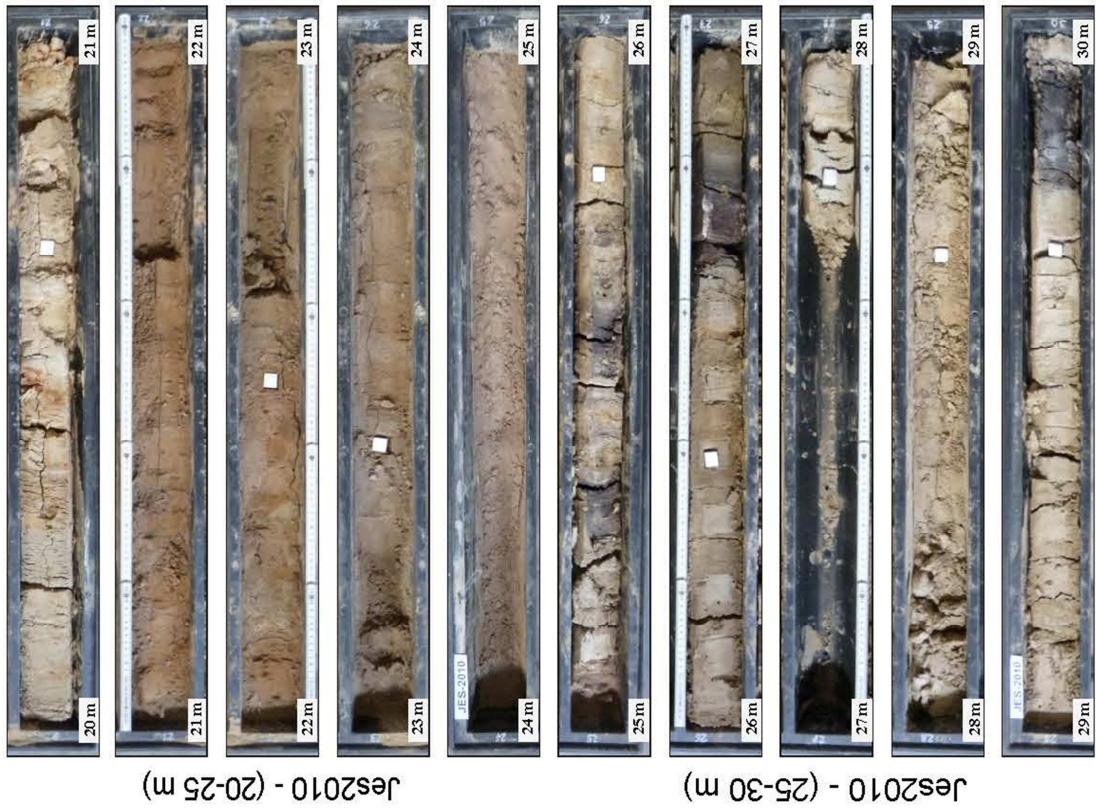
Jes2010 - (10-15 m)

Jes2010 - (15-20 m)



Jes2010 - (0-5 m)

Jes2010 - (5-10 m)





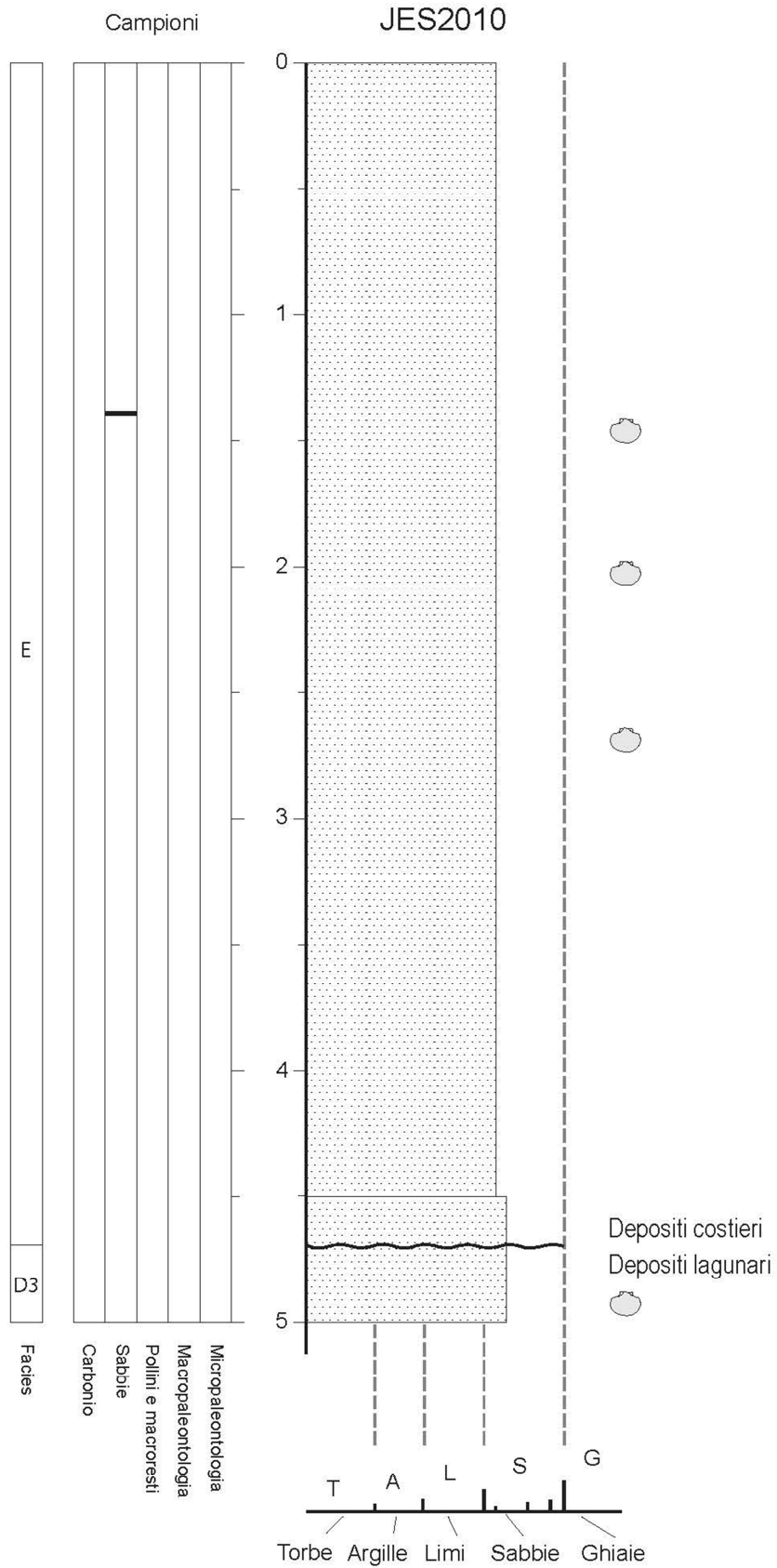
Jes2010 - (50-55 m)



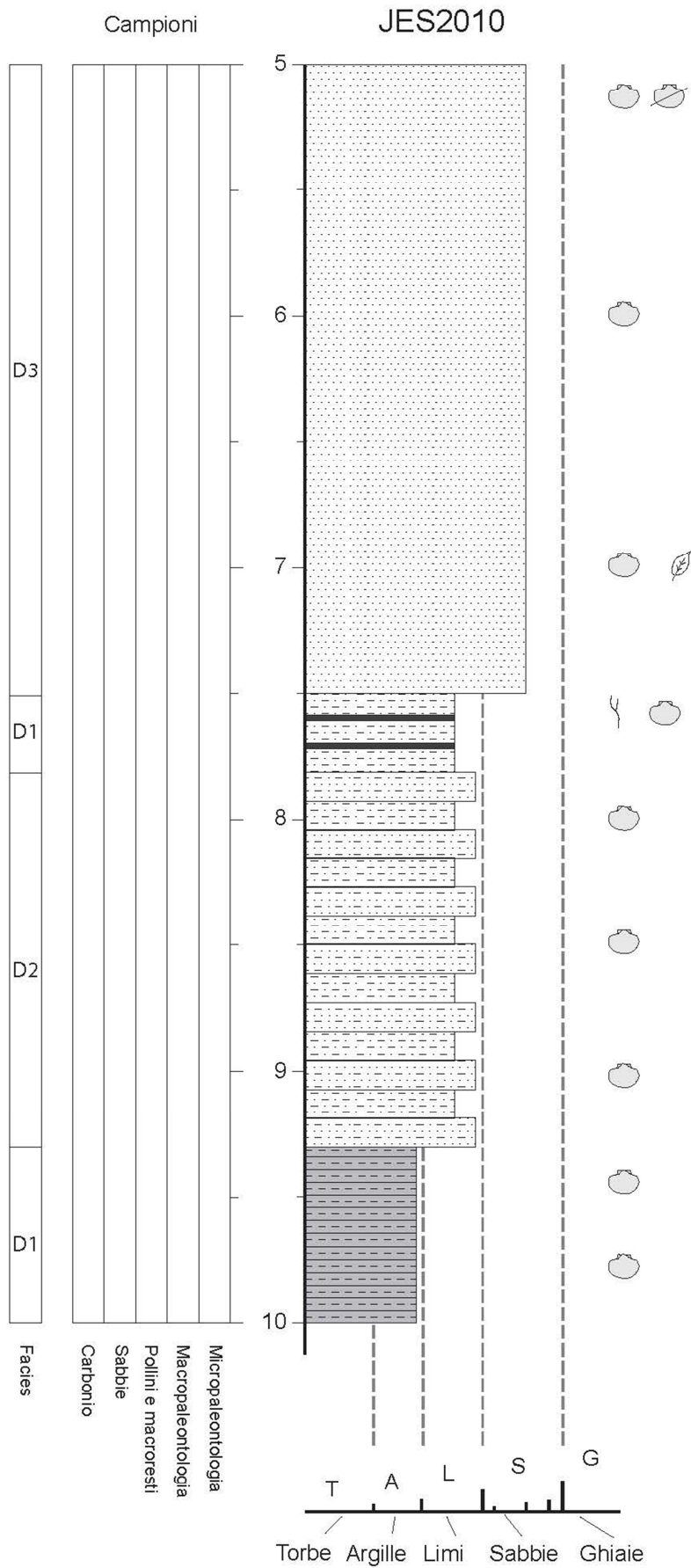
Jes2010 - (45-50 m)

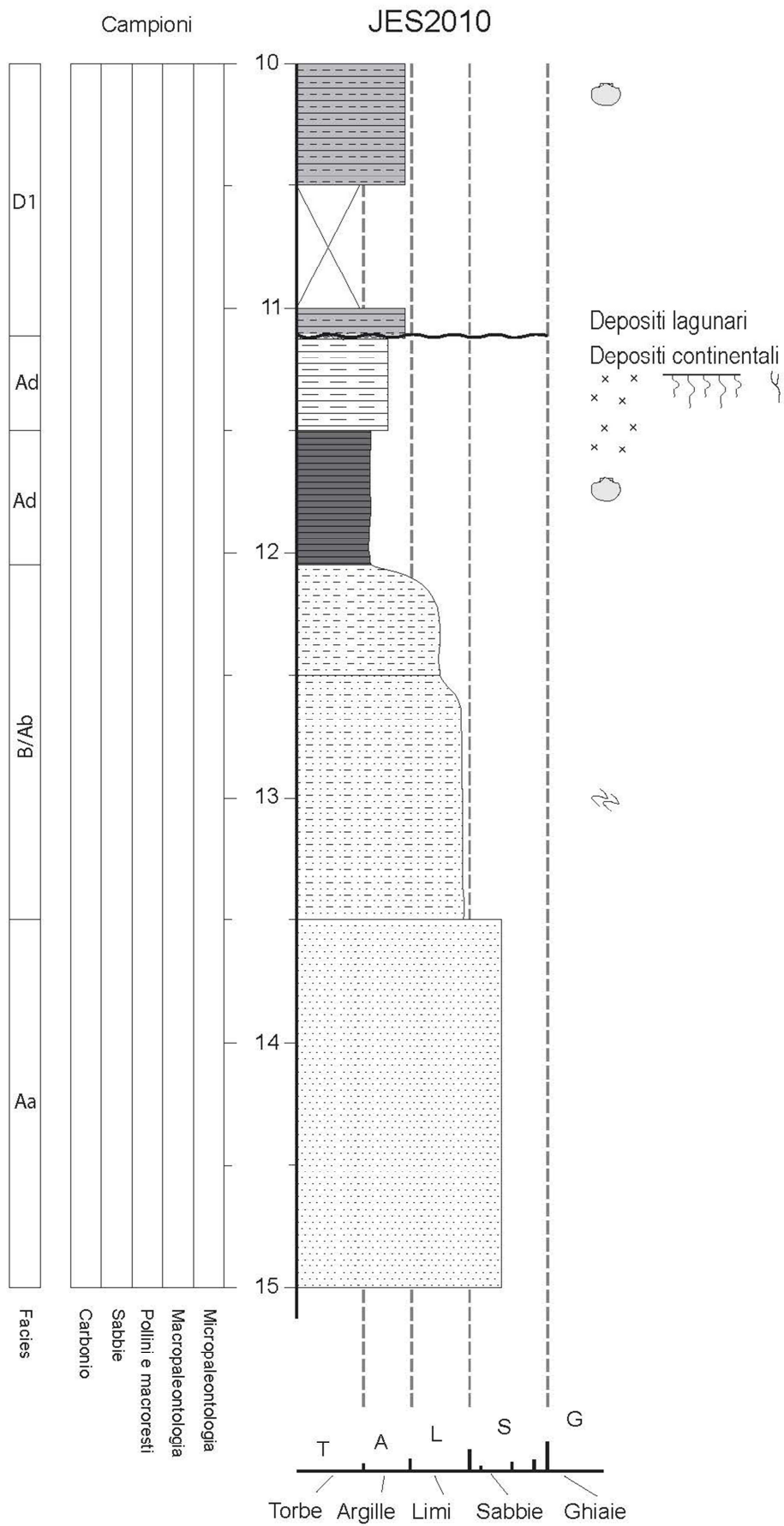
Jes2010 - (40-45 m)

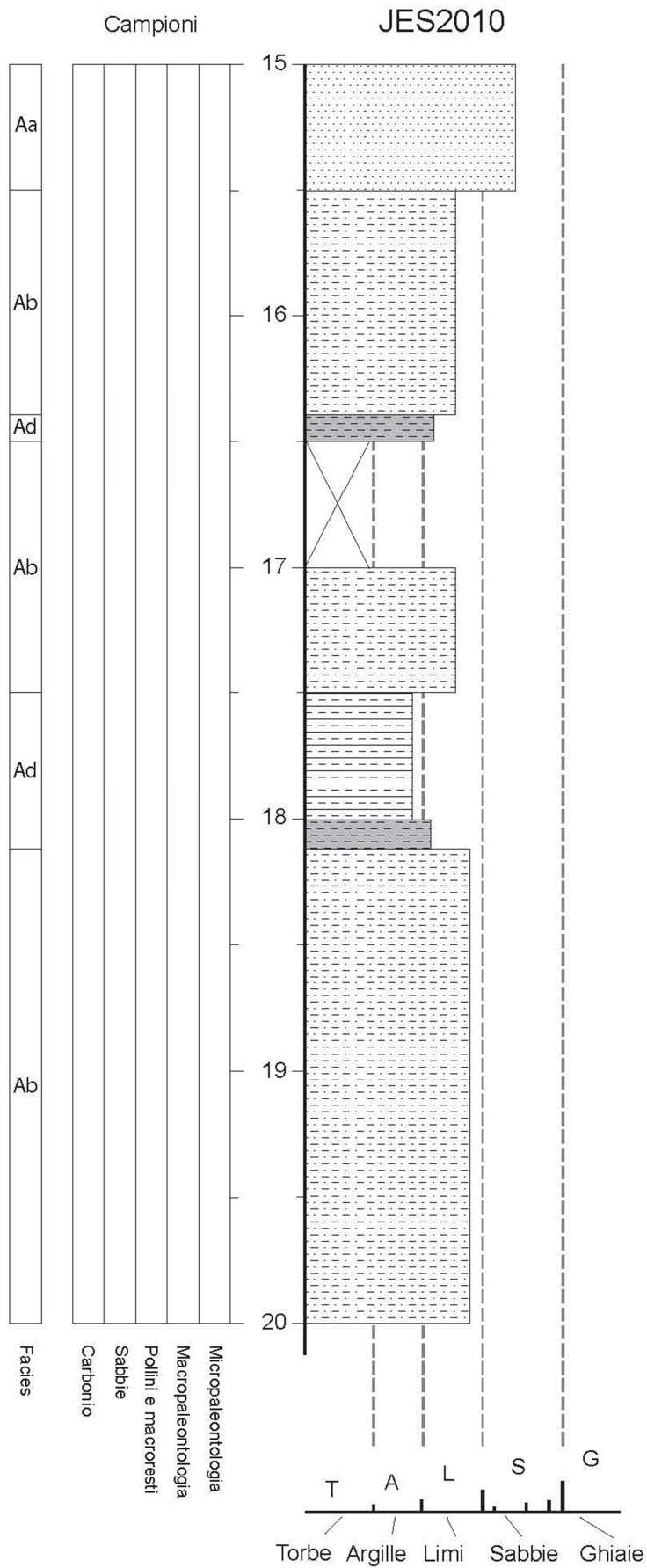
### 6.3 - Log stratigrafico del sondaggio JES2010

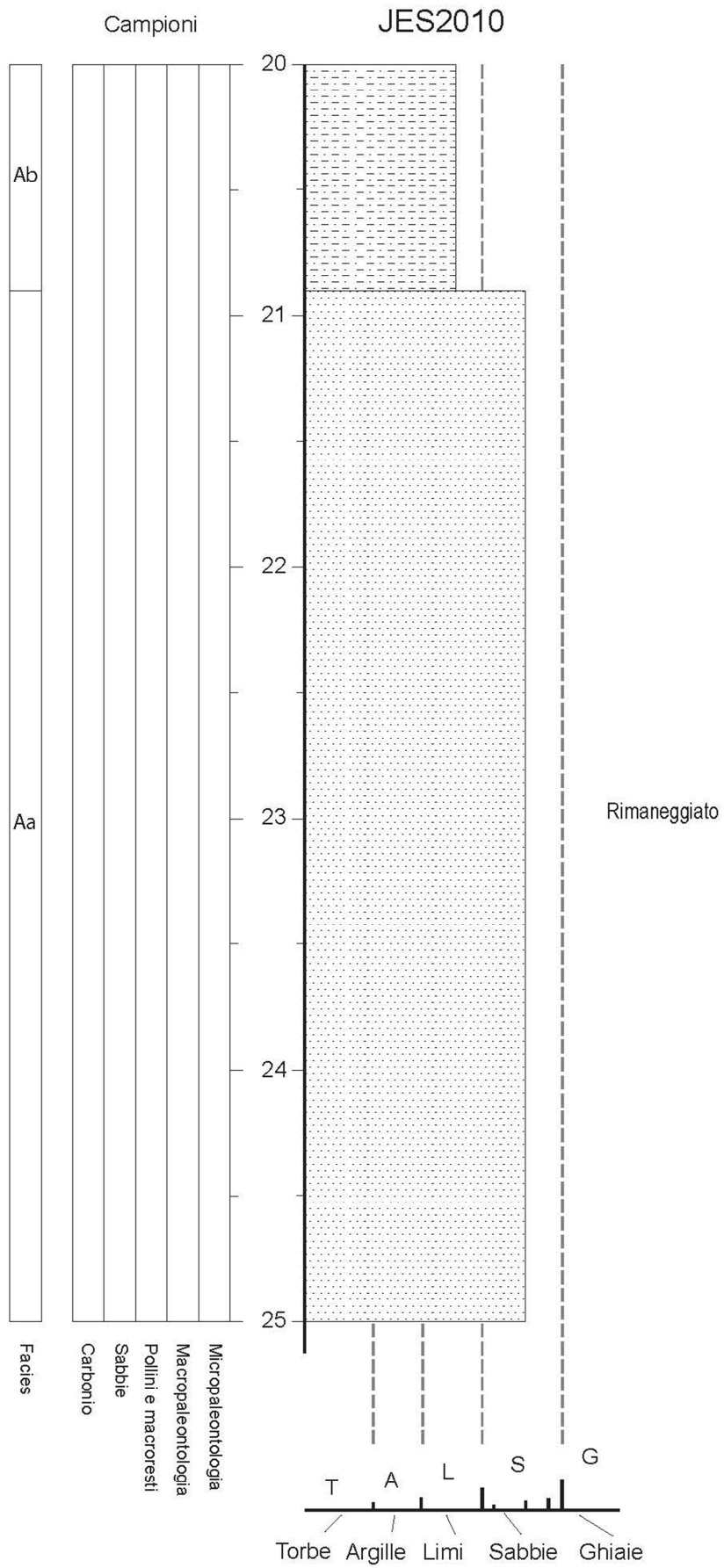


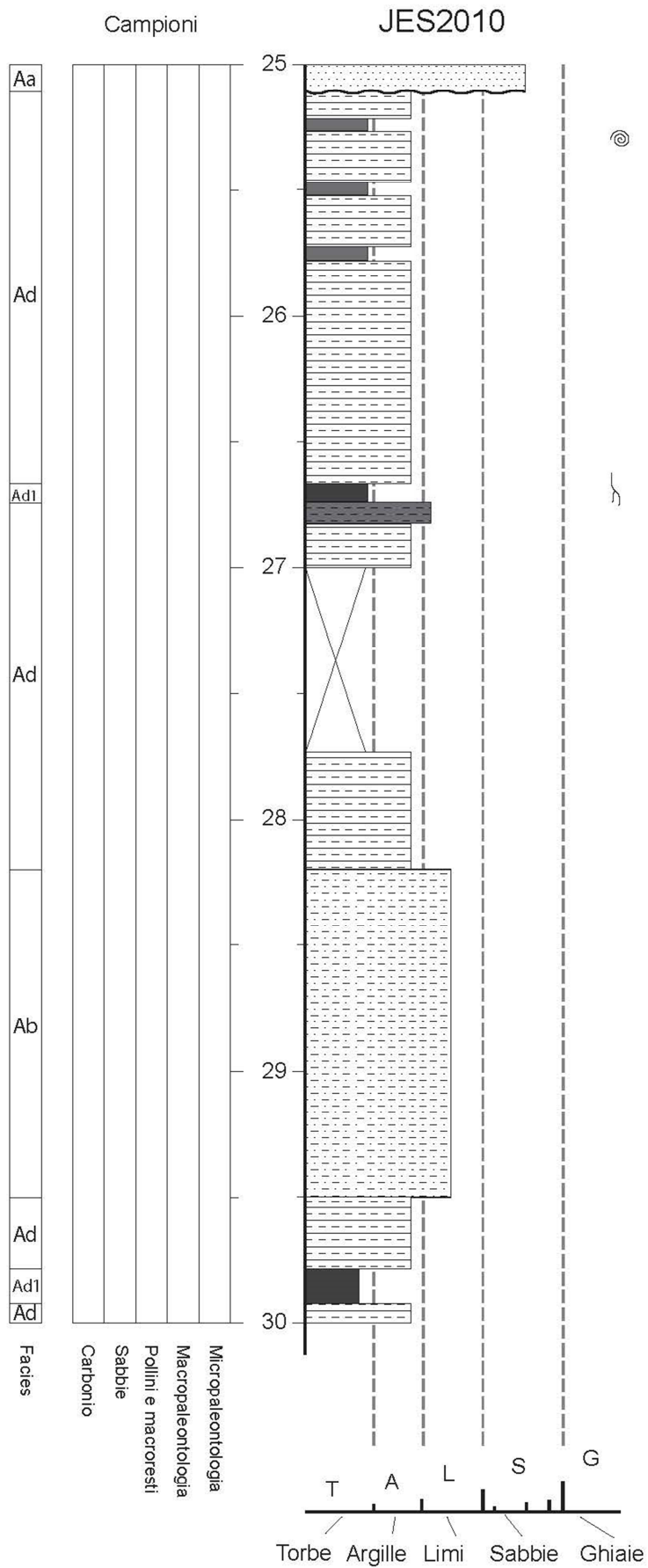


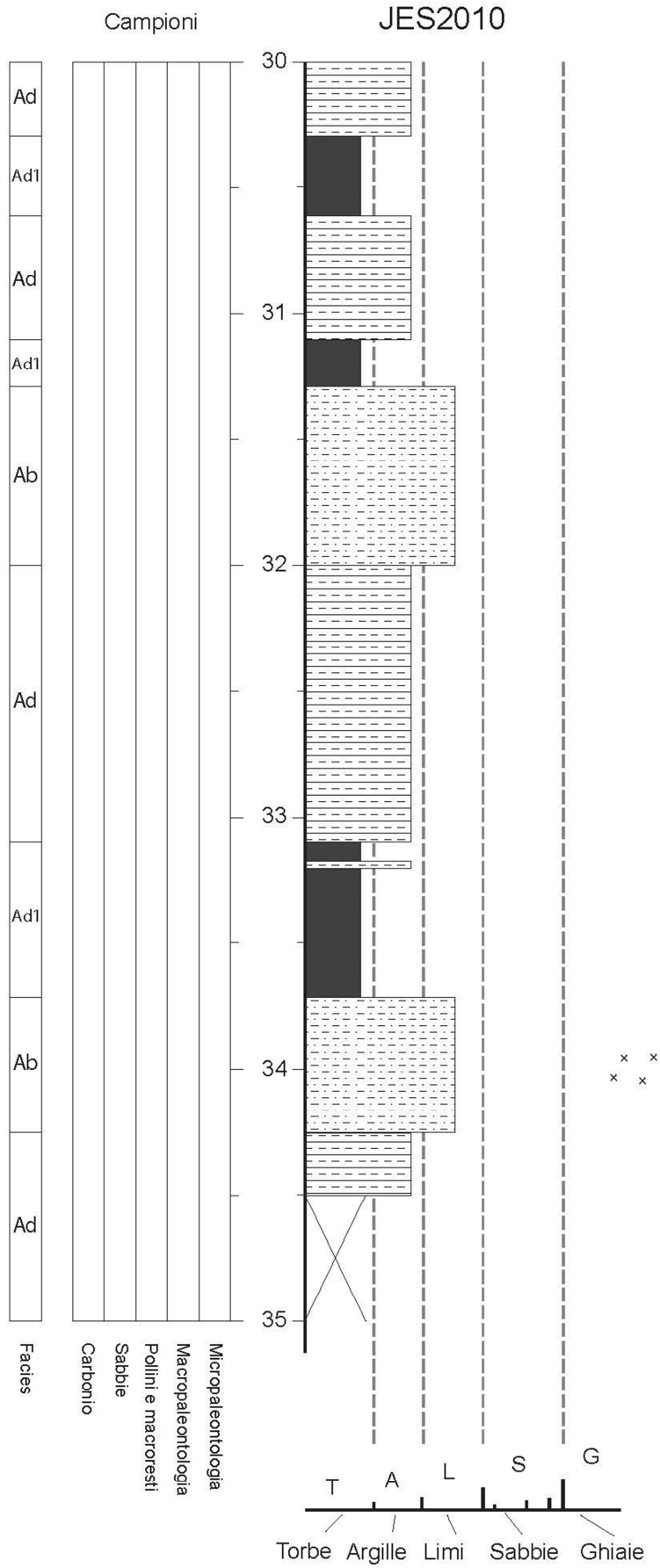


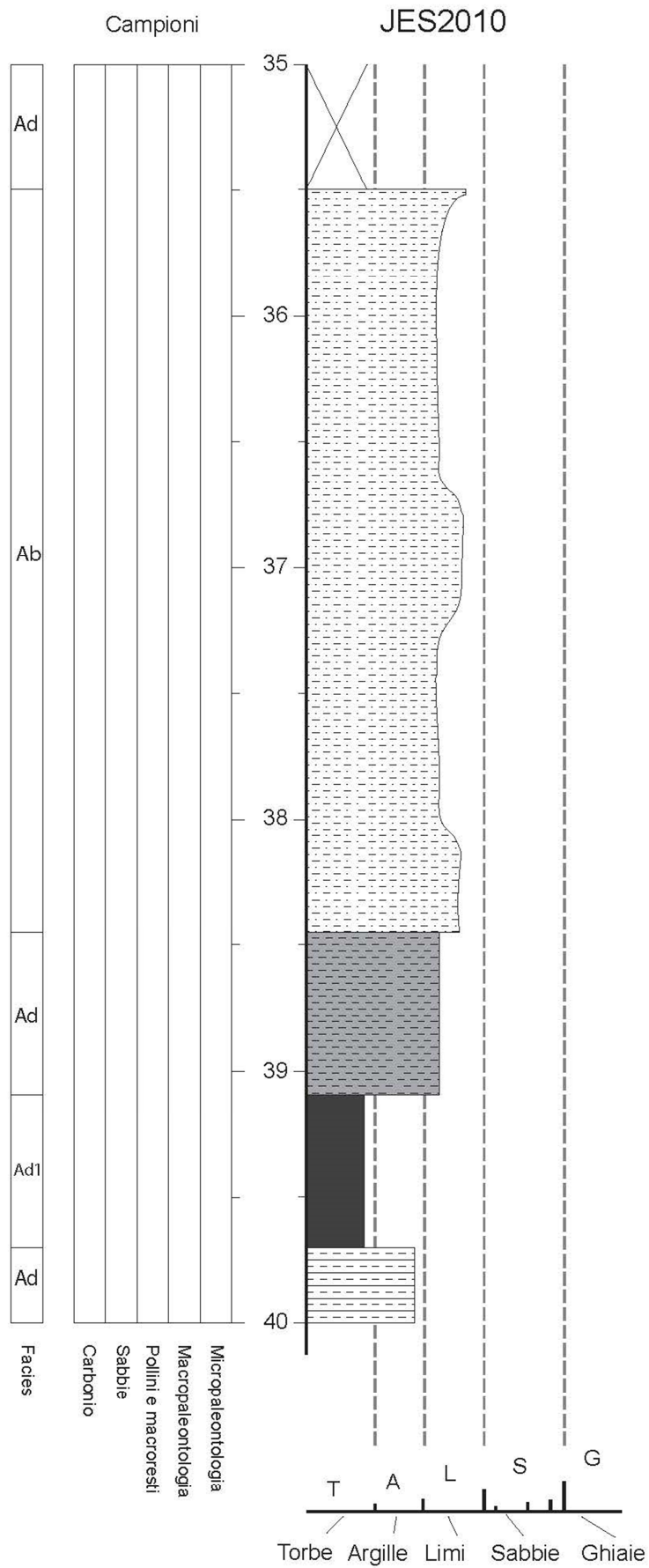


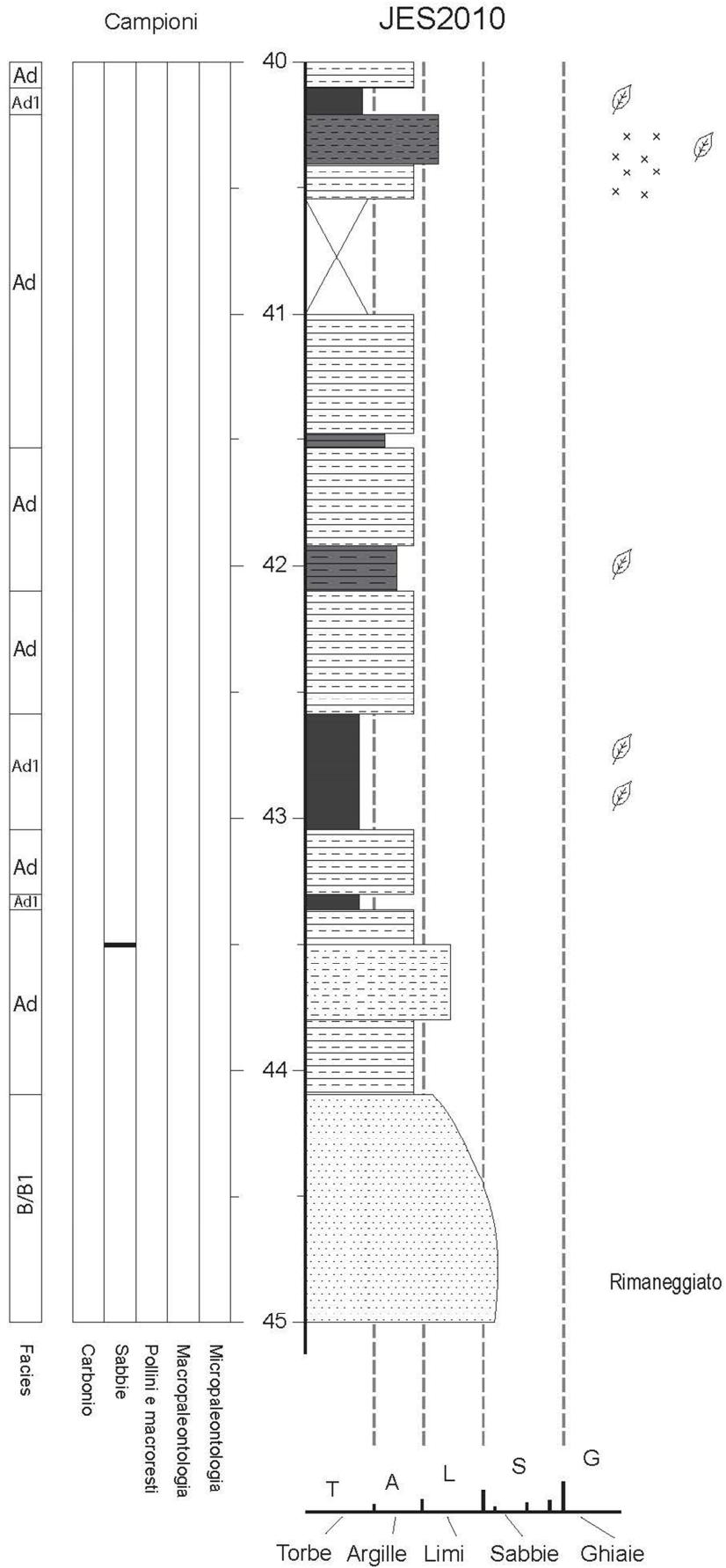




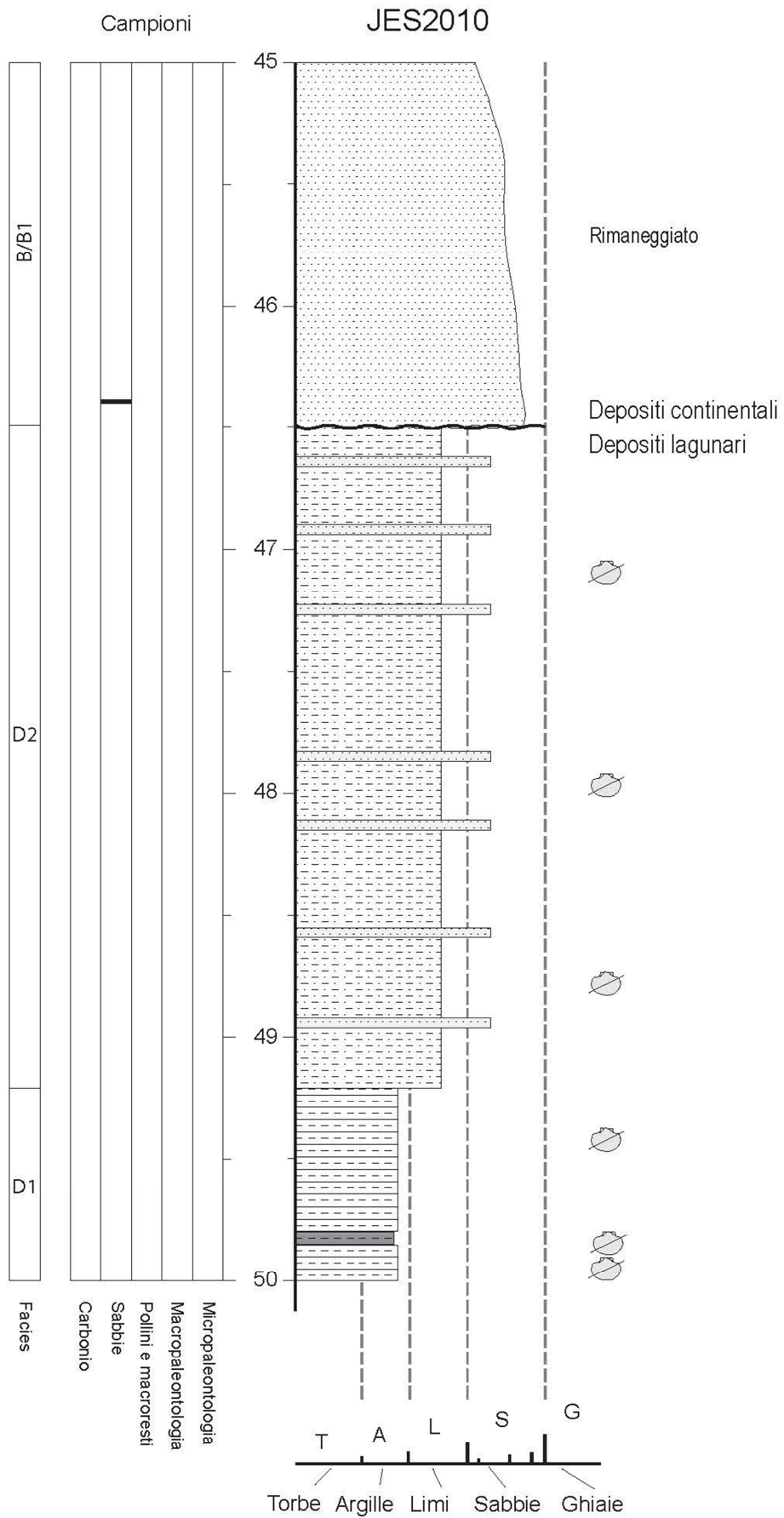


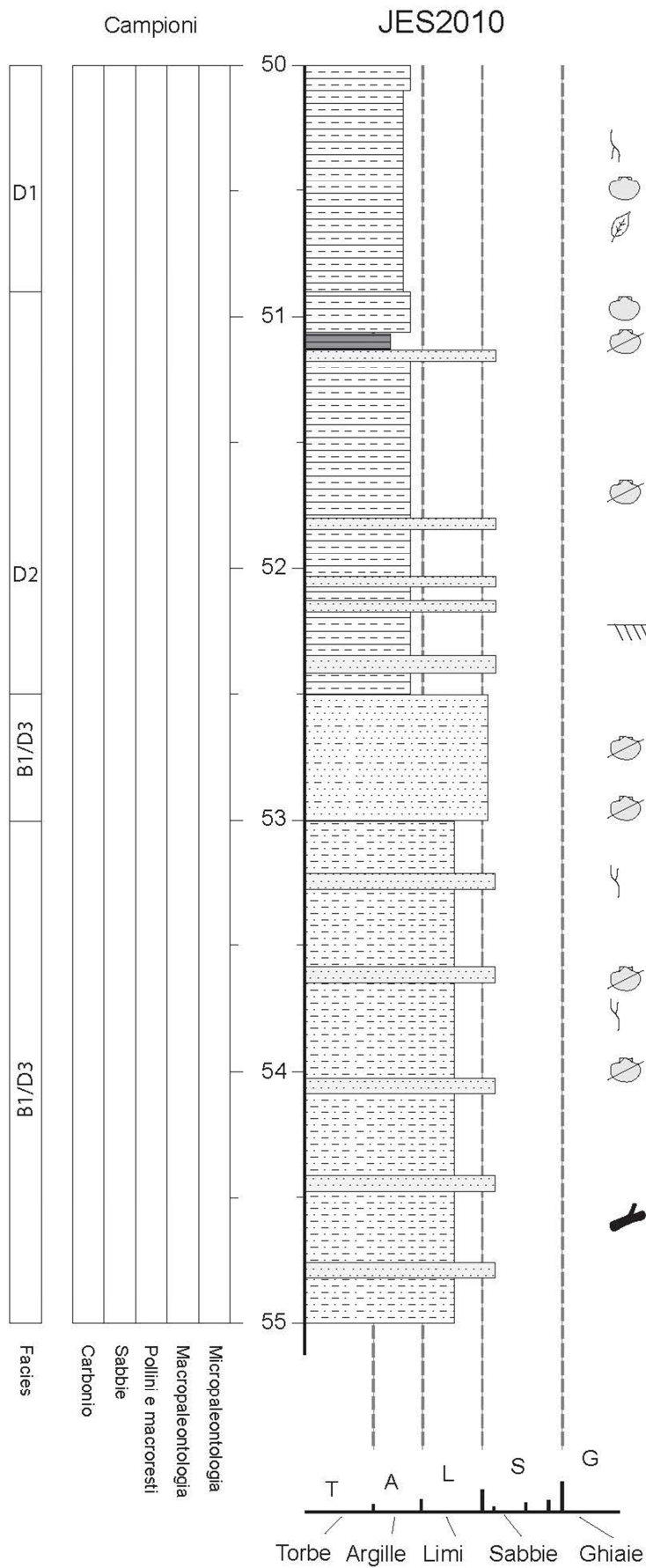


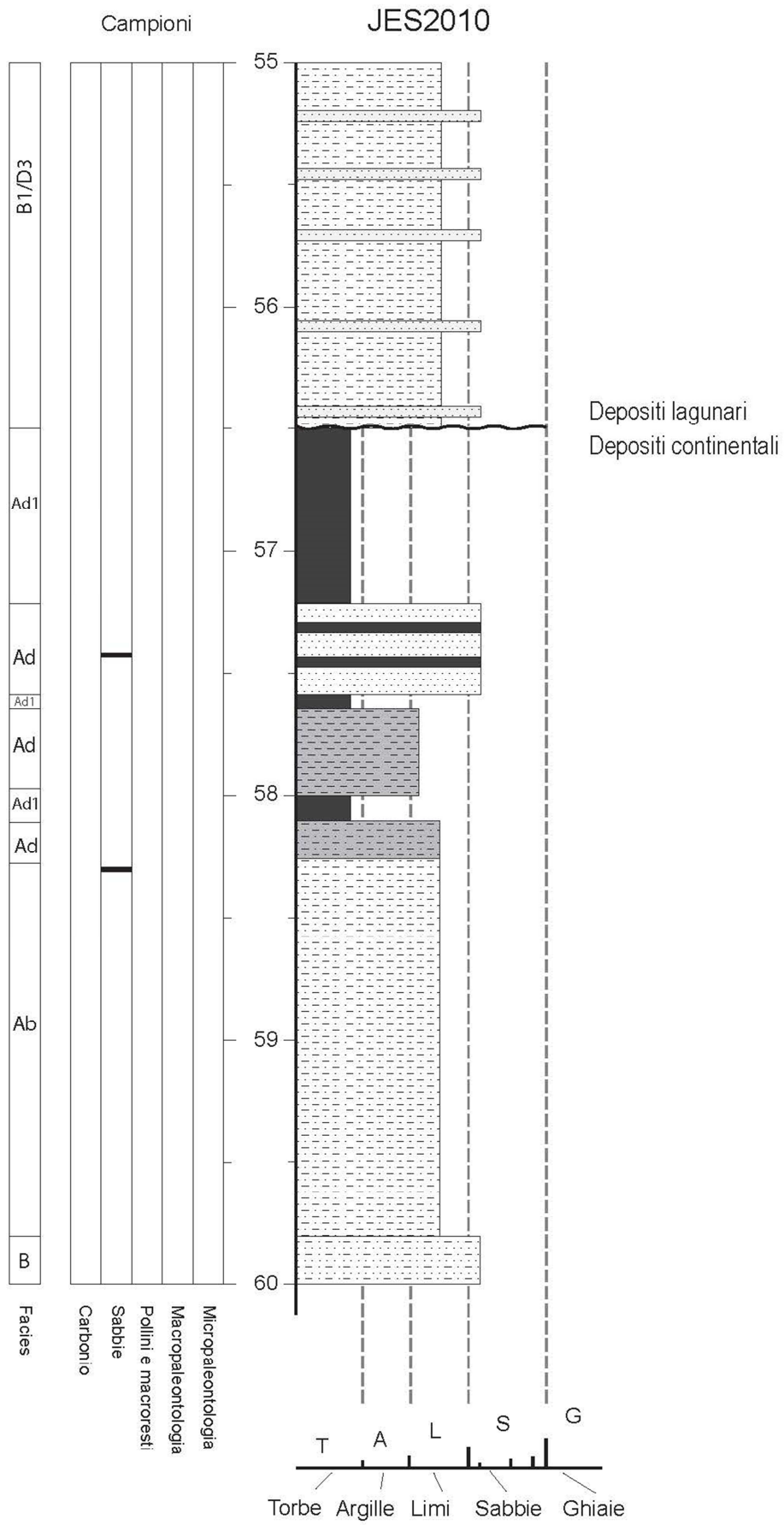












## 6.4 - Descrizione dettagliata del sondaggio JES2010

**60.00-59.80 m:** Sabbie fini limose finemente laminate.

**59.80-58.10 m:** Limi sabbiosi, al tetto debolmente organici. Non sono presenti faune.

**58.10-58.00 m:** Torbe.

**58.00-57.65 m:** Limi debolmente organici con intervalli torbosi. Al tetto dell'intervallo sono presenti dei resti vegetali.

**57.65-57.60 m:** Torbe.

**57.60-57.20 m:** Sabbie fini finemente laminate con intercalazioni torbose ed abbondante muscovite.

**57.20-56.50 m:** Torbe.

**56.50-53.00 m:** Alternanze di livelli centimetrici di limi sabbiosi e sabbie fini dai limiti ondulati, laminati. Assai rare sono le conchiglie (un frammento di Bivalvi non riconosciuto). Frammenti di legno ben conservato a 54.60 m, e bioturbazioni a 53.25 e 53.75 m. A 56.50 m la *ravinement surface* segna la transizione continentale/lagunare.

**53.00-52.50 m:** Sabbie fini debolmente limose. Le conchiglie sono assai rare (un frammento non riconosciuto). Rari frammenti di conchiglie tipo forse *Loripes* a 52.70 m - 52.95 m - 53.65 m.

**52.50-50.90 m:** Limi argillosi SY 4/1 con intercalazioni sabbiose limose fini sempre più frequenti e spesso verso il letto. Evidente laminazione e presenza di piccole strutture trattive. A 51.10 sono presenti argille organiche con torba e diversi resti vegetali. È diffusa la presenza (specie a 51.00 m e 51.10 m) di *Bittium*, *Nassarius*, frammenti di *Venus* e frammento di *Cerithium* a 51.75 m. Ci sono, dunque, faune lagunari.

**50.90-50.10 m:** Limi argillosi SY 3/1 al tetto, poi 4/1. Al tetto è presente una radice che scende per diversi centimetri e svariati resti vegetali. Assenza di conchiglie, ma abbondanti fossili lagunari.

**50.10-49.20 m:** Limi argillosi grigio scuro (SY 4/1). Si ha il passaggio a limi lagunari, ma ci sono dei "veli" millimetrici di sabbie fini. Sono presenti frammenti di *Cardium*, *Bittium* e *Venus*. Intercalazione debolmente organica tra 49.80 e 49.85 m, con Molluschi lagunari.

**49.20-46.50 m:** Fitte alternanze pluri-centimetriche di limi e limi sabbiosi in livelli di 1-3 cm, con laminazione millimetrica. Colore nerastro. Intercalazioni sabbiose di 5-10 cm rare. Alcuni livelli, al tetto dell'intervallo, mostrano un colore grigio un po' verdino. Sparsi frammenti di conchiglie (*Glycymeris* a 47.15 m ed altri frammenti non riconoscibili). A 46.50 m la *ravinement surface* segna la transizione lagunare/continentale.

In particolare, la sequenza tra 56.50 e 46.50 m è costituita da: limi e sabbie fluviali, forse deltizie prossimali, con una *ravinement surface* e rare concrezioni carbonatiche non ben riconoscibili (56.50 m); limi lagunari, con faune abbondanti (52.50-50.90 m); livelli (50.90-49.20 m) caratterizzati da limi nerastri con *Bittium*, *Cerastoderma*, *Venus* con intercalati livelli vegetali (50.10 m radice-barena? barra di foce?); a 50.10 m sono presenti frammenti di conchiglie, probabilmente anche marine; una *ravinement surface* a 46.50 m.

**46.50-44.10 m:** Sabbie medio-fini (500-600 µm) micacee, caratterizzate dall'abbondante presenza di muscovite. La muscovite da 44.00 m va aumentando verso il basso. All'interno di questo intervallo i campioni risultano rimaneggiati. Le faune sono quasi assenti.

**44.10-43.80 m:** Limi argillosi.

**43.80-43.50 m:** Limi sabbiosi.

**43.50-43.05 m:** Limi argillosi grigio verde SY 5/1. Livello torboso a 43.35-43.30 m. Da 43.05 m, in modo graduale, si hanno limi sabbiosi con muscovite che passano a sabbie limose e infine a sabbie a 45.00 m.

**43.05-42.60 m:** Torbe, fittamente laminate. Si ha la presenza di resti vegetali sparsi. In particolare si hanno torbe di 10-50 cm tra 43.00 m e 39.00 m.

**42.60-42.10 m:** Limi argillosi.

**42.10-41.90 m:** Argille limose organiche, fittamente stratificate. Si ha la presenza di resti vegetali.

**41.90-41.00 m:** Limi argillosi, con livelli di argille organiche a 41.50 m.

**41.00-40.55 m:** Mancato recupero, ma sembrano limi.

**40.55-40.40 m:** Limi argillosi con sparse concrezioni carbonatiche di 4-5 mm.

**40.40-40.20 m:** Limi organici. Concrezioni carbonatiche di 1 cm a 40.35 m. Si ha la presenza di resti vegetali sparsi. Limite inferiore graduale.

**40.20-40.10 m:** Torbe. Sono presenti resti vegetali.

**40.10-39.70 m:** Limi argillosi.

**39.70-39.10 m:** Torbe nerastre, fittamente stratificate.

**39.10-38.45 m:** Limi organici.

**38.45-35.25 m:** Limi sabbiosi. Alternanza di limi striati, limi sabbiosi e sabbie molto fini pluricentimetriche.

**35.25-34.50 m:** Mancato recupero.

**34.50-34.25 m:** Limi argillosi. Colore SY 4/2. Limite inferiore graduale.

**34.25-33.70 m:** Limi sabbiosi. 5% di concrezioni carbonatiche di 1 cm massimo (la media è di 0,7 cm). Sono presenti laminazioni.

**33.70-33.10 m:** Torbe stratificate con livelli di limi argillosi. Colore SY 4/2. I limi argillosi sono di colore grigio-verde. Limite inferiore netto, ondulato.

**33.10-32.00 m:** Limi argillosi.

**32.00-31.30 m:** Limi sabbiosi e sabbie fini rimaneggiate.

**31.30-31.10 m:** Torbe.

**31.10-30.60 m:** Limi argillosi.

**30.60-30.30 m:** Torbe.

**30.30-29.90 m:** Limi argillosi.

**29.90-29.80 m:** Torbe.

**29.80-29.50 m:** Limi argillosi.

**29.50-28.20 m:** Limi sabbiosi. Al tetto un po' rimaneggiati.

**28.20-27.75 m:** Limi argillosi.

- 27.75-27.00 m:** Mancato recupero.
- 27.00-26.85 m:** Limi argillosi. Sono presenti laminazioni.
- 26.85-26.75 m:** Limi torbosi (organici).
- 26.75-26.70 m:** Torbe. Si ha la presenza di radici.
- 26.70-25.10 m:** Limi argillosi con livelli organici. A 25.30 m i livelli organici mostrano spessori di 1 cm e Gasteropodi. Sono presenti laminazioni.
- 25.10-20.00 m:** Sabbie medie (25.10-20.90 m: da 500-700  $\mu\text{m}$  a 300-400  $\mu\text{m}$  verso l'alto) rimaneggiate passanti a limi sabbiosi (20.90-20.00 m). Alla base dell'intervallo si ha la presenza di clay chip. Limite erosivo.
- 20.00-18.10 m:** Limi debolmente sabbiosi, laminati.
- 18.10-18.00 m:** Limi debolmente organici.
- 18.00-17.50 m:** Limi argillosi.
- 17.50-17.00 m:** Limi sabbiosi.
- 17.00-16.50 m:** Mancato recupero.
- 16.50-16.40 m:** Limi debolmente organici.
- 16.40-15.50 m:** Limi sabbiosi, laminati.
- 15.50-13.50 m:** Sabbie medio fini di 100-300  $\mu\text{m}$ , rimaneggiate.
- 13.50-11.50 m:** Sabbie limose laminate (13.50-12.50 m) molto ossidate passano a limi sabbiosi (12.50-12.05 m) e poi ad argille organiche con faune lagunari (12.05-11.50 m). Probabile disturbo da manovra a 12.05 m. Sono presenti screziature dal colore 10 YR 6/8.
- 11.50-11.10 m:** Limi ed argille grigie con concrezioni carbonatiche molto abbondanti (10 % di 0,5 cm) e orizzonti pedogenizzati a 11.10 m. Sono presenti rare concrezioni carbonatiche di 2-3 mm da 11.60 a 11.20 m. Al top dell'intervallo si ha un colore un po' più scuro con presenza di sostanza organica diffusa e bioturbazioni in cui ci sono anche limi marron scuro 2,5 Y 5/1-2. Le argille limose rappresentano il tetto del Pleistocene e la base del lagunare. La *ravinement surface* a 11.10 m segna la transizione continentale/lagunare.
- 11.10-9.30 m:** Limi argillosi nerastro laminato un po' organico. Sparse valve di due *Loripes lacteus* in connessione, *Gibbula* e *Cerastoderma*. Mancato recupero tra 11.00-10.50 m. A 11.10 m è presente la base erosiva su piana alluvionale.
- 9.30-7.80 m:** Livelli sabbioso-limosi, laminati a tratti (sabbia medio-fine di 200-300  $\mu\text{m}$ ), nerastri e alternati a livelli di limi sabbiosi laminati di spessore decimetrici. Sono presenti livelli debolmente organici. Assai diffusi Bivalvi e Gasteropodi, *Loripes lacteus* (il più abbondante), *Bittium*, *Venus*, *Cardium*, *Nassarius*. Molti esemplari (soprattutto *Bittium* e *Venus*) conservano i loro colori (*Bittium* rossi, *Venus* gialli e neri). Sono presenti valve di *Loripes lacteus* particolarmente grandi, fino a 2-2.5 cm. Limite graduale.
- 7.80-7.50 m:** Limi debolmente sabbiosi con intercalazioni torbose. Fine laminazione. Cerastodermi di 3-4 cm, *Donax*, *Bittium* (uno rosso). Tracce di bioturbosi al tetto. Limite netto.
- 7.50-4.50 m:** Sabbie medie di 400-600  $\mu\text{m}$ . Abbondantissime conchiglie di Bivalvi e Gasteropodi costieri: *Donax* e *Venus* (i più diffusi), *Spisula*, *Bittium*, un frammento del sifone di un Gasteropode, qualche *Loripes lacteus*, Cerastodermi di 3-4 cm soprattutto nella parte basale. Rari clasti limosi e resti

vegetali. A 4.70 m è presente una *ravinement surface* costituente la transizione lagunare/costiero. Limite erosivo.

**4.50-0.00 m:** Sabbie fini di 100-300  $\mu\text{m}$ , con intercalazioni limose centimetriche a giacitura irregolare e clasti limosi pluri-centimetrici talvolta irregolari. A 4.55-4.50 m è presente un intervallo finemente laminato (laminazione accentuata dalla compattazione di fine manovra). Da 4.50 a 1.10 m fra le sabbie sono presenti anche clasti di argilla centimetrici, da rari a comuni. Forse corrispondono a livelli argillosi di spessore limitato distrutti dalla manovra oppure a clasti originari, forniti dall'erosione di livelli argillosi di ambiente tipo lama interdunale o sequenze lagunari inglobate poi dalle facies di spiaggia. Sparse conchiglie di bivalvi marini: bioclasti rari dal colore marroncino per effetto della parziale alterazione pedogenetica come *Chamelea* (la più abbondante), Scafopodi, un frammento di *Glycymeris*, due frammenti di *Cerastoderma*.

## ***6.5 - Descrizione sedimentologica e sintesi stratigrafica***

Il carotaggio JES2010 rappresenta un sondaggio da poter confrontare con le sequenze incontrate dal carotaggio TdM, in particolare per le porzioni profonde relative agli strati di ambiente costiero-lagunare pertinenti al MIS 5.

### 60.00-56.50 m:

Sabbie fini limose laminate passanti a limi sabbiosi, con presenza di torbe a 58.10-58.00, 57.65-57.60 e 57.20-56.50 m. Sui tratta probabilmente di un intervallo continentale che potrebbe coincidere con i depositi precedenti all'ultimo interglaciale (parte finale del MIS 6) o corrispondenti ad un intervallo di tale periodo (base del MIS 5.5?).

### 56.50-46.50 m:

Intervallo costituito dalla base fino a 54.0 m da alternanze pluricentriche di limi e limi argillosi, con rarissimi frammenti di bivalvi lagunari, passanti poi ad alternanze di limi con sabbie fini limose con livelli caratterizzati da comune presenza di bivalvi lagunari. Questi sono particolarmente abbondanti a 51.50-52.0 e 49.70-49.85 m, dove sono immersi in una matrice debolmente organica. Tra 49.0 e 46.5 m vi sono limi sabbiosi e sabbie fini in alternanza pluricentriche e resti di molluschi rari.

### 46.50-44.10 m:

Sabbie medio-fini caratterizzate dall'abbondante presenza di muscovite, specie verso il basso, dove la base dell'intervallo è marcata da una superficie erosiva. Si tratta forse di depositi deltizi o continentali, forse appartenenti alle fasi terminali del MIS 5.5, ma potrebbe anche essere un canale fluviale attivatosi nella zona in un substadiali successivo al MIS 5.5.

### 44.10-38.45 m:

Limi argillosi, limi e secondariamente limi debolmente sabbiosi in alternanze pluricentriche e decimetriche cui si intervallano con alta frequenza argille limose



organiche e torbe fittamente stratificate a 43.35-43.30, 43.05-42.60, 42.10-41.90, 41.50, 40.40-40.20, 39.70-39.10, 39.10-38.45 m. A 40.55-40.40 m presenza di alcune concrezioni carbonatiche di 4-5 mm. Nel complesso si tratta di depositi di ambiente alluvionale corrispondenti a prolungati periodi di mancata o scarsa alimentazione sedimentaria in cui l'area venne occupata da zone palustri di acqua dolce. L'intervallo corrisponde verosimilmente alle fasi finali del MIS 5 e a buona parte del MIS 4.

#### 38.45-25.10 m:

Intervallo costituito principalmente da limi, limi argillosi e limitatamente da limi sabbiosi con presenza di torbe fittamente stratificate a 33.70-33.10, 31.30-31.10, 30.60-30.30, 29.90-29.80, 26.85-26.75 e 26.75-26.70 m. Corrispondono a depositi continentali in facies di piana inondabile e di palude accumulatisi tra il MIS 4 e il MIS 3. Sulla base delle correlazioni stratigrafiche con il sondaggio TdM e altri carotaggi editi (CANALI *et al.*, 2007) e inediti disponibili tra la laguna di Venezia orientale e Mestre l'orizzonte organico presente a circa 30.5 m di profondità è probabilmente databile attorno a 30-35.000 anni calibrati dal presente. E' possibile che la base del LGM sia coincidente la superficie erosiva esistente al tetto di questo intervallo o sia materializzata da uno dei sottili strati torbosi presenti tra 25.2 e 29.8 m.

#### 25.10-11.10 m:

Intervallo marcato al fondo da una superficie erosiva con clay chip su cui poggiano sabbie medie passanti con sequenza graduale positiva verso i 20.0 m a limi sabbiosi e caratterizzato poi soprattutto da sabbie molto fini e limi sabbiosi laminati. Tra 18.10-15.50 m si ha invece porzione con limi argillosi e sabbiosi, con livelli debolmente organici a 18.0-18.1 e 16.4-16.5 m. Sulla base delle correlazioni con il carotaggio TdM e di altri sondaggi effettuati nel settore orientale della laguna di Venezia (CANALI *et al.*, 2007), sono interpretabili come depositi alluvionali di piana d'erosione, *crevasse splay* e argine naturale correlati a corsi *braided/wandering* di tipo sabbioso. Questi si sono formati durante il LGM per alimentazioni delle correnti fluvio-glaciali del Piave. Al tetto dell'intervallo si riconosce un suolo calcico ben evoluto, evidentemente eroso alla sommità per assenza degli orizzonti organici (profilo incompleto Bg-Cg-Ck). Esso è correlabile con il cosiddetto "caranto" ed è il prodotto dell'esposizione subaerea

verificatasi tra la fine del LGM (circa 18.000-15.000 a.C.) e la formazione della laguna olocenica, datata attorno al 5000 a.C.

#### 11.10-7.50 m:

Limi argillosi passanti a livelli sabbioso-limosi con presenza di livelli debolmente organici. Presenza da comune ad abbondante di frammenti e resti interi di bivalvi e gasteropodi lagunari (*Loripes*, *Cerastoderma*, *Bittium*, *Gibbula*). Alla base è probabilmente presente un orizzonte erosivo con sabbie, ma fortemente rielaborato dalle operazioni di carotaggio. Si tratta di depositi di laguna protetta.

#### 7.50-4.70 m:

Sabbie medie con abbondanti bioclasti di bivalvi e gasteropodi di ambiente costiero/lagunare. Si tratta probabilmente di facies di laguna aperta passanti a depositi di shoreface.

#### 4.70-0.00 m:

Sabbie fini e medio-fini (100-300  $\mu\text{m}$ ), con intercalazioni limose centimetriche. Presenza di clasti limosi e di bioclasti costituiti da bivalvi di ambiente di spiaggia (*Venus*, Scafopodi, *Glycymeris*, *Cerastoderma*). Depositi di spiaggia passanti probabilmente al tetto a depositi di cordone costiero, spianato in superficie durante il XX secolo. Si tratta dei depositi appartenenti al gruppo di dune denominate unità di Jesolo e aventi un'età compresa tra 5000 e 2900 anni fa (BONDESAN *et al.*, 2003a). La base è demarcata da una superficie di ravinement in cui sono accumulati abbondanti bioclasti.

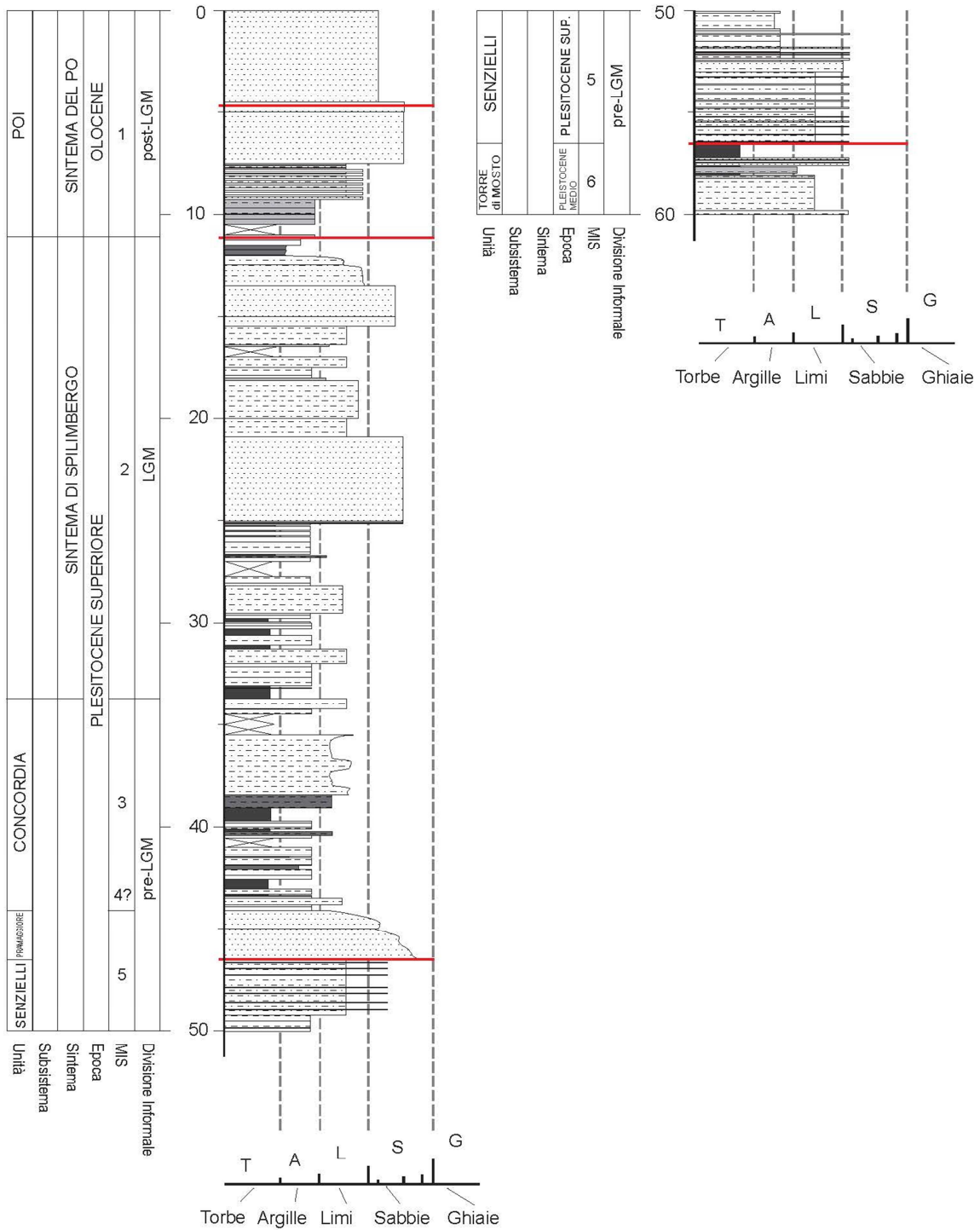


Fig. 6.2 - Log stratigrafico totale del carotaggio JES2010.



## Capitolo 7

### UNITA' STRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO

In base alle informazioni emerse dallo studio del carotaggio TdM e di altri sondaggi considerati per la realizzazione del Foglio geologico 107 "Portogruaro", di seguito viene fornita una caratterizzazione delle unità geologiche riconosciute nel sottosuolo della zona compresa tra Tagliamento e Piave. Fino all'unità di Concordia, si tratta di unità informali, individuate su base litostratigrafica. Invece, per i termini stratigrafici più alti della serie incontrata dai carotaggi, vi è una corrispondenza con le unità utilizzate nella cartografia geologica superficiale del foglio citato (FONTANA *et al.*, 2012).

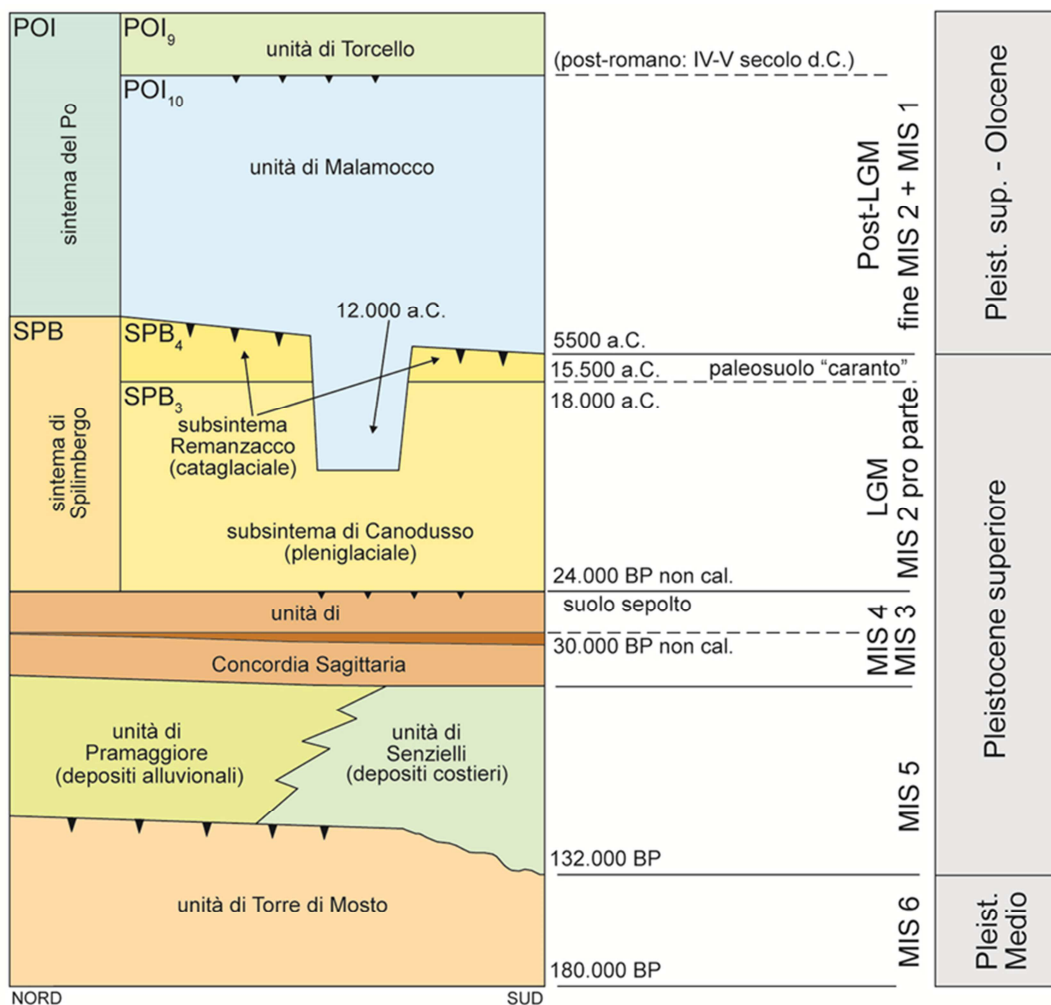


Fig. 7.1 - Schema dei rapporti stratigrafici (FONTANA *et al.*, 2012).

Queste sono definite in base alle UBSU (Unconformity-bounded Stratigraphic Unit). Le unità a limiti inconformi sono corpi sedimentari delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative. Sono quindi unità stratigrafiche cartografabili, che differiscono dalle unità sottostanti e soprastanti semplicemente per il fatto di essere separate da esse da superfici di discontinuità. Le unità informali di ordine gerarchico superiore sono definite sintemi, mentre le unità di rango inferiore sono definite subsintemi.

#### Unità di Torre di Mosto:

Depositi alluvionali relativi alle fasi finali della penultima glaciazione (148.000-135.000 BP), corrispondenti al MIS 6, probabilmente alimentate dalle acque di fusione della fronte del ghiacciaio del Tagliamento a est del Livenza e da quelle del Piave a ovest. Si tratta, pertanto, di associazioni confrontabili con i depositi che caratterizzano la bassa pianura formatasi durante il LGM. I sedimenti si trovano in facies di piana d'esonazione, argine naturale, crevasse splay e canali correlati a fiumi con andamento braided e/o wandering di tipo sabbioso. I sedimenti di tale unità sono presenti nel sondaggio TdM e sono stati individuati tra 70,50 e 94,00 m; probabilmente sono correlabili alle alluvioni presenti a 56,50-60,00 m nel carotaggio JES2010. Al tetto di questa unità si ritrova il passaggio con i depositi marini e lagunari, rappresentati dall'unità di Senzielli.

#### Unità di Senzielli:

Depositi marini e lagunari che si depositano in ambiente di shoreface, delta front e piattaforma interna. Talvolta sono ricchi in bioclasti corrispondenti a gusci interi o frammenti di bivalvi e gasteropodi di ambiente marino del MIS 5 (132.000-74.000 BP). Questi depositi sono stati individuati nei carotaggi TdM tra 70,50 e 54,00 m e in JES2010 tra 56,50 e 46,50 m. In generale, tali sedimenti rappresentano il cuneo marino e costiero depositatosi nella zona durante le trasgressioni marine del MIS 5. Si ritiene che costituiscano i depositi costieri tirreniani, depositati tra 132.000-116.000 anni da oggi, durante cui in alto Adriatico il mare aveva raggiunto un livello massimo di  $+6\pm 3$  m s.l.m. rispetto all'attuale. Soprastanti i depositi lagunari si ritrovano quelli

alluvionali, riconosciuti nei sondaggi TdM e JES2010, attribuibili all'unità di Pramaggiore.

#### Unità di Pramaggiore:

Depositi di ambiente alluvionale depositatisi durante un periodo caratterizzato da un clima relativamente caldo durante il MIS 5.5 (132.000-116.000 anni da oggi). Tale unità è presente nel carotaggio TdM tra 54,00 e 41,00 m e in JES2010 tra 46,50 e 44,10 m.

#### Unità di Concordia Sagittaria:

Depositi alluvionali successivi ai depositi marini del MIS 5 e precedenti ai depositi alluvionali del LGM (74.000-30.000 BP). Dunque, corrispondono ai sedimenti depositi durante il MIS 4 e 3. Costituiscono un intervallo al cui interno sono individuabili importanti hiati deposizionali, che corrispondono a suoli e/o a depositi organici e torbosi di palude d'acqua dolce. I depositi di questa unità sono stati individuati nel carotaggio TdM tra 41,70 e 32,20 m, nel SD4 tra 37,00 e 32,95 m, nel SD5bis tra 40,00 e 33,85 m, in JES2010 tra 44,10 e 33,10 m. In particolare, nel carotaggio TdM la base di tale unità (41,70 m) si ritiene sia coincidente con l'inizio del MIS 4 ed il resto dell'unità si è deposta durante il MIS 3, ipotesi avvalorata dai dati ottenuti con il metodo del radiocarbonio. Al di sopra di tali depositi, in tutti e quattro i carotaggi analizzati, si deposita un suolo ben evoluto costituente la base dei soprastanti depositi del LGM.

#### Sintema di Spilimbergo:

Depositi alluvionali connessi alla fase di avanzamento e massima espansione dei ghiacciai alpini durante il LGM. L'unità è stata definita per il bacino deposizionale del Tagliamento (FONTANA *et al.*, 2012), ma viene qui utilizzata anche per quello del Piave. Il limite inferiore del sintema è generalmente rappresentato da un suolo ben evoluto, indice di una assenza di sedimentazione nel settore distale della pianura. La presenza di tale suolo è ben visibile nel carotaggio TdM, mentre negli altri considerati in questo lavoro non è documentato. Tuttavia, sulla base delle datazioni radiocarboniche, il limite si trova a circa 30 m di profondità in SD4. Il limite superiore

è marcato da una superficie che può corrispondere ad un suolo mediamente evoluto (ad es. in TdM a 7,85 m e SD5bis a 28,50 m) o da una superficie erosiva di natura alluvionale (come in SD4 a 2,80 m) o marina come in JES2010 a 11,50 m).

#### Sintema del Po:

Raggruppa i depositi sedimentati durante il postglaciale, comprendendo quindi gli ultimi 17.000 anni. Questo sintema rappresenta i depositi senza differenze per i bacini alluvionali di provenienza ed è suddiviso nelle unità di Malamocco e di Torcello.

Quest'ultima comprende i depositi di età post-romana. I depositi alluvionali possono essere separati nelle due unità, ma solitamente sono rappresentati come sintema del Po indifferenziato i sedimenti di ambiente marino e lagunare. Il limite inferiore è costituito da una superficie erosiva, già menzionata per il sintema di Spilimbergo. Generalmente, i depositi lagunari del sintema del Po seppelliscono il suolo che si era sviluppato al top del sintema di Spilimbergo; la datazione dell'orizzonte organico del paleosuolo o dei primi sedimenti lagunari che lo seppelliscono permette di stimare l'età di inizio dell'aggradazione del sintema. Nel carotaggio TdM il paleosuolo è presente a 7,85 m dal p.c. e l'età risultante è di  $6580 \pm 55$  anni  $^{14}\text{C}$  BP; più a ovest, nel carotaggio SD4 la testa del suolo sepolto si trova a 2,80 m e ha fornito una età di 5578-5333 cal BP. Nel sondaggio JES2010, sulla base dei dati stratigrafici emersi da questa tesi e di quelli bibliografici esistenti sull'area (BONDESAN *et al.*, 2003a), la base del sintema del Po è individuata a 11,50 m e ha un'età verosimilmente successiva al 5000 a.C. ma precedente al 900 a.C. Il limite superiore di tale sintema coincide con la superficie topografica.



## Capitolo 8

### ANALISI PETROGRAFICHE

#### 8.1 - Campioni analizzati e metodi di analisi composizionale

Sono state eseguite analisi petrografico-mineralogiche sui campioni, derivanti da livelli esclusivamente sabbiosi, dei quattro carotaggi Torre di Mosto (campioni con la sigla T), SD4 ed SD5bis (campioni con la sigla S) e Jesolo 2010 (campioni con la sigla J) (Tab. 8.1).

Campione	T1	T2	T3	T4	T5	T6	S1	S2	S3	J1	J2	J3	J4	J5
Profondità (m) campione	27,85	53,00	56,65	60,10	65,70	92,80	32,20	37,10	38,30	1,40	43,50	46,40	57,45	58,30

Tab. 8.1 - Campioni di sabbia analizzati su cui sono state eseguite le analisi petrografiche.

Questo tipo di studio è stato effettuato a scopo conoscitivo, per evidenziare eventuali variazioni nel tempo degli apporti sedimentari, all'interno di uno stesso carotaggio, ed infine per confrontare i risultati delle suddette analisi con dati precedenti della letteratura. In particolar modo, grazie al confronto con i risultati del lavoro di GAZZI *et al.*, (1973), è stato possibile delineare quali tra i principali corsi d'acqua presenti nella pianura veneto-friulana hanno influenzato in passato la sedimentazione nella sopraccitata area.

Lo studio composizionale delle sabbie dei fiumi risulta particolarmente indicativo anche per investigare la provenienza e la dispersione dei materiali. Quest'ultimi oggi come nel passato hanno contribuito alla formazione, nonché alla modificazione, anche di diversi tratti di spiaggia. Lo studio delle sabbie è stato rivolto a determinare la composizione principale comportando, pertanto, uno studio accurato per ogni singolo campione. Le analisi sono state condotte presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova.

In particolare, alla fase di campionamento è seguito lo svolgimento delle analisi granulometriche su tutti i campioni (Tab. 3.3.1) ed, infine, una vera e propria selezione dei campioni più significativi (Tab. 8.1) su cui si è proceduto con l'esecuzione delle analisi petrografiche.

## ***8.2 - Fase di preparazione dei campioni***

Lo studio quantitativo della composizione principale è stato effettuato sulla sola frazione sabbiosa.

Il campione così come è stato prelevato, viene sistemato in un becker, siglato e messo ad asciugare in forno ad una temperatura di circa 50°C per 24 ore. Dopo le 24 ore il campione è asciutto, dunque seccato, e pronto per essere pesato. Inizialmente è stata pesata solo la tara, solitamente rappresentata da una ciotola di ceramica, in seguito è stata ripesata la ciotola a cui è stato aggiunto il campione secco. Il tutto è stato rimesso nell'apposito becker siglato, già precedentemente utilizzato, con l'aggiunta di acqua più o meno calda e agitato. Il becker è stato lasciato a riposo per un paio di minuti, dopodiché si è proceduto con il lavaggio e la setacciatura del campione.

Dovendo analizzare la sola frazione sabbiosa sono stati utilizzati, per la fase di setacciatura, dei setacci con maglie da 2 a 0,063 mm; nello specifico si sono adoperati setacci da 2000 $\mu$ , 850 $\mu$ , 500 $\mu$ , 250 $\mu$ , 125 $\mu$  e 63 $\mu$ . È stata eliminata, in questo modo, la frazione inferiore a 63 $\mu$  (silt più argilla) ove presente, non utile per le analisi che seguiranno. È rimasta perciò la sola frazione sabbiosa compresa, dunque, nei setacci tra 2000 e 63 $\mu$ . Il lavaggio del campione mediante l'utilizzo dei setacci ha comportato la rimanenza di un certo quantitativo di campione nell'ultimo setaccio (63 $\mu$ ), il cosiddetto residuo. Tale residuo è stato, così, rimesso nella propria ciotola di ceramica, siglata e utilizzata in precedenza, e riposto in forno ad una temperatura di circa 50°C per 24 ore.

Il campione lavato e setacciato si seccherà e, perciò, sarà privato di qualsiasi contenuto d'acqua. A questo punto il campione secco è pronto per essere pesato. Dunque, dapprima è stata pesata solo la tara e in seguito la tara con l'aggiunta del campione residuo secco, comprendente l'intera frazione sabbiosa.

Questo residuo verrà, in conclusione, utilizzato per eseguire le analisi granulometriche per dimensioni con setacciatore meccanico.

### ***8.3 - Analisi granulometriche***

La granulometria è l'espressione delle dimensioni delle particelle, in particolare dei granuli. La dimensione è un parametro particolarmente importante in quanto influenza il comportamento idraulico delle particelle all'interno dei fluidi in movimento, danno indicazioni sulla loro velocità, sulla distanza percorsa e sulla efficacia della loro azione selettiva (RICCI LUCCHI, 1973). Quando le particelle sciolte hanno dimensioni dell'ordine delle sabbie vengono fatte passare attraverso setacci con maglie di diversa larghezza. I setacci, fondamentalmente, smistano i granuli in base al loro diametro intermedio.

Per le analisi granulometriche è stato utilizzato il residuo ottenuto dalla fase di preparazione del campione. Tale residuo (campione meno argilla e silt) è stato innanzitutto pesato e in seguito sottoposto all'analisi. In esso erano presenti tutte le classi granulometriche: 63-125 $\mu$ , 125-250 $\mu$ , 250-500 $\mu$ , 500-850 $\mu$ , 850-2000 $\mu$ . Il residuo è stato, a questo punto, riversato nel setacciatore costituito da una pila di setacci, con alla base un bossolo di metallo che ha permesso la raccolta di eventuale residuo di campione inferiore a 63 $\mu$ .

La pila di setacci è stata, infine, accuratamente chiusa con una placca di metallo. Per il corretto funzionamento del setacciatore è stato necessario impostare manualmente e gradualmente la frequenza al 60%, per un tempo non superiore a 10 minuti. Terminata la setacciatura, lo strumento automaticamente ha arrestato la sua operazione. I setacci sono stati staccati dallo strumento ed uno alla volta rovesciati per essere con cura spazzolati. Questa fase è risultata fondamentale per rimuovere ogni singolo granulo dalle maglie del setaccio. Quando ciò risulta difficile manualmente può essere utilizzata l'aria compressa, la quale aiuterà nella rimozione dei residui di campione dai setacci. Se anche questa pratica non risultasse sufficiente i setacci possono essere, infine, sottoposti agli ultrasuoni.

Le frazioni così ottenute possono essere direttamente pesate, in relazione alla loro classe granulometrica ed, infine, sono state nuovamente riunite. Il campione a questo punto è stato riversato all'interno di un quartatore; l'operazione si è ripetuta più volte fin quando non si è raggiunto il quantitativo di campione desiderato, tale da poter essere utilizzato per l'esecuzione di una sezione sottile di sabbia inglobata.

I dati ottenuti dalle analisi granulometriche sono stati raggruppati in classi dimensionali. Pertanto, questo tipo di analisi ha reso più rapida e precisa la determinazione della classe dimensionale prevalente, definita anche classe di massima frequenza o classe modale (RICCI LUCCHI, 1973), nei campioni di sabbia sciolta analizzati. Questo tipo di osservazione, basata sulla distribuzione e variabilità del sedimento all'interno delle varie classi granulometriche, permette di considerare le condizioni di trasporto e di deposito dei clasti, la loro origine ed eventualmente le modificazioni post-deposizionali (RICCI LUCCHI, 1973).

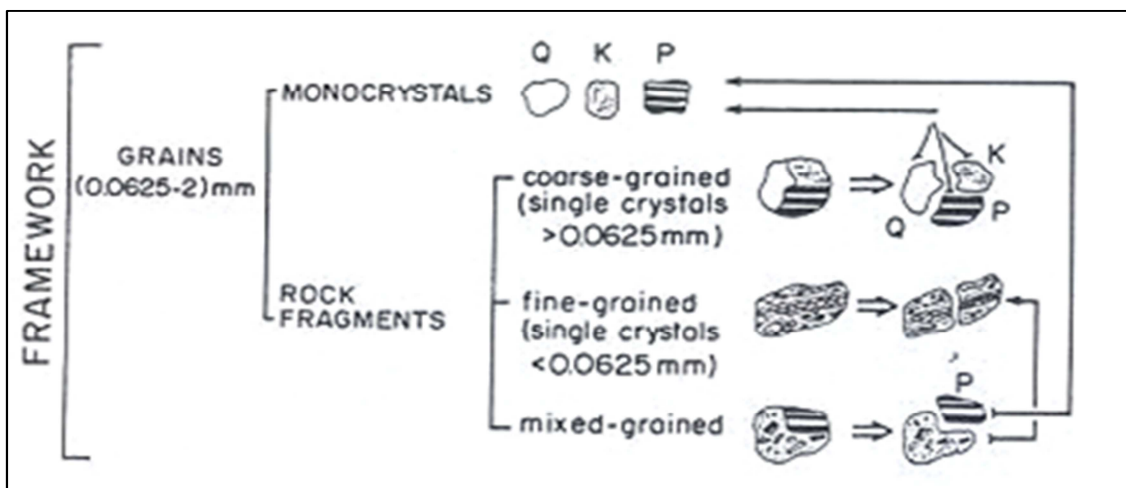
#### ***8.4 - Analisi petrografiche***

L'intera frazione avente granulometria tra 0,063 e 2 mm è stata inglobata artificialmente con una resina epossidica. Tale metodo di inglobamento ha permesso di ottenere un preparato, il quale è stato utilizzato per realizzare le sezioni sottili di sabbie sciolte. Le sezioni sottili sono state trattate mediante colorazione con il Rosso di Alizarina, per una corretta distinzione e determinazione delle fasi di carbonato; la calcite si è colorata di rosa, mentre la dolomite è rimasta incolore per esposizioni di 1-2' alla soluzione.

Dopo una prima osservazione al microscopio ottico di tutte le sezioni sottili preparate, solo 14 sezioni sono state selezionate per uno studio compositivo di dettaglio effettuato con il metodo del conteggio per punti. Dunque, per ogni sezione sottile è stata eseguita una analisi modale per punti, utilizzando un tavolino traslatore ad incrementi costanti di 0,5 mm (GAZZI *et al.*, 1973). Nello specifico, la sezione è stata spostata sul piatto del microscopio mediante tale tavolino traslatore a scatti e con comandi manuali; tale procedimento è risultato vantaggioso sia per poter centrare meglio il singolo granulo sia per poter riprendere il conteggio al punto esatto dove viene interrotto (GAZZI

*et al.*, 1973). I punti sono stati, così, distribuiti secondo un reticolo a maglie quadrate e la distanza tra punti consecutivi è stata scelta in modo che un granulo non venga contato più di una volta. Solitamente, non considerando i punti che ricadono sulla resina, vengono determinati 300 grani dell'ossatura.

La tecnica di conteggio più utilizzata segue il metodo "Gazzi-Dickinson", allo scopo di minimizzare la dipendenza della composizione da variazioni granulometriche. Tale metodo discerne i frammenti di roccia a grana grossa composti da singoli cristalli con dimensioni maggiori di 0,0625 mm e i frammenti litici a grana fine composti da singoli cristalli di dimensioni inferiori a 0,0625 mm (Fig. 8.1); tale valore di 0,0625 mm rappresenta il limite della matrice.



**Fig. 8.1 - Figura rappresentante il metodo "Gazzi-Dickinson" (ZUFFA, 1980).**

I diversi tipi di granuli che compongono un'arenite e che si depositano in un bacino di sedimentazione possono essere distinti in particelle terrigene, che derivano dall'erosione di rocce madri, granuli allochimici che si originano all'interno del bacino e sono in genere rappresentati da bioclasti, ed infine granuli autigeni o ortochimici costituiti da precipitati chimici in situ (FOLK, 1974).

Inoltre, è possibile distinguere le particelle intrabacinali, le quali si formano e rimangono all'interno del bacino di sedimentazione, dunque, sono considerate coeve rispetto alla sedimentazione e forniscono, pertanto, informazioni sulle condizioni chimiche e fisiche del bacino stesso; le particelle extrabacinali sono invece considerate

non coeve rispetto al deposito e forniscono, perciò, informazioni sull'area sorgente. I granuli coevi sono solitamente carbonatici, ma anche non carbonatici come i granuli glauconitici, fosfatici e vulcanici prodotti all'interno del bacino deposizionale. I granuli non coevi sono, silicoclastici o carbonatici.

Le proprietà spaziali (extrabacinali o intrabacinali) e temporali (coevi e non coevi) non sempre vengono dedotte con certezza (ZUFFA, 1987). Lo studio e la distinzione dei granuli carbonatici è certamente importante durante le analisi, in quanto suddetti granuli forniscono informazioni dettagliate sulla provenienza e sulla evoluzione del sistema area sorgente-bacino deposizionale. Una categoria a parte di granuli, talvolta neppure inclusa nella fase di elaborazione dei dati, è data da granuli a grana fine non definibili né come extrabacinali né come intrabacinali e identificati come litoclasti carbonatici di origine incerta (ZUFFA, 1980).

Dei 300 granuli conteggiati sulla frazione sabbiosa sono stati riportati a cento i contenuti di ogni singola classe composizionale. I relativi dati sono stati, pertanto, illustrati nelle tabelle e hanno definito la composizione principale dettagliata di tutti i campioni analizzati.

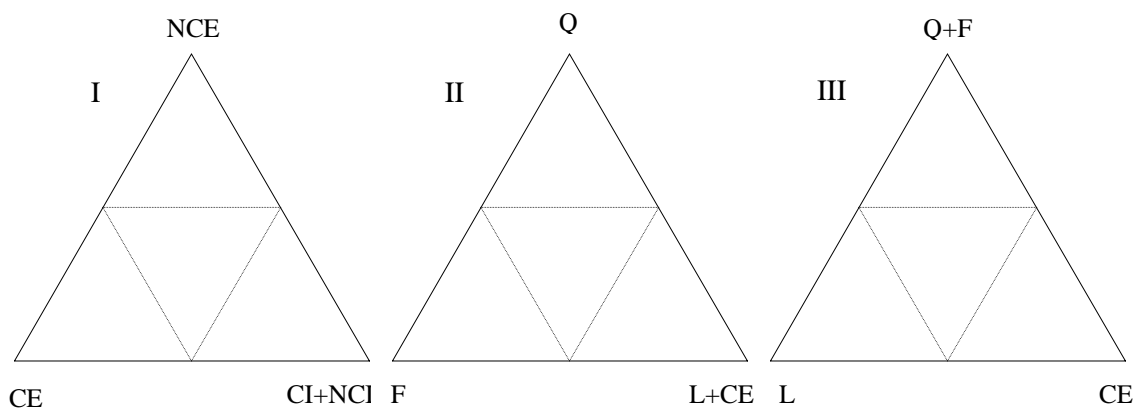
Una tipica tabella utilizzata per il conteggio per punti in sezione sottile è mostrata in Fig. 8.2. Vengono distinti innanzitutto quattro gruppi principali: granuli non carbonatici extrabacinali (NCE), carbonatici extrabacinali (CE), non carbonatici intrabacinali (NCI), carbonatici intrabacinali (CI). Secondariamente i granuli NCE sono suddivisi in Q quarzo, F feldspati, L frammenti di rocce a grana fine non carbonatiche, mentre CE raggruppa le varie tipologie di carbonati terrigeni. Ognuna di queste classi può essere ulteriormente suddivisa in sottoclassi in relazione alla composizione e alla tessitura, grazie al già citato metodo di analisi Gazzi-Dickinson. Vengono poi distinte la matrice, comprendente sia particelle carbonatiche e non carbonatiche, con granulometria inferiore a 0,063 mm e il cemento prevalentemente carbonatico. Con Altri minerali si intendono i minerali pesanti, come epidoto, glaucofane etc., cioè quei minerali trasparenti od opachi ad elevato peso specifico (maggiore di quarzo e feldspati).

NCE	Q	Quarzo monocristallino
		Quarzo policristallino (xx > 0,0625 mm)
		Quarzo policristallino (xx < 0,0625 mm)
		Quarzo in frammento di roccia vulcanica
		Quarzo in f.r. metam. di basso grado
		Quarzo in f.r. plutonica o gneissica
		Calcite su quarzo singolo
		Calcite su quarzo in f.r. plutonica o gneissica
F		K-feldspati monocristallini
		K-feld. in f.r. plutonica o gneissica
		Calcite di sost. su K-feld. (monocr.)
		Calcite di sost. su K-feld. in f.r.
		Plagioclasii grani monocristallini
		Plagioclasii in f.r. vulcanica
		Plagioclasii in f.r. metam. di basso grado
		Plagioclasii in f.r. plutonica o gneissica
		Calcite di sost. su plag. (monocr.)
		Calcite di sost. su plag. in f.r.
L		Vulcaniti a chimismo acido
		Vulcaniti intermedie
		Metamorfiti di basso grado micacee
		Metamorfiti prev. quarzose
		Selci
		Selci ossidate
		Siltiti silicoclastiche
		Calcite di sost. su f.r. afanitici
		Miche e cloriti (grani monocristallini)
		Miche e clor. in f.r. plut. o gneis.
		Miche e clor. in f.r. metam. di basso grado
		Altri minerali
NCI		Glauconite
CE	CE	Dolomie spatiche (grani monocristallini)
		Dolomie policristalline a grana grossa
		Dolomie policristalline a grana fine
		Calcari micritici
		Calcari microspatitici
		Calcari spatitici
		Calcari selciferi
		Siltiti carbonatiche
		Litoclasti carbonatici di origine incerta
		Matrice silicoclastica
		Matrice carbonatica
		Ossidi
		Grani alterati
CI		Gusci
		Frustoli

**Fig. 8.2 - Tabella conteggi delle tipologie di grani riconosciute durante le analisi petrografiche.**

I risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati riportati nelle tabelle dei conteggi hanno permesso la costruzione di diagrammi classificativi triangolari. Il diagramma classificativo di primo livello rappresenta la composizione modale delle areniti, definito ai vertici dai parametri NCE, CE, CI+NCI (ZUFFA, 1980). La porzione centrale del diagramma è rappresentata dalle areniti ibride, ossia le areniti le cui componenti

terrigeni e intrabacinali hanno pressoché la stessa abbondanza. Il diagramma classificativo di secondo livello considera la sola componente extrabacinale dell'ossatura Q, F, L+CE. Il diagramma classificativo di terzo livello raggruppa quarzo e feldspati allo stesso vertice e considera, dunque, le componenti Q+F, L, CE (Fig. 8.3) e consente un raffronto tra la componente derivante da rocce silicoclastiche con la componente derivante da rocce di “copertura” (LUGLI *et al.*, 2007).



**Fig. 8.3 - Diagrammi classificativi semplificati di primo, secondo e terzo livello relativi alla composizione modale delle areniti.**



## Capitolo 9

### RISULTATI ANALITICI

#### *9.1 - Risultati*

I dati ottenuti dalle analisi petrografico-mineralogiche, effettuate mediante l'analisi modale, sono riportati in Tabella 9.1. Da quest'ultima, in seguito, sono stati ricavati i diversi parametri di Tabella 9.2, i quali hanno permesso la realizzazione di diagrammi classificativi relativi ai campioni prelevati dai quattro carotaggi (si veda paragrafi seguenti). Inoltre, l'analisi microscopica è stata corredata da una documentazione fotografica che illustra gli aspetti più significativi, nonché le associazioni mineralogiche principali, in ogni singolo campione analizzato.

Infine, i risultati sono stati confrontati con lavori precedenti, in cui è stata stimata la composizione dei principali corsi d'acqua delle pianure padano-veneta e friulana (Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta, Bacchiglione, Adige e Po), per stabilire il principale distributore degli apporti ("*source river*").

**Tab. 9.1 - Analisi modale (300 punti analizzati) della frazione sabbiosa dei carotaggi TdM, SD4, SD5bis e JES2010.**

Campione		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Profondità (m) campione		27,85	53,00	56,65	60,10	65,70	92,80
Q	Quarzo monocristallino	3,3	12,7	5,7	8,0	2,0	9,3
	Quarzo policristallino (xx> 0,0625 mm)	3,7	18,3	5,7	6,0	4,7	8,0
	Quarzo policristallino (xx< 0,0625 mm)	1,7	2,3	1,0	2,0	0,7	-
	Quarzo in frammento di roccia vulcanica	-	-	-	-	-	-
	Quarzo in f.r. metam. di basso grado	1,3	4,3	3,7	1,0	1,3	1,7
	Quarzo in f.r. plutonica o gneissica	0,3	0,3	-	-	1,0	-
	Calcite su quarzo singolo	-	-	-	-	0,3	-
	Calcite su quarzo in f.r. plut. o gneis.	-	-	-	-	-	-
F	K-feldspati monocristallini	4,0	16,3	12,0	10,7	1,3	6,3
	K-feld. in f.r. plutonica o gneissica	-	3,3	1,0	-	-	-
	Calcite di sost. su K-feld. (monocr.)	-	-	-	-	-	-
	Calcite di sost. su K-feld. in f.r.	-	-	-	-	-	-
	Plagioclasti grani monocristallini	-	2,3	0,3	0,3	0,7	-
	Plagioclasti in f.r. vulcanica	-	-	-	-	-	-
	Plagioclasti in f.r. metam. di basso grado	-	0,7	-	0,3	-	-
	Plagioclasti in f.r. plutonica o gneissica	-	0,3	-	-	-	-
	Calcite di sost. su plag. (monocr.)	-	-	-	-	-	-
	Calcite di sost. su plag. in f.r.	-	-	-	-	-	-
	L	Vulcaniti a chimismo acido	10,7	1,3	4,7	4,7	2,7
Vulcaniti intermedie		-	-	-	-	-	-
Metamorfiti di basso grado micacee		1,0	3,3	2,0	-	0,3	-
Metamorfiti prev. quarzose		1,0	6,3	1,7	3,0	1,0	1,0
Selci		3,7	3,0	2,7	5,3	1,7	2,7
Selci ossidate		1,3	3,0	0,7	0,7	0,7	0,3
Siltiti silicoclastiche		0,3	0,3	1,7	1,3	0,7	-
Calcite di sost. su f.r. afanitici		-	-	-	-	-	-
Miche e cloriti (grani monocristallini)		0,3	4,3	5,7	8,0	1,0	3,7
Miche e clor. in f.r. plut. o gneis.		-	1,7	0,7	-	0,3	-
Miche e clor. in f.r. metam. di basso grado		-	-	-	-	-	-
Altri minerali		-	3,3	3,7	-	0,3	1,7
Glauconite		-	0,3	0,3	-	tr	tr
CE		Dolomie spatiche (grani monocristallini)	14,3	0,3	8,0	8,0	11,3
	Dolomie policristalline a grana grossa	9,0	0,7	3,7	4,7	18,7	11,3
	Dolomie policristalline a grana fine	24,3	5,7	13,0	12,3	27,7	19,0
	Calcari micritici	8,3	2,0	1,7	2,0	2,7	0,7
	Calcari microspatitici	6,7	0,7	8,3	8,0	13,7	4,7
	Calcari spatitici	3,3	1,7	7,0	9,0	2,0	3,7
	Calcari selciferi	-	-	-	-	-	-
	Siltiti carbonatiche	0,7	1,0	2,7	1,7	1,7	1,0
	Litoclasti carbonatici di origine incerta	-	-	-	-	-	-
	Matrice silicoclastica	-	-	-	-	-	-
	Matrice carbonatica	-	-	-	-	-	-
	Ossidi	0,7	-	2,0	0,7	0,3	-
	Grani alterati	-	-	-	0,3	0,3	1,3
	Gusci	-	-	0,7	tr	1,0	tr
	Frustoli	-	-	-	2,0	-	-
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(continuazione pagina precedente)

<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>J1</b>	<b>J2</b>	<b>J3</b>	<b>J4</b>	<b>J5</b>
<b>32,20</b>	<b>37,10</b>	<b>38,30</b>	<b>1,40</b>	<b>43,50</b>	<b>46,40</b>	<b>57,45</b>	<b>58,30</b>
2,3	3,3	3,7	1,0	17,7	11,0	20,3	37,0
4,3	5,7	5,7	3,7	9,7	16,0	1,3	1,3
0,3	0,3	-	0,7	0,3	-	0,3	1,3
0,3	-	-	0,3	-	-	-	0,3
1,3	3,7	2,0	1,0	5,3	13,0	6,7	5,7
-	-	-	-	-	1,3	-	-
-	-	0,3	0,3	-	-	-	0,3
-	-	-	-	-	-	-	-
0,7	3,3	1,3	2,7	14,7	7,3	8,3	1,7
-	0,3	1,0	0,3	1,0	1,0	1,3	-
-	-	-	-	0,3	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	0,3	-	0,7	2,7	2,3	1,7	0,7
-	-	-	-	-	-	-	-
0,3	-	-	-	0,3	-	3,0	-
-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,3
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
6,3	8,7	7,3	3,3	2,0	2,3	3,7	1,0
-	-	-	-	-	-	-	-
0,3	1,3	2,7	-	2,0	6,3	0,3	1,3
-	0,7	1,3	1,7	0,7	2,0	3,3	1,0
2,3	3,0	2,7	1,0	1,0	1,0	2,3	1,0
1,7	1,0	1,0	1,0	-	1,0	-	1,0
-	-	0,7	1,3	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	1,0	0,3	-	11,0	8,0	3,7	2,3
-	-	-	-	0,7	0,7	0,3	-
-	-	-	-	-	-	0,3	-
-	-	0,3	-	8,7	6,3	11,0	6,3
tr	0,3	0,7	-	tr	-	0,3	-
6,0	12,7	16,3	8,7	8,0	3,7	11,0	8,0
15,7	15,3	15,7	16,7	3,0	2,7	3,7	4,3
28,7	17,0	18,0	30,0	2,7	5,3	7,7	11,7
5,7	3,0	1,3	3,7	-	0,3	0,3	1,0
15,3	14,7	13,0	14,7	0,7	3,0	2,7	2,0
6,3	3,7	4,0	4,3	5,0	3,0	6,0	8,0
-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	0,3	0,7	2,3	-	0,3	-	0,3
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	0,3	0,3	0,3	-	1,0
-	0,3	-	-	2,3	1,3	-	1,0
0,3	-	-	0,3	-	-	tr	tr
-	-	-	-	-	-	-	-
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

**Tab. 9.2 - Parametri ricavati dall'analisi modale ed utilizzati per i diagrammi classificativi.**

	Sondaggio Torre di Mosto						Sondaggio Cessalto			Sondaggio Jesolo				
<i>Campione</i>	T1	T2	T3	T4	T5	T6	S1	S2	S3	J1	J2	J3	J4	J5
<i>prof. dal p.c. (m)</i>	27,85	53,00	56,65	60,10	65,70	92,80	32,20	37,10	38,30	1,40	43,50	46,40	57,45	58,30
NCE	32,9	87,7	53,7	52,9	20,8	37,5	20,3	32,8	30,3	19,1	80,1	81,4	68,3	63,9
CE	67,1	12,0	45,2	47,1	78,2	62,5	79,6	67,8	69,9	80,9	25,1	22,0	37,2	39,6
CI+NCI	0,0	0,3	1,0	0,0	1,0	0,0	0,3	0,3	0,7	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
Q	10,4	42,1	18,4	19,1	10,3	20,4	8,7	13,2	11,8	7,0	42,9	49,6	34,0	51,5
F	4,0	25,5	15,3	12,7	2,1	6,8	1,0	4,1	2,4	3,7	24,7	13,2	17,4	3,0
L+CE	85,3	31,2	60,5	64,0	85,4	69,3	90,3	82,7	85,8	89,3	32,5	37,2	48,7	45,6

Dall'analisi in dettaglio al microscopio ottico è stato possibile osservare come la frazione sabbiosa variasse da grana medio-fine a molto fine, con un'evidente variabilità morfologica dei grani da poco a ben arrotondati. Tutti i campioni esaminati hanno mostrato una composizione principale prevalentemente terrigena, anche se in alcuni casi è stata rilevata la presenza di contenuto paleontologico, talvolta solamente in traccia. In generale, prevalgono i grani extrabacinali, sia silicoclastici che carbonatici, mentre i grani intrabacinali rappresentano al massimo l'1% o meno sul totale dell'ossatura (Tab. 9.2).

La frazione silicoclastica varia in percentuale nei diversi carotaggi ed è costituita in ordine di abbondanza da quarzo, frammenti di rocce metamorfiche, frammenti di rocce vulcaniche, feldspati, miche e selci. La frazione carbonatica è composta principalmente da calcari e dolomie, con percentuali variabili di questi singoli minerali dal 12% all'80%.

Per quanto riguarda la frazione silicoclastica, il quarzo è presente come monocristallino e policristallino e, in alcuni casi, come componente in frammenti di roccia metamorfica di basso grado, plutonica o gneissica. I feldspati sono prevalentemente presenti come cristalli singoli e, anche se meno abbondanti, anch'essi in frammenti di roccia metamorfica di basso grado, plutonica o gneissica.

I frammenti di roccia vulcanica, talvolta, mostrano evidenti microfenocristalli di quarzo e/o feldspati. Tra i frammenti di roccia metamorfica si annoverano filladi, serpentiniti e micascisti. I grani di selce sono costituiti in prevalenza da microquarzo. I fillosilicati costituiscono una porzione non meno rilevante, da 0,3 a 11%. Sono rappresentati principalmente dalla muscovite ben visibile, già durante la fase di campionamento, a occhio nudo in alcuni campioni di Torre di Mosto, seguono poi biotite e clorite.

Gli "altri minerali" includono minerali con più elevato peso specifico: i più abbondanti nelle sezioni sottili analizzate sono granati, zircone ed epidoti, inosilicati tra cui qualche raro glaucofane, quest'ultimo identificato per il caratteristico pleocroismo.

La componente non carbonatica intrabacinali, rappresentata dalla glauconite, mostra percentuali basse se non addirittura solo in tracce.

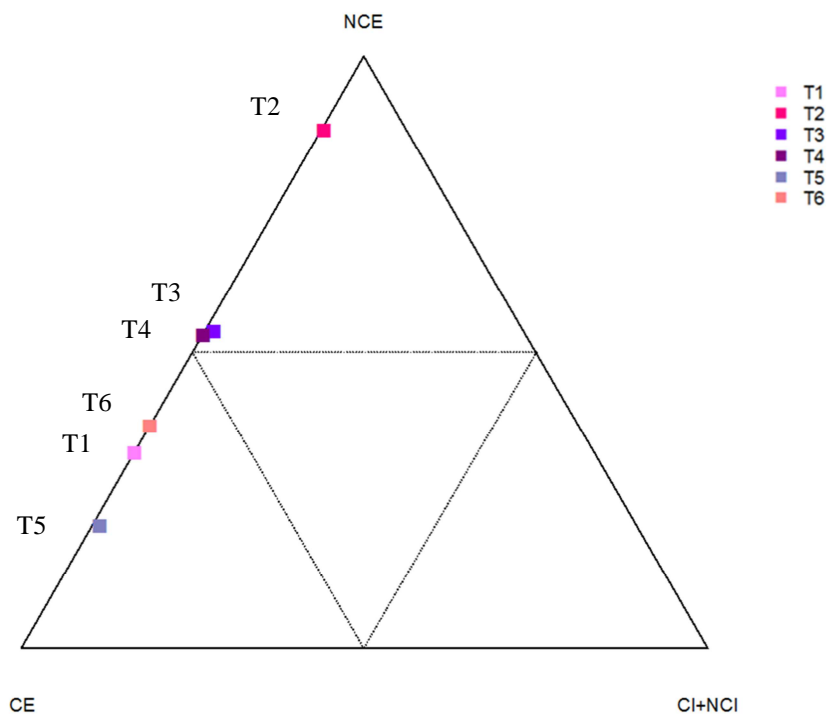
La frazione carbonatica è costituita innanzitutto da grani ben arrotondati di calcari micritici e grani più spigolosi di calcari spatitici, a cui si associano grani monocristallini

e policristallini di dolomie. La prevalenza di una componente carbonatica sull'altra, quindi della calcite sulla dolomite e viceversa, si differenzia nei vari campioni. Solo in alcuni casi è stata riconosciuta una piccola quantità di componente intrabacinale, rappresentata da foraminiferi bentonici, frammenti di molluschi, conchiglie in frammenti e/o interi. Questi sono risultati in genere totalmente o parzialmente riempiti da matrice e da cemento carbonatico.

Tutti i campioni di sabbie analizzati sono stati rappresentati in tre diversi diagrammi triangolari rispettivamente di primo, secondo e terzo livello classificativo. In tali diagrammi NCE rappresentano i grani non carbonatici extrabacinali, CE la componente extrabacinale dei carbonati, CI+NCI la componente intrabacinale carbonatica e non carbonatica; Q il totale dei grani di quarzo, sia mono- che policristallino, F il totale dei feldspati, L+CE i frammenti litici a grana fine e i frammenti di rocce carbonatiche; Q+F il totale del contenuto in quarzo e feldspati, L i frammenti di rocce non carbonatiche a grana fine, CE i frammenti di rocce carbonatiche.

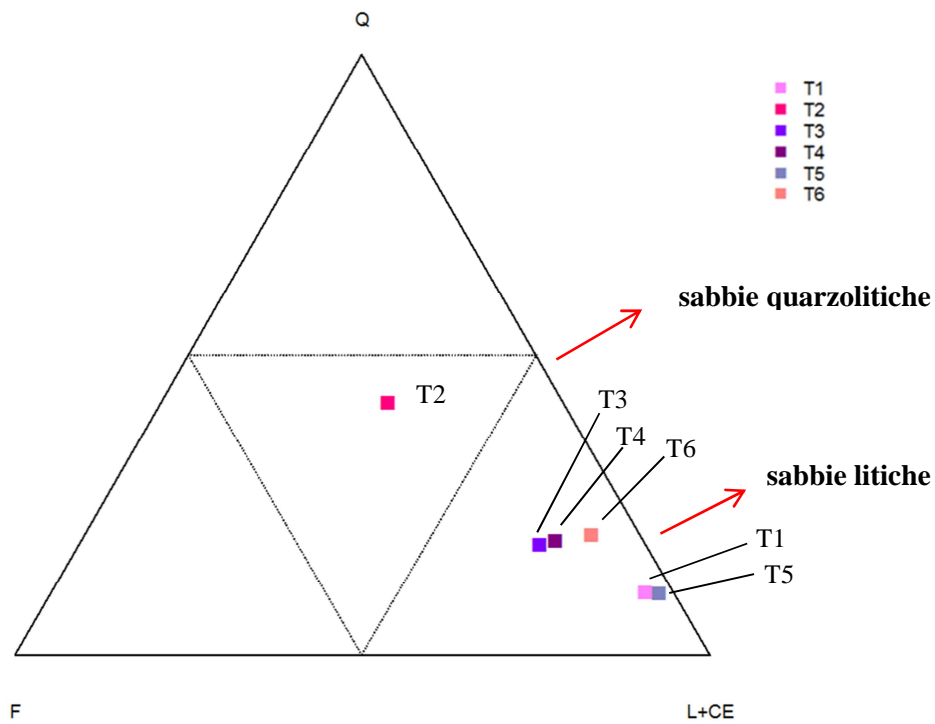
## 9.2 - Carotaggio Torre di Mosto (TdM)

Dal primo livello classificativo NCE, CE, CI+NCI, in accordo con quanto già osservato nella Tabella 9.2, è possibile considerare un arricchimento della componente carbonatica extrabacinale nei campioni T1, T5 e T6, in particolare è la dolomite a prevalere sulla calcite. Una eccezione costituisce il campione T2, in cui si è riscontrata una netta prevalenza della componente NCE. I campioni T3 e T4 mostrano, invece, percentuali pressoché simili delle due componenti prevalenti (NCE-CE), ponendosi difatti quasi centralmente sul lato CE-NCE del diagramma.



**Fig. 9.1 - Primo livello classificativo. Campioni di sabbia del sondaggio TdM. NCE: frammenti non carbonatici extrabacinali; CE: frammenti di rocce carbonatiche; CI+NCI: frammenti intrabacinali carbonatici e non carbonatici.**

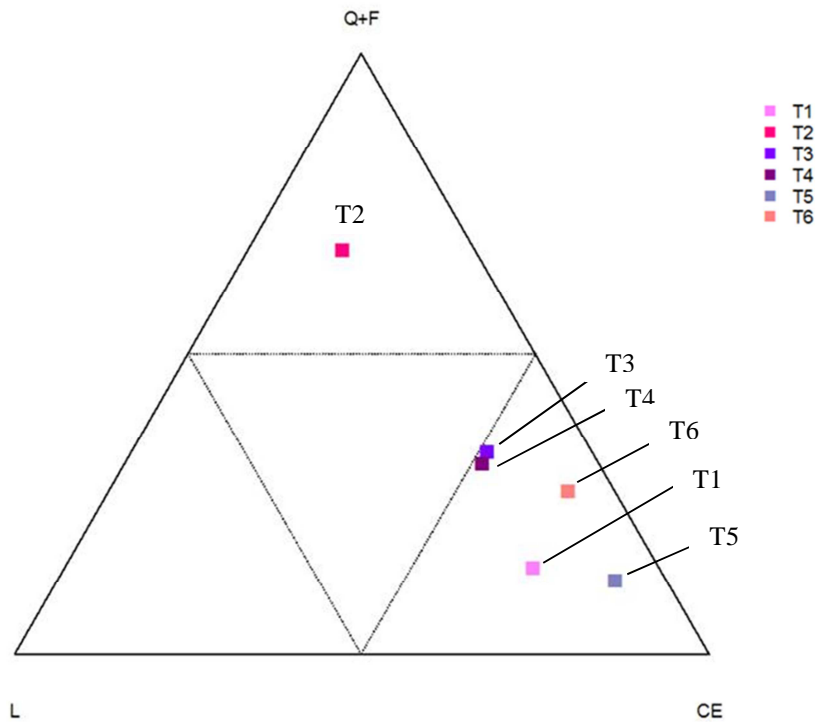
Dal secondo livello classificativo si deduce che quasi tutti i campioni ricadono nel campo classificativo delle sabbie litiche, a differenza del campione T2 che invece si scosta dagli altri per avere una composizione più ricca in quarzo e un leggero incremento di feldspati (si veda Tab. 9.2), dunque ricade nel campo delle sabbie quarzolitiche.



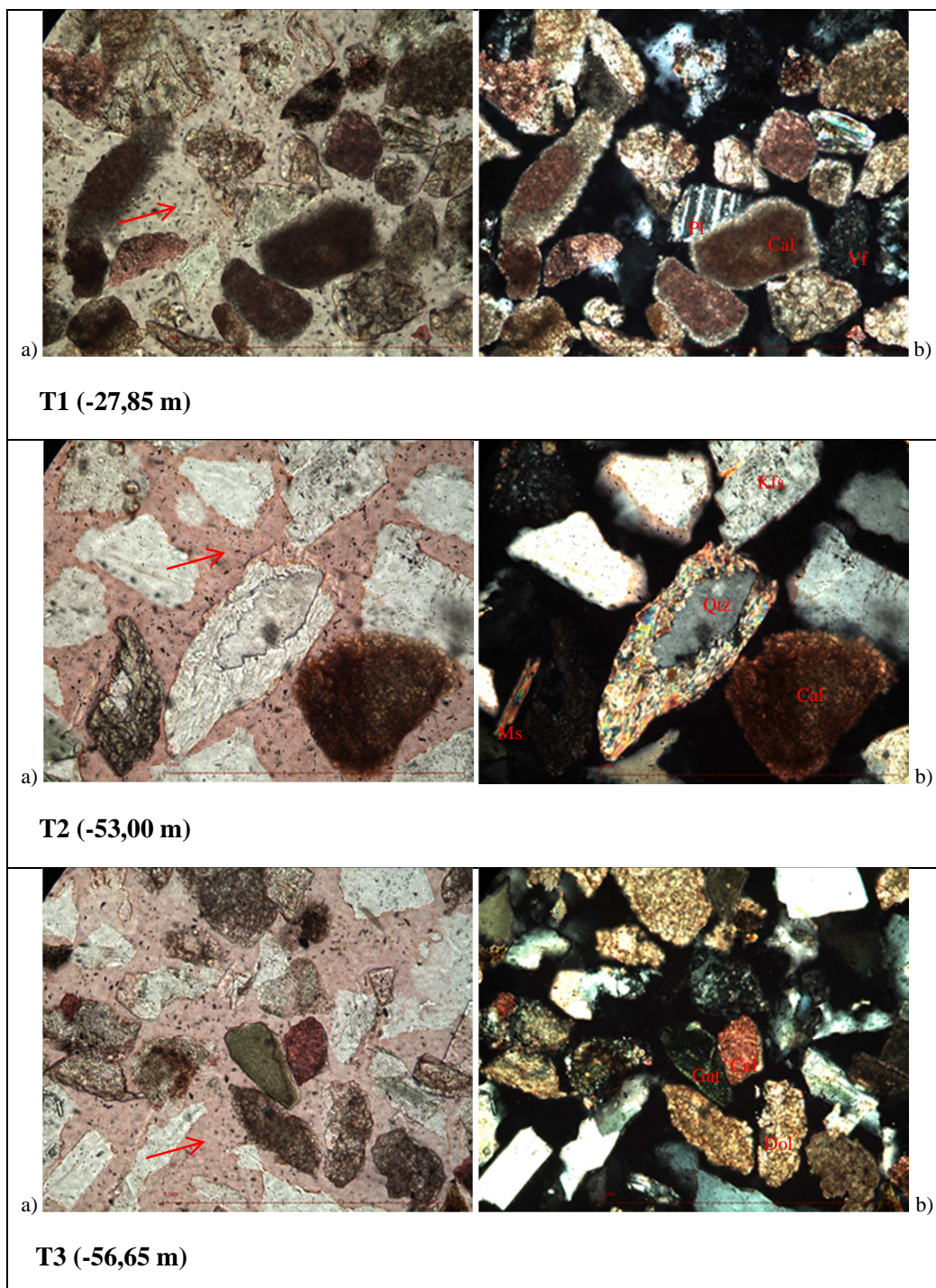
**Fig. 9.2 - Secondo livello classificativo. Campioni di sabbia del sondaggio TdM. Q: quarzo; F: feldspati; L+CE: frammenti litici a grana fine e frammenti di rocce carbonatiche.**



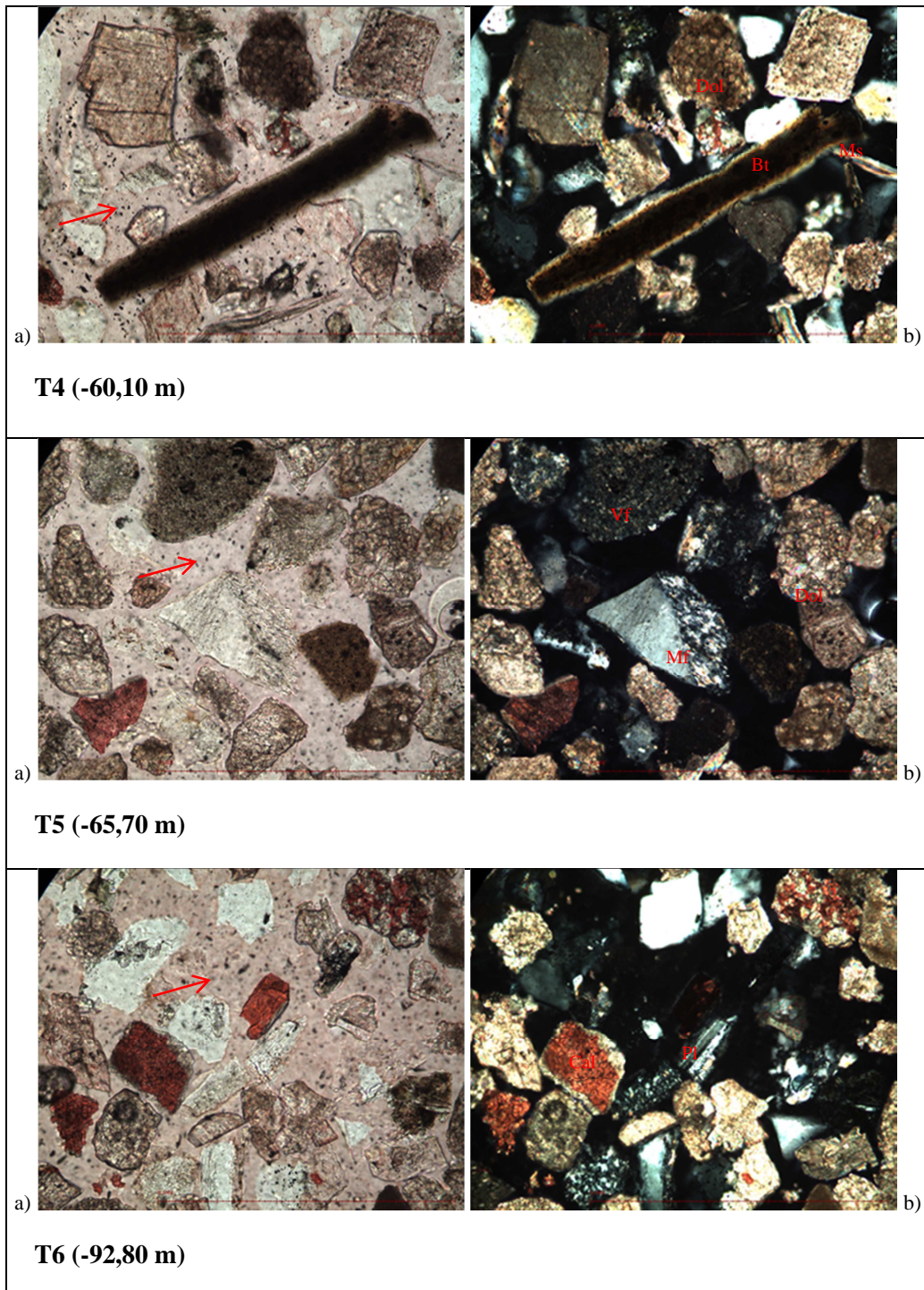
Nel terzo livello classificativo è ancora evidente la netta separazione tra il campione T2 e gli altri campioni, già chiaramente differenziati nel diagramma di Fig. 9.2. Difatti, diagrammando in un triangolo a vertici Q+F, L e CE (Fig. 9.3) separando, dunque, i carbonati terrigeni dagli altri frammenti rocciosi, è possibile osservare nuovamente la separazione tra i campioni del sondaggio Torre di Mosto, come visto in precedenza.



**Fig. 9.3 - Terzo livello classificativo. Campioni di sabbie analizzati in relazione alla composizione (carbonatica e non), del sondaggio TdM. Q+F: totale del contenuto in quarzo e feldspati; L: frammenti di rocce non carbonatiche a grana fine; CE: frammenti di rocce carbonatiche.**



**Fig. 9.4 - Sondaggio TdM. a) immagine a nicols paralleli; b) immagine a nicols incrociati. (Qtz=quarzo, Kfs=k-feldspato, Pl=plagioclasio, Vf=frammento vulcanico, Ms=muscovite, Gnt=glauconite, Cal=calcite, Dol=dolomite, freccia=colorazione Rosso di Alizarina della resina inglobante). Ingrandimento a 20x.**



**Fig. 9.5 - Sondaggio TdM. a) immagine a nicols paralleli; b) immagine a nicols incrociati. (Pl=plagioclasio, Vf=frammento vulcanico, Mf=frammento metamorfico, Ms=muscovite, Bt=biotite, Cal=calcite, Dol=dolomite, freccia=colorazione Rosso di Alizarina della resina inglobante). Ingrandimento a 20x.**

### 9.3 - Carotaggi Cessalto (SD4-SD5bis)

I risultati delle analisi sui sondaggi SD4 (campione S1) ed SD5bis (campioni S2-S3) sono stati riportati nei triangoli classificativi.

Dal primo livello classificativo risulta evidente, in tutti e tre i campioni, la prevalenza della componente carbonatica extrabacinale, con valori dal 69% al 79% (Tab. 9.2), rispetto alla subordinata componente silicoclastica extrabacinale (Fig. 9.6). In particolare, prevale la dolomite sulla calcite, come già visto per i campioni del sondaggio TdM.

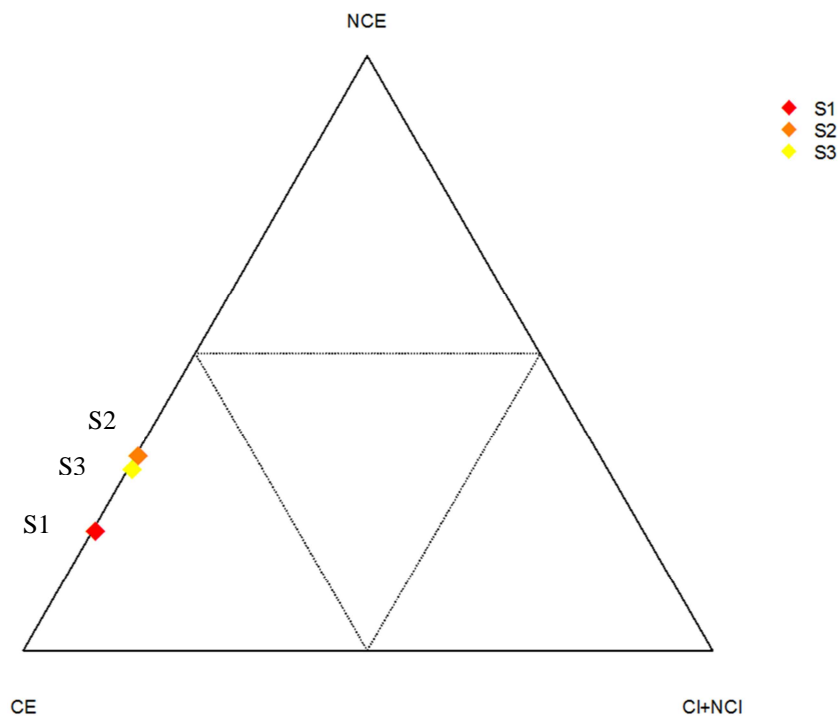
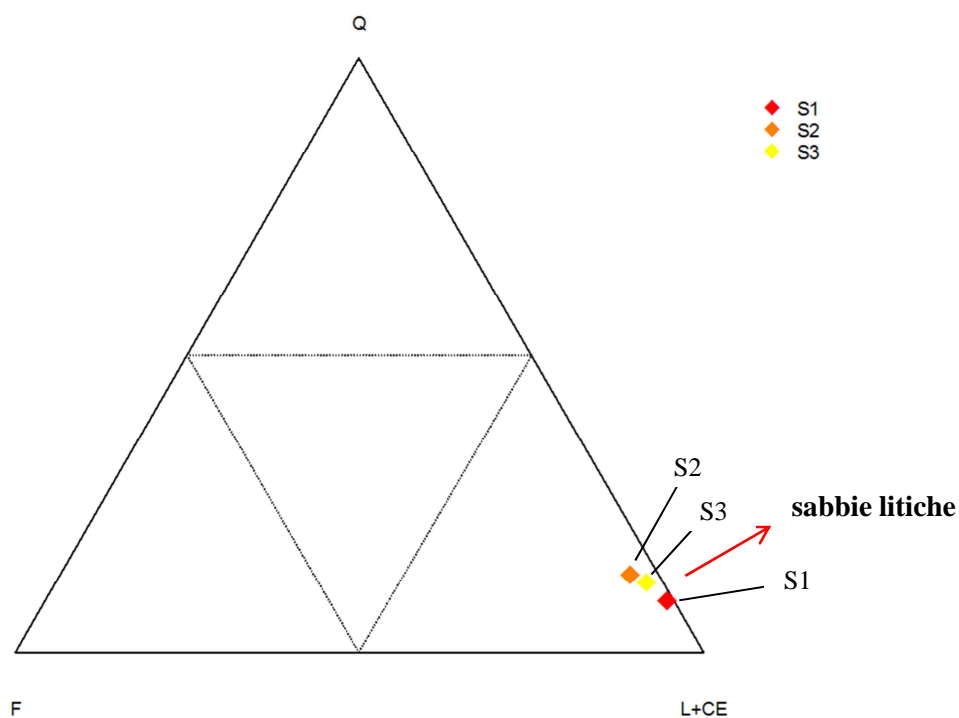


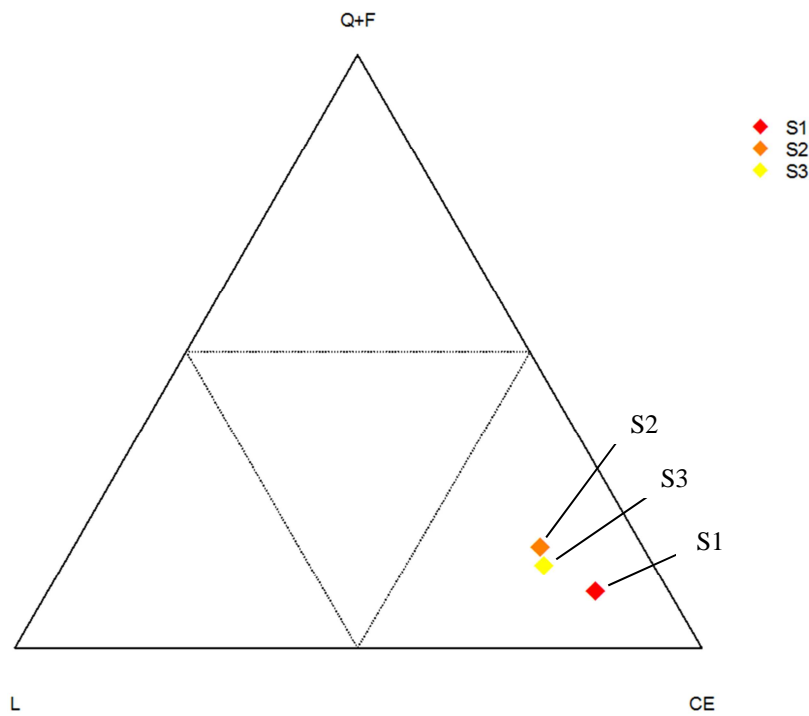
Fig. 9.6 - Primo livello classificativo. Campioni di sabbia dei sondaggi di Cessalto. Vertici come in Fig. 9.1.

Nel diagramma relativo al secondo livello classificativo tutti i campioni ricadono nel campo delle sabbie litiche (Fig. 9.7), mostrando percentuali di quarzo e feldspati decisamente inferiori, rispetto ai campioni del carotaggio precedentemente menzionato.

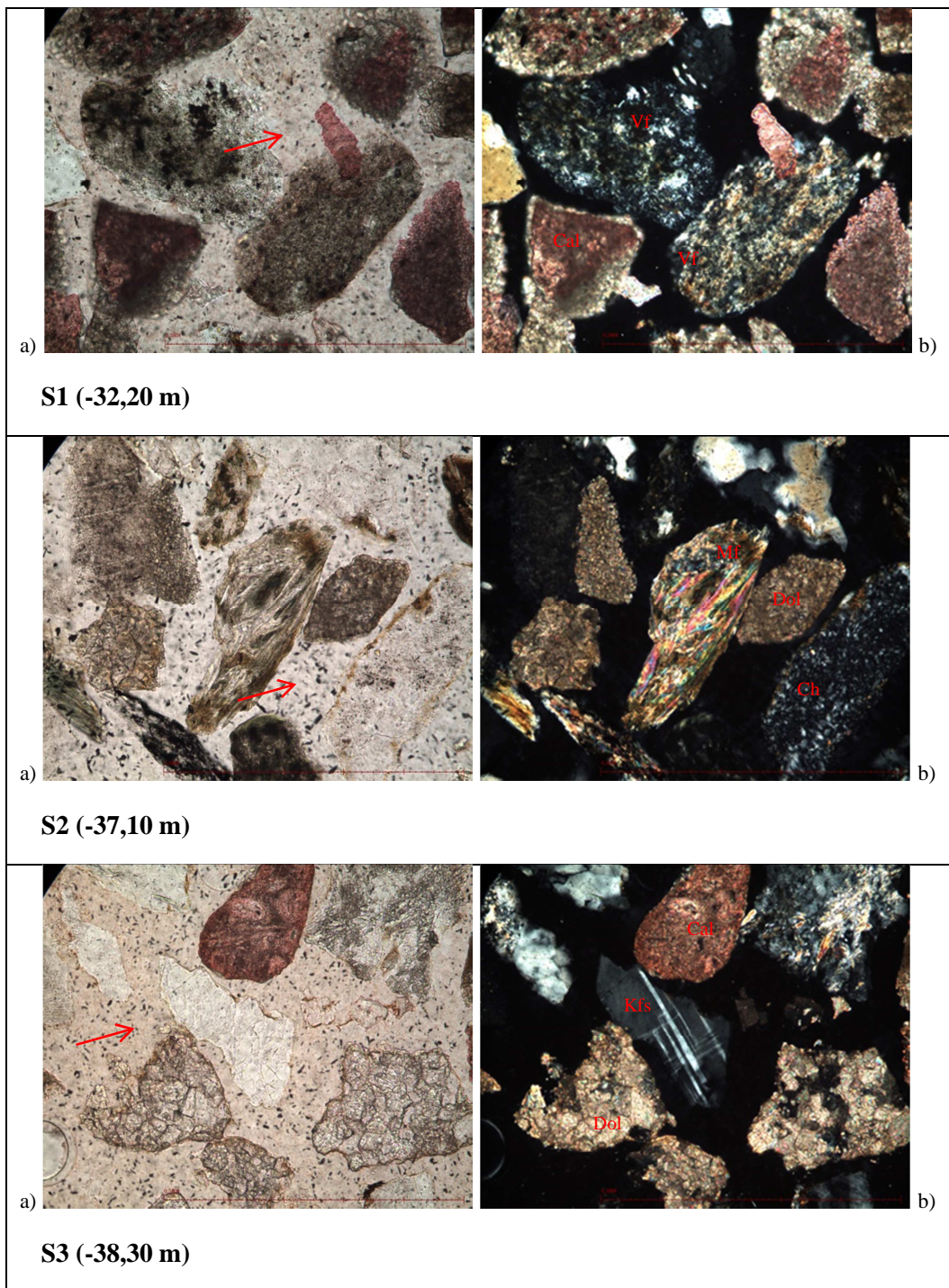


**Fig. 9.7 - Secondo livello classificativo. Campioni di sabbia dei sondaggi di Cessalto. Vertici come in Fig. 9.2.**

Diagrammando in un triangolo a vertici Q+F, L e CE è evidente la concentrazione dei campioni verso il vertice CE, ad indicare la prevalenza dei granuli carbonatici terrigeni. Difatti, dall'osservazione al microscopio dei campioni in sezione sottile è risultata ben chiara la composizione principale di tali sabbie, costituite quasi esclusivamente da calcite, sia micritica che spatitica, e dolomite mono- e policristallina.



**Fig. 9.8 - Terzo livello classificativo. Campioni di sabbie analizzati in relazione alla composizione (carbonatica e non), dei sondaggi di Cessalto. Vertici come in Fig. 9.3.**



**Fig. 9.9 - Sondaggi SD4-SD5bis. a) immagine a nicols paralleli; b) immagine a nicols incrociati. (Kfs=k-feldspato, Vf=frammento vulcanico, Mf=frammento metamorfico, Ch=selce (chert), Cal=calcite, Dol=dolomite, freccia=colorazione Rosso di Alizarina della resina inglobante). Ingrandimento a 20x.**

#### 9.4 - Carotaggio Jesolo (JES2010)

Dal primo livello classificativo si osserva che i campioni prelevati dalle porzioni più profonde della carota (J2-J5) mostrano un forte arricchimento della componente non carbonatica extrabacinale (NCE), con valori che oscillano tra il 63,9% e l'81,4% (Tab. 9.2). Da questi campioni si scosta il campione J1, prelevato a 1,40 m di profondità, differenziandosi decisamente per l'elevato contenuto di grani carbonatici (CE).

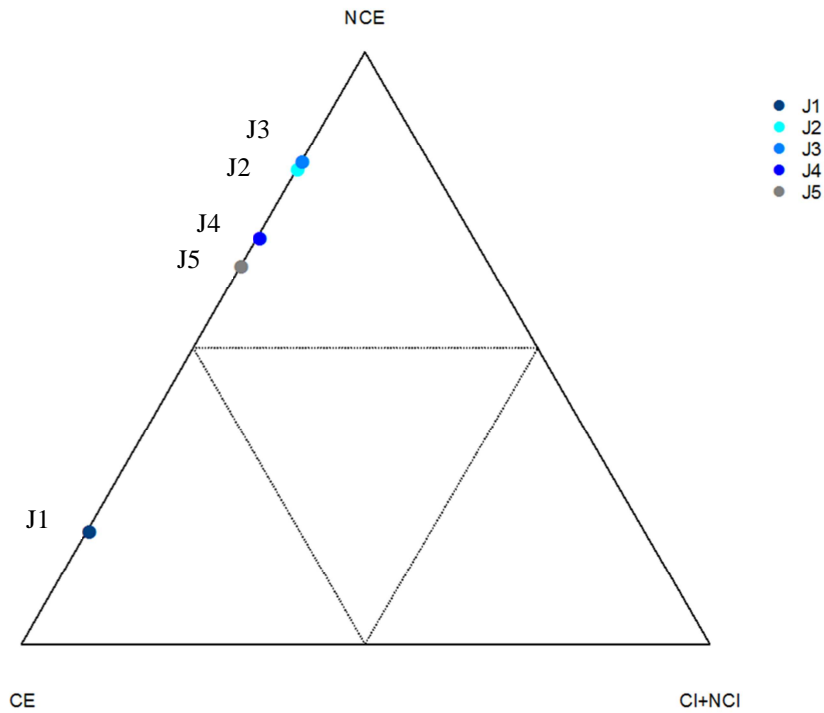


Fig. 9.10 - Primo livello classificativo. Campioni di sabbia del sondaggio JES2010. Vertici come in Fig. 9.1.



Dal secondo livello classificativo risulta ancora evidente la diversificazione composizionale tra i campioni, profondi e superficiali, di questo carotaggio.

In particolare, analizzando la tabella dei conteggi è chiaro che il contenuto in quarzo risulta decisamente maggiore rispetto ai frammenti litici e frammenti di rocce carbonatiche, nei campioni J2-J3-J5, mentre subordinatamente sono presenti i feldspati.

Di contro, il campione J4 è caratterizzato da un maggior contenuto di frammenti litici e frammenti di rocce carbonatiche rispetto a quarzo e feldspati. In conclusione, la composizione di queste sabbie è quarzolitica. La netta prevalenza di L+CE rispetto agli altri componenti del diagramma, nel campione J1, indica una composizione prevalentemente litarenitica (Fig. 9.11).

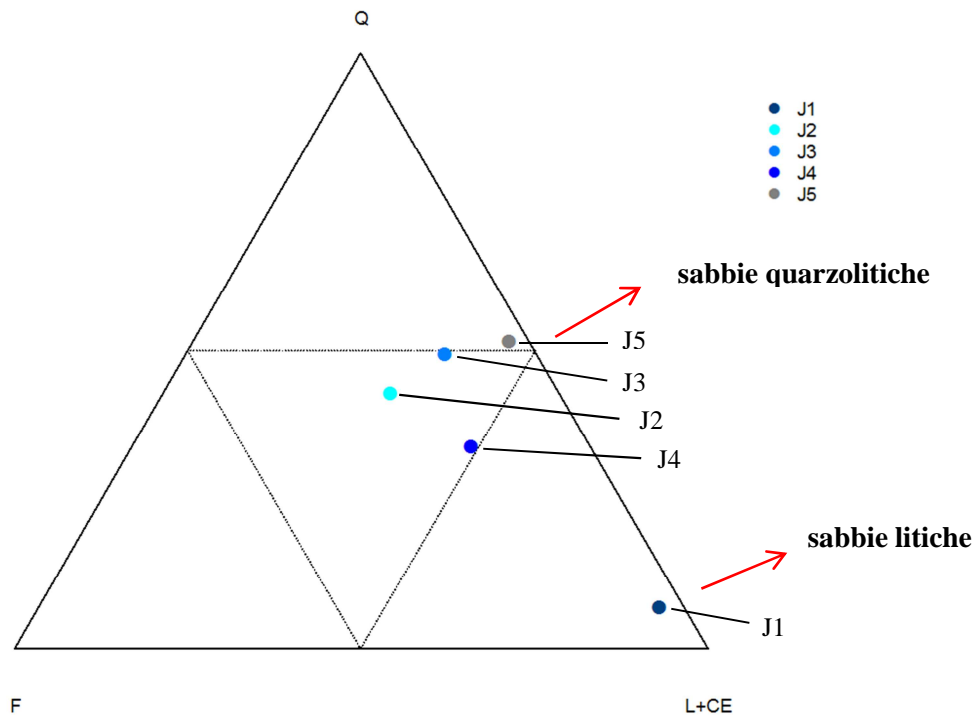
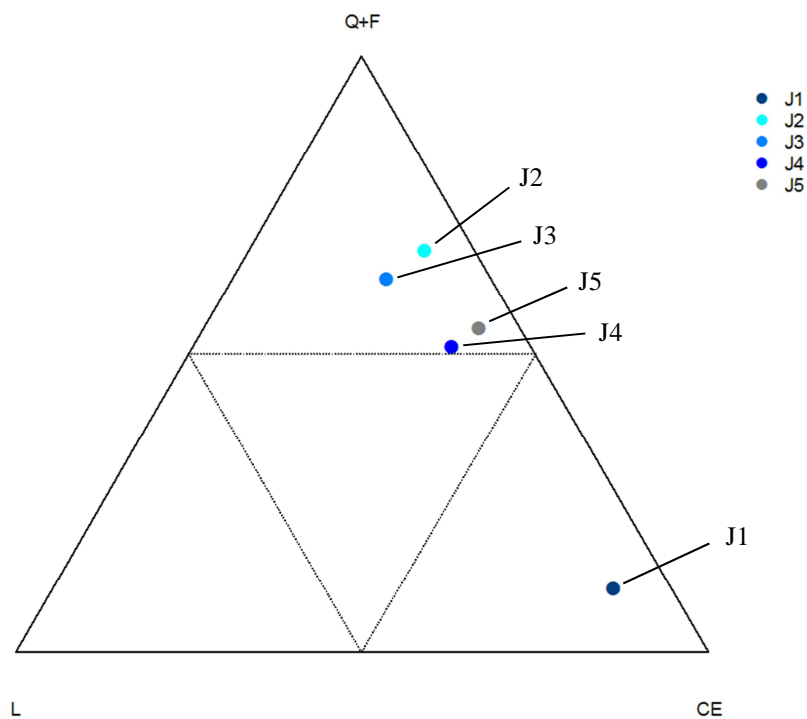
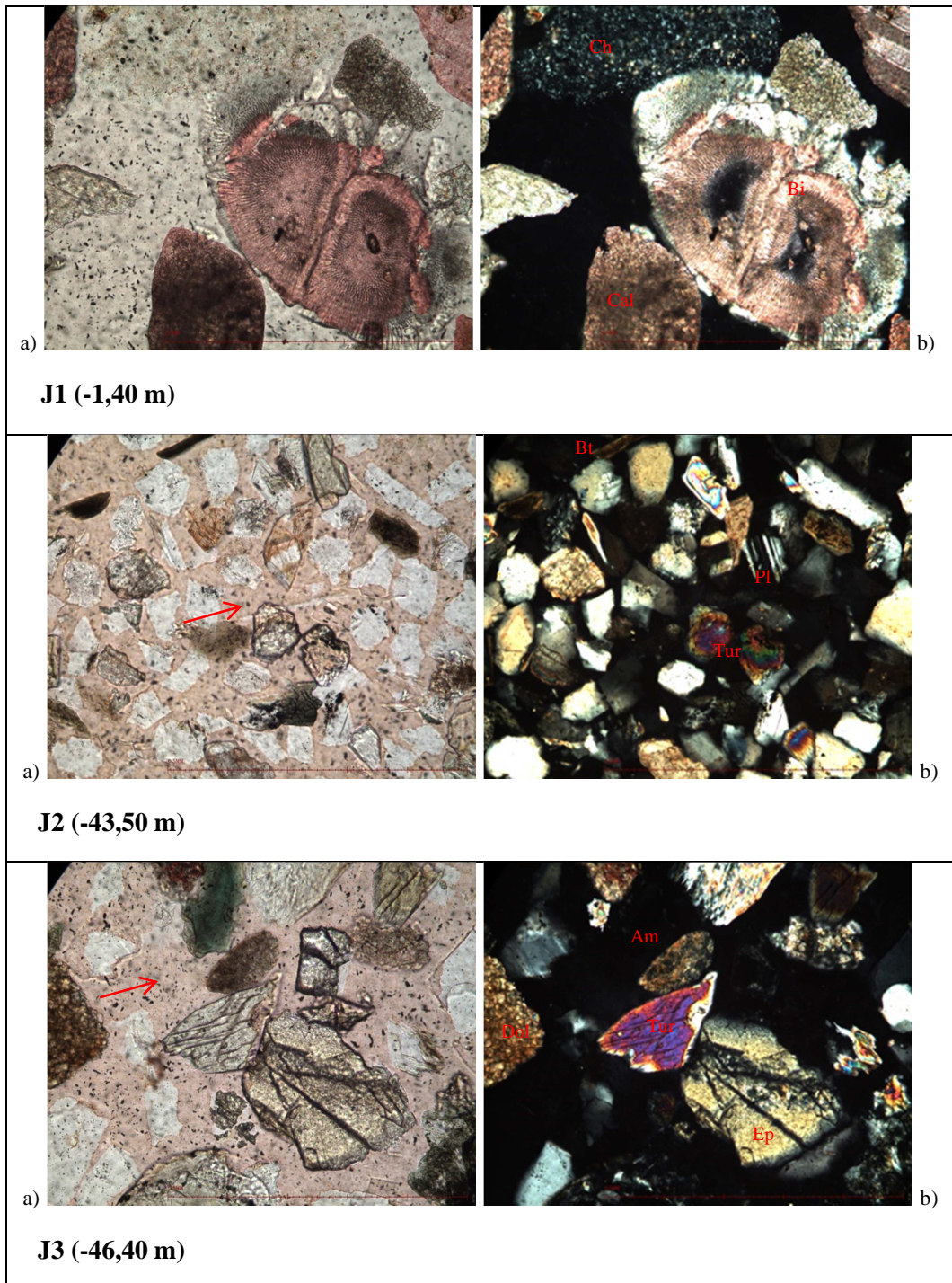


Fig. 9.11 - Secondo livello classificativo. Campioni di sabbia del sondaggio JES2010. Vertici come in Fig. 9.2.

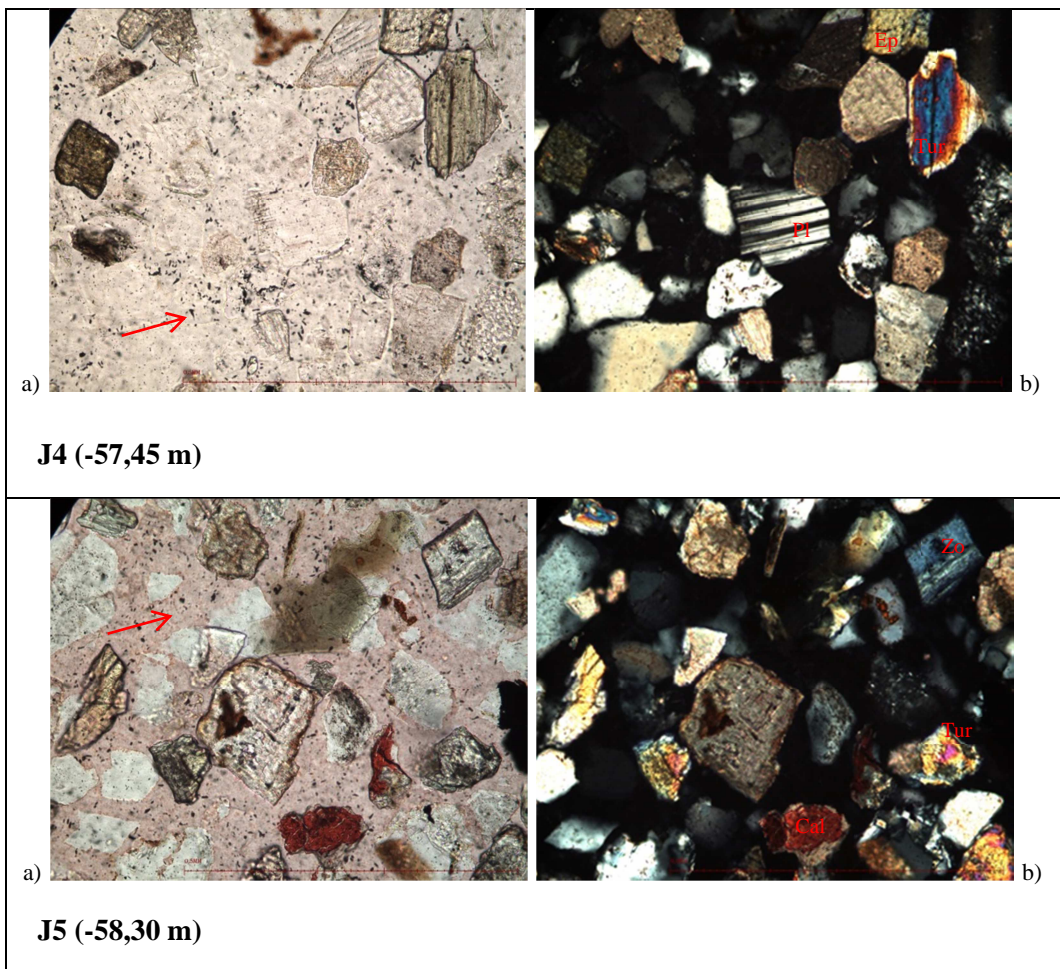
Diagrammando in un triangolo a vertici Q+F, L e CE (Fig. 9.12), differenziando dunque gli apporti in modo tale da separare i carbonati extrabacinali dai frammenti litici è ancora evidente la separazione dei medesimi campioni, già distinti nei diagrammi precedenti. Nel campione J1, predomina la componente carbonatica extrabacinale distinguendosi per una prevalenza di dolomie, mono- e policristalline, rispetto ai calcari micritici e spatitici (Tab. 9.1). Nel resto dei campioni è l'associazione quarzo-feldspati ad essere prevalente.



**Fig. 9.12 - Terzo livello classificativo. Campioni di sabbie analizzati in relazione alla composizione (carbonatica e non), del sondaggio JES2010. Vertici come in Fig. 9.3.**



**Fig. 9.13 - Sondaggio JES2010. a) immagine a nicols paralleli; b) immagine a nicols incrociati. (Pl=plagioclasio, Ch=selce (chert), Bt=biotite, Am=anfibolo, Tur=tormalina, Ep=epidoto, Bi=bioclasti, Dol=dolomite, Cal=calcite, freccia=colorazione Rosso di Alizarina della resina inglobante ). Ingrandimento a 20x.**



**Fig. 9.14 - Sondaggio JES2010. a) immagine a nicols paralleli; b) immagine a nicols incrociati. (Pl=plagioclasio, Tur=tormalina, Ep=epidoto, Zo=zoisite, Cal=calcite, freccia=colorazione Rosso di Alizarina della resina inglobante). Ingrandimento a 20x.**

## Capitolo 10

### DISCUSSIONE

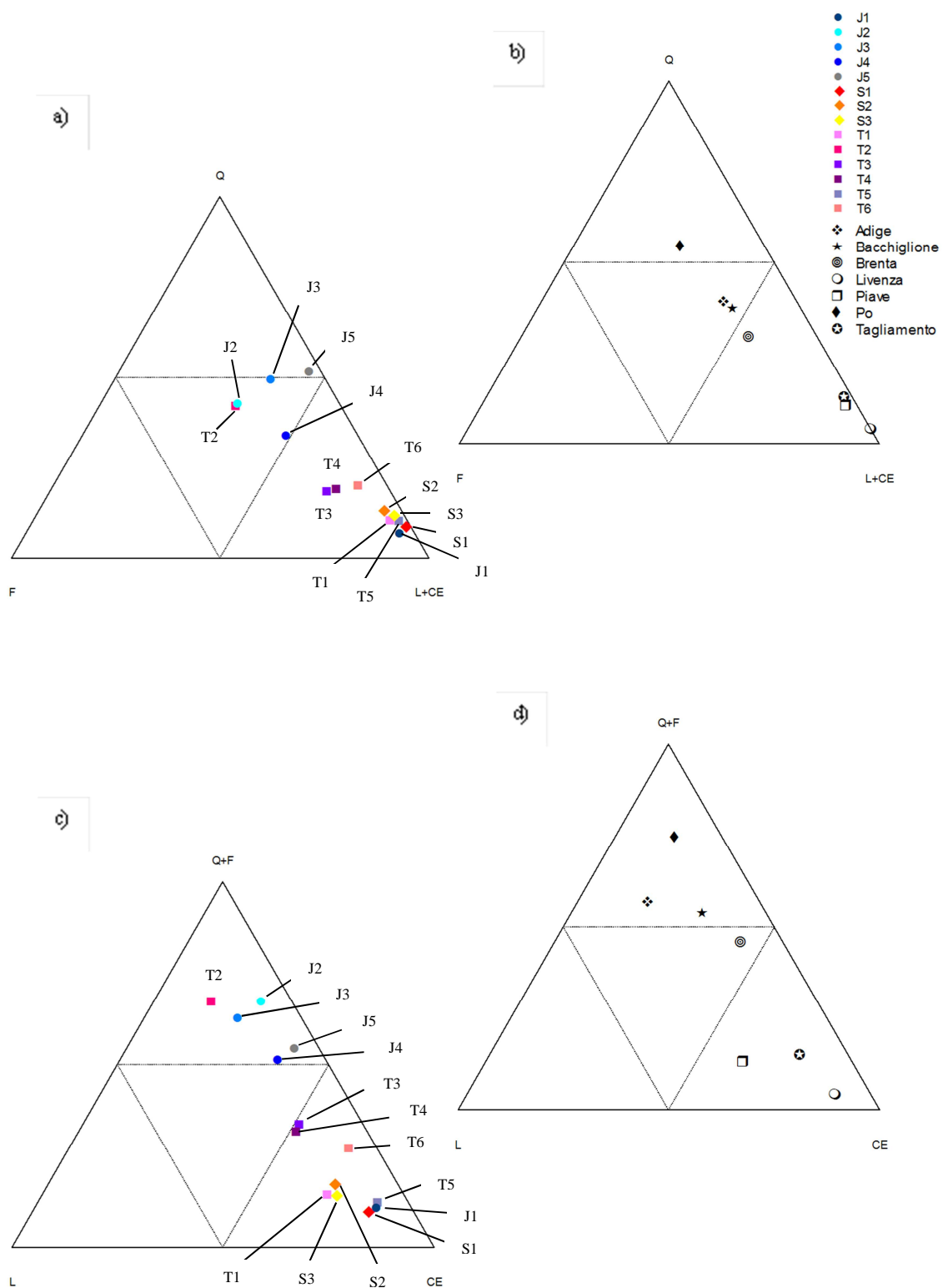
I risultati delle analisi petrografico-mineralogiche effettuate sui campioni di sabbie dei quattro carotaggi sono stati confrontati con quelli del lavoro di GAZZI *et al.*, (1973).

Quest'ultimi autori hanno eseguito uno studio di dettaglio sui caratteri composizionali delle sabbie dei principali fiumi della pianura padano-veneta e friulana e dei litorali che tali corsi d'acqua alimentavano. Tale studio è risultato particolarmente utile per delineare come tali fiumi contribuiscano alla sedimentazione delle sabbie di tratti di litorali e determinare la dispersione delle sabbie da parte del moto ondoso e/o delle correnti lungo costa.

In particolare sono stati confrontati tramite diagrammi i dati da me ottenuti con quelli delle sabbie dei principali corsi d'acqua (Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta, Bacchiglione, Adige e Po).

	Tagliamento	Livenza	Piave	Brenta	Bacchiglione	Adige	Po
Q	13,1	4,2	10,9	29,6	37,4	39,4	54,7
F	2,0	0,1	2,5	16,4	16,3	17,4	20,1
L	11,6	8,6	25,9	10,2	15,3	26,6	11,6
CE	73,3	87,0	60,6	43,8	30,9	16,5	13,7

Tab. 10.1 - Composizione dei principali corsi d'acqua (da GAZZI *et al.*, 1973, modificato).



**Fig. 10.1 - Confronto tra la composizione principale dei campioni di sabbie dei carotaggi (a,c) e quella dei principali sedimenti dei corsi d'acqua (GAZZI *et al.*, 1973, modificato) (b,d). Vertici come in Fig. 9.2 e 9.3.**

Nel loro lavoro GAZZI *et al.*, (1973) oltre ad analizzare le sabbie presso la foce di ciascun corso d'acqua, definiscono per ciascun fiume le caratteristiche mineralogiche dei sedimenti, sia in termini di composizione principale che di associazione di minerali pesanti, arrivando a definire poi alcune provincie petrografiche, cioè dei tratti di litorale con analogie compositive, e un modello di dispersione dei sedimenti da parte delle correnti lungo costa.

**Tagliamento e Livenza** risultano fra loro non molto differenti; sono caratterizzati da un elevato contenuto di granuli carbonatici con la predominanza di dolomite rispetto alla calcite, entrambi maggiori nel Livenza; tra i frammenti di rocce risultano abbondanti le selci; tra i pesanti nel Livenza è maggiore il granato, e nel Tagliamento a tale minerale segue l'epidoto; in entrambi sono molto scarsi i minerali ultrastabili.

**Il Piave**, rispetto ai fiumi menzionati, presenta valori leggermente inferiori di granuli carbonatici, ma ancora la dolomite prevale sulla calcite; sono abbondanti tra i frammenti di rocce le selci e le vulcaniti; fra i pesanti predominano esclusivamente le augiti.

**Il Brenta** presenta un aumento di quarzo e feldspati, rispetto ai fiumi precedenti; diminuisce il contenuto in granuli carbonatici, con la prevalenza della dolomite sulla calcite; abbondanti risultano i frammenti di gneiss e di vulcaniti acide; tra i minerali pesanti predominano granato ed epidoto, secondariamente le orneblende.

**Il Bacchiglione**, rispetto ai fiumi già citati, presenta valori più elevati di quarzo e feldspati; il contenuto in granuli carbonatici è inferiore rispetto ai fiumi precedenti; tra i frammenti di roccia risultano abbondanti le vulcaniti acide; tra i minerali pesanti emerge un'elevata abbondanza di augiti, subordinatamente granato ed epidoto.

**L'Adige** presenta contenuti in granuli carbonatici minori rispetto a quelli dei corsi d'acqua precedentemente considerati e la dolomite risulta maggiore della calcite; presenta un contenuto in vulcaniti acide molto elevato, rispetto agli altri fiumi; tra i pesanti primeggiano granato e orneblenda, secondariamente augite ed epidoto.

**Il Po** si differenzia decisamente da tutti i fiumi già citati; predomina nettamente il quarzo e in ordine di abbondanza a quest'ultimo seguono i feldspati; i granuli carbonatici mostrano tra i valori più bassi, con prevalenza della calcite sulla dolomite; i frammenti di vulcaniti risultano scarsi; tra i frammenti di rocce spiccano gli scisti glaucofanici e i serpentinoscisti; tra i pesanti predominano granato, epidoto ed

orneblenda, ma risulta molto caratteristica la presenza di glaucofane, forsterite e ortopirosseni (GAZZI *et al.*, 1973).

Dalle analisi risulta evidente che dal Tagliamento al delta padano si osserva un rapido aumento del quarzo e dei feldspati, la dolomite primeggia rispetto alla calcite e i granuli carbonatici terrigeni tendono a diminuire progressivamente, mentre l'associazione epidoto-glaucofane caratterizza in particolar modo le sabbie del Po.

Un ulteriore dato che emerge dal lavoro di GAZZI *et al.*, (1973) è che sulla base della composizione si è appurata una dispersione dei sedimenti fluviali da est verso ovest in senso antiorario.

Diversa risulta essere anche la dispersione stessa delle sabbie. Per il Po, parte della sabbia portata al mare si deposita in corrispondenza del suo delta, determinandone l'avanzamento, ed in parte si disperde verso mare; difatti tali sabbie si ritrovano quasi esclusivamente nelle aree del delta. Di contro, Tagliamento e Piave sono caratterizzati da una maggior trasporto delle loro sabbie. Le sabbie provenienti dal Tagliamento diminuiscono gradualmente fino ad esaurirsi nella zona di Jesolo, quelle provenienti dal Piave arrivano fino alle aree dei lidi di Venezia (GAZZI *et al.*, 1973).

Tutti i campioni del sondaggio **TdM**, ad esclusione di T2, hanno una composizione molto simile, e si presume possano essere attribuiti allo stesso corso d'acqua. Da essi si distingue il campione T2 che sembra, invece, riferibile ad un corso d'acqua che drena maggiormente metamorfiti e in quantità minore i frammenti di rocce vulcaniche (si veda Tab. 9.1), e in cui risulta molto scarsa la componente carbonatica terrigena. Dunque, i principali distributori di apporti in quest'area si presume siano il Piave e il Tagliamento.

L'associazione di tali depositi al sistema del Piave nasce essenzialmente dall'osservazione dei dati risultanti dalle analisi, mostrandoci un elevato arricchimento in frammenti di rocce vulcaniche, caratteristica diagnostica del bacino di drenaggio attuale di tale sistema. Oltre a ciò, altre evidenze permettono di avvalorare l'ipotesi di una probabile contaminazione dei campioni analizzati dai sedimenti del Piave, cioè un contenuto apprezzabile di minerali pesanti, soprattutto inosilicati, che caratterizzano i sedimenti di tale corso d'acqua. Il sistema attuale del Tagliamento è, invece, dominato da frammenti di rocce carbonatiche e nel suo attuale bacino di drenaggio le vulcaniti sono assai scarse. La constatazione della presenza di tali componenti sufficientemente abbondanti in questi depositi lascia pensare che, presumibilmente, si sia verificata una



commistione tra i sedimenti principalmente dei corsi d'acqua del Piave e del Tagliamento. Risulta decisamente scarsa l'influenza del fiume Livenza, in quanto essendo un fiume di risorgiva è caratterizzato da un trasporto solido molto limitato, incidendo dal punto di vista petrografico molto poco.

Certamente si tratta di un tratto di pianura piuttosto complesso e, dal punto di vista stratigrafico è stato possibile osservare che il sondaggio TdM ha attraversato intervalli stratigrafici caratterizzati da ambienti deposizionali differenti. In particolare, gli intervalli più profondi costituiscono i depositi alluvionali dell'Unità di Torre di Mosto e dunque coincidenti con le fasi finali della penultima glaciazione (MIS 6), e sono rappresentati dal campione T6. Il passaggio ai depositi marini e lagunari dell'Unità Senzielli, relativi alle trasgressioni marine del MIS 5, è rappresentato dai campioni T5-T4-T3. Il campione T2 nonostante venga attribuito ad una facies di ambiente continentale, in realtà è stato ipotizzato che corrisponda un intervallo stratigrafico di ambiente deltizio del MIS 5.5, attribuibile all'Unità di Pramaggiore; difatti si scosta, dal punto di vista petrografico, dai campioni immediatamente sottostanti appartenenti ad un ambiente marino. Infine, il campione T1 rappresenta i depositi alluvionali relativi alla fase di avanzamento ed espansione dei ghiacciai durante il LGM, ed appartiene al sistema di Spilimbergo.

Dal confronto tra informazioni cronostratigrafiche e petrografiche è possibile affermare che, in alcuni momenti, Piave e Tagliamento hanno partecipato congiuntamente all'alimentazione dell'area. Ciò si è verificato principalmente per effetto dei processi di trasporto lungo costa instauratisi durante l'highstand marino verificatosi nel MIS 5.5. Invece, durante le fasi in cui vi era un ambiente continentale è verosimile che l'alimentazione sia stata quasi sempre esclusiva da parte del Piave.

I campioni dei **sondaggi di Cessalto (SD4 e SD5bis)** mostrano una composizione pressoché simile tra loro, ed anch'essi risultano attribuibili allo stesso corso d'acqua. Si tratta essenzialmente di depositi alluvionali del Piave, per l'abbondanza dei frammenti di rocce vulcaniche e un contenuto decisamente inferiore di metamorfiti, nonché per la presenza di granuli glauconitici. Questi ultimi sono stati presumibilmente riciclati dalla successione molassica in cui tale minerale è presente talora in livelli significativi.

L'alimentazione del bacino montano del Piave è stata fortemente legata alla dinamica di versante e al dilavamento alluvionale dei fianchi vallivi.

Il contenuto in minerali pesanti risulta molto basso, e ciò in realtà discosta tali campioni dal sistema del Piave, invece, caratterizzato da un contenuto in pesanti discreto rispetto agli altri fiumi presenti nella pianura veneto-friulana. I campioni di questi sondaggi mostrano una composizione del tutto simile al campione J1, il più superficiale prelevato dal sondaggio JES2010, soprattutto per l'elevata abbondanza di CE, perciò si presume possano essere attribuibili al sistema del Piave.

Dal punto di vista stratigrafico i sondaggi SD4 ed SD5bis hanno attraversato sedimenti appartenenti a facies esclusivamente alluvionali. In particolare, i campioni S3 ed S2 sono attribuibili all'Unità di Concordia Sagittaria, dunque sono riferibili al MIS 3. Il sondaggio SD5bis per gran parte ha incontrato la sequenza di riempimento di un'incisione fluviale formatasi nel post-LGM, mentre gli ultimi 7 m risalgono al MIS 3 e 4. Il carotaggio SD4, invece, ha attraversato prevalentemente depositi dell'LGM. Pertanto, il campione S1 può essere attribuito al sistema di Spilimbergo.

I campioni del sondaggio **JES2010**, a differenza del campione più superficiale J1, mostrano contenuti nettamente superiori di quarzo (si veda Tab. 9.1) ma è soprattutto la presenza di elevati tenori di minerali pesanti, tra cui epidoto e qualche granato, il discreto contenuto di vulcaniti e metamorfiti che permette di associarli ad apporti di tipo Po. Questo corso d'acqua si distingue, inoltre, per la presenza di glaucofane, un anfibolo dal caratteristico pleocroismo incolore-azzurro-violetto che è presente in tracce anche nei campioni J2-J5, ma non in J1. La presenza di minime quantità di glaucofane nei campioni più profondi del carotaggio è importante per interpretazioni sulla provenienza e potrebbe essere riferibile a un rimaneggiamento di antiche alluvioni influenzate proprio dal Po. È dunque evidente l'influenza di tale corso d'acqua nell'area di Jesolo e suggerisce un sistema di distribuzione verso nord dei suoi sedimenti, significativamente oltre quella che è stata la sua area di dispersione durante l'Olocene, quando al massimo giungeva nel settore meridionale della laguna di Venezia (PIOVAN *et al.*, 2010). Tuttavia, per dimostrare questa provenienza risulterebbe necessario uno studio di dettaglio sui minerali pesanti.

Il discreto contenuto di frammenti di rocce vulcaniche e metamorfiche probabilmente derivano dalla successione molassica, dunque, un altro corso d'acqua potrebbe essere annoverato tra i principali distributori di apporti in quest'area: il Piave. Anche la presenza di contenuti discreti di glauconite nei campioni analizzati porta a ritenere che essa analogamente possa essere stata riciclata dal Piave. Si ritiene che anche i ghiacciai apparentemente introducano frammenti di rocce vulcaniche nei bacini idrografici, trascinandoli con sé durante la fase di avanzamento, a causa della loro maggior erodibilità per esarazione. Difatti, la presenza di abbondanti frammenti di rocce vulcaniche nelle sabbie alimentate dal sistema del Piave suggerisce che anche gli effetti dei ghiacciai alpini potrebbero essere presi in considerazione quando si fanno studi di provenienza di depositi antichi (PICARD & MCBRIDE, 2007).

Dal punto di vista stratigrafico il sondaggio JES2010, come precedentemente osservato nel sondaggio TdM, ha attraversato intervalli comprendenti facies deposizionali differenti. I campioni J5 e J4, prelevati dagli intervalli più profondi della carota, corrispondono ai depositi alluvionali del MIS 6. Questi sedimenti probabilmente sono correlabili con i sedimenti del campione T6 del sondaggio TdM, corrispondenti all'unità Torre di Mosto. I campioni J3 e J2 corrispondono ai depositi lagunari depositatesi durante il MIS 5.5 ed appartenenti all'unità di Senzielli. Entrambi i campioni risultano confrontabili, anche composizionalmente, al campione T2 del sondaggio TdM. Dai campioni menzionati si scosta decisamente J1, appartenente al Sintema del Po e corrispondente a depositi olocenici di ambiente costiero.

I campioni analizzati in questo lavoro risultano, dunque, abbastanza affini alle sabbie provenienti dai corsi d'acqua esaminati da GAZZI *et al.*, (1973). Mostrano però evidenti differenze i campioni del sondaggio JES2010 rispetto agli altri sondaggi analizzati.

Nel complesso, l'area considerata in questa tesi sembra aver subito importanti cambiamenti nel corso degli ultimi 150.000 anni. Alcuni tra i fiumi più importanti della pianura padano-veneta e veneto-friulana, Po e Adige a sud ed Piave e Tagliamento a nord, hanno in passato contribuito alla costruzione della zona.

In generale, la presenza di sabbie prevalentemente litarenitiche nel settore settentrionale dell'aria investigata (zona dei carotaggi TdM e Cessalto), caratterizzata da una elevata quantità di frammenti di rocce vulcaniche e frammenti carbonatici, sia calcitici che dolomitici, sono considerati indicativi di una provenienza dal Sudalpino

orientale, prodotti prevalentemente da formazioni rocciose carbonatiche del Mesozoico, da rocce ignee, e vulcaniche intermedie e acide del Permiano-Triassico.

La composizione della sabbia prevalentemente quarzolitica, con elevati contenuti di quarzo e frammenti di rocce maggiormente metamorfici, nel settore meridionale dell'area (zona di Jesolo) indica invece una provenienza dalle Alpi centro-occidentali e dall'Appennino settentrionale, prodotti dunque da rocce cristalline. Diverse ipotesi si possono avanzare per poter spiegare questa diversità.

Il brusco cambiamento nella composizione dei sedimenti nell'area esaminata e, dunque, negli apporti si ritiene possa riflettere il riempimento progressivo dell'avanfossa appenninica e la conseguente migrazione verso nord del sistema fluviale del Po, o a movimenti tettonici che hanno interessato la catena appenninica e/o le Alpi sud-orientali durante il Pleistocene medio (STEFANI, 2002).

La composizione delle sabbie del Pleistocene superiore - Olocene mostra una marcata variazione tra il settore settentrionale e meridionale, il primo fortemente legato all'apporto principalmente del Piave e subordinatamente del Tagliamento, come indicato dall'elevata quantità di frammenti di roccia carbonatica, mentre il secondo è dominato da sabbie ricche in silicati portati dal Po.

Uno studio di dettaglio dei sedimenti fluviali (MONEGATO *et al.*, 2010) permette di evidenziare variazioni di provenienza, legate ad importanti eventi verificatisi sin dal tardo Miocene, dal sollevamento tettonico delle Alpi del Sud, alla crisi di salinità del Messiniano fino alle glaciazioni quaternarie, di cui si è ampiamente discusso nel Capitolo 1. Questi eventi hanno determinato l'insorgenza, nonché influenzato in seguito la migrazione, dei principali sistemi di drenaggio.

Infine hanno avuto un ruolo importante le glaciazioni quaternarie che hanno colpito le Alpi del sud nel Pleistocene medio-superiore, anche se è più probabile che l'erosione glaciale abbia determinato variazioni a livello morfologico delle valli piuttosto che provocare grandi cambiamenti nei bacini.

Da dati di letteratura (MONEGATO *et al.*, 2010) emerge come la composizione dei sedimenti quaternari, legati prevalentemente ai fiumi attuali, riflette l'attuale configurazione della rete di drenaggio. La composizione dei sedimenti derivanti dall'area di drenaggio del fiume Piave, presentata in Tab. 10.2, concordano ampiamente con quanto già detto per i campioni dei carotaggi analizzati e con i dati relativi al lavoro

di GAZZI *et al.*, (1973). Tali sedimenti mostrano di fatto percentuali elevate di frammenti di rocce carbonatiche legati all'apporto degli affioramenti rocciosi sedimentari, mentre quarzo e feldspati risultano scarsi (<10%).

Area di drenaggio : Piave					
Campione n°	80	81	82	83	84
Età	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario	Quaternario
Coordinate geografiche	46° 16' 48.1"	46° 14' 35.7"	46° 5' 28.0"	46° 3' 19.8"	45° 52' 58.1"
	12° 18' 29.4"	12° 18' 30.5"	12° 7' 30.3"	12° 0' 45.0"	11° 59' 65.4"
Q	3,0	4,5	5,1	3,0	6,2
F	-	-	-	-	1,2
L	11,5	16,2	12,5	28,2	17,5
CE	85,5	79,3	82,4	68,8	75,1

**Tab. 10.2 - Parametri ricavati dall'analisi modale sulla composizione di campioni prelevati dall'area di drenaggio del Piave ed analizzati da MONEGATO *et al.*, (2010).**

L'evoluzione del sistema costiero dell'Adriatico nord-occidentale è stato influenzato da una serie di fattori quali caratteristiche geomorfologiche dei bacini, tettonica, clima, subsidenza ed apporto sedimentario.

In particolare, nel corso della trasgressione olocenica, quando il litorale adriatico a sud della laguna di Venezia era migrato di alcune decine di chilometri a ovest rispetto alla sua attuale posizione, la principale sorgente di sedimenti che alimenta le facies litorali erano le Alpi orientali, con un trasporto dei sedimenti verso sud (MARCHESINI *et al.*, 2000). Quest'apporto, continuato durante le prime fasi regressive, viene poi troncato da un cambiamento importante nella morfologia costiera, legato allo sviluppo del primo sistema deltizio del Po nel corso dell'ultimo millennio. Ciò spiegherebbe la presenza di granuli carbonatici terrigeni nel settore meridionale dell'area i quali arrivano, anche se con contenuti decisamente inferiori, fino alle aree romagnole.

In conclusione, è possibile individuare due principali petrofacies che riflettono due provenienze distinte ed indicano che nel tempo è cambiata l'area sorgente: la prima caratterizzata da sabbie litarenitiche i cui sedimenti provengono da sorgenti sudalpine ed alimentano il settore settentrionale dell'area analizzata (zona di Cessalto e Torre di Mosto); la seconda caratterizzata da sabbie quarzolitiche i cui sedimenti provengono da sorgenti alpine centro-occidentali e appenniniche ed alimentano il settore meridionale dell'area (zona di Jesolo).



## CAPITOLO 11

### CONCLUSIONI

L'attuale configurazione della bassa pianura del Piave è certamente il risultato di una serie di eventi succedutisi durante la storia geologica; dalle prime fasi di sollevamento ed avanzamento della catena Sudalpina, alle variazioni glacio-eustatiche e alle diverse riorganizzazioni della rete di drenaggio verificatesi nel tempo.

Lo studio svolto in questo lavoro di tesi sui depositi sabbiosi Pleistocenici-Olocenici che caratterizzano l'area distale della pianura, ha permesso di evidenziare i principali cambiamenti paleogeografici e composizionali, in senso sia N-S che E-W, indotti dall'evoluzione di questo tratto di pianura negli ultimi 150.000.

L'area in esame durante il MIS 6 consiste di una vasta pianura alluvionale caratterizzata da una notevole deposizione di alluvioni, riconducibili al penultimo ciclo glaciale, grazie all'avanzamento delle fronti dei ghiacciai alpini. Nella bassa pianura tali depositi alluvionali risultano sovrastati al tetto da depositi di ambiente costiero e lagunare/deltizio riconducibili alle trasgressioni marine del MIS 5. In particolare, la quasi totalità di questi depositi costieri si depongono durante la fase di stazionamento alto del livello del mare del MIS 5.5, definita anche tirreniana, quando il mare raggiunge un'altezza di  $+6\pm 3$  m s.l.m. Ciò ha determinato l'impostazione di sistemi lagunari e apparati deltizi, rappresentati da facies di shorface e prodelta passanti a quelle di piattaforma interna. In tale periodo si instaurò una configurazione paleogeografica in parte confrontabile con quella attuale ma, all'epoca, le facies marine e paraliche erano presenti più verso l'interno della pianura rispetto ad oggi (Fig. 11.1).

Con le fasi finali del MIS 5 si è instaurato poi un periodo caratterizzato da scarsa o quasi nulla sedimentazione (MIS 4), ed in seguito condizioni continentali distinte dalla deposizione dei sedimenti alluvionali del MIS 3.

Durante il MIS 2 la massima espansione del ghiacciaio del Piave giunge a lambire gli sbocchi vallivi, determinando la produzione di detrito e il trasporto dello stesso verso la pianura. Il successivo ritiro dei ghiacciai, fra tardoglaciale e Olocene iniziale, crea una fase di non deposizione in pianura che, nel settore distale del Piave, genera delle incisioni profonde fino a 25 m rispetto al tetto dei sedimenti del LGM. Solo in seguito

alla fase di massima ingressione marina, verificatasi circa 7500-6000 anni fa, i depositi lagunari e costieri vanno a sovrapporsi estesamente a quelli alluvionali del LGM, raggiungendo attualmente spessori massimi di 10-14 m presso Jesolo.

*I principali risultati possono essere riassunti come segue:*

Per quanto riguarda i depositi di facies continentale del MIS 3 e 2, sia in TdM che in SD4 e SD5bis, essi presentano una composizione tipicamente del Piave. Ciò è stato dedotto dai risultati ottenuti sui campioni di Cessalto e TdM, caratterizzati da sedimenti con un'elevata abbondanza di carbonati, sia calcitici che dolomitici, frammenti di rocce vulcaniche e granuli glauconitici (Petrofacies 1).

Per i depositi relativi alle facies costiere del MIS 5.5, in TdM la composizione è assimilabile primariamente ad un'associazione tra Piave e Tagliamento, mentre in JES2010 è legata ad una provenienza di tipo padano. È stato particolarmente interessante il riconoscimento della probabile influenza di questo bacino, talaltro, attualmente ben distante dall'area considerata in questo studio.

L'influenza del Po è risultata evidente soprattutto nelle porzioni profonde del carotaggio JES2010. Dal punto di vista composizionale, i depositi di questo settore hanno mostrato un elevato arricchimento in quarzo, feldspati molto freschi e frammenti di rocce metamorfiche (Petrofacies 2), indicativi di una provenienza da unità cristalline appartenenti a successioni alpine centro-occidentali e appenniniche settentrionali. Altra evidenza importante è la presenza di associazioni mineralogiche diagnostiche, ad esempio epidoto-glaucofane, tipiche del bacino padano. I campioni più profondi del sondaggio JES2010 si differenziano nettamente dai campioni relativi al settore settentrionale dell'area di studio; risultano correlabili solo con il campione T2 (53,0 m) del sondaggio TdM, in cui la composizione prevalentemente quarzolitica del campione, suggerisce una certa influenza padana.



Quindi, considerando i depositi del MIS 5.5, si nota una grossa diversità tra le porzioni di ambiente costiero e quelle alluvionali, indicando che è soprattutto il drift litoraneo ad aver trasportato i depositi del Po in senso orario raggiungendo anche le aree di Jesolo e, limitatamente, quella di Caorle (Fig. 11.1).



**Fig. 11.1 - Influenza del bacino padano durante l'highstand del MIS 5.5 (modificato da FONTANA *et al.*, 2004).**

E' probabile che durante il MIS 5.5 il Po abbia avuto una foce all'interno della zona attualmente occupata dalla laguna di Venezia, come avvenuto temporaneamente anche durante l'Olocene, attorno a 3000 anni fa (cfr. PIOVAN *et al.*, 2010).

Nel complesso, l'interazione tra le analisi stratigrafiche e petrografico-mineralogiche ha permesso una migliore comprensione di questo tratto di pianura così complesso, il quale è stato interessato da alcune variazioni nel tempo.



## BIBLIOGRAFIA

---

AMOROSI A., FONTANA A., ANTONIOLI F., PRIMON S. & BONDESAN A. (2008) - *Post-LGM sedimentation and Holocene shoreline evolution in the NW Adriatic coastal area*. *GeoActa*, 7, 41-67.

ANTONIOLI F., BARD E., POTTER E.K., SILENZI S. & IMPROTA S. (2004) - *215-ka History of sealevel oscillations from marine and continental layers in Argentarola Cave speleothems (Italy)*. *Global and Planetary Change*, 43, 57-78.

ANTONIOLI F., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A., BONDESAN A., BRAITENBERG C., FONTOLAN G., FURLANI S., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G. & STOCCHI P. (2009) - *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines*. *Quaternary International*, 206, 101-133.

BARBIERI C. & GARCIA CASTELLANOS D. (2004) - *A 3D image of the Venetian foreland basin (NE Italy) through a 2D (planiform) analysis*. *Proceedings of Geomod 2004*, June 9-11, 2004, Emmeten-Lake Lucerne, 179-182.

BARBIERI C., DI GIULIO A., MASSARI F., ASIOLI A., BONATO M. & MANCIN N. (2007) - *Natural subsidence of the Venice area during the last 60 Myr*. *Basin Research*, 19, 105-123.

BERTELLI L., CANTELLI L., CASTELLARIN A., FANTONI R., MOSCONI A., SELLA M., & SELLI L., (2002) - *Upper crustal style, shortening and deformations age in the Alps along the southern sector of the TRANSALP profile*. *Memorie di Scienze Geologiche*, 54, 123-126.

BERTOTTI G., PICOTTI V., BERNOULLI D., & CASTELLARIN A., (1993) - *From rifting to drifting: tectonic evolution of the Southalpine upper crust from the Triassic to the Early Cretaceous*. *Sedimentary Geology*, 86, 53-76.

BONDESAN A., CALDERONI G. & RIZZETTO F., (2003a) - *Geomorphologic evolution of the lower Piave river coastal plain during the Holocene*. In: Biancotti A. and Motta M. (Eds), *Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali*. MURST, Atti del Convegno, Bologna 10-11/02/2000, Glauco Brigati, Genova, 125-133.

BONDESAN A., MENEGHEL M., MIOLA A., VALENTINI G., (2003b) - *Pollen analyses of lagoon and fluvial sediments of a 20 m Core in the Lower Coastal River Piave Plain*.

*Palaeoenvironmental Reconstruction from LGM to Present. Il Quaternario* 16-1 bis, 183-192.

BONDESAN A. (2004) - *Tra Livenza e Piave Vecchia*. In BONDESAN A., MENEGHEL M. (a cura di), *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra, Padova, 217-234.

BORSI S., DEL MORO A., SASSI F.P., ZANFERRARI A., & ZIRPOLI G., (1978) - *New geopetrologic and radiometric data on the Alpine history of the Austridic continental margin south of the Tauern window*. *Memorie di Scienze Geologiche*, 32, 1-19.

BOSELLINI A., GIANOLLA P., & STEFANI M., (2003) - *Geology of the Dolomites*. *Episodes*, 26, 181-185.

CANALI G., CAPRARO L., DONNICI S., RIZZETTO F., SERANDREI-BARBERO R. & TOSI L. (2007) - *Vegetational and environmental changes in the eastern Venetian coastal plain (Northern Italy) over the past 80,000 years*. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 253, 300-316.

CARMINATI E., DOGLIONI C. & SCROCCA D. (2003) - *Apennines subduction-related subsidence of Venice (Italy)*. *Geoph. Research Lett.*, 30 (13), 50-58.

CARMINATI E. *et al.* (2003), MARTINELLI G. & SEVERI P. (2003) - *Influence of glacial cycles and tectonics on natural subsidence in the Po Plain (Northern Italy): Insights from 14C ages*. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4 (10), 1-14.

CASTELLARIN A., CANTELLI L., FESCE A.M., MERCIER J., PICOTTI V., PINI G.A., PROSSER G., & SELLI, L., (1992) - *Alpine compressional tectonics in the southern Alps. Relations with the N-Apennines*. *Annales Tectonicae*, 6, 62-94.

CITA SIRONI M. B., CAPOTONDI L. & ASIOLI A., (2005) - *The Tyrrhenian stage in the Mediterranean: definition, usage and recognition in the deep-sea record. A proposal*. *Rend. Fis. Acc. Lincei*. 16, 297-310.

CREMASCHI M. & RODOLFI G., (1987) - *Il suolo*. Carocci, Roma.

CREMASCHI M. (1990) - *Pedogenesi medio olocenica ed uso dei suoli durante il Neolitico in Italia settentrionale*. In: Biagi P. (a cura di) - *The Neolithisation of the Alpine Region*. *Monografie di Natura Bresciana*, 13, 71-89.

DAL PIAZ, G.V., (1936) - *La struttura delle Austridi. Nota III. Il sistema austroalpino nelle Alpi Breonie e Venoste e nel Massiccio dell'Ortles. Nuovo schema tettonico delle Austridi della Venezia Tridentina e del Tirolo orientale*. *Reale Accademia delle Scienze Torino, Atti*, 71, 1-29.

DOGLIONI C., & BOSELLINI A., (1987) - *Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps*. Geologische Rundschau, 76, 735-754.

DOGLIONI C. (1993) - *Some remarks on the origin of foredeeps*. Tectonophysics, 228, 1-20.

DOGLIONI C., & CARMINATI E., (2002) - *The effects of four subductions in NE-Italy: Memorie di Scienze Geologiche*, 54, 1-4.

DONNICI S. & SERANDREI BARBERO R. (2004) - *Paleogeografia e cronologia dei sedimenti tardopleistocenici ed olocenici presenti nel sottosuolo di Valle Averte (Laguna di Venezia, bacino centrale)*. Lavori della Società veneziana di Storia naturale, 29, 101-108.

FANTONI R., CATELLANI D., MERLINI S., ROGLEDI S., & VENTURINI S., (2002) - *La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell'avampaese veneto-friulano*. Società Geologica Italiana, Memorie, 57, 301-313.

FANTONI R., DELLA VEDOVA B., GIUSTINIANI M., NICOLICH R., BARBIERI C., DEL BEN A., FINETTI I., & CASTELLARIN A., (2003) - *Deep seismic profiles through the Venetian and Adriatic foreland (Northern Italy)*. Memorie di Scienze Geologiche, 54, 131-134.

FERRANTI L., ANTONIOLI F., MAUZ B., AMOROSI A., DAI PRA G., MASTRONUZZI G., MONACO C., ORRÙ P., PAPPALARDO M., RADTKE U., RENDA P., ROMANO P., SANSÒ P. & VERRUBBI V. (2006) - *Markers of the last interglacial sea level highstand along the coast of Italy: tectonic implications*. Quaternary International, 145-146, 30-54.

FOLK R.L., (1974) - *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company., Austin, Texas.

FONTANA A., MOZZI P. & BONDESAN A. (2004) - *L'evoluzione geomorfologica della pianura veneto-friulana*. In: Bondesan A. & Meneghel M. (a cura di) - *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra, Padova, 113-138.

FONTANA A. (2006) - *L'evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e le sue relazioni con le dinamiche insediative antiche*. Monografie del Museo Friulano di Storia Naturale, 47, Udine, 288 pp., con allegata *Carta Geomorfologica della bassa pianura friulana, scala 1:50.000*.

FONTANA A., MOZZI P. & BONDESAN A. (2008) - *Alluvial megafans in the Venetian-Friulian Plain (North-eastern Italy): evidence of aggrading and erosive phases during Late Pleistocene and Holocene*. Quaternary International, 189, 71-90.

- FONTANA A., MOZZI P. & BONDESAN A. (2010) - *Late Pleistocene evolution of the Venetian-Friulian Plain*. Rendiconti Lincei, Volume 21, Supplement 1, 181-196.
- FONTANA A., BONDESAN A., MENEGHEL M., TOFFOLETTO F., VITTURI A. & BASSAN V. (2012) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 107 "Portogruaro". ISPRA.
- FONTANA A., MONEGATO G., ZAVAGNO E., DEVOTO S., BURLA I, CUCCHI F., (2014a) - *Evolution of an Alpine fluvioglacial system at the LGM glacial decay: the Cormor alluvial megafan (NE Italy)*. Geomorphology, 204, 136-155.
- FONTANA A., MOZZI P., MARCHETTI P., (2014b) - *Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps*. Sedimentary Geology, 22 pp.
- GALADINI F., POLI M. E. & ZANFERRARI A., (2005) - *Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. Geoph. J. Int., Oxford. 161, 739-762.
- GAZZI P., ZUFFA G.G., GANDOLFI G., & PAGANELLI L., (1973) - *Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche tra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale*. Mem. Soc. Geol. Ital. 12, 1-37.
- KENT D.V., RIO D., MASSARI F., KUKLA G. & LANCI L. (2002) - *Emergence of Venice during the Pleistocene*. Quaternary Science Reviews, 21, 1719-1727.
- LAMBECK K. & CHAPPEL J. (2001) - *Sea level change through the last glacial cycle*. Science, 292, 679-686.
- LUGLI S., MARCHETTI DORI S. & FONTANA D., (2007) - *Alluvial sand composition as a tool to unravel late Quaternary sedimentation of the Modena Plain, northern Italy*. In: J. Arribas S. Critelli and M.J. Johnsson (eds.), Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry. GSA Special Paper, 420, 57-72.
- MARCHESINI L., AMOROSI A., CIBIN U., ZUFFA G.P., SPADAFORA E., & PRETI D., (2000) - *Sand composition and sedimentary evolution of a late Quaternary depositional sequence. Northwestern Adriatic coast, Italy*. Journal of Sedimentary Research, 70, 829-838.
- MARTINSON D.G., PISIAS N.G., HAYS J.D., IMBRIE J., MOORE T.C. & SHACKLETON N.J. (1987) - *Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy*. Quaternary Research 27, 1-29.

MASSARI F., GRANDESSO P., STEFANI C., & JOBSTRAIBIZER P.G., (1986) - *A small polyhistory foreland basin evolving in a context of oblique convergence: the Venetian basin (Chattian to Recent, Southern Alps, Italy)*, in Allen, P., and Homewood, P., eds., *Foreland Basins*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 8, 141-168.

MASSARI F. (1990) - *The foredeeps of the Northern Adriatic margin: evidence of diachroneity in deformation of the Southern Alps*. *Rivista Italiana Paleontologia Stratigrafica*, 96, 2-3, 351-380.

MASSARI F., RIO D., SERANDREI BARBERO R., ASIOLI A., CAPRARO L., FORNACIARI E. & VERGERIO P. (2004) - *The environment of Venice area in the past two million years*. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 202, 273-308.

MERLINI S., DOGLIONI C., FANTONI R. & PONTON M., (2002) - *Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella Sava e l'avanpaese adriatico (Friuli Venezia Giulia, Italia)*. *MemSoc. GeolIt. Roma*, 57, 273-300.

MONEGATO G., STEFANI C., & ZATTIN M. (2010) - *From present rivers to old terrigenous sediments: the evolution of the drainage system in the eastern Southern Alps*. *Terra Nova*, 22, 218-226.

PERUZZA L., POLI M. E., REBEZ G., ROGLEDI S., SLEJKO D., & ZANFERRARI A., (2002) - *The 1976-1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects*. *Mem Soc. Geol It.* 57, 391-400.

PICARD M.D., & MCBRIDE E.F., (2007) - *Comparison of river and beach sand composition with source rocks, Dolomite Alps drainage basins, northeastern Italy*. In Arribas J., Critelli S., & Johnsson M.J., eds., *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry*: Geological Society of America Special Paper 420, 1-12.

PINI R., RAVAZZI C. & DONEGANA M. (2009) - *Pollen stratigraphy, vegetation and climate history of the last 215 ka in the Azzano Decimo core (plain of Friuli, northeastern Italy)*. *QuatSci Rev.* 28, 1268-1290.

PIOVAN S., MOZZI P., STEFANI C. (2010) - *Bronze Age Paleohydrography of the Southern Venetian Plain*. *Geoarchaeology*, 25, 6-35.

POLI M. E., PERUZZA L., REBEZ A., RENNER G., SLEJKO D. & ZANFERRARI A., (2002) - *New seismotectonic evidence from the analysis of the 1976-1977 and 1977-1999 seismicity in Friuli (NE Italy)*. Boll. Geof. Teor. Appl., Trieste. 43, 54-78.

RICCI LUCCHI F., (1973) - *Sedimentologia. Parte I. Materiali e tessiture dei sedimenti*. Cooperativa libreria universitaria. Bologna.

ROVERI M., BERTINI A., COSENTINO D., DI STEFANO A., GENNARI R., GLIOZZI E., GROSSI F., IACCARINO S.M., LUGLI S., MANZI V. & TAVIANI M., (2008) - *A high-resolution stratigraphic framework for the latest Messinian events in the Mediterranean area*. Stratigraphy, 5, 323-342.

SANESI G., (1977) - *Guida alla descrizione del Suolo*. CNR, Firenze

SARTI M., BOSELLINI A., & WINTERER E.L., (1993) - *Basin geometry and architecture of a Tethyan passive margin (Southern Alps, Italy): implications for rifting mechanisms*, in Watkins, J.S., et al. eds. *Geology and Geophysics of continental margins*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 53, 241-258.

SASSI F.P., CESARE B., MAZZOLI C., PERUZZO L., SASSI R., & SPIESS R., (2004) - *The crystalline basements of the Italian eastern Alps: a review of the metamorphic features*. Periodico di Mineralogia, 73, 23-42.

SELVERSTONE J., (1985) - *Petrographic constraints on imbrication, metamorphism, and uplift in the SW Tauern Window, Eastern Alps: Tectonics*, 4, 687-704.

STEFANI C., (1987) - *Composition and provenance of arenites from the Chattian to Messinian clastic wedges of the Venetian foreland basin (Southern Alps, Italy)*. Giornale di Geologia, 49, 155-166.

STEFANI C., (2002) - *Variation in terrigenous supplies in the Upper Pliocene to Recent deposits of the Venice area*. Sediment. Geol., 153, 43-55.

STEFANI C., FELLIN M.G., ZATTIN M., ZUFFA G.G., DALMONTE C., MANCIN N. & ZANFERRARI A., (2007) - *Provenance and paleogeographic evolution in a multi-source foreland: the Cenozoic Venetian-Friulian basin (NE Italy)*. Journal of Sedimentary Research, 77, 867-887.

TOSI L., TEATINI P., CARBOGNIN L. & FRANKENFIELD J. (2007a) - *A new project to monitor land subsidence in the northern Venice coastland (Italy)*. Environmental Geology 52(5), 889-898.



TOSI L., RIZZETTO F., BONARDI M., DONNICI S., SERANDREI BARBERO R. & TOFFOLETTO F. (2007b) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 128 "Venezia"*. APAT, Dip. Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, SystemCart, Roma, 164 pp., 2 mappe.

TUNIS G., & VENTURINI S., (1992) - *Evolution of the southern margin of the Julian Basin with emphasis on the megabeds and turbidites sequences of the southern Julian Prealps (NE Italy)*. *Geologica Croatica*, 45, 127-150.

ZANFERRARI A., AVIGLIANO R., MONEGATO A., PAIERO G., POLI E. & TOFFOLON G. (2008a) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 066 "Udine"*. APAT-Servizio Geologico d'Italia - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 1 foglio.

ZANFERRARI A., AVIGLIANO R., GRANDESSO P., MONEGATO A., PAIERO G., POLI E., STEFANI C. & TOFFOLON G. (2008b) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 065 "Maniago"*. APAT-Servizio Geologico d'Italia - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 1 foglio.

ZANFERRARI A., AVIGLIANO R., FONTANA A., MARCHESINI A. & PAIERO G. (2008c) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 086 "S. Vito al Tagliamento"*. APAT-Servizio Geologico d'Italia - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Arti Grafiche Friulane, Udine.

ZANFERRARI A., (2012) - *Inquadramento geologico e lineamenti strutturali*. In Fontana A., Bondesan A., Meneghel M., Toffoletto F., Vitturi A., Bassan V. (a cura di) *Note Illustrative Carta Geologica d'Italia, Foglio 107 Portogruaro*, 35-47.

ZATTIN M., STEFANI C., & MARTIN S., (2003) - *Detrital fission-track analysis and petrography as keys of Alpine exhumation: the example of the Veneto foreland (Southern Alps, Italy)*. *Journal of Sedimentary Research*, 73, 1051-1061.

ZUFFA G.G. (1980) - *Hybrid arenites: their composition and classification*. *J. Sedim. Research*, SEPM, Tulsa. 50, 21-29.

ZUFFA G.G. (1987) - *Unravelling hinterland and offshore palaeogeography from deep-water arenites*, in LEGGETT J.K. and ZUFFA G.G., eds., *Marine Clastic Sedimentology, models and case studies (a volume in memory of C. Tarquin Teale)*, Graham and Trotman, London, 39-61.



## **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare il mio relatore, Prof.ssa Cristina Stefani, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi, per avermi dato la possibilità di confrontarmi con nuovi e stimolanti argomenti come questo.

Ringrazio il Dott. Alessandro Fontana per i preziosi insegnamenti e per essere stato sempre disponibile ad aiutarmi durante la stesura di questo lavoro.

Vorrei esprimere la mia sincera gratitudine a quanti, in questi due anni a Padova, mi sono stati vicino sia nei momenti difficili sia nei momenti felici diventando per me veri compagni di viaggio.

Un sentito ringraziamento ai miei genitori che, con tanti sacrifici, mi hanno permesso di raggiungere questo importante traguardo e mi hanno saputo incoraggiare soprattutto nei momenti in cui credevo di non farcela.

Ringrazio mia sorella Daniela, che ha sempre saputo sostenermi.

Un grazie speciale a Vincenzo per aver sopportato pazientemente negli anni tutti i miei sbalzi di umore e le nevrosi.

Infine, un ultimo ringraziamento va a me stessa perché, tuttavia, se sono arrivata qui è anche un po' merito mio!